

## Kennzeichen guten Erklärens im Biologieunterricht

# Wie Schüler\*innen die Erklärung komplexer biologischer Phänomene wahrnehmen

Christina Ehras & Arne Dittmer

christina.ehras@ur.de – arne.dittmer@ur.de

Universität Regensburg, Institut für Didaktik der Biologie  
Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg

### **Zusammenfassung**

*Obwohl das Erklären als eine der Kernaufgaben von Lehrkräften gilt, gibt es hierzu nur vereinzelt fachdidaktische Arbeiten. Diese beschäftigen sich mit allgemeinen Aspekten wie beispielsweise dem Adressatenbezug, der Klarheit sowie der Nutzung von Visualisierungen und Beispielen. Der konkrete Bezug zum Fach bleibt jedoch meist aus. Als eine fachspezifische Herausforderung für Biologielehrkräfte kann die Komplexität biologischer Phänomene gesehen werden. Aus diesem Grund steht neben der fachdidaktischen Konzeptualisierung des unterrichtlichen Erklärens auch die Operationalisierung und damit verbunden die Erfassung der von Schüler\*innen wahrgenommenen Qualität unterrichtlichen Erklärens im Fokus dieser Arbeit. Für die Erfassung der wahrgenommenen Qualität wurde ein computerbasierter Fragebogen mit Videovignetten, die unterrichtsnahe Erklärungen aus dem Biologieunterricht zeigen, konstruiert. Dabei variieren die implementierten Videovignetten im Grad der dargestellten Komplexität des Gegenstands. Ergebnisse zeigen eine große Varianz innerhalb der befragten Stichprobe sowie auf deskriptiver Basis schlechtere Bewertungen komplexerer Erklärungen. Relevante Merkmale guter Erklärungen sind für Schüler\*innen die Sprechweise der Lehrkraft sowie die Struktur der Erklärung.*

### **Abstract**

*Even though explaining is seen as a crucial task for teachers, there is just a small number of educational research activities on this topic. These are dealing with general aspects like adequacy for a particular audience, clarity and usage of visualisations and examples, but without an explicit reference to a discipline. However the complexity of biological phenomena can be seen as a discipline specific challenge for biology teachers. Therefore, this paper focusses on a biology didactical conceptualization of instructional explaining, the*

*operationalisation and the collection of empirical data on the perceived quality of explanations from the perspective of students. Empirical data is collected through a specially developed onscreen questionnaire with video vignettes. The video vignettes show explanations as used in biology classes and vary in the level of complexity of the explained phenomena. Descriptive results show a large variance between students and explanations focusing explicitly on the complexity of the phenomenon are rated worse. Particularly relevant criteria for good explanations are the way of speaking and the structure of the explanation.*

## **1 Einleitung**

Das Erklären gilt als eine der Kernaufgaben von Lehrkräften und ist eine wichtige Teilfacette des fachdidaktischen Wissens (KUNTER et al., 2011; SHULMANN, 1986). Im schulischen Kontext ist das Erklären jedoch seit den 90er Jahren nur selten in der Forschung als Untersuchungsgegenstand oder in fachdidaktischen Überlegungen aufgegriffen worden, da vor allem die Lernenden und weniger die Lehrenden im Fokus standen. Einhergehend mit einem Paradigmenwechsel in der Lehrerforschung – vom Persönlichkeits-Paradigma über das Prozess-Produkt-Paradigma hin zum Experten-Paradigma – und empirischen Befunden zur Notwendigkeit von Lehrerklärungen bei komplexen Themen und niedrigem Vorwissenstand bei Schüler\*innen, wird das Erklären seit einiger Zeit verstärkt thematisiert (HELMKE, 2012; RENKL, 2001). Es gibt bereits einige Arbeiten, die mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung durch Analysen gelungener Erklärungen (z.B. TREAGUST & HARRISON, 2000) oder Expertenbefragungen (z.B. FINDEISEN, 2017) Qualitätskriterien erarbeitet haben, die unter anderem auch in der Lehrerbildung eingesetzt werden können. Obwohl das Erklären als ein Wechselspiel zwischen Fachinhalt, erklärender Person und Rezipient\*innen gesehen werden kann, wird in bestehenden Forschungsarbeiten entweder auf die Perspektive der Lernenden (z.B. WRAGG, 1993) oder der Lehrenden (z.B. SCHOPF & ZWISCHENBRUGGER, 2015) eingegangen. Hinzu kommt, dass das Fach in bisherigen Arbeiten kaum in den Blick genommen wurde. Der explizite Einbezug der Fachwissenschaft als zentrale Referenzdisziplin, ist aber von besonderer Wichtigkeit, da die Charakteristika der Erklärgegenstände auch die Formen des fachlichen Erklärens prägen und spezifische Schwierigkeiten beim Erklären generieren können (POTOCHNIK, 2013). Beispielsweise stehen Lehrkräfte vor der Herausforderung einerseits die Komplexität biologischer Phänomene angemessen zu reduzieren, aber andererseits die Komplexität auch aufzuzeigen, sodass nicht fälschlicherweise der Eindruck von Eindeutigkeit und Monokausalität entsteht (MITCHELL, 2008).

Ziel des Forschungsvorhabens ist es deshalb zum einen die Fachspezifität des Erklärens in der Biologie herauszuarbeiten. Zum anderen sollen Qualitätsmerkmale mündlicher Lehrerklärungen aus den Perspektiven von

Studierenden, Lehrkräften, Fachdidaktiker\*innen und Schüler\*innen unter besonderer Berücksichtigung der Darstellung von Komplexität erfasst werden. Eingebettet ist das Vorhaben in das Projekt FALKE (Fachspezifische Lehrkompetenzen im Erklären) der Universität Regensburg, an dem elf Fachdidaktiken sowie die Sprach- und Sprechwissenschaft beteiligt sind. Durch ein gemeinschaftliches Studiendesign können auch Vergleiche zwischen den Fächern angestellt und Fachspezifika herausgearbeitet werden. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der Teilstichprobe der Schüler\*innen präsentiert.

