



Beschreiben, Begründen und Erklären in explorativen und explanativen Experimenten

KERSTIN GRESENS – EMANUEL JESS – HEIKO KRABBE – IRINA NEBLING – PHILIP TIMMERMAN

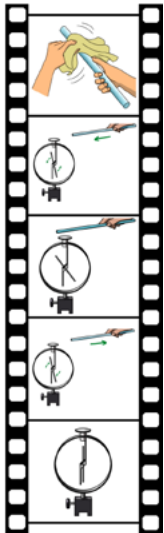
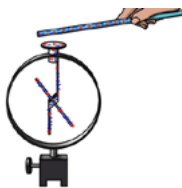
Der Artikel zeigt anhand eines konkreten Beispiels zum Thema Elektrostatik, wie der explorative oder explanative Einsatz eines Experiments im Physikunterricht mit der Verwendung der sprachlichen Handlungen Beschreiben, Begründen und Erklären zusammenhängt. Es werden Schemata zur Realisierung der sprachlichen Handlungen vorgestellt und ihre Anwendungen in Versuchsprotokollen diskutiert.

1 Einleitung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird Experimenten ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Allerdings wird beim Durchführen von Experimenten das Lernpotential nicht voll ausgeschöpft (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; BÖRLIN, 2012). Dies kann verschiedene Ursachen haben. Häufig vertreten Lehrkräfte eine induktive, entdeckungsbasierte Sichtweise des Lernens. Sie

gehen davon aus, dass die theoretischen Ideen, die Schüler/innen durch das Experimentieren lernen sollen, zwangsläufig aus erfolgreichen Beobachtungen oder Messungen „entstehen“ würden (ABRAHAMS & MILLAR, 2008).

Demgegenüber steht die fachdidaktische Sichtweise, dass theoretische Ideen und empirische Erfahrungen (Beobachtungen) zwei getrennte Domänen sind, die in einem Wechselspiel mit-

Versuchsprotokoll zur Influenz		
Fragestellung	Was passiert, mit dem Elektroskop, wenn man sich ihm mit einem geriebenen PVC-Stab nähert?	
Vermutung (explanativ)		Wenn man keine Ladungen auf das Elektroskop überträgt, schlägt dieses auch nicht aus.
Material	• Elektroskop • PVC-Stab • Wolltuch 	
Durchführung		Zuerst wird der PVC-Stab über seine komplette Länge mit einem Wolltuch gerieben, damit er negativ aufgeladen ist. Danach hält man den geladenen PVC-Stab einige Zeit in der Nähe des Tellers, ohne diesen zu berühren. Zum Schluss entfernt man den PVC-Stab wieder aus der Nähe des Elektroskops.
Beobachtung		Wenn man den geladenen PVC-Stab dem Teller des Elektroskops nähert, dann schlägt dessen Zeiger aus seiner Ruhelage aus. Solange der geladene PVC-Stab in der Nähe des Tellers des Elektroskops verbleibt, bleibt der Ausschlag bestehen. Entfernt man den PVC-Stab, geht der Zeiger in den Ausgangszustand zurück.
Auswertung	 Exploratives Experiment: Behauptung: Wenn man elektrische Ladungen in die Nähe eines elektrischen Leiters bringt, dann werden darin immer Ladungen verschoben. Begründung: Wenn man einen geladenen Stab in die Nähe des Elektroskops bringt, scheinen sich auf dem Zeiger Ladungen zu sammeln, da das Elektroskop ausschlägt. Dabei kommt es nur zu einer Ladungsverschiebung (und keiner Ladungstrennung), weil der Ausschlag wieder zurückgeht, sobald man den geladenen Stab entfernt. Das bedeutet, dass die Ladungen in elektrischen Leitern durch äußere Ladungen verschoben werden.	Explanatives Experiment: Prüfen der Vermutung: Die Vermutung war falsch, denn der Zeiger des Elektroskops schlägt aus. Erklärung: Wenn man den negativ geladenen PVC-Stab dem Teller des Elektroskops annähert, dann werden die negativen Ladungen im Teller des Elektroskops durch die negativen Ladungen im PVC-Stab abgestoßen, weil sich gleichnamige Ladungen abstoßen. Die negativen Ladungen sammeln sich um den Zeiger des Elektroskops, so dass dieser ausschlägt. Solange der geladene PVC-Stab in der Nähe des Tellers des Elektroskops bleibt, bleibt die Ladungsverschiebung bestehen, da der Zeiger weiter ausschlägt. Erst wenn der geladene PVC-Stab entfernt wird, (dann) verteilen sich die Elektronen wieder gleichmäßig über das Elektroskop und der Ausschlag geht zurück.

