

Frage ist nicht gleich Frage – Merkmale von mathematikbezogenen Studienfragen im ersten Fachsemester

LEA BROHSONN, BOCHUM; JENNIFER BERTRAM, ESSEN; SEBASTIAN GEISLER, HILDESHEIM & KATRIN ROLKA, BOCHUM

Zusammenfassung: *Fragenstellen gilt gemeinhin als wichtige Lernstrategie im Mathematikstudium. Welche Merkmale jedoch mathematikbezogene Fragen aufweisen können, ist bisher weitgehend unbestimmt. Im Beitrag wird daher ein Analyseraster zur Klassifizierung von mathematischen Studienfragen vorgestellt. Die Entwicklung des Rasters basierte auf Fragen von 13 Mathematikstudierenden im ersten Fachsemester und wird anhand der Grounded-Theory-Methodologie präsentiert. Es wurden drei zentrale Kategorien ausgemacht, die genauer beschrieben werden: Inhaltsebene der Frage, Lehr-Lern-Kontext und sprachliche Perspektive. Abschließend wird beispielhaft skizziert, wie das Analyseraster in Forschung und Lehre Anwendung finden kann.*

Abstract: *Generally, questioning is perceived as an important learning strategy for university mathematics courses. However, the characteristics of questions in mathematical learning contexts are rather undefined. By means of questions from first term undergraduates, we constructed an analytical framework for describing mathematical questions. The article outlines the development of our analytical framework by using the methodology of grounded theory. Furthermore, the framework and its three categories 'content level of the question', 'teaching-learning context' and 'linguistic perspective' are presented. Finally, an outlook is provided on how the framework may be used in further research and teaching.*

1. Einleitung

Fragenstellen fördert die Konstruktion von Wissen, lernorientierte Motivation sowie metakognitive Fertigkeiten (Graesser & Olde, 2003) und kann daher als „unterstützende Komponente in Lehr-Lernprozessen“ (Neber, 2005, S. 50) aufgefasst werden. Im Mathematikstudium wird es sowohl aus Sicht der Lehrenden als auch aus Sicht der Studierenden mit dem Studienerfolg in Verbindung gebracht (z. B. Göller, 2020; Neumann, Pigge & Heinze, 2017). Neumann et al. (2017) haben in einer Studie 664 Hochschullehrende mit der Delphi-Methode dazu befragt, welche mathematischen Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge notwendig sind. Bei der Delphi-Methode werden systematisch in mehreren Wellen mithilfe von anonymen Feedbacks Meinungen von Expertinnen und Experten erhoben (Häder, 2014). Sei-

tens der von Neumann et al. (2017) befragten Lehrenden besteht insgesamt die Erwartungshaltung, dass Studierende „lernförderliche und präzise Fragen stellen“ (S. 26) können. In der Praxis werden jedoch nur selten Fragen von Lernenden gestellt.

Those who ask questions – teachers, texts, tests – are not seeking knowledge; those who would seek knowledge – students – do not ask questions. (Dillon, 1988, S. 197)

Modler und Kreh (2018) führen die Zurückhaltung der Studierenden auf Ängste zurück. Ihr Buch richtet sich an eine studentische Leserschaft und trägt den Untertitel „Mathematik von Studenten für Studenten erklärt und kommentiert“. Aus Sicht der Autoren scheint es (Auf-)Klärungsbedarf bezüglich der Bedeutung des Fragenstellens zu geben. Daher ermutigen Modler und Kreh (2018) ihre studentischen Leserinnen und Leser dazu, Fragen zu stellen:

Viele Studenten fragen leider viel zu selten. Das liegt unseres Erachtens wohl daran, dass sie sich nicht trauen, Fragen zu stellen. (...) Erst wenn ihr Fragen formulieren könnt, dann zeigt ihr, dass ihr auf dem richtigen Weg seid, die Materie zu verstehen und zu durchdringen. (Modler & Kreh, 2018, S. XVI)

Modler und Kreh (2018) verweisen explizit auf die Bedeutung des Fragenstellens und sind mit ihrer Einschätzung nicht allein. Bei Göller (2020) wird deutlich, dass Fragenstellen auch aus studentischer Sicht mit dem Lernen von Mathematik verbunden wird. In der Interviewstudie mit Mathematikstudierenden des ersten Studienjahres äußerten einige Befragte die Meinung, dass „sich selbst oder anderen Fragen zu stellen hilfreich ist“ (Göller, 2020, S. 286). Weiterhin ist die Kompetenz, Fragen stellen zu können, aus Sicht der Studierenden ein erstrebenswertes Lernziel.

Ein Ziel (...) wäre vielleicht, dass man in der Übung Fragen stellen kann. Das finde ich nämlich immer noch, auch für mich, total schwer. Wenn jemand fragt: „Hat man noch Fragen?“ Ja, ich habe ein ganz großes Fragezeichen. Aber was ich jetzt konkret fragen soll, ist eben/ Ne? Und das ist, glaube ich, wenn man das kann, dann ist man schon sehr tief im Stoff drin. (Göller, 2020, S. 284)

Die obigen Ausführungen zeigen, dass sowohl seitens der Lehrenden als auch der Studierenden angenommen wird, dass Fragenstellen positiv zur Bewältigung des Mathematikstudiums beiträgt und Lehr-Lernprozesse unterstützt.

Wie die Fragen beim Fragenstellen gestaltet sein sollen und welche Merkmale sie aufweisen können, ist für den mathematischen Kontext jedoch weitestgehend unklar. Dass es Unterschiede in der Wahrnehmung einer Frage gibt, zeigt sich sowohl aus Sicht von Studierenden als auch Dozierenden.

Unter Studierenden scheint es einen Konsens zu geben, welche Fragen in Lehrveranstaltungen vertieft werden sollten. In einer Studie von d'Alessio (2014) zeigte sich, dass Studierende in einem Voting eher an einer Thematisierung von Fragen interessiert sind, die fachspezifisches Wissen der Inhalte voraussetzen als etwa an Fragen zu einfachen Fakten und Definitionen oder zu organisatorischen Aspekten. Der Autor ließ insgesamt 128 Studierende im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundlagenveranstaltung nach jeder Sitzung eigene Fragen stellen. Anschließend wurden den Studierenden sämtliche gestellten Fragen in einem anonymisierten Voting-Verfahren vorgelegt. Die Studierenden sollten dann für die Fragen abstimmen, die aus ihrer Sicht in der folgenden Veranstaltung beantwortet werden sollten. Beim Voting zu den 2.494 eingereichten Fragen zeigte sich, dass unter den Studierenden unabhängig vom Schwerpunkt ihrer eigenen Fragen und ihres Leistungsniveaus eine Präferenz für Fragen bestand, die fachspezifisches Wissen erfordern und wissenschaftlich überprüfbar sind.

Unter Lehrenden werden Fragen ebenfalls unterschiedlich wahrgenommen. Dies wird in der Studie von Neumann et al. (2017) nicht zuletzt durch den Zusatz „lernförderliche und präzise“ (S. 26) Fragen deutlich. Offen bleibt allerdings, was die befragten Dozierenden unter diesen Adjektiven genau verstehen.

Für die Gestaltung zukünftiger mathematischer Lehrveranstaltungen gilt es noch zu klären, was lernförderliche Fragen konkret auszeichnet und wie diese gefördert werden können. Um dies zu beantworten, müssen jedoch Kriterien und Instrumente zur Verfügung stehen, anhand derer die Fragen der Studierenden zunächst klassifiziert werden können. In diesem Beitrag wird deswegen der Frage nachgegangen, in welchen Merkmalen sich mathematikbezogene Fragen unterscheiden können und wie ein Analyseraster zur Kategorisierung solcher Merkmale aussehen kann. Die Entwicklung des Rasters erfolgte induktiv mithilfe einer Grounded Theory, um mathematikspezifische Merkmale zu berücksichtigen, die bisher in der Literatur kaum Eingang gefunden haben. Das resultierende Analyseraster stellt durch seine explizite Beschreibung der Merkmale von mathematikbezogenen Fragen einen Beitrag zur Theoriebildung dar.

Im Folgenden wird zunächst die Bedeutung von Fragen im Lehr-Lern-Kontext dargestellt (Kap. 2.1), bevor dann existierende Ansätze zur Beschreibung und Klassifizierung von Fragen (Kap. 2.2) thematisiert werden. Die Entwicklung des Analyserasters basierte auf Daten, die im Rahmen des Projekts „Analysis 2. Start“ erhoben wurden, welches anhand einiger zentraler Gestaltungsprinzipien in Kapitel 3.1 präsentiert wird. Das dritte Kapitel endet mit der Darstellung des konkreten Forschungsanliegens, d. h. mit der Fokussierung auf die Frage, welche Merkmale mathematikbezogene Fragen auszeichnen (Kap. 3.2). Anschließend wird die Entwicklung des Analyserasters mit Hilfe einer Grounded Theory erläutert (Kap. 4). In Kapitel 5 wird das erarbeitete Analyseraster für Merkmale von Studierendenfragen präsentiert. Eine kritische Reflexion des Vorgehens und des Analyserasters erfolgt in Kapitel 6, in dem auch ein Ausblick auf die Anwendungsmöglichkeiten des Analyserasters in Lehre und Forschung gegeben wird.

2. Theoretischer Hintergrund

Die Studieneingangsphase erfordert seitens der Studierenden insbesondere im Fach Mathematik aufgrund von Veränderungen im Lerngegenstand ein Umdenken und Anpassen der Lernstrategien (Rach, 2014). Elaborationsstrategien, also Lernstrategien, die den Lernprozess durch Integration neuer Informationen in bestehende Wissensstrukturen unterstützen, gewinnen an der Hochschule an Bedeutung (ebd.). Der Einsatz solcher Lernstrategien wird allgemein in der Didaktik als Bereicherung verstanden, denn elaboriert Gelerntes ist später leichter wieder abzurufen (Friedrich & Mandl, 2005). Zu den Elaborationsstrategien zählt auch das Fragenstellen (Neber, 2005). Graesser und Olde (2003) unterstreichen die Einordnung des Fragenstellens als Elaborationsstrategie implizit, denn laut den Autoren trägt Fragenstellen zum aktiven Lernen bei. Die Lernenden werden durch das Generieren von Fragen angeregt, die passive Rolle des Empfangens von Informationen zu verlassen und stattdessen an der aktiven Konstruktion des eigenen Wissens zu arbeiten. Kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten regen zu einer aktivierenden Auseinandersetzung mit den Lerninhalten auf einem für den oder die Lernende anspruchsvollen Niveau an (Leuders & Holzäpfel, 2011). Im Schulkontext führen beispielsweise Fauth und Leuders (2018) gegenseitiges Fragenstellen als Merkmal kognitiv aktivierender Gespräche auf.

Als weitere positive Effekte des Fragenstellens nennen Graesser und Olde (2003):

Question asking encourages the learners to develop sophisticated metacognitive skills. Learners identify their own knowledge deficits, ask question [*sic*] that focus

on these deficits, and answer the questions by exploring reliable information sources. (Graesser & Olde, 2003, S. 526)

Der Einsatz des Fragenstellens als Lernstrategie stellt aus Sicht der Hochschuldidaktik insofern eine Bereicherung für aktives Lernen und die Entwicklung metakognitiver Fähigkeiten dar. Im Folgenden wird darauf eingegangen, welche Eigenschaften die Fragen von Lernenden auszeichnen. Anschließend werden empirische Erkenntnisse zum Fragenstellen vorgestellt.

2.1 Fragen von Lernenden

In Anlehnung an Flammer (1981) fassen wir solche Äußerungen als Fragen auf, die seitens der Lernenden eingesetzt werden, um eine spezifische Information zu erhalten. Für diese Art von Fragen hat Flammer (1981) verschiedene Annahmen getroffen. Unter anderem zielen solche Fragen im Allgemeinen auf den Erwerb potenziellen Wissens ab, das dem Fragestellenden fehlt. Dieses Wissensdefizit soll durch die Frage ausgeglichen werden. Einen Spezialfall fehlenden Wissens stellen laut Flammer (1981) Fragen dar, die aus der Notwendigkeit heraus entstehen, dissonante Wissens Elemente in Einklang zu bringen. Das ist beispielsweise dann der Fall, wenn sich zwei Informationen vordergründig widersprechen und eine dritte Information benötigt wird, um sie zu einem kohärenten Gesamtbild zusammenzufügen. Unter dem Begriff des fehlenden Wissens wird auch Wissen zusammengefasst, welches aufgrund eines niedrigen Vertrauenslevels in die eigenen Informationen erfragt wird.