## 2 Theorie

### 2.1 Das Konstrukt „Erklären“

Erklären findet in den unterschiedlichsten Kontexten statt und wird daher auch von einer Vielzahl an Disziplinen theoretisch und empirisch in den Blick genommen. Schulisches Erklären bildet dabei gewissermaßen einen Knotenpunkt zwischen diesen verschiedenen disziplinären Perspektiven, sodass diese für eine umfassende Konzeptualisierung berücksichtigt werden sollten.

Aus *konversationsanalytischer Sicht* ist Erklären allgemein ein komplexer Kommunikationsprozess, der zwischen mindestens zwei Gesprächspartnern stattfindet und durch eine asymmetrische Wissensverteilung gekennzeichnet ist, wodurch sich wiederum eine typische Rollenverteilung zwischen nicht-wissender und erklärender Person konstituiert (KOTTHOFF, 2009). Aus *didaktischer Sicht* zielt Erklären als Sprachhandlung auf eine Fähigkeits- oder Fertigkeitsvermittlung sowie auf die Initiierung eines Verstehensprozesses beim Rezipienten (KIEL, 1999; LEINHARDT & STEELE, 2005). LARREAMENDY-JOERNS und MUÑOZ (2010) erweitern diese auf kognitiven Lernfortschritt ausgerichtete Zieldimension um das Bestreben, mit dem Erklären auch eine Vorstellung über das Wesen des Faches an Schüler\*innen vermitteln zu können. In Abgrenzung zu anderen Sprachhandlungen wie beispielsweise Beschreiben oder Erläutern machen Analysen der *funktionalen Pragmatik* deutlich, dass Erklärungen einen hohen Abstraktionsgrad aufweisen, da sie nicht sichtbare Zusammenhänge zum Gegenstand haben (TREAGUST & HARRISON, 2000). Beschreibungen oder Erläuterungen hingegen rekurren zum Großteil auf Erfahrungswissen der Gesprächspartner (MOREK, 2012). Dabei tritt – insbesondere im unterrichtlichen Kontext – das Erklären meist nicht isoliert, sondern in Kombination mit anderen Sprachhandlungen wie Beschreiben, Erläutern, Definieren, etc. auf, wodurch ein sogenannter Illokutionenverbund entsteht (KOTTHOFF, 2009). Als Charakteristikum des Erklärens bzw. von Erklärungen wird aus *wissenschaftstheoretischer Sicht* das Herstellen von kausallogischen Beziehungen benannt (BARTELBORTH, 2007). Im Falle der Biologie wird neben funktionalen, mechanistischen und his-

torischen Erklärungen die Form kausaler Erklärungen beschrieben. Dabei wird ein biologisches Phänomen durch kausale Faktoren erklärt, die zur Entstehung des Phänomens beitragen (POTOCHNIK, 2013). Die wissenschaftstheoretische Perspektive auf Erklärungsformen einer Disziplin ist insbesondere für eine Konzeptualisierung des fachspezifischen Erklärens und eine Abgrenzung zum Erklären beispielsweise im Kunst- oder Deutschunterricht von Bedeutung. Gerade diese Perspektive wird in der fachdidaktischen Literatur jedoch weitestgehend ausgeblendet, sodass als Konsens bei der Analyse des Erklärbegriffs vor allem allgemeine Aspekte wie die asymmetrische Wissensverteilung, die interaktive Ausrichtung und das Ziel der Verstehensgenerierung aufgegriffen werden (FINDEISEN, 2017).

## 2.2 Komplexität biologischer Phänomene

Eine besondere Herausforderung für Lehrkräfte resultiert aus der Komplexität biologischer Phänomene. Das bedeutet, dass meist viele Faktoren zur Phänomenentstehung beitragen, wobei diese Faktoren jeweils nicht isoliert wirken, sondern sich gegenseitig beeinflussen und so über Wechselwirkungen miteinander in Verbindung stehen. Dabei können die meisten Faktoren je nach Anfangsbedingungen unterschiedliche Ausprägungen annehmen, wodurch sich wiederum die Qualität der Wechselwirkungen mit den anderen an der Phänomenentstehung beteiligten Faktoren ergibt. Eine Erklärung durch allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten und Reduktion ist daher schwieriger und als Folge daraus Erklärungen mit einem höheren Maß an individuellem Phänomenbezug notwendig (KUHLMANN, 2007; MITCHELL, 2008). Dem Versuch, komplexe Wirkungsgefüge aufzudecken, sind oftmals epistemologische Grenzen gesetzt, sodass es teilweise nur Erklärungsansätze für individuelle Ereignisse und Prozesse geben kann. Dies wird besonders deutlich, wenn man sich beispielsweise die komplexen Ursache-Wirkungszusammenhänge bei Krankheitsbildern oder Populationsverläufen vor Augen führt (MITCHELL, 2008).

Solche komplexen Zusammenhänge führen an die Grenzen der Vorstellbarkeit und des Wissens. Daher kann von ihnen einerseits auch eine Faszination ausgehen, weil sie zum eigenen Nach- und Weiterdenken anregen können. Zum anderen kann es durch das „Nichtwissen“ auch zu einer Verunsicherung kommen. Da Schüler\*innen häufig dazu tendieren von einer zentralen Ursache auszugehen, also über ein *centralized mindset* verfügen, kann durch das Aufzeigen vieler Faktoren und deren Wechselwirkung, was eher einem dezentralen Denkmuster entspricht, Verunsicherung entstehen (JACOBSON & WILENSKY, 2006, RESNICK & WILENSKY, 1998). Ein Anbahnen eines Verständnisses, dass bei biologischen Phänomenen komplexe, dynamische Prozesse bei der Phänomenentstehung wirken, scheint für eine adäquate Deutung aktueller

Veränderungen (z. B. Klimawandel, Artensterben) und von Zusammenhängen in der belebten Welt jedoch essenziell (GROTZER, 2012; MITCHELL, 2008). JACOBSON und WILENSKY (2006) stellen jedoch fest, dass trotz der rasanten Entwicklung von Forschungsprojekten und -ergebnissen aus den Natur- sowie Gesellschaftswissenschaften zum Thema „Komplexität“ der Aspekt kaum Eingang in die Curricula gefunden hat.