Voraussetzung, beobachtete Wirkung, Regeln/Gesetze und Vorstellung

Abb. 1. Versuchsprotokoll

einander stehen. Die Aufgabe von Experimenten im Unterricht ist es demnach, den Lernenden zu helfen, Verbindungen zwischen Beobachtungen und Ideen herzustellen. Hierbei gibt es einerseits die explorative Aufgabe, dass die Lernenden ein Ereignis oder Phänomen kennenlernen oder sich den Umgang mit einem Gerät aneignen und andererseits die explanative Aufgabe, dass die Lernenden ein Verständnis für bestimmte theoretische Ideen oder Modelle erlangen, um das Beobachtete erklären zu können (ABRAHAM & MILLAR, 2008).

Schüler/innen gelingt es (beispielsweise in Versuchsprotokollen) schlecht, zwischen der Beobachtung und der Auswertung zu unterscheiden (RICART BREDE, 2014). Neben der Unkenntnis über die funktionale Unterscheidung von Beobachtung und Auswertung spielt dabei auch eine Rolle, dass eine Unterscheidung anhand der sprachlichen Oberfläche, d. h. der Ausdrucksmittel nicht scharf möglich ist. Dies macht das folgende Beispiel deutlich:

Wenn der Schalter geschlossen wird, dann leuchtet die Lampe.

Wenn der Stromkreis geschlossen wird, dann leuchtet die Lampe.

Wenn der Schalter geschlossen wird, dann fließt ein Strom.

Alle drei Aussagen verwenden dasselbe konditionale Satzmuster. Während der erste Satz eine beobachtbare Handlung (Schalter schließen) mit einer beobachtbaren Wirkung (Lampe leuchtet) in Verbindung bringt, und damit eine Beobachtung darstellt, enthalten die folgenden beiden Sätze physikalische Vorstellungen (Stromkreis schließen als mentale Handlung bzw. Strom

fließen als vorgestellte Wirkung) und wären damit bereits der Deutung oder Auswertung zuzuordnen. Derselben sprachlichen Oberfläche liegt also eine andere Tiefenstruktur zu Grunde, die den Lernenden in der Regel nicht bewusst ist. In diesem Aufsatz soll anhand exemplarischer Versuchsprotokolle dargestellt werden, wie sich der Unterschied zwischen explorativen und explanativen Experimenten in der Tiefenstruktur auf das Zusammenwirken der sprachlichen Handlungen Beschreiben, Begründen und Erklären auswirkt. Schemata zur Realisierung der jeweiligen sprachlichen Handlung wurden im Projekt „Schrift“ entwickelt und erprobt (KRABBE & TIMMERMAN, 2022). Sie werden hier in überarbeiteter Form zusammen mit einem Poster im elektronischen Zusatzmaterial zur Diskussion gestellt.

2 Explorative und explanative Experimente

Zur Unterscheidung zwischen explorativen und explanativen Experimenten soll beispielhaft ein schultypisches Experiment zur Influenz betrachtet werden. Ein PVC-Stab wird durch Reiben mit einem Wolltuch negativ aufgeladen. Anschließend wird er an ein Elektroskop angenähert, ohne es zu berühren. Dabei wird ein Ausschlag des Zeigers beobachtet, der wieder zurückgeht, wenn man den Stab vom Elektroskop entfernt. Dieses einfache Experiment kann auf zwei grundsätzlich verschiedene Weisen – exploratives und explanatives Vorgehen – im Unterrichtsgang eingesetzt werden (WIRTZ & SCHULZ, 2012). Da Schulerperimente etablierte physikalische Erkenntnisse nachvollziehen und daher nicht als Abbild der naturwissenschaftlichen Methode, sondern als Lernmedium aufgefasst werden sollten,

vermeiden wir Begriffe wie induktives bzw. deduktives Vorgehen oder konfirmatorisches bzw. hypothesenprüfendes Experiment, die für eine Forschungsmethodik stehen.

Abbildung 1 zeigt, wie ein Versuchsprotokoll zu dem explorativen bzw. explanativen Experiment aussehen könnte. Die Bedeutung der Farbgebung wird im weiteren Verlauf erläutert.

