

## Beschreibungen optischer Phänomene

### Ausgangslage und Forschungsinteresse

Das Beschreiben naturwissenschaftlicher Phänomene ist ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Bildung und entsprechend in den Lehrplänen aller Bildungsstufen präsent: „Die Schüler und Schülerinnen können am Ende der Qualifikationsphase physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern“ (MSB NRW, 2014, S.61), lautet die allgemeine Kompetenzerwartung mit dem Erlangen der allgemeinen Hochschulreife für die Dimension Fachwissen. Das Fehlen von Progressionsangaben wird dadurch begründet, dass diese abhängig von der Komplexität des Fachinhalts sind. Für die Feststellung der Zielerreichung und der kumulativen Förderung der Beschreibungsfähigkeit werden jedoch schulstufenspezifische Progressionsangaben benötigt. Daher ist das Ziel dieser Arbeit das Identifizieren von themenübergreifenden Merkmalen einer naturwissenschaftlichen Beschreibung, die herangezogen werden können, um die Entwicklung der Beschreibungsfähigkeiten von Novizen bis zum Experten nachzuzeichnen. Hierzu werden zunächst Merkmale aus der Theorie abgeleitet und in ein Kategoriensystem überführt, anhand dessen naturwissenschaftliche Beschreibungen unterschiedlicher Niveaustufen analysiert werden können (Schüler -und Schülerinnen der Sekundarstufe I und II, Lehramtsstudierende und Physikkozierende). Das Kategoriensystem wird im Sinne einer qualitativ-strukturierenden Inhaltsanalyse induktiv angepasst. Jedoch fehlen hierzu empirische Forschungsarbeiten, die das naturwissenschaftliche Beschreiben als ein eigenständiges Konstrukt erfassen. Ein alternativer Ansatz findet sich in der pragmatisch-linguistischen Forschung, hier werden Beschreibungen als Kommunikationsprozesse modelliert (Stutterheim & Kohlmann, 2001). Dieser Ansatz hat sich bereits zur Modellierung der Erklärfähigkeiten bewährt (Kulgemeyer & Schecker, 2013). Nachfolgend werden der Ansatz und der zugrundeliegende theoretische Hintergrund erörtert und am Beispiel einer Pilotstudie mit Beschreibungssituationen aus der Optik konkretisiert.

### Theoretischer Hintergrund

Eine naturwissenschaftliche Beschreibung kann als *Kommunikation von Beobachtungen* aufgefasst werden. Aus beiden Konstrukten lassen sich daher Merkmale einer naturwissenschaftlichen Beschreibung ableiten. Eine erfolgreiche Kommunikation ist sowohl sachgerecht als auch adressatengerecht (Kulgemeyer, 2010). An die Kommunikation sind durch die Berücksichtigung des Adressaten Konventionen einer Sprachgemeinschaft gebunden (Stutterheim & Kohlmann, 2001). Diese Konventionen lassen sich aus Forschungsarbeiten zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen ableiten. Naturwissenschaftliche Beobachtungen sind demnach: zielgerichtet, theoriegeleitet, systematisch und intersubjektiv prüfbar (Wellnitz & Mayer 2013). Kohlhauf & Neuhaus (2011) unterscheidet darüber hinaus zwischen zufälligem, unsystematischem und systematischem Beobachten. Die Systematik wird gemessen am Fokus und der Spezifität der beschriebenen Details, der Orientierung an einer naturwissenschaftlichen Fragestellung (*Zielorientierung*) sowie an den angestellten Interpretationen. Außerdem ist für die Systematik relevant, ob Inferenz und Beobachtung voneinander getrennt werden (*Intersubjektive Prüfbarkeit*). Die angestellten Interpretationen beziehen sich dabei auf gemeinsame Wissensbestände der Sprachgemeinschaft (Stutterheim & Kohlmann, 2001,

Stutterheim, 2015), welche im naturwissenschaftlichen Kontext physikalische Konzepte und Gesetzmäßigkeiten beinhalten (*Theoretischer Bezug*). Neben der Selektion und Interpretation von Informationen, müssen die Informationen, selbst wenn sie multidependent sind, in eine kohärente lineare (Erzähl-) Struktur überführt werden (*Linearisierung*). Bei einer Gegenstandsbeschreibung werden zum Beispiel räumliche Relationen für die Linearisierung zugrunde gelegt, wohingegen bei Prozessbeschreibungen zeitliche Relationen verwendet werden (ebd.). Insbesondere die zeitliche Linearisierungsstrategie ist bei physikalischen Untersuchungen bedeutsam. Zusätzlich zu den genannten Merkmalen einer adressatengerechten Beschreibung, sind Merkmale einer sachgerechten Beschreibung zu berücksichtigen. Eine sachgerechte Beschreibung beinhaltet die korrekte Verwendung der Fachsprache sowie die korrekte Bezugnahme zu physikalischen Konzepten und Gesetzmäßigkeiten (*Fachliche Adäquatheit*).