### **2.3 Qualitätskriterien unterrichtlichen Erklärens**

Als Teil der Unterrichtsqualität ist das Erklären auch ein Bedingungsfaktor des Lernerfolgs bei Schüler\*innen (KUNTER ET AL., 2011). Was gutes mündliches Erklären kennzeichnet ist unter anderem auch durch Expertenbefragungen in Form von Interviews evaluiert worden (SCHOPF & ZWISCHENBRUGGER, 2015). Stichprobenartig wurde auch der Zusammenhang zwischen einzelnen Merkmalen von meist als besonders gelungen geltenden Erklärungen und dem Erfolg, der durch die Lernleistung von Schüler\*innen operationalisiert wurde (WRAGG, 1993), oder der eingeschätzten Qualität (KULGEMEYER & SCHECKER, 2013; TREAGUST & HARRISON, 2000) erhoben.

Da das Verstehen bzw. die Initiierung eines Verstehensprozesses ein zentrales Ziel ist, ist die Adressatenorientierung beim Erklären von großer Bedeutung (RENKL ET AL., 2007; SCHOPF & ZWISCHENBRUGGER, 2015). Eine Anpassung an die Rezipient\*innen kann beispielsweise auf der Ebene der (Fach-)Sprache erfolgen, sodass der allgemeine sprachliche Code, die genutzten Mathematisierungen und graphischen Darstellungsformen sowie Analogien und Metaphern variiert werden müssen (KULGEMEYER & TOMCZYSZYN, 2015). Weiterhin gilt es das Vorwissen zu berücksichtigen, sodass anschlussfähiges Wissen entstehen kann sowie den allgemeinen Schwierigkeitsgrad an die Fähigkeiten der Rezipient\*innen anzupassen (TREAGUST & HARRISON, 2000; WAGNER & WÖRN, 2011). Hervorgehoben wird auch die Struktur der Erklärung, wobei diese unter stetiger Konzentration auf das Wesentliche einer logischen Abfolge entsprechen soll, in der alle Verstehenselemente klar voneinander getrennt dargestellt und miteinander verknüpft werden (SCHOPF & ZWISCHENBRUGGER, 2015; WRAGG, 1993). Die Schwierigkeit hierbei besteht in der konkreten Ausführung, da es keine prototypische Struktur gibt, sondern vielmehr jeder Erklärgegenstand durch die erklärende Person strukturiert werden muss und der logische Gehalt der Verknüpfungen von den Rezipient\*innen individuell empfunden wird. Als Teil einer guten Struktur wird auch die klare Herausstellung des Erklärziels zu Beginn einer Erklärung genannt (ODORA, 2014; WRAGG & BROWN, 1993). Nur teilweise wird auf die sprecherischen Aspekte eingegangen, deren Bedeutung in der Didaktik bisher kaum beachtet wird. Wichtig ist hierbei, dass sich die Rezipient\*innen durch die Modulation der Stimme sowie die genutzte Gestik und Mimik angesprochen fühlen und das in-

haltliche Verständnis durch die Nutzung der sprechsprachlichen Möglichkeiten unterstützt wird (ODORA, 2014).

Die Befundlage zur Effektivität von Lehrerklärungen ist jedoch nicht eindeutig (RENKL ET AL., 2007). Ein Grund dafür könnte sein, dass sich die tatsächlichen Lerneffekte erst durch die Aktivitäten, die der Erklärung nachfolgen, manifestieren (WEBB, TROPER, & FALL, 1995). Des Weiteren kann die Testung des Lernerfolgs schwierig sein, da der Zeitpunkt innerhalb eines Lernprozesses, zu dem eine Erklärung gegeben wird, entscheidend ist (SPRECKELS, 2009). Die vorliegende Studie rückt nun die Wahrnehmung der Erklärqualität in den Fokus. Aus der Perspektive der Schüler\*innen als mögliche Rezipient\*innen ist die Wahrnehmung und Interpretation ein erster Kontaktpunkt bzw. ein Filter, der dem Lernen und Verarbeiten des Gehörten vorangeschaltet ist und stellt damit einen Teil des individuellen Verarbeitungsprozesses dar (HELMKE, 2012).

### **3 Fragestellungen**

Vor diesem Hintergrund leiten sich für den hier präsentierten Ausschnitt des Forschungsvorhabens mit explorativem Charakter folgende Fragestellungen ab:

1. Wie groß ist die Varianz bezüglich der Einschätzung der Qualität einer Erklärung innerhalb der Gruppe der Schüler\*innen?
2. Wie wird das Aufzeigen der Komplexität im Vergleich zur Reduzierung der Komplexität biologischer Phänomene in Erklärungen wahrgenommen?
3. Welche Merkmale sind für die Einschätzungen der Qualität maßgeblich?

### **4 Methodik**

Zur Erfassung der Qualität fachspezifischen Erklärens wurde ein computerbasierter Online-Fragebogen mit überwiegend geschlossenen Items zu sechs Videovignetten konstruiert. Die circa drei minütigen Vignetten wurden geplant bzw. nachgestellt, sind also den „staged videos“ zuzuordnen (SEIDEL & THIEL, 2017) und zeigen unterrichtsnahe, lehrerzentrierte Erklärsituationen des Biologieunterrichts. Aufgrund der langen Bearbeitungszeit fand die Erhebung zu zwei Zeitpunkten statt. Zum ersten Zeitpunkt wurden von den Teilnehmer\*innen ein Globalurteil zur Qualität jeder Erklärung und eine Begründung zur Vergabe des Globalurteils in einem offenen Item abgegeben. Es folgen repräsentative Ausschnitte aus drei der Videovignetten mit einer Länge von circa 30 Sekunden, anhand derer die sprecherische Wirkung der erklärenden Person eingeschätzt wird. Zum zweiten Messzeitpunkt wurden alle Erklärungen nochmals angesehen und hinsichtlich der Sprache, der Komplexität bzw. Reduktion der biologischen Phänomene, der Adressatenorientierung sowie der Strukturierung bewertet. Die

jeweiligen Videovignetten konnten von den Teilnehmer\*innen nicht angehalten oder erneut betrachtet werden.