Bei einem explorierenden Einsatz des Experiments würde es darum gehen, das Phänomen der Influenz zu erkunden und Zusammenhänge zu suchen. Das Ziel ist, Erfahrungswissen zu schaffen. Im konkreten Fall könnte vorausgesetzt werden, dass die Lernenden bereits die Erzeugung von Reibungselektrizität kennen und das Elektroskop als Nachweisgerät für elektrische Ladungen bei Ladungsabstreifung eingeführt wurde, ohne seine Funktionsweise im Detail zu erklären. Im Falle eines explanativen Einsatzes des Experiments würde es darum gehen, vorhandene theoretische Vorstellungen auf ihre Tragweite zu prüfen. Dabei kann sich das Vorgehen

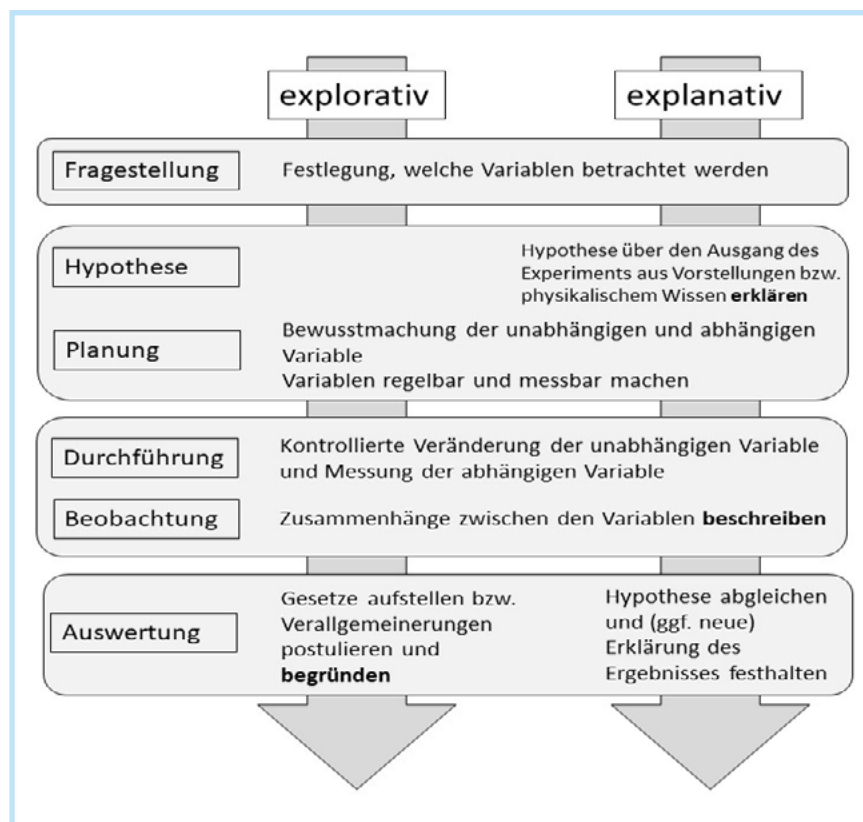


Abb. 2. Unterrichtsverlauf explorierender und explanativer Einsatz

z.B. an der Predict-Observe-Explain-Strategie von WHITE und GUNSTONE (1992) orientieren, die insbesondere dazu dient, Schülervorstellungen aufzudecken. Beide Unterrichtsverläufe sind in Abbildung 2 gegenübergestellt.

Die auffälligsten Unterschiede sind in der Hypothese und Auswertung zu finden. Während das explorative Experiment ohne Hypothese auskommt, ist die Hypothesenbildung aus der Theorie ein wesentlicher Bestandteil des explanativen Experiments. Beispielsweise könnten die Lernenden auf Basis der vorherigen Stunde die Hypothese aufstellen, dass das Elektroskop nur dann ausschlägt, wenn durch Kontakt eine Ladungsübertragung erfolgt.

In der Auswertung würde bei einem explorativen Experiment aus dem empirischen Befund die Regel abgeleitet, dass es bei der bloßen Annäherung einer Ladung bereits zu einer Ladungsverschiebung im Elektroskop kommt, die zu einem Zeigerausschlag führt. Dabei werden die konkreten Objekte und Ereignisse in allgemeinere, physikalische Begriffe überführt, d.h. der PVC-Stab als geladener Körper und der Zeigerausschlag als Indiz für eine Ladungsverschiebung identifiziert. Für eine weitere Generalisierung wäre jedoch noch zu untersuchen, inwiefern die Art des geladenen Körpers eine Rolle spielt, indem z.B. andere Materialien (Acrylstab, Katzenfell, Luftballon) eingesetzt werden. Ebenso könnten Zeiger aus unterschiedlichen Metallen verwendet werden. Erst dies erlaubt schließlich die generalisierte Behauptung, dass es in allen Metallen in der Nähe einer äußeren Ladung zu einer Ladungsverschiebung kommt. Leider entfallen im Unterricht aus Zeitmangel vielfach diese Schritte der Generalisierungsprüfung in der Erkenntnisgewinnung. Die Auswertung eines explanativen Einsatzes würde darin bestehen, den empirischen Befund mit der eingangs aufgestellten Hypothese abzugleichen. Die fehlerhafte Schülererwartung, dass das Elektroskop nicht ausschlägt, wenn keine Ladungen übertragen werden, kann mit der Influenz als Erweiterung des Wissens zur Abstoßung gleichnamiger, freier Ladungen als Erklärung korrigiert werden.