Laut Flammer (1981) ist der oder die Fragende zumindest teilweise in der Lage, zu entscheiden, ob die erhaltene Reaktion für ihn oder sie in den Bereich der Beantwortung der Frage fällt oder nicht. Generell gilt, dass eine Frage die Bandbreite der Antwortmöglichkeiten einschränkt. Auch hier hängt die Einschränkung von der konkreten Frage ab. So verringern spezifische Fragen die Antwortmöglichkeiten stärker als allgemeine Fragen (ebd.). Die Annahme, dass Fragende die Antwort einer Frage hinsichtlich des Grades der Beantwortung einschätzen können, impliziert, dass der oder die Fragestellende bereits über eine gewisse Kenntnis der zu erwerbenden Information bzw. des Kontextes verfügt. Eine Frage stellen zu können, setzt eine bestimmte Wissensgrundlage voraus, die mindestens kontextuelles Hintergrundwissen über den Sachverhalt und die Frage-situation beinhaltet. Das vorausgesetzte Wissen steht laut Flammer (1981) unmittelbar mit dem Frageinhalt in Verbindung. Je spezifischer eine Frage ist, desto mehr Wissen wird bereits vorausgesetzt. Dagegen wird für allgemeinere Fragen weniger Wissen vorausgesetzt.

Das Vorwissen des oder der Fragestellenden hat nicht nur Einfluss auf die Spezialisierung der Frage, sondern auch auf die Anzahl der gestellten Fragen. Miyake und Norman (1979) haben bei der Analyse studentischer Fragen einen Zusammenhang zwischen Vorwissen und Schwierigkeitsgrad des zugrundeliegenden Materials festgestellt. In ihrer Studie analysierten sie die mündlichen Fragen von 60 Psychologiestudierenden, die den Umgang mit einem neuen Text Editor am Computer erlernen sollten. Dabei unterschieden sie sowohl den Kenntnisstand der Probandinnen und Probanden als auch den Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Programms. Es zeigte sich, dass Novizinnen und Novizen quantitativ mehr Fragen zum leichten Material stellten und Expertinnen und Experten quantitativ mehr Fragen zum schwierigen Material.

Graesser und Olde (2003) gingen in ihrer Studie über eine rein quantitative Betrachtung von Fragen hinaus, indem sie 108 Psychologiestudierenden Anleitungen zu technischen Alltagsgeräten sowie Fehlerbeschreibungen der Geräte vorlegten. Die Aufgabe der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bestand darin, anhand von Fragen herauszufinden, an welcher Stelle das Gerät kaputt ist. Die Fragen wurden anschließend von den Autoren als gute oder schlechte Frage klassifiziert. Eine Frage galt als gut, wenn sie mit einer plausiblen Erklärung des Problems einherging, d. h. potenziell zu einer Klärung des Fehlers führte. Graesser und Olde (2003) stellten mithilfe eines anschließenden Tests fest, dass Studierende, die über ein tieferes Verständnis der Geräte verfügten, mehr gute Fragen stellten, wenngleich sich die Gesamtanzahl der gestellten Fragen nicht von der ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen unterschied.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Quantität und Qualität der gestellten Studierendenfragen mit dem Vorwissen der Studierenden und dem Schwierigkeitsgrad des Lernmaterials zusammenhängen. Das genaue Zusammenspiel von Quantität und Qualität der Fragen, Vorwissen der Studierenden und Schwierigkeitsgrad des Lernmaterials ist bisher noch unklar. Insbesondere kann eine qualitative Klassifizierung der Fragen Rückschlüsse auf das Verständnis der Studierenden ermöglichen. Die Fragen der Studierenden in der Studie von Graesser und Olde (2003) sind in einem Problemlöseprozess entstanden und lassen sich dementsprechend gut danach klassifizieren, ob sie zur Lösung des vorgegebenen Problems beitragen oder nicht. Für Fragen außerhalb einer konkreten Problemstellung ist dieses Vorgehen der Klassifizierung nur bedingt anwendbar, da sich Fragen in Lernprozessen nicht zwangsläufig auf Problemlöseprozesse beziehen. Ohne zugrundeliegende Problemstellung lässt sich jedoch keine Einschätzung vornehmen, ob eine Frage zur Lösung beiträgt oder nicht.

Daher müssen für solche Fragen andere Maßstäbe gefunden werden.

Eine differenziertere Klassifizierung von Fragen ist insofern hilfreich, als dass sie eine Einordnung von Fragen bietet, die für diagnostische Zwecke ebenso wie für einen Austausch zwischen Lehrenden und Lernenden genutzt werden kann. Die Thematisierung studentischer Fragen in Lehrveranstaltungen ermöglicht sowohl den Lehrenden als auch den Lernenden untereinander neue Perspektiven auf einen Sachverhalt, was in tieferem Verständnis resultieren kann (Levin, 2005; Marbach-Ad & Sokolove, 2000a).

Dass der Einsatz von Kategoriensystemen bei diesem Austausch bereits zu positiven Veränderungen führen kann, haben Marbach-Ad und Sokolove (2000b) festgestellt. Sie haben in einer Veranstaltung mit Biologiestudierenden das Fragenstellen explizit aufgegriffen, indem sie den Studierenden ein Kategoriensystem vorgelegt haben. Die eingesetzte, selbstentwickelte Taxonomie bestand aus acht Kategorien, die mitunter fachspezifische Bezüge zur Biologie aufweisen. So bezieht sich beispielsweise Kategorie 3 auf Fragen, die mit einer funktionellen oder evolutionären Erklärung beantwortet werden können. Die Autoren vermuten, dass bereits das Offenlegen der eingesetzten Taxonomie zu einer Veränderung der gestellten Fragen geführt hat:

The results suggest that the taxonomy also helped our students understand how to recognize and write better questions. (Marbach-Ad & Sokolove, 2000b, S. 195)

Da die Studie von Marbach-Ad und Sokolove (2000b) im Rahmen einer Biologieveranstaltung durchgeführt wurde, ist unklar, ob ähnliche Effekte auch bei Mathematikveranstaltungen zu erwarten sind. Um dies zu untersuchen, muss jedoch zunächst eine Grundlage in Form eines geeigneten Kategoriensystems für mathematikbezogene Fragen geschaffen werden. Erst in einem zweiten Schritt kann dann auf die Wirkung des Fragenstellens sowie den Einsatz von Kategoriensystemen in mathematikbezogenen Lehrveranstaltungen fokussiert werden. Während bisher Kategoriensysteme nur im Zusammenhang mit empirischen Studien aufgegriffen wurden, werden im Folgenden Kategoriensysteme von Fragen mit Blick auf die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit im mathematischen Kontext betrachtet.

2.2 Klassifikationen von Fragen

In der Literatur finden sich verschiedene Kategoriensysteme zur Beschreibung von Fragen (z. B. Graesser, Person & Huber, 1992; Harper, Etkina & Lin, 2003). Als grobe Unterteilung lassen sich zwei Arten von Klassifikationen unterscheiden: eine eher sprachlich und eine eher inhaltlich orientierte. Ein

sprachlich-orientiertes Beispiel stellt das Kategoriensystem von Graesser und Person (1994) dar. Sie unterteilen erstens Kurz-Antwort-Fragen (z. B. verifizierende Ja/Nein-Fragen oder quantifizierende Fragen „Wie viele?“), zweitens Lang-Antwort-Fragen (z. B. Definitionen „Was bedeutet...?“, Konsequenzen „Was wäre, wenn...?“ sowie prozedurale/instrumentale Fragen „Wie...?“) und drittens Sonstiges (z. B. Aufforderungen und Bitten). Hierbei liegt der Fokus auf einer formalen Betrachtung der potenziellen Antwortmöglichkeiten ohne Berücksichtigung des Inhalts. Eine eher inhaltliche Betrachtung der Antwortmöglichkeiten wird etwa von Graesser und Olde (2003) (vgl. Kap. 2.1) sowie Harper et al. (2003) vorgenommen. Harper et al. (2003) trennen in ihrer Studie bei der Beschreibung der Fragen der Physikstudierenden zwei Bereiche, die im Folgenden näher betrachtet werden.

Zum einen nehmen sie eine fachlich-inhaltliche Perspektive ein, indem sie die Kategorien *equation*, *concept*, *application*, *knowing*, *experiment* und *limitations* unterscheiden. Eine Übertragung dieser Kategorien auf andere Kontexte wie beispielsweise Mathematikvorlesungen ist jedoch nicht unmittelbar möglich, da Experimente in der Physik eine andere Bedeutung haben als in der Mathematik und der Aufbau einer Mathematikvorlesung an der Universität von Definitionen, Sätzen und Beweisen sowie Anwendungen der Sätze geprägt ist (Dreyfus, 1991).

Zum anderen betrachten Harper et al. (2003) den Anforderungsbereich einer Frage, der sich in die Kategorien *minimal difficulty* (*factual knowledge*), *low-level* (*comprehension*), *medium-level* (*application* oder *analysis*) oder *high-level* (*synthesis* oder *evaluation*) aufteilt. Die von Harper et al. (2003) vorgenommene Unterscheidung der Anforderungsbereiche weist große Gemeinsamkeiten mit der Taxonomie von Bloom (1972) auf, die ursprünglich der Einordnung von Lernzielen und der Kategorisierung von Aufgaben anhand der Kategorien *Wissen*, *Verstehen*, *Anwenden*, *Analyse*, *Synthese* und *Evaluation* diente. Mit der Anlehnung an Bloom (1972) stehen Harper et al. (2003) in einer Reihe mit Autorinnen und Autoren, die sich zur Einschätzung der Qualität von Fragen ebenfalls auf Blooms Taxonomie beziehen (vgl. z. B. Levin, 2005). Blooms Taxonomie lässt sich ebenfalls zur Analyse von Fragen anwenden. Somit können begründete Vermutungen darüber angestellt werden, welche Fragen zum Erreichen von bestimmten Kompetenzen dienlich sind.

Allen vorgestellten Kategoriensystemen ist gemein, dass sie keinen expliziten Bezug zur Mathematik oder zu Mathematikstudierenden haben. Viele Kategoriensysteme beruhen auf einer rein sprachlichen oder quantitativen Beschreibung (Graesser & Person,

1994; Miyake & Norman, 1979). Die Systeme, die auf eine qualitative, inhaltliche Beschreibung abzielen, bleiben entweder sehr oberflächlich (vgl. Dualismus gut/schlecht bei Graesser & Olde, 2003) oder lassen sich nicht unmittelbar auf andere Fachbereiche übertragen (vgl. Harper et al., 2003).

3. Forschungskontext und -anliegen

An diese Forschungslücke schließt der vorliegende Beitrag an, indem anhand von mathematikbezogenen Studierendenfragen ein Analyseraster entwickelt wird. Im Folgenden wird zunächst auf das Projekt eingegangen, in dessen Rahmen die Datenerhebung stattgefunden hat (Kap. 3.1). Anschließend wird in Kapitel 3.2 das Forschungsanliegen konkretisiert und näher vorgestellt.

3.1 Kontext der Entwicklung des Analyserasters – das Projekt Analysis 2. Start

Die Daten, die zur Entwicklung des Analyserasters herangezogen wurden, sind im Projekt „Analysis 2. Start“ entstanden. Die Unterstützungsmaßnahme wurde in zwei aufeinander folgenden Jahren an der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung des Projektablaufs sowie der einzelnen Lernangebote findet sich bei Geisler, Glasmachers, Rolka und Eichelsbacher (2018). Das Projekt richtete sich an Erstsemesterstudierende der Analysis I-Veranstaltung, d. h. sowohl an Fachstudierende in Mathematik als auch an Studierende des Lehramts Gymnasium/Gesamtschule. Ziel der Maßnahme war es, die Studienanfängerinnen und Studienanfänger, die den Anschluss an die reguläre Analysis I-Vorlesung verpasst hatten, in ihrem Lernprozess zu unterstützen und enger zu betreuen, sodass sie ohne Zeitverlust an der Semesterabschlussklausur teilnehmen konnten. Dazu wurde ein besonderer Schwerpunkt auf den Austausch zwischen den Studierenden und den Lehrenden gelegt.

Kernelement der Maßnahme waren Vorlesungsvideos, die durch drei wöchentliche Übungen à 90 Minuten begleitet wurden. Ein Gestaltungsprinzip stellte die konsequente Lehre im Sinne des Just-in-Time-Teachings (JiT) nach Novak und Patterson (2010) dar. Beim JiT werden Präsenz- und Distanzphasen im Lernprozess miteinander verzahnt. Konkret bedeutete dies für das Projekt „Analysis 2. Start“, dass sich die Studierenden die fachlichen Inhalte eigenständig anhand der Vorlesungsaufzeichnungen und digitalen Aufgaben erarbeitet haben. Die Vorlesungsaufzeichnungen wurden mehrfach von kurzen interaktiven Fragen unterbrochen, die beantwortet werden mussten, bevor mit dem Ansehen der Vorlesungen fortgefahren werden konnte. Im Anschluss an diese Erarbeitungsphase wurden die Studierenden

aufgefordert, ihre Fragen und Erkenntnisse auf der Lernplattform Moodle zu notieren. Eine Verzahnung fand dann in den Präsenzphasen, d. h. in den Übungsgruppen, statt, indem dort Bezug auf die vorher notierten Fragen und Erkenntnisse genommen wurde. Das Aufgreifen der Fragen und Erkenntnisse bot somit einen Kommunikations- und Reflexionsanlass und knüpfte an die Erfahrungen und Unklarheiten der Studierenden an. Die Lehrenden wiederum profitierten von den Fragen und Erkenntnissen, weil sie dadurch kontinuierlich Einblicke in den Kenntnisstand, aktuelle Schwierigkeiten und die Fehlvorstellungen der Studierenden erhielten.