#### 4.1 Videovignetten als Stimulus

Videovignetten, die kurze und authentische Unterrichtssituationen darstellen, eignen sich in besonderem Maße für das Forschungsvorhaben, da sie die komplexe Anforderungssituation des Erklärens abbilden können (SEIDEL & THIEL, 2017). Im Gegensatz zu schriftlichen Vignetten können dabei nicht nur Adressatenorientierung und Struktur beurteilt werden, sondern eben auch sprecherische und sprachliche Aspekte.

Die Erklärgegenstände der sechs Videovignetten basieren auf Vorwissen der 9. Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiums und sind im Lehrplan der 10. bzw. 11. Klasse des bayerischen Gymnasiums zu verorten. Sie zeigen kausale Erklärungen unterschiedlicher biologischer Phänomene aus den Themenbereichen Genetik ( $G$ ), Ökologie ( $\ddot{O}$ ) sowie Physiologie ( $P$ ). Zwischen den Erklärungen wird im Grad der dargestellten Komplexität variiert. In drei der Videos wird das zu erklärende Phänomen auf einen eindeutigen Ursache-Wirkzusammenhang zurückgeführt und es steht die Bemühung im Vordergrund, durch Reduktion ein allgemeines Prinzip in Anlehnung an eine Gesetzmäßigkeit zu vermitteln. Bei den Erklärgegenständen handelt es sich um die Entstehung von Mukoviszidose ( $G_r$ ), die Entstehung von Populationsschwankungen am Beispiel der Schneeschuhhasen in Kanada ( $\ddot{O}_r$ ) sowie die Entstehung eines Vitamin-A-Mangels ( $P_r$ ). In den verbleibenden drei Videovignetten werden mehrere Ursachen, die zur Phänomenentstehung beitragen, angeführt und es wird angedeutet, dass nicht alle Faktoren sowie Wechselwirkungen zwischen den Faktoren bekannt sind. Sie zeigen daher stärker die Komplexität auf. Die Erklärgegenstände sind inhaltlich sehr nahe an denen der reduzierteren Erklärungen und nehmen die Entstehung von Multipler Sklerose ( $G_k$ ), die Entstehung der Populationsschwankungen am Beispiel der Erdkröten im Kreis Merklingen ( $\ddot{O}_k$ ) sowie die Entstehung eines Folsäuremangels ( $P_k$ ) in den Blick. Aufgrund des spezifischen inhaltlichen Schwerpunkts und einer gezielten Kontrolle der zu untersuchenden Variable, wurden die Videovignetten nicht direkt aus videografiertem Unterricht entnommen, sondern grobe Skripts entworfen und die Erklärsituation in nachgestellten Szenen aufgenommen. Innerhalb der inhaltsähnlichen Videopaare wurde auf einen vergleichbaren Aufbau der Erklärung geachtet und über alle Vignetten hinweg die Sprecherin sowie die Form der Visualisierung konstant gehalten.

Innerhalb des Fragebogens wechseln die reduzierten und komplexeren Erklärungen ab, wobei die inhaltsähnlichen Videopaare nicht direkt aufeinanderfolgen. Um mögliche Reihenfolgeeffekte berücksichtigen zu können, wurde

systematisch randomisiert und zwei Versionen mit unterschiedlicher Reihung der Videovignetten erstellt (Version 1:  $G_r, \ddot{O}_k, P_r, G_k, \ddot{O}_r, P_k$  ; Version 2:  $G_k, \ddot{O}_r, P_k, G_r, \ddot{O}_k, P_r$ ). Die zwei Versionen wurden den Klassen zufällig zugeteilt.

## 4.2 Erhebungsinstrument und eingesetzte Skalen

Die Qualität der Erklärungen wird von den Teilnehmer\*innen zunächst mit einem Globalurteil eingeschätzt. Die Bewertung erfolgt mit einer sechsstufigen Notenskala in Anlehnung an Schulnoten. Optional kann eine positive oder negative Tendenz angegeben werden. Die Begründung zur Notenvergabe erfolgt über die Eingabe in einem Freitextfeld. Da keine Skalen zu den abgefragten Konstrukten in der Forschung vorlagen, wurden auf Grundlage der bereits dargelegten Befunde zu Qualitätskriterien und dem fachspezifischen Fokus die Items selbst erstellt:

- a) *sprecherische Wirkung des Erklärenden* (8 Items): Hier wird unter anderem die deutliche Aussprache, der unterstützende Einsatz von Gestik und Mimik, der wahrgenommene Enthusiasmus sowie die Setzung der Sprechpausen und die Sprechmelodie in den Blick genommen (z.B.: „Die Lehrerin hatte eine abwechslungsreiche Sprechweise.“). Alle Teilstichproben werden zudem in einem Globalurteil in Bezug auf die Gefälligkeit des Sprechens befragt.
- b) *Sprache* (3 Items): Die Skala enthält Items zur wahrgenommenen sprachlichen Qualität auf Wort- und Satzebene respektive zur Bekanntheit der verwendeten Worte, zum verständlichen Ausdruck und zur adäquaten Länge der Sätze (z.B.: „Bei manchen Wörtern habe ich nicht gewusst, was sie bedeuten.“).
- c) *Komplexität und Reduktion (Domänenspezifik)*: Schüler\*innen schätzen die Faszination für das erklärte Phänomen, die Angemessenheit der Anzahl der genannten Zusammenhänge und Faktoren sowie zur Entsprechung der Erklärung mit dem realen Phänomen ein (z.B.: „Die Anzahl der Zusammenhänge ist für mich angemessen“).
- d) *Strukturierung* (5 Items): Die Schüler\*innen werden zum logischen Aufbau zur Konzentration auf das Wesentliche sowie zur Klarheit in Bezug auf das Erklärziel befragt (z.B.: „Die Erklärung hatte einen roten Faden.“). Die Güte der Strukturierung wird zusätzlich in einem zusammenfassenden Globalurteil eingeschätzt.
- e) *Adressatenbezug* (3 Items): Die Einschätzung des Adressatenbezugs bezieht sich auf den allgemeinen Schwierigkeitsgrad sowie die Berücksichtigung des Vorwissens (z.B.: „Ich konnte der Erklärung mit meinem Wissen gut folgen.“). Die allgemeine Passung der Erklärung für die Schüler\*innen wird zudem in einem Globalurteil erfasst.