An dieser Stelle muss betont werden, dass mit den beschriebenen Einbettungen des Experiments in den Unterrichtsverlauf zwei Lernwege für den Erwerb von Fachkompetenz modelliert werden. Das explorative Experiment dient dem Erfahrungslernen, das explanative Experiment der Konzeptbildung. Angesichts der unterschiedlichen Abläufe und Zielsetzungen des explorativen

und explanativen Experiments ist es verwunderlich, dass für das Versuchsprotokoll in der Schule ein einheitliches Schema angenommen wird. Wir vertreten die These, dass eine differenzierte Bewusstmachung der zu Grunde liegenden sprachlichen Handlungen den Lernenden helfen kann, die jeweilige Zielsetzung des Experiments besser zu verstehen und umzusetzen. Sprachliche Handlungen sind nicht gleichzusetzen mit den Operatoren für die Abiturprüfungen. Eine Abgrenzung der Begriffe befindet sich im Online-Material. Im Folgenden werden daher die sprachlichen Handlungen Beschreiben, Begründen und Erklären bezüglich der Verwendung in naturwissenschaftlichen Experimenten erläutert und am Beispiel des Versuchsprotokolls verdeutlicht. Es wird gezeigt, wie darin die für Lernende schwierige Abgrenzung zwischen der Beobachtung und Deutung unterstützt sowie die unterschiedliche Logik bei der Auswertung explorativer und explanativer Experimente angeleitet werden kann.

3 Beschreiben

Gemäß den Operatorenlisten bedeutet „Beschreiben“, dass Sachverhalte, Strukturen oder Zusammenhänge strukturiert unter Verwendung von Fachsprache mit eigenen Worten wiedergegeben und veranschaulicht werden (KMK, 2013). Im Gegensatz dazu betont FEILKE (2005), dass das Beschreiben nicht nur ein oberflächliches Wiedergeben von Sachverhalten ist, sondern vielmehr eine Konstruktion des Sachverhalts. Der Beobachter stellt nicht einfach etwas fest, sondern erzeugt den Sachverhalt, indem er selektiv ihm relevant erscheinende Aspekte hervorhebt und in Beziehung zueinander setzt (ebd., S. 51). Beschreiben ist also kein Aufzählen von objektiven Eigenschaften, sondern geht immer über das Gegebene hinaus, und ordnet es in einen Sinnzusammenhang ein, indem es vergleichend und unterscheidend auf Bekanntes Bezug nimmt (ebd., S. 55). Das Einordnen in etabliertes Wissen kann auch explikative oder argumentative Sequenzen beinhalten (ebd., S. 57), so dass manchmal eine gewisse Überlappung zum Erklären oder Begründen besteht.

In dem Versuchsprotokoll (Abb. 1) wird beispielsweise nicht nur die sichtbare Veränderung des Zeigerausschlags, sondern auch das Ausbleiben einer sichtbaren Veränderung zur Beobachtung erhoben und mit bestimmten Handlungen und Bedingungen in

Unabhängige Variable(n)	Welche Handlung oder Bedingung sollen laut Fragestellung untersucht werden?
Annähern (Handlung) des geladenen (Bedingung) Stabs, ohne das Elektroskop zu berühren (Bedingung)	
Abhängige Variable(n)	Welche Wirkung soll laut Fragestellung an welchem Objekt beobachtet werden?
Der Zeiger des Elektroskops (Objekt) schlägt aus (Wirkung).	
Beobachtung(en)	Welcher Zusammenhang besteht zwischen den unabhängigen und abhängigen Variablen?
Wenn man den geladenen PVC-Stab dem Teller des Elektroskops annähert, ohne ihn zu berühren, dann schlägt dessen Zeiger aus seiner Ruhelage aus.	
Legende: Voraussetzung, beobachtete Wirkung	
Tab. 1. Schema zur Beschreibung von Beobachtungen	