Wie bereits erwähnt sollte der Auftrag, Fragen und Erkenntnisse zu formulieren, die Studierenden zu einer Reflexion des Lernstoffes anregen. Die Option, anstelle von Fragen auch eigene, veranstaltungsbezogene Erkenntnisse einzusenden, wurde eingerichtet, um auch Studierende ohne konkrete Frage aktiv in den Reflexions- und Kommunikationsprozess einzubinden. Basierend auf der Bedeutung des Fragenstellens im Lernprozess (siehe Kap. 2.1) und mit dem Ziel, ein Analyseraster für Merkmale von Studierendenfragen zu erstellen, wurde die Entscheidung getroffen, zunächst auf die Fragen der Studierenden zu fokussieren, ohne die von den Studierenden eingebrachten Erkenntnisse einzubinden.

3.2 Forschungsanliegen

In der Theorie existieren viele unterschiedliche Zugänge zur Klassifikation von Fragen. Eine Übertragung auf mathematikspezifische Kontexte wird jedoch nicht explizit thematisiert, sodass bisher insgesamt wenige Erkenntnisse darüber vorliegen, was mathematikbezogene Fragen auszeichnet und wie sich diese beschreiben lassen.

Mit diesem Beitrag wird der erste Schritt für weitere Studien etwa zur Lernförderlichkeit von Fragen im Mathematikstudium gemacht, indem ein Analyseraster zur Beschreibung mathematikbezogener Fragen vorgestellt wird. Bei der Entwicklung wurden die Einträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Projekts „Analysis 2. Start“ herangezogen und näher analysiert. Die Entwicklung des Rasters erfolgte somit vor dem Hintergrund der Fragestellung, welche Merkmale mathematikbezogener Fragen sich im Rahmen der Unterstützungsmaßnahme identifizieren lassen, und wie diese genutzt werden können, um Fragen zu klassifizieren.

4. Methodische Vorgehensweise – Entwicklung des Analyserasters

In diesem Kapitel wird das Studiendesign vorgestellt (Kap. 4.1). Anschließend verdeutlichen wir die Grundlagen unserer Datenauswertung, indem die

Stichprobe genauer vorgestellt und unser Vorgehen anhand einer Grounded Theory beschrieben wird (Kap. 4.2). Da die eigentliche Analyse der Daten durch ein Kodieren erfolgt, fokussieren wir anschließend auf die verschiedenen Kodier-Prozeduren der Grounded-Theory-Methodologie und nutzen diese zur konkreten Darstellung der einzelnen Schritte in der Entwicklung des Analyserasters für Merkmale von Studierendenfragen (Kap. 4.3).

4.1 Studiendesign

Fragen können eine wichtige Rolle im Lernprozess spielen. Auch aus Sicht von Dozierenden sollen Studierende „lernförderliche und präzise Fragen stellen“ (Neumann et al., 2017, S. 26) können (Kap. 2). Vor diesem Hintergrund ist zu klären, welche Merkmale mathematikbezogene Fragen überhaupt auszeichnen. Insbesondere das Ziel, langfristig systematische Untersuchungen mathematikbezogener Fragen vorzunehmen, erfordert zunächst die Entwicklung eines Instruments zur Einordnung eben dieser Fragen. Durch das in diesem Beitrag vorgestellte Analyseraster zur Beschreibung mathematikbezogener Fragen wird eine erste Grundlage für weitere Studien geschaffen.

Ausgehend von der bisherigen Forschungslage und der Offenheit des Forschungsanliegens wurde eine theoriegenerierende qualitative Methode in Form einer Grounded Theory gewählt. Eine Stärke der Grounded-Theory-Methodologie liegt in dem explorativen Vorgehen (z. B. Corbin & Strauss 2008; Glaser & Strauss, 2010; Strauss & Corbin, 1996), welches sich für unser Ziel, ein datenbasiertes Analyseraster für Merkmale mathematikbezogener Studierendenfragen zu entwickeln, besonders anbietet. Die starke Orientierung am Datenmaterial richtet den Blick von den vorgegebenen theoretischen Rahmungen hin zu Kategorien, Dimensionen und Merkmalen, die dem Datenmaterial inhärent sind, und bietet einen ersten empirischen Zugang zum Thema Fragenstellen im Mathematikstudium. Im Unterschied zu anderen Methoden, wie beispielsweise der qualitativen Inhaltsanalyse, zeichnet sich die Grounded Theory durch eine besondere Offenheit gegenüber dem Datenmaterial aus:

Durch das offene, aber regelgeleitete Vorgehen können unbekannte oder unvermutete Aspekte aus dem Datenmaterial hergeleitet werden, die bei einer qualitativen Inhaltsanalyse aufgrund der dabei nötigen Stringenz des Kategoriensystems verloren gehen würden. Bei der Analyse mit den methodischen Schritten der Grounded Theory hingegen ist es möglich und sogar intendiert, unvermutete Aspekte im Datenmaterial zu finden. (Müller, 2018, S. 164)

Die Entscheidung, bei der Analyse eine Grounded Theory zu verfolgen, verbindet somit die Idee und In-

tention einer unvoreingenommenen Theorieentwicklung mit einer Verankerung in der Literatur. Die Offenheit der Methode sowie der Bezug zur Literatur zeigen sich im Analyseraster in der Form, dass vorhandene Kategoriensysteme berücksichtigt wurden und gleichermaßen Eingang gefunden haben, wie Kategorien, die aus den erhobenen Daten abgeleitet wurden.

Das Analyseraster stellt einen Beitrag zur Theorieentwicklung dar, indem es eine Grundlage zur Klassifikation von Fragen schafft. Auf dieser Basis kann zukünftige Forschung beispielsweise die Lernförderlichkeit von Fragen im Mathematikstudium in den Blick nehmen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten und Anknüpfungspunkte werden in Kapitel 6.3 und 6.4 vorgestellt.

4.2 Stichprobe, Datengrundlage und Vorgehen bei der Auswertung

Insgesamt wurden im Projekt 28 Vorlesungsaufzeichnungen eingesetzt, zu denen jeweils die Einträge mit den Fragen und Erkenntnissen der 19 Projektteilnehmerinnen und Projektteilnehmer vorliegen. Die Einträge entstammen folglich einem realen Lehr-Lern-Kontext und repräsentieren Fragen, mit denen sich die Studierenden auseinandergesetzt haben. Die Fragen wurden im Verlauf eines Vorlesungszyklus erhoben und decken daher ein breites inhaltliches Feld der Analysis ab, mit dem Studierende im ersten Studienjahr konfrontiert werden. Durch die Verwendung von Vorlesungsaufzeichnungen haben die Studierenden die Fragen in ihrem eigenen Tempo entwickeln können. Dies wäre beispielsweise im Rahmen von Präsenzvorlesungen nicht im selben Maße möglich gewesen. Durch die längere Bearbeitungszeit eröffnet sich den Studierenden die Möglichkeit, sich sowohl quantitativ als auch qualitativ stärker mit dem Finden und Formulieren von Fragen zu beschäftigen. Daher bieten die Einträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Projekts im Gegensatz zu spontan formulierten Fragen eine gute Grundlage, um die Merkmale von Studierendenfragen in einer Mathematikveranstaltung zu analysieren.

Zur Erstellung des Analyserasters wurden nur die Teile der Einträge herangezogen, die als Frage aufgefasst werden konnten (siehe auch Kap. 3.2). Bei der Auswertung wurden darüber hinaus nur Einträge derjenigen Studierenden berücksichtigt, die regelmäßig an dem Projektkurs teilgenommen haben, d. h., dass die Studierenden höchstens vier Mal nicht an der Übungsgruppe oder an der Aufgabe, eigene Fragen und Erkenntnisse zu formulieren, partizipiert haben.

Von den 13 Studierenden, die die genannten Kriterien erfüllten, d. h. eine regelmäßige Projektteilnahme vorwiesen und Fragen formulierten, wurden

im Projektverlauf insgesamt 331 Einträge generiert. Von diesen Einträgen wurde etwa ein Viertel bei der Auswertung herangezogen. Dabei sollte jede Vorlesungsaufzeichnung in gleicher Weise berücksichtigt werden, sodass zu jeder der 28 Vorlesungsaufzeichnungen drei Einträge ausgewählt wurden. Somit wurden insgesamt 84 Einträge analysiert. Die Anzahl der berücksichtigten Einträge pro Person liegt zwischen vier und sieben Einträgen und entspricht jeweils etwa einem Viertel aller Einträge der jeweiligen Person. Die Auswahl der Einträge erfolgte derart, dass zusammenhängende Einträge ausgewählt wurden, um einen längeren Zeitraum abzudecken. Lediglich in einem Fall (Merle) konnte dies aus praktischen Gründen nicht gewährleistet werden. Eine Übersicht über alle Einträge sowie die zur Analyse herangezogenen gibt Abbildung 1.

Da mit der Datenauswertung erst gegen Projektende begonnen wurde und zu dem Zeitpunkt aus didaktischen sowie pragmatischen Gründen keine weiteren Projektteilnehmerinnen und Projektteilnehmer akquiriert werden konnten, wurde auf eine zeitgleiche Datenerhebung und -auswertung, wie sie von Schmidt et al. (2015) für die Grounded-Theorie-Methodologie beschrieben wird, verzichtet.

Die Datenauswertung erfolgte sukzessive, indem die Fragen der 13 Studierenden nacheinander betrachtet wurden, d. h., dass zunächst alle ausgewählten Einträge einer Person im Theoriebildungsprozess berücksichtigt wurden, bevor die Einträge der nächsten Person hinzugezogen wurden. Insgesamt konnte durch die sukzessive Hinzunahme der Daten der 13 Studierenden im Analyseprozess ein sehr umfassender Einblick in die Fragen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Unterstützungsmaßnahme gewonnen werden. Da sich am Ende der Auswertung der ausgewählten Daten der 13 Studierenden auch durch Hinzunahme weiterer Einträge dieser Studierenden keine

neuen Einsichten eröffneten, kann von einer ersten theoretischen Sättigung ausgegangen werden (Schmidt et al., 2015). Somit ist die Theoriebildung im Kontext des Projekts „Analysis 2. Start“ abgeschlossen. Das resultierende Analyseraster wird mit Kategorienbeschreibungen und Ankerbeispielen im Anhang bereitgestellt.

Die Auswertung der Daten wurde von drei Forschenden in einer gemeinsamen Analyse vorgenommen. Die Forschenden werden in der Grounded-Theory-Methodologie als Personen verstanden, deren Erfahrungen und Entscheidungen die Interpretation der Daten wesentlich beeinflussen (Schmidt et al., 2015). Im Sinne einer theoretischen Sensibilität ist es deswegen von besonderer Bedeutung, dass die Forschenden ein Bewusstsein „für die Feinheiten in der Bedeutung von Daten“ (Strauss & Corbin, 1996, S. 25) haben. Dieser Aspekt wurde bei der Entwicklung des Analyserasters besonders berücksichtigt, da die drei Forschenden, die die gemeinsame Analyse durchgeführt haben, zum einen in die Durchführung und wissenschaftliche Begleitung des Projekts eingebunden waren und zum anderen stets im diskursiven Austausch bezüglich der Interpretationen der Daten standen.

4.3 Datenauswertung

Das Kodieren, also der Prozess der Datenanalyse (Strauss & Corbin, 1996), erfolgt in der Grounded-Theory-Methodologie anhand von drei Kodierprozeduren, „die der regelgeleiteten Systematisierung des Datenmaterials dienen“ (Schmidt et al., 2015, S. 43). Die drei Kodierprozeduren sind das offene Kodieren, das axiale Kodieren und das selektive Kodieren (Mey & Mruck, 2010; Strauss & Corbin, 1996). Anhand dieser drei Kodierprozeduren wird im Folgenden das Herausarbeiten der Merkmale von Studierendenfragen erläutert.