Hinzu kommt ein Item für die Einschätzung der empfundenen Sympathie gegenüber der erklärenden Person als Kontrollvariable, da diese Grund für eine Verzerrung bei der Einschätzung der Kriterien sein kann und gerade bei Schüler\*innen einen hohen Einfluss auf die Bewertung der Erklärqualität haben kann (KUNTER & BAUMERT, 2007).

Alle Items zu den Konstrukten wurden auf einer vollverbalisierten, ausbalancierten, sechsstufigen Skala (Stimme voll zu (= 1) - Stimme zu (= 2) - Stimme eher zu (= 3) - Stimme eher nicht zu (= 4) - Stimme nicht zu (= 5) - Stimme gar nicht zu (= 6)) eingeschätzt. Durch die Wahl von sechs Antwortkategorien kann das Ambivalenz-Indifferenz-Problem abgemildert werden (DÖRING & BORTZ, 2006).

### 4.3 Pilotierung durch kognitive Interviews

Die eingesetzten Items sowie die instruktionalen Texte des Onlinefragebogens wurden vor der Datenerhebung im Rahmen von kognitiven Interviews mit der Technik des *Verbal Probing* pilotiert und auf ihre Verständlichkeit hin überarbeitet. Dabei werden Angehörigen der Stichprobe in Interviews Zusatzfragen bezüglich des Verständnisses einer Frage, eines Aspekts oder eines Begriffs (*comprehension probing*) sowie der Wahl einer Antwortkategorie (*category selection probing*), dem Besitz relevanter Informationen zur Beantwortung des Items, der Informationsbeschaffung zur Beantwortung der Frage (*information retrieval probing*) und unspezifische Nachfragen zu Problemen (*general probing*) gestellt. Auf Grundlage der Interviewdaten werden die Items angepasst (PRÜFER & REXROTH, 2005). Für die vorliegende Studie wurden Interviews mit zwei Schüler\*innen geführt und die Items daraufhin angepasst. Als besonders gewinnbringend erwiesen sich die Nachfragen zum Verständnis eines bestimmten Begriffs innerhalb eines Items, die Wahl der Antwortkategorie sowie die unspezifischen Nachfragen. Für Schüler\*innen war es beispielsweise schwierig die Items nur in Bezug auf die eigene Wahrnehmung hin einzuschätzen und nicht die Mitschüler\*innen mit einzubeziehen. Daher wurden die Items für um einen persönlichen Bezug erweitert (z. B. „Die Anzahl der Zusammenhänge ist *für mich* angemessen.“).

### 4.4 Stichprobe

Die erhobene Gelegenheitsstichprobe der Schüler\*innen umfasst nach Ausschluss ungültiger Fälle 122 Schüler\*innen der 10. Jahrgangsstufe des Gymnasiums. Erhoben wurde insgesamt an drei Schulen in fünf Klassen. Der Kontakt wurde über die Schulleitung des jeweiligen Gymnasiums hergestellt und an Biologielehrkräfte weitergeleitet, die sich freiwillig für die Teilnahme mit ihrer Klasse melden konnten.

## 4.5 Durchführung

Die Bearbeitung des Fragebogens fand je im Klassenverband in einem Computerraum der Schule statt, wobei jeder Teilnehmer den Fragebogen an einem eigenen PC bearbeitete, sodass die individuelle Lesegeschwindigkeit in der Bearbeitungszeit berücksichtigt werden konnte. Im Mittel betrug die Bearbeitungszeit 33:76 Minuten ( $SD = 5:03$  Min.) zum ersten und 32:00 Minuten ( $SD = 3:93$  Min.) zum zweiten Erhebungszeitpunkt. Zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten lag stets eine Woche. Die Bearbeitung fand unter Aufsicht der Lehrkraft und einer eingewiesenen studentischen Hilfskraft statt.

## 4.6 Datenauswertung

Vor den Berechnungen wurde für das Globalurteil eine Transformation vorgenommen. Die im Globalurteil vergebene Note wurden mit der vergebenen Tendenz (+ / -) verrechnet, wobei ein zusätzliches „Plus“ den Notenwert um 0,3 verbessert und ein „Minus“ diesen um 0,3 verschlechtert. Die Werte des transformierten Globalurteils sind für alle Videovignetten annähernd normalverteilt und Varianzhomogenität ist gegeben, sodass Varianzanalysen mit Messwiederholung zur Bestimmung der Unterschiede zwischen komplexeren und reduzierten Videovignetten im Globalurteil in Bezug auf Forschungsfrage zwei durchgeführt werden können. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde ein hierarchisches lineares Regressionsmodell gerechnet. Hierfür wurden aus den Daten der Items, die ein Konstrukt bilden, jeweils skalenspezifische Mittelwerte errechnet. Die Voraussetzung der Normalverteilung der Residuen wurde im Histogramm überprüft und ist gegeben.

# 5 Ergebnisse

## 5.1 Gütekriterien

Zur Erhöhung der Durchführungsobjektivität wurde vorab für die Instruktion der Schüler\*innen sowie für eventuell auftretende Verständnisnachfragen zu einzelnen Items ein standardisierter Text bzw. Antworten erarbeitet. Die Auswertungsobjektivität ist durch die computergestützte Datenerhebung gegeben. Die Inhaltsvalidität in Bezug auf die interessierende Variable der dargestellten Komplexität bzw. Reduktion des Erklärgegenstands ist aufgrund der inhaltlichen Konstruktion auf theoretischer Basis sowie der Rückmeldungen von Biologiedidaktikern ( $n=2$ ) und Studierenden ( $n=2$ ) in Pilotierungsinterviews anzunehmen. Zur Bestimmung der internen Konsistenz der konstruktsspezifischen Skalen wurde als Reliabilitätsindikator Cronbachs Alpha gewählt. Die Werte wurden videospezifisch ohne Einbezug der konstruktsspezifischen Globalurteile berechnet (siehe Tab. 1). Die im Falle der Konstrukte „Sprache“ und „Adressatenbezug“ geringen Reliabilitäten waren zu erwarten, da eine Erfassung

durch Indikatoren des thematisch breiten Konstrukts abgestrebt wurde. Damit sind die niedrigen Werte für Cronbachs Alpha durch die Heterogenität der Skalen und die teils niedrigen Itemzahlen zu erklären (BÜHNER, 2011).

