

Werkzeuge zur Analyse schriftlicher Erklärungen und Begründungen

Einleitung

Erklären und Argumentieren gehören zu den Kernpraktiken naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und Kommunikation (Osborne & Patterson, 2011). Sowohl für Forscher:innen als auch Lehrkräfte ist es daher wichtig, die zugrundeliegenden Prozesse und Strukturen dieser Praktiken zu erschließen und Merkmale herauszuarbeiten, anhand derer sich die Qualität bewerten lässt. Wenn wir verstehen, wie eine gute Erklärung oder Argumentation konstruiert wird, können wir Lernende dabei unterstützen entsprechende Kompetenzen zu entwickeln. Im Zentrum des Beitrags steht das Forschungsinteresse, dies anhand von Textprodukten sichtbar zu machen und belastbare Qualitätsmerkmale zu bestimmen, anhand derer Erklärungen und Begründungen analysiert werden können. Der Beitrag skizziert hierfür eine systematische Gegenüberstellung aktueller Analyseinstrumente, die in den letzten Jahren vor allem in zwei deutschsprachigen Physikdidaktik-Arbeitsgruppen (HU Berlin, PH Karlsruhe) entwickelt wurden. Die Darstellung umfasst Instrumente zur Analyse (a) der strukturellen Qualität von Freitext-Erklärungen zu Phänomenen sowie (b) datengestützter Begründungen in Aufgabenformaten mit Tabellen, Diagrammen und Abbildungen; sie ist entlang der Dimensionen Ziel, Analyseansatz und Setting organisiert.

Theoretischer Hintergrund: Erklärung vs. Begründung

Um die untersuchten Instrumente einzuordnen, bedarf es zunächst einer Schärfung der Begriffe Erklärung und Begründung. Erklärungen zielen darauf ab, ein Phänomen verstehbar zu machen („wie“ und „warum“) – sie stützen sich auf Modelle und Theorien (Braaten & Windschitl, 2011). Begründungen sind ein zentraler Bestandteil von Argumentationsprozessen (Toulmin, 1956). Argumente dienen dazu, eine strittige Behauptung – z. B. anhand von Daten – zu *begründen* (Toulmin, 1956). Diese unterschiedliche epistemische Funktion (Verstehen vs. Rechtfertigung) ist nicht nur terminologisch, sondern für Unterricht und Forschung bedeutsam (Osborne & Patterson, 2011).

Aus fachdidaktischer Sicht besteht eine wissenschaftliche Erklärung aus zwei eng verknüpften Dimensionen (Braaten & Windschitl, 2011; Osborne & Patterson, 2011):

1. Inhalt – Begriffe, Theorien oder Mechanismen (auch nicht-beobachtbare Entitäten), die das Phänomen modellhaft erschließen;
2. Struktur – die Organisation und logische Form der Darstellung (z. B. kausale Verknüpfungen, Kohärenz über Ebenen).

Diese doppelte Perspektive (Inhalt × Struktur) schließt an Braaten und Windschitl (2011) an, die beschreiben, dass Erklärungen über bloße Beschreibungen hinausgehen, auf zugrunde liegende Mechanismen und Modelle rekurren und – wo angemessen – auch Mathematisierungen nutzen.

Eine (schriftliche) Begründung ist im Sinne des Toulmin-Schemas (1956) Teil eines Arguments, dem u. a. Claim (Behauptung/Entscheidung), Data (Daten/Evidenzen) und Warrant (Begründungsregel) in Beziehung gesetzt werden. Sampson und Clark (2008) unterscheiden das *Argument* (z. B. schriftliches Artefakt) von der *Argumentation* (kognitiver

Prozess) und schlagen Qualitätskriterien entlang der Dimensionen Struktur, Inhalt und Art der Begründung vor. In diesem Beitrag wird für die Analysewerkzeuge zusätzlich die Repräsentationsform der Evidenzen (Tabellen, Diagramme, Abbildungen) als weiteres Unterscheidungs- und Analysekriterium hervorgehoben – passend zu datengestützten Settings, in denen Qualität wesentlich an der Nutzung und Verknüpfung von Daten festgemacht wird.