Auswertung	Erläuterung	Beispiel
qualitativ	Gibt an, welcher qualitative Zusammenhang zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variablen vorliegt	<i>Wenn der geladene Stab dem Elektroskop genähert wird, schlägt der Zeiger aus.</i>
halb-quantitativ	Gibt an, welche Korrelation zwischen der unabhängigen und abhängigen Variablen vorliegt.	<i>Je näher der Stab an das Elektroskop gehalten wird, desto größer ist der Ausschlag des Zeigers des Elektroskops.</i>
quantitativ	Gibt einen mathematischen (funktionalen) Zusammenhang wieder.	<i>Wird der Abstand zum Elektroskop halbiert, dann verdoppelt sich der Ausschlag.</i>

Tab. 2. Gegenüberstellung qualitativ, halb-quantitativ, quantitativ

Zusammenhang gebracht. Außerdem wird dadurch der Unterschied zu vorhergehenden Experimenten mit dem Elektroskop betont, bei denen der Teller berührt wurde. Ob der Abstand des PVC-Stabs einen Einfluss auf die Stärke des Zeigerausschlags hat, wird dagegen nicht als relevante Beobachtung festgehalten. Ebenso wird nicht näher auf das Elektroskop eingegangen, weil das für den gegebenen Referenzrahmen im Klassenverband als bekannt vorausgesetzt werden kann. Wenn die Lernenden aber ihren Eltern von dem Experiment erzählen, müsste stärker auf den Aufbau und das erwartete Verhalten des Elektroskops eingegangen werden. Die Anpassung der Beschreibung an die Adressaten sowie an den Referenzrahmen und die Relevanz bestimmter Beobachtungen beeinflussen sich gegenseitig und sind subjektiv. Während sich im Allgemeinen also die Auswahl der relevanten Aspekte an den Adressaten und dem gemeinsam geteilten Referenzrahmen orientiert (FEILKE, 2005), bezieht man sich in Experimenten insbesondere auf die Forschungsfrage und die darin festgelegten Variablen, zwischen denen temporale oder konditionale Beziehungen hergestellt werden (Tab. 1).

Im Beispielexperiment (s. Abb. 1) werden nach dem gleichen Schema noch zwei weitere Beobachtungen formuliert:

- Solange der geladene PVC-Stab in der Nähe des Tellers des Elektroskops verbleibt (Handlung), bleibt der Ausschlag bestehen (Wirkung).
- Entfernt man den PVC-Stab (Handlung), geht der Zeiger in den Ausgangszustand zurück (Wirkung).

Zunächst sollte sich vor der Durchführung auf ein Objekt geeicht werden, an dem die Wirkung beobachtet wird. Strukturell wird bei der Beschreibung einer Beobachtung eine Voraussetzung (d. h. eine ursächliche Handlung und/oder Bedingung als unabhängige Variable) mit einer Wirkung (abhängige Variable) verknüpft. Durch das gezielte Kontrollieren bzw. Ausschließen uninteressanter unabhängiger Variablen wird die Annahme eines kausalen Zusammenhangs gerechtfertigt (Tab. 1). Die Verknüpfung kann qualitativer, halbquantitativer oder quantitativer Natur sein (Tab. 2).

4 Begründen & Erklären

Die charakteristische sprachliche Handlung eines explorativen bzw. explanativen Experiments ist das Begründen bzw. Erklä-

ren. Beide sprachlichen Handlungen zeichnen sich durch eine kommunikative Aushandlung aus (KLEIN, 2001), da durch Interaktion der Gesprächspartner ein Wissensdefizit aufgelöst werden soll (MOREK et al., 2017). Nach KLEIN (2001) kann das *Begründen* als Teil des Argumentierens aufgefasst werden. Im Erkenntnisprozess wird durch die sprachliche Handlung Begründen eine Aussage gestützt, deren Gültigkeit noch ungewiss ist (ebd.). Beispielsweise kann eine vermutete Gesetzmäßigkeit anhand der experimentellen Daten begründet werden. Der Gegenspieler des Begründens ist das Widerlegen, durch das eine Aussage angegriffen wird. So wird die Gültigkeit der Hypothese im explanativen Experiment mit Hilfe der Beobachtungen begründet oder widerlegt. Beim kausalen *Erklären* wird dagegen das zu Erklärende aus akzeptierten Regeln, Gesetzen oder Theorien und dafür notwendigen Bedingungen logisch abgeleitet (TANG, 2016; OSBORNE & PATTERSON, 2011). Dabei wird gezeigt, dass die Voraussetzungen für die Beobachtung die Bedingungen für die Anwendung der Gesetze erfüllen. Dadurch kann aus den Gesetzen die beobachtete Wirkung (das Phänomen) deduktiv gefolgert werden (HEMPEL & OPPENHEIM, 1948). Bereits bei der Ableitung der Hypothese entsteht eine solche vorläufige Erklärung des erwarteten experimentellen Ergebnisses. Diese wird aber erst nach der Prüfung der Hypothese endgültig festgehalten bzw. angepasst.