**Tabelle 1:** Spannweiten von Cronbachs Alpha mit part-whole korrigierten Itemtrennschärfen pro Konstrukt jeweils bezüglich aller Videovignetten

$N_{max}=122$ Konstrukt	Minimum		Maximum	
	Cronbachs $\alpha$ (Video)	$r_{it}$ : $M$ ( $SD$ ) (Video)	Cronbachs $\alpha$ (Video)	$r_{it}$ : $M$ ( $SD$ ) (Video)
Sprechweise (7 Items)	0,69 ( $G_k$ )	0,41 (0,10) ( $G_k$ )	0,88 ( $\ddot{O}_k$ )	0,66 (0,08) ( $\ddot{O}_k$ )
Sprache (3 Items)	0,31 ( $P_r$ )	0,22 (0,20) ( $P_r$ )	0,51 ( $P_k$ )	0,34 (0,14) ( $P_k$ )
Adressatenbezug (2 Items)	0,28 ( $\ddot{O}_k$ )	0,16 (---) ( $\ddot{O}_k$ )	0,63 ( $\ddot{O}_r$ )	0,46 (---) ( $\ddot{O}_r$ )
Strukturiertheit (4 Items)	0,63 ( $\ddot{O}_r$ )	0,41 (0,31) ( $\ddot{O}_r$ )	0,73 ( $P_k$ )	0,52 (0,23) ( $P_k$ )
Domänenspezifität (4 Items)	0,69 ( $\ddot{O}_k$ )	0,40 (0,14) ( $\ddot{O}_k$ )	0,85 ( $P_r$ )	0,59 (0,12) ( $P_r$ )

$r_{it}$ : part-whole korrigierte Itemtrennschärfe;  $M$ : Mittelwert;  $SD$ : Standardabweichung; *Video*: Bezeichnung der Videovignette (vgl. Abschnitt 4.1)

## 5.2 Varianz in der Bewertung bei Schüler\*innen

Deskriptive Befunde zeigen hohe Varianzen bezüglich der globalen Bewertung pro Video innerhalb der befragten Stichprobe auf ( $0,72 \leq SD \leq 0,85$ ). Wie in Tabelle 2 ersichtlich nutzen Schüler\*innen einen großen Bereich der Notenskala [0,7; 5,0] aus, wobei eine zu strenge Bewertung gemieden wird.

**Tabelle 2:** Deskriptive Werte zu den Globalurteilen der Schüler\*innen ( $N_{max}=122$ ) je Videovignette

<i>Video</i>	$G_r$	$G_k$	$\ddot{O}_r$	$\ddot{O}_k$	$P_r$	$P_k$
$M$ ( $SD$ )	2,02 (0,75)	2,30 (0,74)	1,84 (0,81)	1,99 (0,85)	2,03 (0,73)	2,16 (0,80)
[range]	[0,7; 4,0]	[0,7; 4,7]	[0,7; 4,7]	[0,7; 5,0]	[0,7; 4,0]	[0,7; 4,7]
$F(1, df_{res})$ $p$ ; $d$	$F(1,119) = 14,52$ ; $\leq 0,01$ ; 0,38		$F(1,117) = 2,16$ ; 0,13; 0,18		$F(1,114) = 1,38$ ; 0,13; 0,17	

*Video*: Bezeichnung der Videovignette (vgl. Abschnitt 4.1);  $M$ : Mittelwert;  $SD$ : Standardabweichung; *range*: Spannweite;  $F$ :  $F$ -Statistik;  $df_{res}$ : Freiheitsgrade;  $p$ :  $p$ -Wert;  $d$ : Cohens  $d$

## 5.3 Signifikante Unterschiede in der Bewertung von komplexeren und reduzierteren Erklärungen

Auf deskriptiver Ebene wird die komplexer gestaltete Erklärung gegenüber der reduzierteren Erklärung innerhalb der inhaltsähnlichen Vignettenpaare durchge-

hend mit einem schlechteren Globalurteil bewertet. Lediglich ein Unterschied wird in mehrfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung unter Berücksichtigung der Videoreihenfolge als Kontrollvariable signifikant (siehe Tab. 2). Schüler\*innen bewerten die reduziertere Erklärung zur Entstehung von Mukoviszidose ( $G_r$ ) signifikant besser als die komplexere Erklärung zur Entstehung von Multiple Sklerose ( $G_k$ ). Zwischen dem Komplexitätsgrad der Erklärung der Erklärung und der Kontrollvariable der Version liegt in keinem Fall eine signifikante Interaktion vor.

#### 5.4 Statistisch bedeutsame Merkmale für die Qualität einer Erklärung

In einem linearen Mehrebenenmodell, das die nach Personen und Videovignetten geordnete Datenstruktur berücksichtigt ( $ICC = 13,05\%$ ), ergeben sich hinsichtlich der abhängigen Variable des Globalurteils über alle Videos hinweg für die Sprechweise ( $b = 0,18^{**}$ ) und Strukturierung ( $b = 0,25^*$ ) signifikante Werte. Dabei bedeutet ein Wert des unstandardisierten Regressionskoeffizienten von 0,25, dass bei einer im Mittel um eine Note besseren Bewertung des Konstrukts Struktur das Globalurteil der Erklärung um circa 0,25 besser ausfällt. Die Varianzaufklärung des vorliegenden Modells auf Grundlage der erhobenen Daten von Schüler\*innen ist mit einem konditionalen  $R^2$  von 0,21 Prozent hinsichtlich der zugrunde liegenden Fragestellung als gut zu bewerten.