Name	Vorlesung																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Anna		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
Jakob	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Birte	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Stefan		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Peter		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x
Carla		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Torben		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Max	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x
Robert		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hakima	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Merle	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Niklas		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tina		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Abb. 1: Übersicht über die eingereichten Einträge; x – Eintrag vorhanden; grau – Eintrag zur Analyse herangezogen; Namen pseudonymisiert; fettgedruckte Namen – mindestens ein Beispiel im Text

Das offene Kodieren erfolgte durch ein gemeinsames Betrachten aller ausgewählten 84 Einträge der Studierenden durch drei Forschende. In einem offenen Austausch wurden alle Assoziationen zu einem Eintrag schriftlich festgehalten. Zu dem Eintrag „Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ eines Studierenden notierten die Forschenden beispielsweise folgende Gedanken: Die Frage wird als eine mathematisch inhaltlich präzise Frage aufgefasst, die auf das Verständnis der Konzepte und Zusammenhänge von Stetigkeit, Monotonie und Injektivität abzielt. Außerdem wird die Frage als wichtig eingeschätzt, da sie auf grundlegende fachliche Zusammenhänge abzielt. Dass die der Frage zugrundeliegende mathematische Aussage wahr ist, deutet auf ein erstes Verständnis des Studierenden. Es wird die Vermutung aufgestellt, dass der Studierende die Konzepte Stetigkeit, Monotonie und Injektivität verstanden hat, da die Frage sonst vermutlich nicht so gezielt gestellt worden wäre oder weitere Inhalte erfragt worden wären. Wenn gleich nach einer Begründung für die vorgegebene Aussage gefragt wird, liefert die Frage keinen Anlass dazu, anzunehmen, dass bei dem Studenten ungünstige Fehlvorstellungen vorhanden sind. Schließlich wird ein mathematisch korrekter Zusammenhang hinterfragt.

Im Sinne der Methode des ständigen Vergleichens (vgl. Glaser & Strauss, 2010) wurden beim Fortschreiten der Auswertung der Einträge die zuvor festgehaltenen Assoziationen stets berücksichtigt. So wurde während des Kodierens eines Eintrags die aktuelle Interpretation gleichzeitig mit früheren Interpretationen zu Einträgen anderer Studierender sowie mit früheren Einträgen derselben Person verglichen (Glaser & Strauss, 2010). Durch diesen ständigen Vergleich wurden Konzepte und Kategorien zugeordnet und gleichzeitig neu zusammengesetzt (Schmidt et al., 2015). Außerdem wurden die Assoziationen möglichst detailliert festgehalten, um im Sinne des offenen Kodierens möglichst viele relevante Merkmale aufdecken zu können (Mey & Mruck, 2010). Nachdem die ausgewählten Einträge der Studierenden mit Assoziationen versehen worden waren, wurden alle Assoziationen gesammelt betrachtet und im Sinne des axialen Kodierens sortiert, angeordnet und zu Kategorien zusammengefasst. Bei diesem Schritt wurden allgemeine Klassifikationssysteme für Fragen aus anderen Fachbereichen und Bildungskontexten in den Analyseprozess eingebunden (vgl. Kap. 2.2), um eine Kontinuität und Anknüpfung an bestehende Literatur zu fördern. Der Fokus lag jedoch auf dem vorhandenen Material, welches durch seinen Mathematikbezug bisher in der Literatur nicht in all seinen Facetten eingeordnet werden kann.

Da sich die Grounded-Theory-Methodologie nicht allein auf das Herausstellen von Kategorien begrenzt (Mey & Mruck, 2010), wurden im letzten Schritt, dem selektiven Kodieren, Verbindungen und Beziehungen unter den Kategorien analysiert und eine Kernkategorie abgeleitet. Dieser Schritt wurde ebenfalls in der Forschergruppe durchgeführt und kritisch reflektiert. Die Kernkategorie des vorliegenden Rasters stellt die Kategorie *Inhaltsebene der Frage* dar. Von zentraler Bedeutung im Entwicklungsprozess war außerdem die gemeinsame Diskussion von Beschreibungen und Ankerbeispielen für jede Kategorie.

Nachdem eine Einigung über die Kategorienbeschreibungen erreicht wurde, wurde das Raster auf seine Anwendbarkeit geprüft. Dazu wurden die analysierten Einträge von zwei Personen unabhängig voneinander kodiert. Anschließend wurde die Interkoderreliabilität bestimmt. Zur Analyse wurde die Software MAXQDA verwendet, mit welcher ein Kappa von 0,59 berechnet wurde (Brennan & Prediger, 1981). Damit liegt die Übereinstimmung in einem mittelmäßig bis guten Bereich (Döring & Bortz, 2016). Es stellte sich im anschließenden Gespräch heraus, dass aus Sicht beider Kodierenden nicht alle Aspekte der Einträge innerhalb des Rasters hinreichend berücksichtigt worden waren, sodass eine Überarbeitung zur Beseitigung kritischer Stellen notwendig wurde. Es folgte ein erneuter Kodiervorgang mit derselben Datengrundlage, bei dem die überarbeiteten Stellen auf ihre Anwendbarkeit getestet wurden. Im zweiten Kodierdurchgang konnte die Interkoderreliabilität auf ein Kappa von 0,64 gesteigert werden, was einem guten Ergebnis entspricht (Döring & Bortz, 2016). Auch die Anzahl der nicht-zuordenbaren Einträge konnte so deutlich verringert werden. Das überarbeitete Analyseraster für Merkmale von Studierendenfragen wird im nächsten Kapitel zusammengefasst präsentiert.

5. Analyseraster für Merkmale von Studierendenfragen

In diesem Kapitel wird zunächst der Aufbau des Rasters mit seinen Kategorien, Dimensionen und Merkmalen beschrieben (Kap. 5.1). Anschließend werden die einzelnen Bestandteile ausführlich vorgestellt und mithilfe von Beispielen illustriert (Kap. 5.2 bis 5.5).

5.1 Aufbau des Analyserasters

Mithilfe einer Grounded Theory wurden drei Kategorien gebildet, anhand derer die mathematikbezogenen Fragen der Studierenden beschrieben werden können. Jede dieser Kategorien weist zwei oder drei verschiedene Dimensionen auf, welche sich wiederum

weiter in einzelne Merkmale unterteilen lassen (siehe Abb. 2). Jede Kategorie wird in einer Zeile aufgeführt, in der die jeweiligen Dimensionen und Merkmale weiter ausdifferenziert werden.



Abb. 2: Gliederung des Analyserasters in Kategorie, Dimension und Merkmal

Das Analyseraster zur Beschreibung von Merkmalen von Studierendenfragen setzt sich aus den drei Kategorien *Inhaltsebene der Frage*, *Lehr-Lern-Kontext* und *sprachliche Perspektive* zusammen. Abbildung 3 stellt das gesamte Analyseraster dar, welches als theoretische Grundlage zur Einordnung von Fragen herangezogen werden kann.

Die Darstellung kann von links nach rechts gelesen werden und ist so zu verstehen, dass einer Frage in jeder Zeile jeweils ein Merkmal aus der dunkelsten Schattierung zugeordnet werden kann. Für die Kernkategorie *Inhaltsebene der Frage* heißt das beispielsweise, dass sie sich in die beiden Dimensionen *mathematischer Hintergrund* und *Lernziel* unterteilt. Die Dimension *mathematischer Hintergrund* gliedert sich wiederum in die Merkmale *Definition*, *Anleitung/Schema*, *Beispiel*, *Satz* und *Beweis*.

Die Darstellung der Dimensionen und Merkmale erfolgt anhand von beispielhaften Einträgen der Studierenden. Die folgenden drei Fragen werden vollständig in das Raster eingeordnet, um einen Gesamteindruck zu vermitteln.

- „Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
- „Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g)
- „Fragen zu der graphischen Darstellung von komplexen Zahlen: Die Imaginärachse ist die y-Achse, oder?“ (Stefan9a)

Da anhand der drei Einträge jedoch nicht alle Merkmale abgedeckt werden, werden bei Bedarf entsprechend weitere Einträge vorgestellt. Die Kürzel am Ende der Einträge bestehen aus dem pseudonymisierten Namen der Studierenden sowie aus der Nummer der Vorlesung, auf die sie sich beziehen. Niklas hat die obige Frage im Anschluss an die 23. Vorlesungsaufzeichnung gestellt. Da Robert und Stefan mehrere Fragen zur jeweiligen Vorlesung formuliert haben, wurden die einzelnen Fragen mit Kleinbuchstaben durchnummeriert.

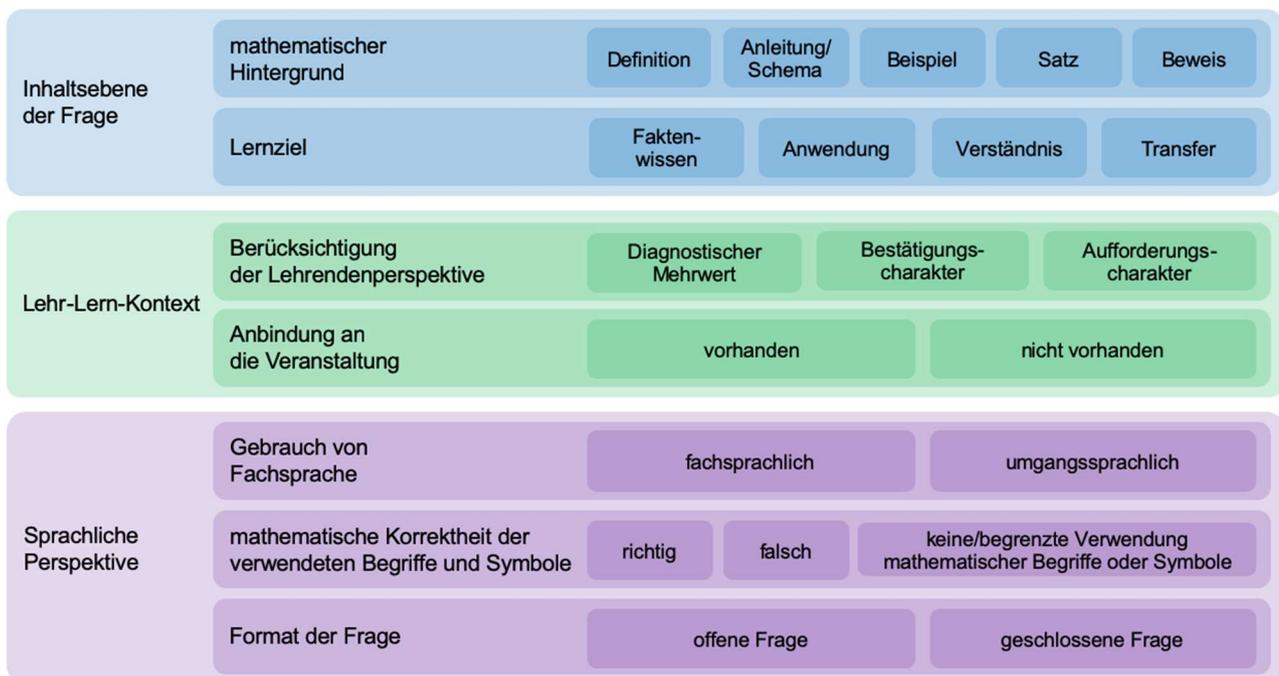


Abb. 3: Schematische Darstellung des Analyserasters

Die Präsentation der einzelnen Dimensionen und Merkmale orientiert sich im weiteren Verlauf an folgenden Schritten: Jeder Kategorie wird eine allgemeine Erklärung vorangestellt, an die eine Beschreibung der zugehörigen Dimensionen und Merkmale anschließt. Die Beschreibung der Dimensionen und Merkmale erfolgt entlang der oben eingeführten beispielhaften Fragen und wird gegebenenfalls durch weitere Beispiele ergänzt. Neben der Besprechung der Kategorien als Ergebnis unserer Kodierung erfolgt simultan eine Einordnung der Kategorien in die Theorie. Da nach dem Festlegen der Kategorien weiterhin Literatur zur theoretischen Verankerung, zur Herstellung von Bezügen und Verbindungen zwischen identifizierten Merkmalen und theoretischen Hintergründen sowie zur Interpretation hinzugezogen wurde, finden sich in den Ausführungen zum Teil weiterführende theoretische Erläuterungen, die über die Darstellungen der Theorie aus Kapitel 2 hinausgehen.

5.2 Inhaltsebene der Frage

Wie der Name *Inhaltsebene der Frage* bereits andeutet, wird bei dieser Kategorie der Inhalt der Frage fokussiert. Die Kategorie stellt die Kernkategorie dar und gliedert sich in die beiden Dimensionen *mathematischer Hintergrund* und *Lernziel*.

Die beiden Dimensionen decken die fachlich-inhaltliche Ebene und den Anforderungsbereich im Sinne von Harper et al. (2003) ab (siehe auch Kap. 2.2). Bei der Entwicklung der Dimension *mathematischer Hintergrund* (Kap. 5.2.1) wurde durch die Berücksichtigung der fachlich-inhaltlichen Ebene einer Frage Bezug zu Harper et al. (2003) genommen. Die Überlegungen zum Anforderungsbereich nach Harper et al. (2003) sind in die Konstruktion des Merkmals *Lernziel* (Kap. 5.2.2) eingeflossen, in dessen Rahmen auch die Lernzieltaxonomie nach Bloom (1972) aufgegriffen wird.