Zusammengefasst verfolgt das Erklären das Ziel, den Adressierten das gegebene Phänomen verständlich zu machen. Dahingegen wird im Falle des Begründens die Frage ausgehandelt, ob eine Aussage gültig ist. Besonders in der Schule erscheint eine Unterscheidung der Konstrukte wichtig, um eine zielgerichtete Kommunikation zu ermöglichen (OSBORNE & PATTERSON, 2011). Um dies in der Schule zu unterstützen, schlagen wir für das Begründen bzw. Erklären Schemata vor, die sich an das „CER-Schema“ (MCNEILL & KRAICK, 2012) bzw. das „PRO-Schema“ (TANG, 2016) anlehnen. Beide Schemata bestehen jeweils aus charakteristischen Elementen und dazugehörigen Leitfragen (siehe Tab. 3 und 4). Dabei sind die ersten beiden Elemente jeweils eine Vorbereitung für die eigentliche Begründung oder Erklärung. Mithilfe der Vorbereitung werden Lernende unterstützt, indem sie anhand der Leitfragen relevantes Vorwissen sammeln können. Schließlich werden die Vorüberlegungen in Zusammenhang gebracht und die Begründung bzw. Erklärung ausformuliert. Um die inhaltliche Struktur der Begründung bzw. Erklärung hervorzuheben, wurde in Tabelle 3 wie zuvor beim Beschreiben eine einheitliche Farbkodierung verwendet. Zusätzlich zur Voraussetzung und beobachteten Wirkung werden

Behauptung	Welche Aussage soll begründet werden?
• Wenn man elektrische Ladungen in die Nähe eines elektrischen Leiters bringt, dann werden darin immer Ladungen verschoben .	
Beobachtungen	Welche Ergebnisse des Experiments unterstützen diese Aussage?
• Beim Annähern des geladenen Stabs schlägt der Zeiger des Elektroskops aus. • Solange der geladene Stab in der Nähe bleibt, bleibt Ausschlag bestehen. • Beim Entfernen des geladenen Stabs, geht der Ausschlag zurück.	
Begründung	Warum stützen die Ergebnisse die Behauptung?
Wenn man einen geladenen Stab in die Nähe des Elektroskops bringt, scheinen sich auf dem Zeiger Ladungen zu sammeln, da das Elektroskop ausschlägt. (B1) Dabei kommt es nur zu einer Ladungsverschiebung (und keiner Ladungstrennung), weil der Ausschlag wieder zurückgeht, sobald man den geladenen Stab entfernt. (B2) Legende: Voraussetzung, beobachtete Wirkung, Vorstellung, Regeln/Gesetze	

Tab. 3. Schema für das Begründen

Phänomen	Welche beobachtete Wirkung soll erklärt werden?
• Wenn man den geladenen PVC-Stab an das Elektroskop annähert , dann schlägt der Zeiger des Elektroskops aus .	
Vorwissen	Welche hier relevanten Gesetze oder Prinzipien sind dazu bekannt?
• Ladungen sind frei beweglich im Elektroskop (= elektrischer Leiter) • Abstoßung gleichnamiger Ladungen (elektrostatistisches Grundgesetz) • Funktionsweise des Elektroskops: Ausschlag des Zeigers bei Ansammlung gleichnamiger Ladungen; bei Ladungsübertrag bleibt der Zeigerausschlag bestehen	
Erklärung	Mit welchen Vorstellungen kann damit aus den Voraussetzungen die beobachtete Wirkung gefolgert werden?
Wenn man den geladenen PVC-Stab an das Elektroskop annähert (E1), dann werden die negativen Ladungen (Elektronen) im Teller des Elektroskops durch die negativen Ladungen (Elektronen) im PVC-Stab abgestoßen (E2) und weil sich gleichnamige Ladungen abstoßen (elektrostatistisches Grundgesetz) (E3), sammeln sich die negativen Ladungen um den Zeiger des Elektroskops (E4), so dass dieser ausschlägt (E5). Legende: Voraussetzung, beobachtete Wirkung, Vorstellung, Regeln/Gesetze	

Tab. 4. Schema für das Erklären

Regeln und Gesetze genutzt, die bereits empirisch belegt sind. Mithilfe der Gesetze können aus der Voraussetzung Vorstellungen in der Modellebene gefolgert werden, wie z.B. die Ladungsverschiebung aus der Funktionsweise des Elektroskops.