**Tabelle 3:** Lineares Mehrebenenmodell mit der abhängigen Variable Globalurteil und unter Berücksichtigung der nach Personen und Videos hierarchisierten Datenstruktur ( $N = 102$ ;  $ICC = 13,05\%$ )

UV	Konstante	Sprechweise	Sympathie	Sprache	Adressatenbezug	Struktur	Domänenspezifität	$R^2$
$b$	0,90**	0,18*	0,06	-0,08	0,07	0,25**	0,01	0,21

$R^2$ : kond. R-Quadrat;  $ICC$ : Intraklassenkorrelation;  $b$ : unstandardisierter Regressionskoeffizient; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$

## 6 Diskussion und Fazit

Im Zuge der Forschungsarbeit wurde eine Konzeptualisierung des Erklärens vorgelegt, die nicht nur auf allgemeine, fachunspezifische Merkmale rekurriert, sondern auf Grundlage wissenschaftstheoretischer Überlegungen auch die charakteristischen Merkmale des Faches Biologie mit einbezieht. Dabei steht das Konzept der Komplexität als eine charakteristische Eigenschaft biologischer Phänomene im Zentrum, da es als wichtiges Konzept aktueller, gesellschaftsrelevanter Entwicklungen, wie beispielsweise des Klimawandels, gelten kann und sowohl Erklärende als auch Rezipient\*innen vor spezifische Herausforderungen stellt.

Ebenso ist es gelungen ein Instrument zur Erfassung der eingeschätzten Qualität von Erklärungen zu erstellen. Einzelne Konstrukte, wie beispielsweise die Struktur oder Sprechweise der Lehrkraft tragen einen großen Teil zur Varianzaufklärung und damit zur Beschreibung guter, mündlicher Erklärungen bei. Das Konstrukt zur Domänenspezifität trägt zur Aufklärung der Varianz jedoch kaum bei, das heißt, die Items erfassen mitunter nicht den Kern in Bezug auf die in den Videovignetten gezeigte Komplexität der Erklärgegenstände. Daher müsste das generierte Konstrukt gegebenenfalls überprüft bzw. weitere Indikatoren identifiziert werden. Die Konstrukte der Sprache und des Adressatenbezugs sollten in folgenden Arbeiten ebenfalls um relevante Indikatoren erweitert werden, um sie hinsichtlich der Reliabilitäten sowie die Aufklärung des Modells zu verbessern.

Die hier dargestellten deskriptiven Befunde zeigen, dass Schüler\*innen die Erklärqualität sehr heterogen einschätzen. Trotz individueller Bezugsnormen bei der Einschätzung der Qualität, deuten diese Ergebnisse an, dass Erklärungen hoch individuell rezipiert werden (DÖRING & BORTZ, 2006; LEINHARDT & STEELE, 2005). In Zusammenspiel mit individuellen Lernvoraussetzungen wird damit auch eine Hürde einer Messung der Lernförderlichkeit von Erklärungen evident (HELMKE, 2012).

Die Unterschiede in der Bewertung der inhaltsähnlichen Videopaare sind in ihrer Tendenz als erwartungskonform zu betrachten: Obwohl biologische Phänomene komplexer Natur sind, wird diese Komplexität in unterrichtlichen Erklärungen selten aufgezeigt (JACOBSON & WILENSKY, 2006). Deshalb sind auf Komplexität stärker Bezug nehmende Erklärungen vermutlich eher ungewohnt, wodurch wiederum Erwartungshorizonte fehlen, die die Differenzen sowie die schlechtere Bewertung erklären können. Hinzu kommen Schwierigkeiten aus der Vermittlungsperspektive vor allem hinsichtlich einer übersichtlichen Darstellung: Die zeitliche Parallelität zahlreicher Prozesse muss aufgeschlüsselt werden. Das heißt eigentlich gleichzeitig stattfindende sowie sich gegenseitig beeinflussende Prozesse müssen nacheinander dargestellt werden (KUHLMANN, 2007). Dies führt zu der Frage, ob neben einer stärkeren Bewusstmachung der Komplexität biologischer Phänomene im Biologieunterricht, auch für die didaktische Aufbereitung und unterrichtliche Umsetzung weitere Konzepte entworfen und erprobt werden sollten.

Bei der Befragung von Schüler\*innen hinsichtlich einer Einschätzung der Erklärqualität ergibt sich auch die Frage, ob diese ein valides Urteil darüber abgeben können. KUNTER und BAUMERT (2006) differenzieren hier zwischen verschiedenen Aspekten von Unterrichtsqualität, die von Schüler\*innen unterschiedlich valide beurteilt werden können. Bezüglich des Themas „Erklä-

ren“ sind beispielsweise Auskünfte über die Passung zum vorhandenen Vorwissen von Rezipient\*innen bedeutsam, wofür Schüler\*innen die beste Informationsquelle sind (HELMKE, 2012; KUNTER & BAUMERT, 2006). Für eine umfassende Konzeptualisierung des Erklärens werden im Rahmen des Forschungsprojektes deshalb gegenwärtig auch die Einschätzungen von Studierenden, Lehrkräften und Didaktiker\*innen mit einem erweiterten Fragebogen in Bezug auf die didaktische sowie fachliche Perspektive erhoben. Unterschiede zwischen Gruppen können unter anderem auf fehlendes didaktisches Wissen und damit auch auf eine andere Wahrnehmung – eben keine professionelle Wahrnehmung (*professional vision*) (BLÖMEKE, GUSTAFSSON & SHAVELSON, 2015) – zurückgeführt werden.

Im hierarchischen Regressionsmodell wird evident, dass das vergebene Globalurteil vor allem durch die Konstrukte der Sprechweise der Lehrkraft und der Struktur der Erklärung vorhergesagt werden kann. Diese Indikatoren der Konstrukte werden dabei vor allem auf der Ebene der Sicht- bzw. Oberflächenstruktur eingeschätzt und damit für Schüler\*innen gut erfassbar ist, ohne direkt auf die kognitive Verarbeitung des Gesagten zu rekurrieren (REUSSER & PAULI, 2013). Inwieweit Schüler\*innen auch auf Tiefenstrukturen als Argumente für die Beurteilung der Erklärung zurückgreifen, soll die Auswertung der offenen Begründungen zeigen.