5.2.1 Mathematischer Hintergrund

Bei der fachlich-inhaltlichen Ebene ergaben sich durch den Mathematikschwerpunkt einige Abweichungen zu Harper et al. (2003), die sich in ihrem Modell speziell auf eine Physikveranstaltung beziehen. Die Unterschiede resultieren unter anderem daraus, dass die (Vorlesungs-)Inhalte in einer Erhebung mit Mathematikstudierenden keine physikalischen Experimente und infolgedessen auch nicht die Limitationen derselbigen betreffen. Vielmehr wurde bei der Analyse die mathematische Struktur einer Vorlesung berücksichtigt, die sich im Allgemeinen aus einer Reihe von Definitionen, Sätzen und Beweisen sowie Anwendungen der Sätze zusammensetzt (Dreyfus, 1991). Dementsprechend besteht die Dimension *mathematischer Hintergrund* aus den Merkmalen *Definition*, *Anleitung/Schema*, *Beispiel*, *Satz* und *Beweis* (siehe Tab. 1).

Als Beispiel für eine Frage mit dem Merkmal *Definition* kann die Frage von Robert angeführt werden: „Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g). Diese Frage lässt sich mit einem Verweis auf die in der Vorlesung eingeführten Definitionen des Positivteils bzw. des Negativteils sowie des Maximums bzw. des Minimums beantworten. Auch Stefans Frage zur Benennung der Imaginärachse (Stefan9a) betrifft eine Definition.

Das Merkmal *Anleitung/Schema* wird an einer Frage von Jakob deutlich: „Gibt es eine Strategie bzw. einen allgemeinen Ansatz / Lösungsschema, wie Aufgaben zur Mengenlehre gelöst werden können (Ähnlich wie bei vollständiger Induktion (IA, IV, IS))?“ (Jakob2b). Die Frage zielt explizit auf ein Schema ab und offenbart den Wunsch nach einem Kalkül.

Zur folgenden, dritten Vorlesung formuliert Jakob einen Eintrag, der dem Merkmal *Beispiel* zugeordnet ist: „Ich würde gerne ein paar Beispiele zu Abbildungen/Funktionen bzgl. Injektivität, Surjektivität und Bijektivität besprechen“ (Jakob3a).

Definition	Anleitung/ Schema	Beispiel	Satz	Beweis
Die Frage bezieht sich auf eine konkrete Definition bzw. das Verständnis eines mathematischen Begriffs oder auf Unterschiede/Gemeinsamkeiten zweier Begriffe.	Die Frage zielt auf die Erläuterung eines Schemas oder eines Algorithmus. Dazu zählen sowohl Fragen, wie etwas angewendet wird, als auch Fragen zu Formalia oder zum konkreten Rechnen im Sinne eines Kalküls.	Die Frage bezieht sich explizit auf ein Beispiel (aus Vorlesung oder Übung). Das Merkmal umfasst auch Fragen, in denen nach einem weiteren Beispiel zu einem bestimmten Thema gefragt wird.	Die Frage bezieht sich inhaltlich auf einen mathematischen Satz, ein Lemma oder Ähnliches.	Die Frage bezieht sich auf einen Beweis oder eine Beweistechnik. Dabei kann sich die Frage sowohl auf die Logik eines Beweises insgesamt, einzelne Schritte oder auch die Voraussetzungen beziehen.

Tab. 1: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Mathematischer Hintergrund*

Faktenwissen	Anwendungen	Verständnis	Transfer
Die Frage bezieht sich auf reines Faktenwissen (deklaratives Wissen).	Die Frage weist einen Anwendungsbezug auf, indem sie etwa darauf zielt, eine Anwendung zu hinterfragen oder nach einer solchen zu fragen. Derartige Fragen zielen hauptsächlich auf prozedurales Wissen ab.	Die Frage ist Ausdruck eines mangelnden Verständnisses/einer Unsicherheit und zielt auf ein „besseres“ Verstehen. Die Frage bezieht sich auf eine Begründung für Sachverhalte oder Zusammenhänge. Die Frage geht über reines Faktenwissen hinaus und zielt hauptsächlich auf konzeptuelles Wissen ab.	Die Frage bezieht sich auf Inhalte oder Erkenntnisse, die über den in der Vorlesung vermittelten Inhalt hinausgehen. Fragen dieser Kategorie lassen erkennen, dass der Student/die Studentin über den Vorlesungsinhalt hinweg selbstständig weitergedacht hat.

Tab. 2: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Lernziel*

Ein Beispiel für das Merkmal *Satz* stellt der Eintrag von Niklas dar: „Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23). Niklas verortet seine Frage im Rahmen einer interaktiven Frage innerhalb einer Videoaufzeichnung. Er bezieht sich auf die erste Unterbrechung der Vorlesungsaufzeichnung 23, bei der unmittelbar hintereinander die beiden folgenden Fragen und Antwortmöglichkeiten erschienen:

- „Wir haben gesehen, dass sich aus der strengen Monotonie von f Injektivität folgern lässt. Gilt auch die Umkehrung, also f injektiv $\Rightarrow f$ streng monoton?“ (Antwortmöglichkeiten: „ja“ und „nein“)
- „Welche zusätzliche Eigenschaft müssen wir von f noch fordern, damit aus Injektivität strenge Monotonie folgt?“ (Antwortmöglichkeiten: „Stetigkeit“ und „Beschränktheit“)

Die Studierenden konnten aus den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auswählen. Da sich Niklas' Frage inhaltlich auf einen Satz aus der Vorlesung bezieht, trägt sie das Merkmal *Satz*.

Einen Bezug zu einem Beweis aus der Vorlesung stellt Niklas in seiner Frage zur 28. Videoaufzeichnung her: „Könnten wir nochmal kurz die Beweisschritte des Fundamentalsatzes der Algebra durchgehen?“ (Niklas28). Die Frage ist somit ein Beispiel für eine Frage mit dem Merkmal *Beweis*.

5.2.2 Lernziel

Die Merkmale mit Bezug zum Lernziel sind stark an Blooms Taxonomie (1972) angelehnt, die auch in die Entwicklung der Ebenen von Harper et al. (2003) eingeflossen ist. Wie bei Bloom (1972) beziehen sich die Merkmale unseres Analyserasters auf unterschiedliche Ebenen von Wissensstrukturen. Im Analyseraster werden vier Merkmale unterschieden: Faktenwissen, Anwendung, Verständnis und Transfer (siehe Tab. 2). Diese vier Merkmale können im Bloom'schen Sinne als aufeinander aufbauend verstanden werden. So ist die Ausprägung *Faktenwissen* eine Voraussetzung für die weiteren Merkmale, da

ohne Kenntnis eines grundlegenden Faktenwissens kein tieferer Erkenntnisgewinn möglich ist. Auch die weiteren Merkmale bedingen jeweils die folgenden, höheren Merkmale. Diese Abhängigkeiten führen dazu, dass eine konkrete Frage in der Regel nur mit Kenntnis des Lehrstoffs einem Merkmal zugeordnet werden kann. Die Dimension *Lernziel* ist die einzige Dimension in unserem Analyseraster, in der die Merkmale in einer hierarchischen Anordnung zueinanderstehen.

Ein Beispiel für eine Frage mit dem Merkmal *Faktenwissen* findet sich bei Stefan, der nach der Benennung der Imaginärachse in der graphischen Darstellung fragt („[...] Die Imaginärachse ist die y-Achse, oder?“ (Stefan9a)). Die Frage bezieht sich nicht auf tiefergreifendes Wissen, sodass eine Beantwortung bereits mithilfe von deklarativem Wissen erfolgen kann.

Eine andere Art des Wissens erfordert die Beantwortung von Roberts Frage: „Wofür ist die Landau-Notation gut?“ (Robert15e). Hier wird nach einem Anwendungsbezug gefragt, bei dem die Landau-Notation erfordert wird. Die Frage ist demnach dem Merkmal *Anwendung* zugeordnet.

An Niklas' Frage „Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23) wird deutlich, dass ihm Wissen zum Zusammenhang von Monotonie, Stetigkeit und Injektivität fehlt. Die Konzepte der Injektivität, Monotonie und Stetigkeit werden bereits durch die interaktive Frage im Video vorgegeben (siehe Kap. 5.2.1) und müssen noch durch Niklas logisch miteinander verknüpft werden. Im Sinne Flammers (1981) ist Niklas' Frage ein Ausdruck der Notwendigkeit, die für ihn dissonanten – weil vordergründig zusammenhangslosen – Wissens Elemente in Einklang zu bringen. Niklas' Frage ist daher dem Merkmal *Verständnis* zuzuordnen.

Diagnostischer Mehrwert	Bestätigungscharakter	Aufforderungscharakter
Lehrende können anhand der Frage entweder diagnostizieren, wo die Studierenden bereits ein tiefergehendes Verständnis aufgebaut haben oder wo noch Fehlvorstellungen bzw. Verständnisschwierigkeiten der Studierenden vorliegen. Dabei sollte erkennbar werden, worin die Fehlvorstellungen/ Verständnisschwierigkeiten genau liegen.	Zusätzlich zur Frage wird bereits eine Antwort angeboten. Die Frage zielt auf eine Verifizierung der eigenen Erkenntnis oder auf eine Widerlegung der eigenen Vermutung.	Die Frage drückt den Wunsch nach dem Aufgreifen eines Inhalts in der Übung aus. Es wird explizit eine weitere Erklärung oder Besprechung eingefordert, ohne dass jedoch konkrete Schwierigkeiten genannt werden.

Tab. 3: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive*

Das Merkmal *Transfer* liegt dann vor, wenn die Frage Inhalte oder Erkenntnisse betrifft, die über die in der Lehrveranstaltung thematisierten Inhalte hinausgehen. Ein Beispiel für eine inhaltlich-fachliche Reflexion spiegelt sich in Roberts Frage „Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g) wider. Auch wenn Positiv- und Negativteil per Definition aus der Vorlesung keine Abbildungen sind, so ist es durchaus möglich für Positiv- und Negativteil Abbildungen zu definieren. Die Frage ist insofern weiterführend, als dass sie eine Verbindung der ursprünglichen Definition mit der Idee des Abbildungsbegriffs verknüpft und somit über die Vorlesung hinausweist.

5.3 Lehr-Lern-Kontext

Die Fragen, die der Entwicklung des Analyserasters zugrunde liegen, wurden in einem konkreten Lehr-Lern-Kontext gestellt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Studierenden ihre Fragen nicht in erster Linie an sich selbst, sondern an eine Lehrperson adressiert haben. Folglich können die Fragen im Kontext eines Kommunikationsprozesses aufgefasst werden. Die Dimensionen *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive* und *Anbindung an die Veranstaltung* tragen diesem Anlass Rechnung, indem sie die Fragen in einen Gesamtkontext einbetten. Im ersten Fall werden durch die Frage Rückschlüsse auf vorhandenes Wissen und Vorstellungen sowie Fehlkonzepte möglich, die zur Einschätzung des Lernstandes herangezogen werden können. Diese Kenntnis ermöglicht der Lehrperson, auf ebendiese Konzepte einzugehen bzw. diese in der Lehre zu berücksichtigen. So kann durch die studentische Frage eine Perspektive für den weiteren Lehr-Lernprozess eröffnet werden. Im zweiten Fall wird durch die *Anbindung an die Veranstaltung* auf einen gemeinsamen Rahmen des Lehr-Lern-Kontexts referiert. Die Dimension resultiert aus der Existenz eines gemeinsamen Bezugsrahmens von Lehrenden und Lernenden.

5.3.1 Berücksichtigung der Lehrendenperspektive

Fragen werden laut Flammer (1981) zur Erschließung von Wissensdefiziten eingesetzt (vgl. Kap. 2.1). Gleichzeitig können sie Hinweise auf eben diese zugrundeliegenden Defizite liefern, wenn sie als Selbstoffenbarung der oder des Fragenden verstanden werden (vgl. z. B. das Kommunikationsmodell von Schulz von Thun, 1996). Dieses Merkmal der Frage wird im Analyseraster als *diagnostischer Mehrwert* bezeichnet. Durch das Merkmal *Bestätigungscharakter* klassifizieren wir diejenigen Fragen, die vordergründig zur Bestätigung eigener Hypothesen gestellt werden. Die fragstellende Person bietet in der Frage bereits eine Antwort an, die verifiziert oder widerlegt werden soll. In Flammers (1981) Auffassung sind dies Fragen, die auf fehlendes Wissen abzielen. In diesem speziellen Fall wird also Wissen erfragt, welches aufgrund eines niedrigen Vertrauenslevels in die eigenen Informationen ergänzt werden soll. Der *Aufforderungscharakter* einer Frage bzw. eines Eintrags drückt in erster Linie den Wunsch nach einer Besprechung eines Inhalts aus. Die Studierenden fordern das explizite Aufgreifen eines Themas, ohne jedoch konkrete Schwierigkeiten zu benennen. Die Beschreibung der Merkmale ist in Tabelle 3 dargestellt.