Für eine Begründung ist eine Behauptung notwendig, die zunächst aufgestellt oder identifiziert werden muss. Im Falle von Experimenten besteht die Behauptung meist aus einer Voraussetzung und einer damit verbundenen Vorstellung. Im nächsten Schritt werden die relevanten Beobachtungen gesammelt. In der ausformulierten Begründung wird nun die Behauptung so mit den Vorstellungen zusammengebracht, dass eine nachvollziehbare Aussage entsteht. Für die Begründung des Beispielexperiments werden zwei Teilbegründungen (B1 und B2) kombiniert. Der Grund dafür ist, dass die Ladungsverschiebung sich erst durch das Entfernen des Stabes vom Ladungsübertrag unterscheidet. Je nach Komplexität kann die Anzahl der notwendigen Teilbegründungen variieren.

Bei einer Erklärung bezüglich eines Experiments muss zunächst das zu erklärende Phänomen identifiziert werden, das sich aus der Fragestellung ergibt. Als nächstes werden schon bekannte Regeln und Gesetze gesammelt und anschließend die relevan-

ten Regeln und Gesetze markiert. Um naturwissenschaftlich zu erklären, kann durch Folgerungsketten aus Vorstellungen (E2, E4) und Gesetzen (E3) ein Zusammenhang zwischen Voraussetzung (E1) und beobachteter Wirkung (E5) hergestellt werden. Die Regeln und Gesetze können abhängig von den Adressierten beim Ausformulieren weggelassen werden. Dagegen ist es im Schulunterricht sinnvoll die Regeln und Gesetze explizit zu machen, um den vollständigen Denkprozess zu verdeutlichen.

5 Fazit

Die oben dargestellten Schemata für Beschreiben, Erklären und Begründen sollen Schüler/innen eine Unterstützung bei der Strukturierung ihrer Texte bieten, indem sie die fachlichen Anforderungen als Denkschritte modellieren. Mit der Auswahl des passenden Schemas muss zugleich die Rolle des Experiments im Erkenntnisprozess reflektiert werden. So fördert die Bewusstmachung der zu realisierenden sprachlichen Handlungen auch die Erkenntnisgewinnungskompetenz. In Verbindung mit den Schemata können den Lernenden geeignete sprachliche

Ausdrucks Mittel auf der Satzebene angeboten werden (z.B. Konditionalsätze, Konsekutivsätze, Kausalsätze usw.). Dabei ist zu beachten, dass dieselben syntaktischen Satzmuster semantisch je nach Schema unterschiedlich gefüllt werden müssen. Diese Verknüpfung der sprachlichen Mittel mit der fachlichen Funktion ermöglicht eine inhärente Verknüpfung von fachlichem und sprachlichem Lernen in Form sogenannter Textprozeduren (FEILKE, 2014). Textprozeduren sind Modelle für die Textproduktion, die „domänentypische Handlungs routinen im Medium der Schrift“ abbilden (STEINHOFF, 2013, 104). Sie müssen durch Anleitung erworben werden, weil es im Alltag an entsprechenden Spracherfahrungskontexten fehlt (FEILKE, 2014). Für jeden Abschnitt des Versuchsprotokolls können unterschiedliche Textprozeduren mit einem spezifischen Schema und einem begrenzten Repertoire an sprachlichen Mitteln entwickelt und mit den Lernenden eingeübt werden, (BOUBAKRI, BEESE, KRABBE, FISCHER, & ROLL, 2017; BEESE & ROLL, 2013). Studien konnten zeigen, dass die Hervorhebung der Schemata zu einer signifikant höheren Textqualität führen als die Hervorhebung der Ausdrucksmittel (RÜSSMANN, STEINHOFF, MARX & WENK, 2016). In der SchriFT-Studie (KRABBE & TIMMERMAN, 2022) konnte dagegen kein Unterschied zwischen den beiden Hervorhebungen gefunden werden. Während sich in beiden Fällen keine wesentlichen sprachlichen Verbesserungen zeigten, konnte aber durch die Förderung der Ausdrucksmittel ein besseres funktionales Verständnis der Gliederung des Versuchsprotokolls in Fragestellung, Durchführung, Beobachtung und Auswertung erzielt werden.

Literatur

ABRAHAMS, I. & MILLAR, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International journal of science education*, 30(14), 1945–1969.

BÖRLIN, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit: Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*. Berlin: Logos.

BOUBAKRI, C., BEESE, M., KRABBE, H., FISCHER, H. E. & ROLL, H. (2017). Sprachsensibler Fachunterricht. In M. BECKER-MROTZEK, & H.-J. ROTH (Hg.), *Sprachliche Bildung Grundlagen und Handlungsfelder*, Bd. 1 (S. 335–350). Münster: Waxmann.