Methodisches Vorgehen

Ziel des Beitrags ist es, Analyse-Werkzeuge für Erklärungen und Begründungen systematisch zu erfassen und zu vergleichen, sodass Gemeinsamkeiten und Unterschiede sichtbar werden und sich Einsatzmöglichkeiten für Forschung und Lehre ableiten lassen. Eingeschlossen wurden vorrangig deutschsprachige Arbeiten der Physikdidaktik, darunter sechs Veröffentlichungen, in denen das jeweilige Tool mit expliziten Kodierverfahren (z. B. Kodierleitfaden, Beispielkodierungen) beschrieben ist, sowie drei Arbeiten, die sich noch im Publikationsprozess befinden. Bei diesen Arbeiten wurden die Informationen zu den Analysewerkzeugen von den jeweiligen Autor:innen für die Übersicht zur Verfügung gestellt. Durch eine systematische Sichtung der Beiträge zu den Tools wurden folgende Vergleichsdimensionen abgeleitet:

- Ziel des Tools (Welches Konstrukt/ welches Qualitätsmerkmal wird erhoben?)
- Analyseansatz (z. B. struktur- vs. inhaltsorientierte Kodierung; computergestützte Netzwerkanalyse)
- Kodierhandbuch (Beschreibung von Kategorien, Hierarchien, Beispielkodierungen)
- Aufgabenkontext (z. B. Freitext zu Foto/Video; Sekundärdaten; Anzahl/Art der Messreihen)
- Darstellung der Daten (Tabellen, Diagramme, Abbildungen; Repräsentationsanforderungen)/ Darstellung des Phänomens (Foto, Video oder Realexperiment)
- Aufgabenformat (offene Antwort, Sortieraufgabe, Vergleichsproblem)
- Theoriebezug (zugrunde liegende Modelle/Theorien von Erklärung bzw. Argumentation)
- Stichprobe der Studie (Alter, Umfang, Bildungseinrichtung)

Diese Dimensionen erlauben es, die Werkzeuge inhaltlich und methodisch gegenüberzustellen. Für die kompakte Visualisierung wurden die acht Vergleichsdimensionen auf Steckbriefe je Tool zusammengeführt. Für die Übersichtlichkeit finden sich in der Darstellung der Werkzeuge im Ergebnisteil nur die Dimensionen Ziel, Analyseansatz und Setting, sowie für die Werkzeuge zu Begründungen die übergeordnete Kategorie Repräsentationsform der Evidenzen wider.

Ergebnisse: Übersicht der Werkzeuge

Die systematische Sichtung ergab neun Werkzeuge, die sich entlang der von Osborne und Patterson (2011) geforderten Unterscheidung in Erklärungen vs. datenbasierte Begründungen, sowie nach der Repräsentationsform der Evidenzen gliedern lassen (Tabellen, Diagramme, Abbildungen).

Werkzeuge zur Analyse von Erklärungen – Strukturelle Analyse

Das Ziel ist die Erfassung der strukturellen Qualität von kurzen schriftlichen Erklärungen zu physikalischen Phänomenen. Es wurden zwei komplementäre Analyseinstrumente identifiziert. Gemeinsam ist beiden Ansätzen der Fokus auf Strukturmerkmale; sie unterscheiden sich in der Strukturebene Qualitätsdimensionen vs. Semantische Struktur:

- Hagos (in Vorb.): Kodierleitfaden für strukturelle Qualitätsdimensionen
- Wagner (2024): Kodierung propositionaler Struktur mit anschließender computergestützter Netzwerkanalyse

Werkzeuge zur Analyse datenbasierter Begründungen – Tabellen

Diese vier Verfahren fokussieren Begründungen bei Datenvergleichsproblemen (Sekundärdaten in Tabellenform) und kombinieren eine Kategorisierung der Begründungsart mit einer (hierarchisierten) Kodierung der Datennutzung. Die Settings variieren systematisch in Datenfülle und inhaltlicher Einbettung, bei allen Tools liegt der Schwerpunkt auf Vergleichsgröße/-kriterium:

- Kok und Priemer (2023): Zwei Messreihen, nur Daten ohne Fachinhalt
- Chroszczinsky et al. (2025): Zwei Messreihen, nur Daten ohne Fachinhalt + Angabe von Mittelwert und Standardabweichung
- Chroszczinsky (2025): Zwei Messreihen, Daten eingebettet in Fachinhalt
- Lenz (in Vorb.): Vier Messreihen, Daten eingebettet in Fachinhalt