Sowohl Roberts als auch Niklas' Frage bieten einen *diagnostischen Mehrwert* für die Kursleitung. In Roberts Frage „Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ werden seine Vorstellungen zum Abbildungsbegriff deutlich. Niklas' Frage ist aus diagnostischer Perspektive ebenfalls bereichernd, da sie potenzielle Verständnisschwierigkeiten bezüglich der Begriffe Monotonie, Stetigkeit und Injektivität aufzeigt. Seine Frage könnte darauf hinweisen, dass er kein passendes Beispiel entwickeln kann, welches eine Funktion darstellt, die zwar injektiv, aber nicht (streng) monoton ist und dass für ihn daher die Notwendigkeit der Stetigkeit unklar ist. Beide Fragen können somit einen Anlass bieten, um die dahinterliegenden Inhalte in der Übungsgruppe zu thematisieren und zu vertiefen.

Ein Beispiel für eine Frage mit *Bestätigungscharakter* ist Stefans Frage: „Fragen zu der graphischen Darstellung von komplexen Zahlen: Die Imaginärachse ist die y-Achse, oder?“ (Stefan9a). Stefan stellt bereits eine Beziehung her und liefert somit eine eigene Vermutung, die lediglich bestätigt oder widerlegt werden soll. Die von Flammer (1981) erwähnte Unsicherheit drückt Stefan sprachlich durch das nachgestellte „oder?“ aus. Wenngleich Stefans Frage die theoretische Möglichkeit eines Einwands eröffnet, so wird eigentlich eine zustimmende Reaktion erwartet.

Eine Reaktion wird auch bei einem Eintrag mit *Aufforderungscharakter* erwartet. Einträge mit *Aufforderungscharakter* beinhalten häufig Formulierungen der Art „Können wir noch mal...“. Ein Beispiel für eine solche Frage stellt Roberts Eintrag dar: „Können wir den Unterschied zwischen dem Folgenkriterium der Stetigkeit und der „normalen“ Stetigkeit in der Übung hervorheben?“ (Robert20a). Robert fordert die Übungsgruppenleitung zu einer Besprechung der Stetigkeit auf, ohne jedoch konkret zu benennen, welchen Schwerpunkt er vertiefen möchte bzw. welche Schwierigkeit er mit den Begriffen hat.

5.3.2 Anbindung an die Veranstaltung

Vor dem Hintergrund des Kommunikationsgeschehens wirft die Dimension *Anbindung an die Veranstaltung* einen Blick auf den gemeinsamen Bezugsrahmen, d. h. auf die konkrete Lehrveranstaltung, in deren Kontext die Fragen formuliert wurden (in diesem Fall auf die Inhalte des Projekts „Analysis 2. Start“, siehe Kap. 3.1). Die Dimension fächert sich auf in die Merkmale *vorhanden* sowie *nicht vorhanden*. Die Beschreibung der Merkmale kann Tabelle 4 entnommen werden.

Das Merkmal, ob eine Anbindung an die Veranstaltung und insbesondere zum Lernmaterial hergestellt wurde oder nicht, lässt sich an den bereits aufgeführten Beispielen darlegen. Niklas' Eintrag beginnt mit einer einleitenden Verortung zu einer konkreten Stelle in den interaktiven Vorlesungsaufzeichnungen. An dieser Stelle sei jedoch angemerkt, dass es in der Aufzeichnung an mehreren Stellen Unterbrechungen gab und teilweise mehrere Fragen bei derselben Unterbrechung gestellt wurden. Bei der ersten Unterbrechung erschienen unmittelbar hintereinander die beiden Fragen „Wir haben gesehen, dass sich aus der strengen Monotonie von f Injektivität folgern lässt. Gilt auch die Umkehrung, also f injektiv $\Rightarrow f$

streng monoton?“ sowie „Welche zusätzliche Eigenschaft müssen wir von f noch fordern, damit aus Injektivität strenge Monotonie folgt?“. Ob sich Niklas nun ausschließlich auf die erste Frage bezieht oder beide Fragen als gesamten ersten Einschub interpretiert, bleibt offen. Ein Bezug zur Veranstaltung muss demnach nicht unbedingt eindeutig sein. Er kann jedoch die Kommunikation vereinfachen und das Verstehen der Frage für Lehrende erleichtern.

Das Merkmal *nicht vorhanden* liegt bei Roberts und Stefans Fragen vor. In beiden Fällen wird kein expliziter Bezug zu den Vorlesungsmaterialien oder Veranstaltungsinhalten hergestellt. Die Fragen bleiben mit ihrer Formulierung auf einer allgemeinen Ebene, die keine zusätzlichen Verbindungen zu konkreten Sätzen oder Beispielen aus dem Veranstaltungskontext aufzeigen oder voraussetzen.

5.4 Sprachliche Perspektive

Die bisher aufgeführten Merkmale fokussieren die *Inhaltsebene der Frage* sowie den *Lehr-Lern-Kontext*. Im Analyseraster findet jedoch auch die *sprachliche Perspektive* Berücksichtigung. Die Hochschulmathematik zeichnet sich durch den Gebrauch von Fachsprache sowie einen hohen Formalisierungsgrad aus (Blömeke 2016; Rach, 2014). In der Studie von Neumann et al. (2017) zählen zu den Lernvoraussetzungen für eine erfolgreiche Bewältigung des Mathematikstudiums im Bereich des mathematischen Kommunizierens unter anderem die Punkte „schriftliche mathematische Formulierungen (mit Fachsprache und Fachsymbolik) sprachlich verstehen“ (S. 26) sowie „Mathematik in präziser mathematischer Notation unter Einsatz der Fachsprache und Fachsymbolik schriftlich darstellen“ (ebd.).

Im Studienverlauf werden die Studierenden tiefer in die Wissenschaftssprache Mathematik eingeführt. Als Novizinnen und Novizen befinden sich die Studierenden in einem Lernprozess, der sich durch die Auseinandersetzung mit den Inhalten auch in den Dimensionen des *Gebrauchs von Fachsprache* sowie in der *mathematischen Korrektheit der verwendeten Begriffe und Symbole* zeigt. Die Dimension *Format der Frage* bezieht sich auf die Perspektive des Adressaten. In dieser Dimension werden die möglichen Reaktionen der Adressatinnen und Adressaten betrachtet, welche durch die Frage vorgegeben bzw. eingegrenzt werden.

Vorhanden	Nicht vorhanden
Die Frage bezieht sich explizit auf einen Ausschnitt der Vorlesung bzw. der Übung oder auf Aspekte des zur Verfügung gestellten Lernmaterials.	Die Frage enthält keinen expliziten Verweis auf das zur Verfügung gestellte Lernmaterial oder auf eine zugehörige Veranstaltung.

Tab. 4: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Anbindung an die Veranstaltung*

5.4.1 Gebrauch von Fachsprache

Das Analyseraster unterscheidet mit Bezug auf den Gebrauch von Fachsprache einerseits *fachsprachliche* Fragen und andererseits *umgangssprachliche* Fragen (siehe Tab. 5). Diese Merkmale basieren auf der Beobachtung des unterschiedlichen Sprachgebrauchs zwischen Novizinnen und Novizen sowie Expertinnen und Experten. Die Aneignung einer fachsprachlichen Ausdrucksweise stellt einen Prozess dar. Die Äußerungen der Lernenden bieten Ansatzpunkte zur Analyse des fachsprachlichen Lernstandes und tragen insofern ebenfalls zur Beschreibung einer Frage bei.

Die oben bereits mehrfach aufgeführten Fragen von Niklas, Robert und Stefan sind alle *fachsprachlich* formalisiert. Eine Frage mit *umgangssprachlicher* Formulierung hat Peter gestellt: „Warum kann man bei der Partialbruchzerlegung zwischen \mathbb{R} und \mathbb{C} springen?“ (Peter11a). Der Begriff „springen“ stellt in diesem Fall keinen fachsprachlichen Ausdruck dar. Die ungenaue Ausdrucksweise führte in der Analyse zu Schwierigkeiten, da sie eine eindeutige Interpretation der Frage erschwert. Möglicherweise zielt die Frage darauf ab, warum bei der Durchführung des Verfahrens über dem Körper der komplexen Zahlen auch reelle Nullstellen auftreten können. Vielleicht liegt Peters Verständnisproblem auch an fehlendem Wissen über die Beziehung zwischen \mathbb{R} und \mathbb{C} .

5.4.2 Mathematische Korrektheit der verwendeten Begriffe und Symbole

Da der Gebrauch von Fachsprache eine Kompetenz darstellt, die erst erworben werden muss, kann es mitunter zu einer fälschlichen Verwendung von Begriffen und Symbolen kommen. Die Dimension *mathematische Korrektheit der verwendeten Begriffe und Symbole* analysiert die Fragen der Studierenden dahingehend. Neben einer fachsprachlichen Einstufung wird auch eine inhaltliche Überprüfung der verwendeten Begriffe und Symbole vorgenommen. Die Merkmale dieser Dimension lauten dementsprechend

richtig, falsch und *keine/begrenzte Verwendung mathematischer Begriffe oder Symbole* (siehe Tab. 6).

Die aufgeführten Beispiele von Niklas, Robert und Stefan sind inhaltlich dem Merkmal *richtig* zuzuordnen. In keinem der drei Beispiele werden Begriffe im mathematischen Sinn falsch verwendet.

Es gibt jedoch auch Einträge, die sich weder als richtig noch als falsch klassifizieren lassen, da *keine oder nur eine begrenzte Verwendung mathematischer Begriffe oder Symbole* auftritt. Ein Beispiel liefert Roberts Frage: „Wofür ist die Landau-Notation gut?“ (Robert15e). In seiner Frage wird keine Beziehung zwischen mathematischen Begriffen oder Symbolen hergestellt. Der Begriff der Landau-Notation wird lediglich benannt. Eine Aussage über den mathematischen Wahrheitswert kann nicht getroffen werden.

Ein Beispiel für eine Frage, die mathematisch *falsch* formuliert ist, findet sich in Hakimas Eintrag zur 20. Vorlesungsaufzeichnung: „Warum stimmt die Aussage, dass das Intervall von a, b mindestens eine Nullstelle hat, für $f(a)0$?“ (Hakima20a). Diese Frage ist an mehreren Stellen fachsprachlich und inhaltlich falsch. Zunächst ist festzuhalten, dass Hakima verbale und symbolische Ausdrücke vermischt, indem sie den Begriff „Intervall“ ausformuliert, jedoch die Grenzen des Intervalls nicht durch die übliche Präposition „bis“, sondern durch ein Komma markiert. Sie gibt ferner an, dass das Intervall eine Nullstelle habe. Fälschlicherweise schreibt sie die Eigenschaft, den Wert Null anzunehmen, also dem Intervall und nicht der Funktion f zu. An dieser Stelle werden die Beziehungen der Begriffe untereinander falsch abgebildet. Die sprachliche Ungenauigkeit geht vermutlich mit einer unklaren oder fehlenden Vorstellung einher. Ob der letzte Ausdruck „ $f(a)0$ “ als Fehlvorstellung oder lediglich als Eingabefehler interpretiert werden muss, bleibt unklar. Auffällig ist, dass sie an dieser Stelle explizit die Funktion f benennt und (wahrscheinlich) deren Nullstelle aufgreift, nachdem sie den Begriff der Nullstelle vorher bereits im Zusammenhang mit dem Intervall verwendet hat.

Fachsprachlich	Umgangssprachlich
Es werden überwiegend mathematische Symbole und/oder mathematische Begriffe genutzt, die über eine bloße Aufzählung bzw. Nennung dieses Wortes hinausgehen.	Die Frage bezieht sich auf mathematische Inhalte und ist umgangssprachlich formuliert oder verwendet anstelle von mathematischen Begriffen sprachliche Umschreibungen.

Tab. 5: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Gebrauch von Fachsprache*

Richtig	Falsch	Keine/begrenzte Verwendung mathematischer Begriffe oder Symbole
Die benutzten Begriffe und Symbole wurden im mathematischen Sinne richtig verwendet.	Die benutzten Begriffe und Symbole wurden im mathematischen Sinne falsch verwendet oder im konkreten Kontext falsch in Beziehung gesetzt.	Es wurden entweder keine mathematischen Begriffe bzw. Symbole verwendet oder diese wurden nicht miteinander in Beziehung gesetzt, weshalb eine Beurteilung der Korrektheit nicht möglich ist.

Tab. 6: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Korrektheit der verwendeten mathematischen Begriffe und Symbole*

5.4.3 Format der Frage

Die Antwort, mit der jemand auf eine Frage reagiert, kann je nach Frage unterschiedlich ausfallen. Laut Flammer (1981) ist der Horizont der Antwortmöglichkeiten bis zu einem gewissen Grad bereits durch die Frage vorgegeben (vgl. Kap. 2.1). Allgemeinere Fragen schränken demnach die Antwortmöglichkeiten weniger ein als speziellere Fragen. An einem Ende der Skala stehen offene Fragen, die einen breiten Antworthorizont zulassen. Am anderen Ende stehen geschlossene Fragen, die die Antwort stark einschränken. Diese unterschiedlichen Formate der Frage spiegeln die Merkmale *offene Frage* und *geschlossene Frage* (siehe Tab. 7) wider.