Zusammengefasst müssen die Lernenden beim Beschreiben passend zur initiierten Fragestellung relevante Informationen selektieren und anhand physikalischer Modelle interpretieren, um Eigenschaften und Zusammenhänge zu identifizieren. Die Interpretationen müssen transparent dargestellt werden, um eine intersubjektive Prüfbarkeit zu gewährleisten. Alle Aussagen müssen schließlich in eine kohärente Struktur überführt werden und fachlich adäquat sein.

Diese Prozesse sind mit einigen Schwierigkeiten verbunden, die am Beispiel optischer Phänomene erläutert werden. Die Ursachen optischer Phänomene beruhen auf Wechselwirkungen des Lichts mit Materie. Diese Wechselwirkungsprozesse sind in der Regel nicht visuell sichtbar. Dies verlangt von den Lernenden eine hohe Interpretationsleistung. Dabei kann es zu Fehlinterpretationen kommen, da sich die zu beschreibenden optischen Phänomene stark ähneln, wie zum Beispiel eine Luftspiegelung auf heißem Asphalt (Brechung bzw. Totalreflexion) und eine Spiegelung auf einer nassen Straße (Reflexion). Die Interpretation des Phänomens kann zusätzlich durch fehlende, unvollständige oder falsche Konzepte erschwert werden. Fehlinterpretationen können mithilfe der fachlichen Adäquatheit identifiziert werden. Eine inkohärente Struktur, die sich in einer fehlenden Linearisierung der Inhalte äußert bzw. eine Beschreibung auf reiner Sichtebeine können auf lückenhafte oder fehlende Konzepte hinweisen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass die Beobachtungskompetenz abhängig vom Vorwissen, und den sprachlichen Fähigkeiten ist (Kolhauf & Neuhaus, 2011).

Anhand des theoretischen Hintergrunds ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Anhand welcher Merkmale können Beschreibungen auf verschiedenen Bildungsebenen beurteilt werden?
2. Wie unterscheiden sich naturwissenschaftliche Beschreibungen auf verschiedenen Bildungsebenen hinsichtlich der Zielorientierung, des theoretischen Bezugs, der Linearisierung, der fachlichen Adäquatheit und intersubjektiven Prüfbarkeit?
3. Welchen Einfluss haben Vorwissen, Intelligenz und sprachliche Fähigkeiten auf naturwissenschaftliche Beschreibungen?

Nachfolgend wird das Untersuchungsdesign der Pilotstudie vorgestellt.

### **Methode und Design**

Im Rahmen der Pilotstudie wurden Beschreibungen von Experten (Physikdozierende  $n = 4$ ) und Studierenden (B.Ed. 3. und 4. Semester  $n = 9$ ) zu optischen Phänomenen mithilfe einer Onlineumfrage erhoben. Die Umfrage beinhaltet insgesamt 12 Bilder zu optischen Phänomenen. Jedes Bild enthält als zusätzliche Angabe eine zielgebende Fragestellung (z.B. Wie entsteht ein Regenbogen?). Die Bilder zeigen Phänomene der geometrischen Optik (Brechung, Totalreflexion, Dispersion und Reflexion), und der Wellenoptik (Interferenz und Streuung). Bei der Auswahl der Bilder wurden Phänomene gewählt, die sich visuell ähneln (z.B. Totalreflexion an heißem Asphalt und Spiegelung auf einer nassen Straßenoberfläche),

aber unterschiedliche physikalische Wechselwirkungen zur Ursache haben (z.B. Brechung vs. Reflexion). Außerdem wurde zu jedem Phänomen der geometrischen Optik zwei Bilder gezeigt: Ein Bild aus dem Alltag (z.B. Regenbogen) und ein Bild mit einem analogen Experiment, bei dem der Strahlengang sichtbar ist (Dispersion am Prisma). Hierdurch sollen die oben aufgeführten Schwierigkeiten der Lernenden aufgegriffen werden, um schließlich überprüfen zu können, inwieweit diese Aufgabenmerkmale die einzelnen Beschreibungsmerkmale beeinflussen.