Werkzeuge zur Analyse datenbasierter Begründungen – Diagramme

Zwei Werkzeuge untersuchen datenbezogenes Begründen mit grafischen Darstellungen und verwenden die Kodierlogik Kategorisierung der Begründungsart mit einer (hierarchisierten) Kodierung der Datennutzung. Unterschiede finden sich im Kontext und der Diagrammart:

- Benz et al. (2025): Drei Liniendiagramme mit unterschiedlicher Sampling-Rate
- Burger (in Vorb.): Sechs unterschiedliche Analyseverfahren zu Klimadaten

Werkzeug zur Analyse datenbasierter Begründungen – Abbildungen

Mayer (2025) entwickelt für eine Sortieraufgabe (Kärtchen mit Fotos, Zeichnungen, Zahlen) einen Kodierleitfaden mit sieben Stufen der Datennutzung, der die inhaltliche Qualität der Begründung erhebt.

Implikationen, Fazit und Ausblick

Die Gegenüberstellung der Werkzeuge macht deutlich, dass unterschiedliche Analyseziele – Erklärungsqualität (inhaltlich/strukturell) versus Qualität datenbasierter Begründungen – auch unterschiedliche methodische Zugriffe erfordern. Für Erklärungen liegen bereits Kodierleitfäden zu Strukturmerkmalen sowie zu computergestützten Verfahren der propositionalen bzw. Netzwerk-Analyse vor. Für Begründungen finden sich Tools, die die Vielfalt möglicher Repräsentationsformen von Daten (Tabellen, Diagramme, multimodale Repräsentationen) abdecken. Zusammengekommen liefert die Übersicht einen Werkzeugkasten, der die Community befähigt, Lernendenaussagen präzise zu analysieren, Ergebnisse zwischen Studien zu vergleichen und die Gestaltung von Aufgaben wie auch von Fortbildungen evidenzbasiert weiterzuentwickeln.

Literatur

- Benz, G., Ludwig, T. & Vorholzer, A. (2025). Does size matter? Impact of handling diagrams presenting different amounts of data on students' arguments in educational lab settings. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21985>
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639–669. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>
- Burger, K. (in Vorb.). *Analyse von Schülerargumenten zum Klimawandel anhand lokaler Klimadaten* [Diss., PH Karlsruhe].
- Chroszczinsky, S. (2025). *Die Rolle von Vermutungen beim Experimentieren im Physikunterricht: Eine empirische Untersuchung verschiedener Einflüsse auf das Schlussfolgern mit Messdaten* [Diss., Humboldt-Universität zu Berlin].
- Chroszczinsky, S., Priemer, B. & Masnick, A. (2025). The role of perceiving data as confirming or contradicting to expectations in data-based decisions. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2499211>
- Hagos, F. (in Vorb.). *Analyse von schriftlichen Schüler:innen-Erklärungen zu einem Phänomen der Akustik* [Diss., Humboldt-Universität zu Berlin].
- Kok, K. & Priemer, B. (2023). Assessment tool to understand how students justify their decisions in data comparison problems. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020141. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020141>
- Lenz, L. (in Vorb.). *Hindernisse beim datenbasierten Begründen physikalischer Hypothesen in Experimentiersettings* [Diss., PH Karlsruhe].
- Mayer, S. (2025). *Repräsentationen beim Auswerten von Messdaten: Welche Rolle spielt die Repräsentationsform von Messdaten für die Qualität der Lernergebnisse von Schüler:innen?* [Diss., Humboldt-Universität zu Berlin].
- Osborne, J. F. & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Sampson, V. & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92(3), 447–472. <https://doi.org/10.1002/sce.20276>
- Toulmin, S. (1956). History of philosophy and science: A pioneer department. *Higher Education Quarterly*, 10(4), 346–358. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2273.1956.tb00077.x>
- Wagner, S. (2024). *From text to networks: Unveiling the structure of written scientific explanations: A comprehensive manual for science education* (Technischer Bericht). Humboldt-Universität zu Berlin.