Die Merkmale *offene Frage* und *geschlossene Frage* sind dem Kategoriensystem von Graesser et al. (1992) entlehnt, die jedoch die Begrifflichkeiten „long answer“ und „short answer“ verwenden (siehe Kap. 2.2). Die Nutzung des Fragewortes „Warum“ deutet in Niklas' Frage nach der Notwendigkeit der Stetigkeit von f auf eine *offene Frage*. Die Frage impliziert bereits eine ausführliche Antwort in Form einer Erklärung. Klassische *geschlossene Fragen* sind Ja/Nein Fragen oder quantifizierende Fragen („Wie viele?“). Stefans Frage, bei der es um die Vergewisserung geht, ob die Imaginärachse die y -Achse sei,

stellt eine solche Ja/Nein Frage dar. Diese Frage ist derart spezifisch, dass sie mit einem einfachen „Ja“ beantwortet werden kann. Eine Entscheidungsfrage ist Roberts Frage, ob Positiv- und Negativteil Abbildungen seien. Durch die Frage werden also bereits alle Antwortmöglichkeiten auf ein Minimum beschränkt. Da sich in Roberts Frage sowohl der Versuch eines Transfers als auch Fehlkonzepte äußern, provoziert diese Frage aus didaktischer Sicht vermutlich eine längere Antwort, wenngleich aus sprachlicher Perspektive eine geschlossene Frage vorliegt.

5.5 Anwendung des Analyserasters

Die bisherigen Ausführungen haben bereits illustriert, wie vielfältig die Einträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Projekts „Analysis 2. Start“ sind und wie sich diese Vielfalt im Analyseraster widerspiegelt. Die Einordnung für Roberts Beispiel ist noch einmal zusammengefasst in Abbildung 4 dargestellt.

Offene Frage	Geschlossene Frage
Die Frage zielt auf eine längere (ausführlichere) Antwort z. B. im Sinne eines Beispiels oder einer Erklärung ab.	Die Frage zielt auf eine kürzere Antwort z. B. im Sinne von Ja/Nein ab.

Tab. 7: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Format der Frage*

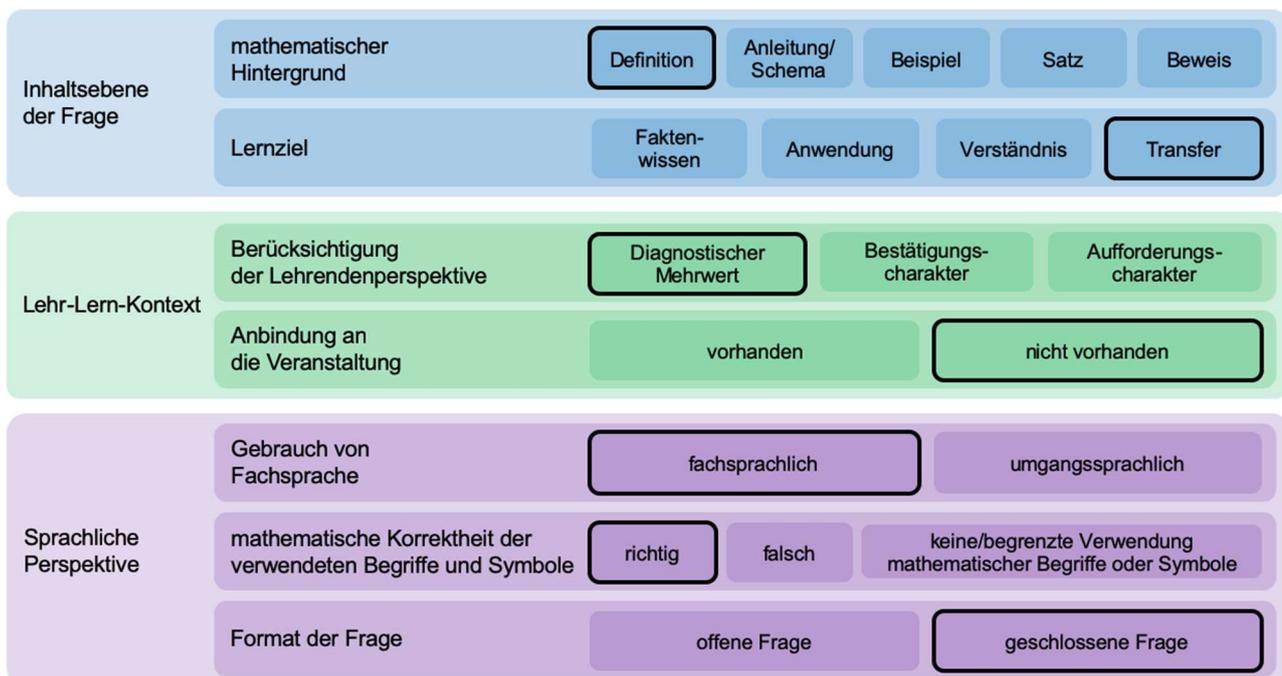


Abb. 4: Einordnung der Frage Robert18g anhand des Analyserasters

Roberts Frage „Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g) bezieht sich auf der Inhaltsebene auf den mathematischen Hintergrund einer Definition. Sie deckt das Lernziel *Transfer* ab, indem sie Verknüpfungen über den Vorlesungsinhalt hinaus hinterfragt. Aus der Lehrendenperspektive lässt sich anhand dieser Frage ein *diagnostischer Mehrwert* erkennen, welcher im Rahmen des *Lehr-Lern-Kontexts* aufgegriffen und vertieft werden kann. Gleichwohl schließt die Frage nicht unmittelbar an die Lehrveranstaltung oder die damit verbundenen Materialien an. Aus der *sprachlichen Perspektive* lässt sich eine korrekte Anwendung der Fachsprache sowie des mathematischen Formalismus feststellen. Die geschlossene Form der Frage ermöglicht eine kurze Beantwortung.

Bei der Kodierung wurde jedem Eintrag möglichst ein Merkmal aus jeder Dimension zugeordnet. Dies trifft beispielsweise auf die drei ausführlich dargestellten Beispiele von Niklas, Robert und Stefan zu. Es kann jedoch der Fall auftreten, dass in einzelnen Dimensionen keine Zuordnung möglich ist. Ein Beispiel dafür stellt Carlas Eintrag dar: „Woran erkennt man das?“ (Carla 12b). Aus dem Kontext des vorhergehenden Eintrags wird erkenntlich, dass Carla sich auf eine interaktive Frage in dem Vorlesungsvideo bezieht. Die Frage lautete, welche der drei angegebenen Folgenpaare a_n und c_n genutzt werden können, um mithilfe des Sandwich-Kriteriums die Konvergenz der vorgegebenen Folge b_n nachzuweisen. Carlas Frage „Woran erkennt man das?“ (Carla 12b) bietet weder einen größeren *diagnostischen Mehrwert* noch handelt es sich um eine Frage mit *Bestätigungscharakter*. Da der Frage auch kein *Aufforderungscharakter* im engeren Sinn innewohnt, lässt sich diese Frage in der Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive* keinem Merkmal zuordnen.

Prinzipiell kann auf eine Frage also innerhalb der einzelnen Dimensionen ein oder kein Merkmal zutreffen. Eine Ausnahme stellt nur die Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive* dar, denn in dieser Dimension sind auch mehrere Zuordnungen möglich. Ein Beispiel für eine mehrfache Zuordnung innerhalb einer Dimension stellt Annas Frage dar: „Frage zum Video: Wieso wird die Summe als binäre Operation erst für die ganzen Zahlen aufgeschrieben und nicht schon für die natürlichen Zahlen (die zuvor definiert worden sind)? Auf der Menge der natürlichen Zahlen lässt sich die binäre Operation der Summe doch auch formulieren; $N \times N (m, n) \rightarrow N (m + n)$ “ (Anna5c). Mit ihrer Frage hinterfragt sie den inhaltlichen Aufbau der Vorlesung und zeigt somit ein tieferes Verständnis der Inhalte. Ihre Frage wird daher in der Kategorie *Lehr-Lern-Kontext* und der

Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive* dem Merkmal *diagnostischer Mehrwert* zugeordnet. Gleichzeitig bietet Anna in ihrer Frage bereits eine Begründung für ihre Annahme, dass die binäre Operation bereits zu einem früheren Zeitpunkt hätte eingeführt werden können. Somit erfüllt ihre Frage zusätzlich das Merkmal *Bestätigungscharakter*.

Nachdem in diesem Kapitel die Beschreibung des Analyserasters im Vordergrund stand und ausführlich auf die Kategorien, Dimensionen und Merkmale eingegangen wurde, wird in Kapitel 6 der Fokus auf die Diskussion der Entwicklung des Rasters sowie dessen Anwendungsbereiche gelegt.

6. Diskussion und Ausblick

Im Rahmen der Diskussion werden sowohl das methodische Vorgehen (Kap. 6.1) als auch das Analyseraster selbst (Kap. 6.2) einer kritischen Reflexion unterzogen. Darüber hinaus werden Einsatzmöglichkeiten in konkreten Lehr-Kontexten vorgestellt (Kap. 6.3). Abschließend wird auf Anschlussmöglichkeiten des Rasters im Rahmen von Mathematikveranstaltungen außerhalb der Analysis sowie auf Verknüpfungen mit anderen hochschuldidaktischen Fragestellungen eingegangen (Kap. 6.4).

6.1 Kritische Reflexion der methodischen Vorgehensweise

Die der Analyse zugrundeliegenden Einträge der Studierenden sind im Rahmen einer Unterstützungsmaßnahme erhoben worden. Aufgrund der Methodik der Datenerhebung kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Intention der Fragen falsch aufgefasst wurde, da eine Nachfrage nicht möglich war. Im Sinne der Grounded-Theory-Methodologie und der Methode des ständigen Vergleichens wurden bei strittigen Punkten weitere Einträge des ausgewählten Datensatzes hinzugezogen, sodass in der Diskussion unter den Forschenden letztlich immer ein Konsens erreicht wurde. Nichtsdestotrotz gilt es zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse einer Grounded Theory immer auch abhängig von den Forschenden sind, die die Interpretation vornehmen.

Eine Beschränkung der Untersuchung besteht in der Auswahl der Stichprobe. So wurden nur Einträge von Teilnehmenden einer Unterstützungsmaßnahme berücksichtigt, d. h., dass eine Negativauslese nicht auszuschließen ist. Möglicherweise wären in einem Kontext mit leistungsstärkeren Studierenden mehr und andere Fragen eingereicht worden (vgl. Miyake & Norman, 1979). Eine Ausweitung des theoretischen Samplings, also das gezielte Erheben von weiteren Daten zur Fortführung der Theoriebildung (Glaser & Strauss, 2010; Schmidt et al., 2015) stellt

einen wichtigen nächsten Schritt bei der Weiterentwicklung des Analyserasters für Merkmale von Studierendenfragen dar. Dies kann beispielsweise durch die Auswertung von Studierendenfragen aus anderen (Projekt-)Kontexten realisiert werden. Eine Anwendung des Analyserasters auf Fragen aus anderen Kontexten außerhalb der Unterstützungsmaßnahme „Analysis 2. Start“ könnte dann klären, inwiefern Überarbeitungsbedarf hinsichtlich weiterer Merkmale und Dimensionen für Fragen leistungsstarker Mathematikstudierender besteht.

Die Einbettung der Datenerhebung in ein Just-in-Time-Teaching Konzept führte außerdem dazu, dass viele Fragen als Kommunikationsanlass bzw. Aufforderung aufgefasst werden können (z. B. „Können wir die Topologie von \mathbb{R} und \mathbb{C} noch einmal durchgehen?“ (Robert20h)). Diese Einträge erfüllen daher nicht immer Flammers (1981) Kriterien für Fragen, da die Äußerungen nicht unmittelbar dem Erwerb von Informationen dienen (vgl. z. B. „Ich würde gerne ein paar Beispiele zu Abbildungen/Funktionen bzgl. Injektivität, Surjektivität und Bijektivität besprechen“ (Jakob3a)). Das Phänomen einer Vermischung von Aufforderungen und Fragen in Lehr-Lern-Kontexten ist keineswegs neu. So unterscheiden Graesser et al. (1992) beispielsweise zwischen „interrogative expressions“, also Ausdrücken, die in einem schriftlichen Kontext mit einem Fragezeichen enden würden, und „inquiries“, d. h. Ausdrücken, mit denen seitens der Sprecherin oder des Sprechers nach Informationen gesucht wird. Anzumerken ist, dass es sich auch hier nicht um disjunkte Mengen handelt. Im Laufe unseres Analyseprozesses wurde daher von Flammers (1981) engem Fragebegriff abgewichen, sodass auch Aussagen zugelassen und analysiert wurden. Um solche Einträge zu berücksichtigen, die ohne explizite Frage auskommen, wurde in der Kategorie *Lehr-Lern-Kontext* das Merkmal *Aufforderungscharakter* (Kap. 5.3.1) aufgegriffen.