FEILKE, H. (2005). Beschreiben, erklären, argumentieren – Überlegungen zu einem pragmatischen Kontinuum. In P. KLOTZ & C. LUBKOLL (Hg.), *Beschreibend wahrnehmen -wahrnehmend beschreiben* (S. 45–60). Freiburg i.Br./Berlin: Rombach.

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.

HEMPEL & OPPENHEIM (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2). 135–175.

HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28–54.

KLEIN, J. (2001). Erklären und Argumentieren als interaktive Gesprächsstrukturen. In K. BRINKER, G. ANTOS, W. HEINEMANN & S. SAGER (Hg.), *Text- und Gesprächslinguistik*, 2. Halbband: Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung (S. 1309–1329). Berlin: De Gruyter Mouton.

KRABBE, H. & TIMMERMAN, P. (2022). Beschreiben und Erklären im Versuchsprotokoll des Physikunterrichts. In H. ROLL, M. BERNHARDT, C. ENZENBACH, H. E. FISCHER, C. FORKARTH, E. GÜRSOY, H. KRABBE, M. LANG, S. MANZEL & I.

ULUÇAM-WEGMANN (Hg.), *Schreibförderung im Fachunterricht der Sekundarstufe I* (S. 251–282). Münster: Waxmann.

MCNEILL, K. L. & KRAJCIK, J. (2012). *Supporting grade 5–8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. Boston: Pearson Allyn & Bacon.

MOREK, M., HELLER, V. & QUASTHOFF, U. (2017). Erklären und argumentieren. Modellierungen und empirische Befunde zu Strukturen und Varianzen. In I. MEISSNER & E. L. WYSS (Hg.), *Erklären und Argumentieren. Konzepte und Modellierungen in der Angewandten Linguistik* (S. 11–46). Tübingen: Stauffenburg.

OSBORNE, J. & PATTERSON, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638.

RICART BREDE, J. (2014). Zur Didaktik des Versuchsprotokolls als Aufgabe eines sprachsensiblen Fachunterrichts und eines fachsensiblen Sprach(förder)unterrichts. In H. KLAGES & G. PAGONIS (Hg.), *Linguistisch fundierte Sprachförderung und Sprachdidaktik: Grundlagen, Konzepte, Desiderate. Reihe: DaZ-Forschung* (S. 173–191). Berlin: Walter de Gruyter.

RÜSSMANN, L., STEINHOFF, T., MARX, N. & WENK A. K. (2016). Schreibförderung durch Sprachförderung? Zur Wirksamkeit sprachlich profilierter Schreibarrangements in der mehrsprachigen Sekundarstufe I unterschiedlicher Schulformen. *Didaktisch Deutsch*, 40, 4–59.

STEINHOFF, T. (2013). Alltägliche Wissenschaftssprache und wissenschaftliche Textprozeduren. Ein Vorschlag zur kulturvergleichenden Untersuchung wissenschaftlicher Texte. In M. DALMAS, M. FOSCHI ALBERT & E. NEULAND (Hg.), *Wissenschaftliche Textsorten im Germanistikstudium deutsch-italienisch-französisch kontrastiv. Akten der Trilateralen Forschungskonferenz 2007-2008* (S. 99–109). Laveno di Menaggio: Villa Vigoni. https://www.villavigoni.eu/wp-content/uploads/2018/04/VV_Gesamtmanuskript_nuova_edizione_04.03.13.pdf (23.04.2023).

TANG, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise-reasoning-outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1415–1440.

WIRTZ, M. & SCHULZ, A. (2012). Modellbasierter Einsatz von Experimenten. In W. RIESS, M. A. WIRTZ, B. BARZEL & A. SCHULZ (Hg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 57–74). Münster: Waxmann.

WHITE, R. & GUNSTONE, R. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.

KERSTIN GRESENS ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen und war Mitarbeiterin im SchriFT-Projekt.

EMANUEL JESS studiert Physik an der Ruhr-Universität Bochum und war Mitarbeiter im SchriFT-Projekt.

HEIKO KRABBE (heiko.krabbe@rub.de) ist Professor für Didaktik der Physik an der Ruhr-Universität Bochum und leitete den physikdidaktischen Teil des SchriFT-Projekts.

IRINA NEBLING ist Physik- und Chemielehrerin an der Willy-Brandt Gesamtschule Castrop-Rauxel und war Mitarbeiterin beim SchriFT-Projekt.

PHILIP TIMMERMAN war wissenschaftlicher Mitarbeiter im SchriFT-Projekt in der Didaktik der Physik an der Ruhr-Universität Bochum.