Neben den Beschreibungsaufgaben wurde vorab ein Vorwissenstest (Dekmo-O: Digel, 2019) und ein Intelligenz Kurzscreening (Mini-q: Baudson & Preckel, 2015) durchgeführt. Die Auswertungen der Tests liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor. Die Beschreibungen wurden mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) hinsichtlich der Zielorientierung, des theoretischen Bezugs, der Linearisierung, der fachlichen Adäquatheit und der intersubjektiven Prüfbarkeit analysiert. Nachfolgend werden die Ergebnisse aus dem ersten Analysevorgang vorgestellt und Schlussfolgerungen für die Hauptstudie diskutiert.

### **Erste Ergebnisse**

Erste Analysen der Beschreibungen von Experten (n = 4) und Studierenden (n = 9) zeigen Unterschiede hinsichtlich der Linearisierung und des theoretischen Bezugs. Alle Experten beschreiben den Lichtweg ausgehend von der Lichtquelle bis hin zum Auge des Betrachters und die dabei auftretenden Wechselwirkungen des Lichts mit Materie in einer zeitlichen Abfolge und führen diese auf physikalische Gesetzmäßigkeiten und Modelle zurück. Die Studierenden beschreiben die Phänomene konsistent vorwiegend auf der Sichtebeine (6 von 9) ohne Bezugnahme zu physikalischen Modellen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von Larkin (1983), bei denen Studierende physikalische Probleme der Mechanik vorwiegend auf der Sichtstruktur beschrieben haben. In der Pilotstudie konnte festgestellt werden, dass die Struktur der Beschreibungen der Experimente wesentlich kohärenter sind, als die der Alltagsphänomene. Bei den Alltagsphänomenen ist keine einheitliche Linearisierungsstrategie erkennbar. Die Studierenden reihen einzelne Aussagen additiv aneinander, wohingegen sie bei der Beschreibung der Experimente die Aussagen anhand des zeitlichen Verlaufs des Strahlengangs linearisieren. Ebenso positiv wirkt sich die Sichtbarkeit des Strahlenverlaufs auf die Verwendung von physikalischen Konzepten aus.

### **Ausblick**

Insgesamt muss geprüft werden, ob sich die ersten Ergebnisse der Pilotstudie an einer größeren Stichprobe bestätigen lassen und ob die Merkmale dazu geeignet sind Beschreibungen von Schüler- Schülerinnen der Sekundarstufe I und II zu bewerten und inwieweit diese von Vorwissen und Intelligenz abhängen. Des Weiteren ist eine Wiederholung der Studie mit Beschreibungssituationen zur Mechanik geplant. Es soll geprüft werden inwieweit der zu beschreibende Inhaltsbereich eine Auswirkung auf die Merkmale einer Beschreibung hat. Hier ist ein Unterschied, vor allem hinsichtlich der Linearisierung zu erwarten, da in der Mechanik zeitlich stattfindende Prozesse visuell zugänglicher sind. Die Studie wird im Wintersemester 2019 durchgeführt.

**Literatur**

- Baudson, T., & Preckel F. (2015) Mini q Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica* 62(3) 182-197
- Digel, S. (2019). Messung von Modellierungskompetenz in Physik - Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz, Dissertation (Veröffentlichung in der Vorbereitung)
- Kohlhauf, L., Rutke, U., & Neuhaus, B. (2011). Influence of previous knowledge, language skills and domain-specific interest on observation competency. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 667.
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik* (Vol. 108). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science—assessment of science communication competence. *Research in Science Education*, 43(6), 2235-2256.
- Larkin, J H 1983 The role of problem representation in physics In D Gentner A L Stevens (Eds *Mental models* Hillsdale, NJ Erlbaum.
- Mayring, Philipp (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse* (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik*.
- Stutterheim, C. V., & Kohlmann, U. (2001). Beschreiben im Gespräch. *Text- und Gesprächslinguistik. Linguistics of Text and Conversation. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung. An international Handbook of Contemporary Research*, 2, 1279-1292.
- Stutterheim, C. V. (2015). Einige Prinzipien des Textaufbaus: Empirische Untersuchungen zur Produktion mündlicher Texte (Vol. 184). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Wellnitz N Mayer, J (2013) Erkenntnismethoden in der Biologie Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19 315 345