## Zitierte Literatur

- BARTELBORTH, T. (2007): *Erklären*. Walter de Gruyter, Berlin.
- BLÖMEKE, S., GUSTAFSSON, J. & R. J. SHAVELSON (2015): Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie* 233, 3–13.
- BÜHNER, M. (2011): *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. Pearson, München.
- DÖRING, N. & J. BORTZ (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation: in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer, Heidelberg.
- FINDEISEN, S. (2017): *Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen: Eine Untersuchung zum Erklären im Rechnungswesen*. Springer, Wiesbaden.
- GROTZER, T. A. (2012): *Learning causality in a complex world: Understandings of consequence*. Rowman & Littlefield Education, Lanham, Maryland.
- HELMKE, A. (2012): *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Kallmeyer, Seelze-Velber.
- JACOBSON, M. J. & U. WILENSKY (2006): Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. *The Journal of the Learning Sciences* 15(1), 11–34.
- KIEL, E. (1999): *Erklären als didaktisches Handeln*. Ergon-Verl, Würzburg.
- KOTTHOFF, H. (2009): Erklärende Aktivitätstypen in Alltags- und Unterrichtskontexten. In J. SPRECKELS (Hrsg.) *Erklären im Kontext. Neue Perspektiven aus der Gesprächs- und Unterrichtsforschung*. Schneider, 120–146.
- KUHLMANN, M. (2007): Theorien komplexer Systeme: Nicht-fundamental und doch unverzichtbar? In A. BARTELS & M. STÖCKLER (Hrsg.), *Wissenschaftstheorie. Ein Studienbuch*. Mentis, 307–356
- KULGEMEYER, C. & H. SCHECKER (2013): Students Explaining Science - Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education* 43(6), 2235–2256.

- KULGEMEYER, C. & E. TOMCZYSZYN (2015): Physik erklären: Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21, 111–126.
- KUNTER, M. & J. BAUMERT (2007): Who is the expert? Construct and criteria validity of student and teacher ratings of instruction. *Learning Environments Research* 9(3), 231–251.
- KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S. & M. NEUBRAND (Hrsg.): (2011): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann, Münster.
- LARREAMENDY-JOERNS, J. & T. MUÑOZ (2010): Learning, Identity, and Instructional Explanations. In M. K. STEIN & L. KUCAN (Hrsg.), *Instructional Explanations in the Disciplines*. Springer US, 23–40
- LEINHARDT, G. & M. D. STEELE (2005): Seeing the Complexity of Standing to the Side: Instructional Dialogues. *Cognition and Instruction* 23(1), 87–163.
- MITCHELL, S. D. (2008): *Komplexitäten: Warum wir erst anfangen, die Welt zu verstehen*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- MOREK, M. (2012): *Kinder Erklären: Interaktionen in Familie und Unterricht im Vergleich*. Stauffenburg-Verl, Tübingen.
- ODORA, R. J. (2014): Using Explanation as a Teaching Method: How prepared are high school technology teachers in free state province, South Africa? *Journal of Social Sciences* 38(1), 71–81.
- POTOCHNIK, A. (2013): Biological Explanation. In K. KAMPOURAKIS (Hrsg.) *The philosophy of biology. A companion for educators*. Springer, 49–65.
- PRÜFER, P. & M. REXROTH (2005): *Kognitive Interviews* (ZUMA How-to-Reihe No. 15): Mannheim.
- RENKL, A. (2001): Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Unterrichtswissenschaft* 29, 41–63.
- RENKL, A., WITTEW, J., GROBE, C., HAUSER, S., HILBERT, T., NÜCKLES, M. ET AL. (2007): Instruktionale Erklärungen beim Erwerb kognitiver Fertigkeiten: Sechs Thesen zu einer oft vergeblichen Bemühung. In HOSENFELD, I. & F.-W. SCHRADER (Hrsg.) *Schulische Leistung - Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven*. Waxmann, 203–223.
- RESNICK, M. & U. WILENSKY (1998): Diving into Complexity: Developing Probabilistic Decentralized Thinking through Role-Playing Activities. *Journal of the Learning Sciences* 7(2), 153–172.
- REUSSER, K. & C. PAULI (2013): Verständnisorientierung in Mathematikstunden erfassen. Ergebnisse eines methodenintegrierten Ansatzes. *Zeitschrift für Pädagogik* 59(3), 308–335.
- SCHOPF, C. & A. ZWISCHENBRUGGER (2015): Verständliche Erklärungen im Wirtschaftsunterricht: Eine Heuristik basierend auf dem Verständnis der Fachdidaktiker/innen des Wiener Lehrstuhls für Wirtschaftspädagogik. *Zeitschrift für ökonomische Bildung* 3, 1–31.
- SEIDEL, T. & F. THIEL (2017): Standards und Trends der videobasierten Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 20(32), 1–22.
- SHULMANN, L. S. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4–14.
- SPRECKELS, J. (2009): Erklären im Kontext: Neue Perspektiven. In SPRECKELS, J. (Hrsg.) *Erklären im Kontext. Neue Perspektiven aus der Gesprächs- und Unterrichtsforschung* Schneider Verlag, 1–11.
- TREAGUST, D. F. & A. G. HARRISON (2000): In search of explanatory frameworks: An analysis of Richard Feynman's lecture 'Atoms in motion'. *International Journal of Science Education* 22(11), 1157–1170.
- WAGNER, A. & C. WÖRN (2011): *Erklären lernen - Mathematik verstehen: Ein Praxisbuch mit Lernangeboten*. Kallmeyer, Seelze.
- WEBB, N. M., TROPER, J. D. & R. FALL (1995): Constructive Activity and Learning in Collaborative Small Groups. *Journal of Educational Psychology* 87(3), 406–423.
- WRAGG, E. C. (1993): *Primary Teaching Skills*. Routledge, London.
- WRAGG, E. C. & G. BROWN (1993): *Explaining*. Routledge, London.