Dieser pragmatische Umgang mit auffordernden Einträgen stellte ein Kriterium dar, welches die Auswahl der zu analysierenden Einträge unterstützte. Da das Eingabefeld auf der Lernplattform gleichzeitig für Fragen als auch für Erkenntnisse genutzt werden sollte, ist eine zweifelsfreie Zuordnung der einzelnen Einträge als Frage oder als Erkenntnis nicht immer möglich. Die Berücksichtigung des *Aufforderungscharakters* hat die Unterscheidung zwischen Fragen und Erkenntnissen konkretisiert.

Als Stärken der Untersuchung sind die systematische und offene Vorgehensweise sowie die intensive Diskussion der Daten und des Analyserasters im Forschungsteams hervorzuheben. Die ausführliche Darstellung des methodischen Vorgehens in Kapitel 4.3

trägt zur Nachvollziehbarkeit des Verfahrens bei. Zusätzliche Transparenz wird durch das im Anhang angefügte Material hergestellt, denn das Offenlegen der Codieranleitung, der Kategorienbeschreibungen und Ankerbeispiele fördert die interpersonale Überprüfbarkeit.

6.2 Kritische Reflexion des Analyserasters

Das Analyseraster erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann mithilfe von zusätzlichen Fragen aus anderen Erhebungskontexten weiterentwickelt werden. Die Erarbeitung des Analyserasters erfolgte in einem kontinuierlichen Diskurs, der auch eine kritische Auseinandersetzung mit den einzelnen Dimensionen und deren Beziehungen untereinander sowie Überlegungen zu Auswirkungen der Fragen für die Praxis beinhaltete. Mithilfe des Analyserasters können Fragen in den vorgestellten Kategorien zugeordnet werden. Nicht immer erfolgt eine solche Zuordnung jedoch so, dass einer Frage in jeder Dimension genau ein Merkmal zugeordnet werden kann (vgl. Kap. 5.5).

Der Rückbezug auf den Theoriestrang der Bloom'schen Taxonomie (1972) im Entwicklungsprozess des Analyserasters stützt die Vermutung, dass Fragen mit einem Fokus auf *Verständnis* oder *Transfer* stärker zum Lernerfolg beitragen als Fragen mit einem Fokus auf *Faktenwissen*. Insofern liegt es nahe, einer lernförderlichen Frage tendenziell eher die Merkmale *Verständnis* oder *Transfer* zuzuschreiben. Dies sind Punkte, an denen zukünftige Studien ansetzen können. Bei der Bewertung einer Frage hinsichtlich ihres Beitrags zum Lernerfolg sollte jedoch berücksichtigt werden, dass bereits das Stellen einer Frage ein gewisses, grundlegendes Wissen über das Thema voraussetzt (vgl. Flammer, 1981). Fragen mit dem Lernziel *Faktenwissen* könnten ebenfalls bedeutsam für den Lernprozess sein, wenn sie als erste Annäherung an einen fachlichen Inhalt dienen und den Weg für weitere Fragen zu höheren Lernzielen ebnen. In manchen Fällen kann die Frage nach einer *Definition* oder einem *Beispiel* durchaus von Bedeutung für den individuellen Lernprozess sein. Solchen Fragen sollte demnach nicht mit Geringschätzung begegnet werden. Sie sollten vielmehr als Grundlage für einen Zugang zum Fachinhalt genutzt werden, sodass Lernende darauf aufbauend tiefergehende Fragen formulieren können (vgl. Kap. 2). Da das Stellen einer Frage bereits eine Wissensgrundlage voraussetzt (vgl. Flammer, 1981), lässt sich vermuten, dass klare und präzise Fragen mit mehr Verständnis und Vorwissen einhergehen als allgemeinere Fragen.

Mit der Kategorie *Lehr-Lern-Kontext* wird die Frage vor dem Hintergrund der konkreten Lehr-Lern-Situ-

ation betrachtet. Dieser Kontext bildet einen Teil dessen, was Flammer (1981) als Wissensgrundlage bezeichnet, die für das Stellen einer Frage gegeben sein muss. In der Dimension *Anbindung an die Veranstaltung* findet sich der Kontext, d. h. die Lehrveranstaltung mitsamt zugehörigem Material, wieder. Auf der Grundlage der erhobenen Daten vermuten wir, dass eine *Anbindung an die Veranstaltung* kein hinreichendes Kriterium darstellt, um eine Frage als lernförderlich zu kennzeichnen. Dies müsste jedoch noch näher untersucht werden. Ein Bezug zum Lehrmaterial kann einen Hinweis auf die Auseinandersetzung seitens der Lernenden mit den Inhalten geben. Dieses Wissen kann von den Lehrenden zur Konzeption und Vorbereitung folgender Lehrveranstaltungen genutzt werden. In vielen Fällen ermöglicht eine genaue Angabe ein besseres Verständnis, sodass die Frage seitens der Lehrenden schnell nachvollzogen werden kann. Bei einem Teil der vorliegenden Daten führte die Angabe jedoch lediglich dazu, dass die Frage nicht ohne Weiteres beantwortet werden konnte, da zur Kenntnisnahme der konkreten Stelle ein Nachschlagen notwendig war (vgl. z. B. Robert20b: „Warum gilt der Widerspruch in 18 min“). In wenigen Fällen war selbst mit aufgeschlagenem Skript die Zuordnung nicht möglich, sodass die Frage nicht beantwortet werden konnte. Bei dem Eintrag Robert20b konnte anhand der Zeitangabe zwar der Bezug zu einem Beweis der Vorlesung hergestellt werden, in dem die Äquivalenz der Folgenstetigkeit sowie der Stetigkeit nach dem Epsilon-Delta-Kriterium behandelt wurde. Es blieb jedoch unklar, ob sich die Frage auf einen einzelnen Beweisschritt, den gesamten Beweis oder allgemein auf das Prinzip von Widerspruchsbeweisen bezog.

Zuletzt ist festzuhalten, dass einige Dimensionen und Merkmale für Außenstehende ohne Zugang zum Vorlesungsskript oder zum weiteren Lernmaterial nur schwierig zu beurteilen sind. Insbesondere eine Einordnung des Merkmals *Transfer* erfordert eine genaue Kenntnis der Veranstaltungsinhalte.

Es liegt nahe, anzunehmen, dass Fragen der Studierenden die Lehrpraxis in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Pauschale Aussagen über didaktisch erwünschte Ausprägungen für einzelne Dimensionen lassen sich nicht treffen. Wie bereits am Beispiel der Dimension *Anbindung an die Veranstaltung* angedeutet wurde, lässt sich auch für die Dimension *Format der Frage* aus unserer Sicht keine Tendenz für eine idealtypische Ausprägung einer Frage festhalten. Mit Blick auf die Praxis bedeutet die Einordnung einer Frage als *geschlossen* nicht, dass diese nur mit Ja oder Nein beantwortet wird. Vermutlich würden nur wenige Lehrende auf Torbens Frage zur Landau-Notation „Bedeutet die Notation zusammengefasst nur, dass (an) langsamer wächst als $o(an)$, bzw. (an)

schneller wächst als $O(an)$ “ (Torben15a) mit einem schlichten „Nein“ antworten, ohne eine weitere Erklärung anzuschließen.

Inwiefern sich je nach Kontext und weiteren Merkmalen Zusammenhänge zwischen Kategorien und Dimensionen erkennen lassen, muss zukünftig weiter erforscht werden. Denkbar ist, dass gewisse Konstellationen positiver mit dem Lernen verknüpft sind als andere.

6.3 Einsatzpotenzial in Lehr-Kontexten

Insgesamt stellt das Analyseraster einen systematischen Ansatz dar, mathematische Fragen von Studierenden zu beschreiben und zu klassifizieren. Durch eine strukturierte Betrachtung mathematikbezogener Fragen mithilfe des Analyserasters kann langfristig ein tieferes Verständnis über die Fragen von Studierenden gewonnen werden. Solches Wissen kann beispielsweise dazu beitragen, Fragenstellen explizit als Lernstrategie mit Studierenden zu thematisieren (vgl. z. B. Marbach-Ad & Sokolove, 2000b), um sie in ihrer Fragekompetenz zu schulen. Dies ist insofern bedeutsam, da nicht zuletzt Shodell (1995) der Meinung ist: „The best thinking comes from the best asking.“ (S. 278). Zur Förderung der Fragekompetenz von Lernenden machen Stokhof, De Vries, Martens und Bastiaens (2017) drei Kernbereiche aus:

- (1) to promote students' interest in curriculum topics and prompt students to experience a feeling of perplexity about these topics, (2) to support students in articulating investigable questions and to guide student questioning so as to address the width and depth of the curriculum, and (3) to support a collective enquiry that contributes to effective student questioning. (Stokhof et al., 2017, S. 128)

Das Analyseraster setzt am zweiten Punkt an, indem es zunächst eine Beschreibung der Fragen ermöglicht und diese Fragen im Kontext des Curriculums der Lehrveranstaltung verortet. Offen ist, inwiefern die „Qualität“ von Fragen bzw. die Fragekompetenz der Studierenden durch methodisches Training gesteigert werden kann und inwiefern eine Verbesserung der Fragekompetenz zu einer aktiveren Konstruktion von Wissen und vertieftem Verständnis führen. Erste Untersuchungen wie die von Marbach-Ad und Sokolove (2000b) zeigen bereits, dass Veränderungen des Frageverhaltens durch Schulung der Lernenden im Rahmen von Lehrveranstaltungen möglich sind.

Mithilfe des Analyserasters können Fragen über einen längeren Zeitraum beobachtet und eingeordnet werden. Dies kann die Beschreibung individueller Entwicklungsverläufe ermöglichen, anhand derer Lernprozesse nachvollzogen werden können. Langfristig sollen so empirische Zusammenhänge zwischen Merkmalen von Fragen und dem Lernerfolg

untersucht werden. Um solche Fragen nach Korrelationen beantworten zu können, ist weitere quantitative Forschung beispielsweise zur Verteilung studentischer Fragen auf einzelne Merkmale des Analyserasters erforderlich, wie es etwa d'Alessio (2011) für Grundschullehrerstudierende ausgewertet hat (vgl. Kap. 1).

6.4 Weitere Anknüpfungspunkte

Wie im vorherigen Kapitel bereits angedeutet wurde, kann der Einsatz des Analyserasters in Lehrveranstaltungen insbesondere im Bereich der Elaborations- und Selbsterklärungsstrategien Anschluss finden. Das Analyseraster beschränkt sich zwar bisher auf ein Fachgebiet, eine Anwendung ist theoretisch aber auch außerhalb einer Analysis I-Veranstaltung möglich. Eine entsprechende Anpassung der einzelnen Merkmale des Rasters wird voraussichtlich je nach Kategorie und Anwendungskontext unterschiedlich ausfallen. Mehrheitlich sollte eine Übertragung auch auf unterschiedliche mathematische Lehrveranstaltungen ohne größere Anpassungen oder Ergänzungen möglich sein, da die Kategorien, Dimensionen und Merkmale bewusst offengehalten wurden.

Offen ist, mit welchen Eigenschaften eine hohe Kompetenz im Fragenstellen einhergeht. Aus der eingangs erwähnten Delphi-Studie von Neumann et al. (2017) geht hervor, dass aus Sicht von Lehrenden Fragenstellen zu können eine Voraussetzung für das Mathematikstudium darstellt. Demnach müsste diese Kompetenz auch einen Einfluss auf den Lern- und Studienerfolg der Studierenden haben. Aus dieser Annahme leitet sich die Frage ab, ob sich die Ausprägung der Fragekompetenz von Studierenden auch im Lern- und Studienerfolg widerspiegelt. Weitere Fragen, die sich stellen, thematisieren Zusammenhänge zwischen der Fragekompetenz und anderen Konstrukten, wie Reflexionsfähigkeit, Selbstkonzept oder mathematische Kreativität. Können Studierende mit einer höheren Fragekompetenz ihren Lernstand besser einschätzen und ihr Lernen besser überwachen, beispielsweise weil sie die eigenen Verständnislücken besser aufdecken können? Beeinflusst ein niedriges Selbstkonzept das Stellen von schwierigen und komplexen Fragen? Trauen sich auch Studierende mit einem niedrigen Selbstkonzept, kritische Fragen zu stellen? Äußert sich mathematische Kreativität von Studierenden im Frageverhalten? Decken beispielsweise die Fragen von besonders kreativen Studierenden breitere Bereiche ab? Bisher ist wenig über die Rolle des Fragenstellens für Mathematikler an der Hochschule bekannt, obwohl es allgemein von Studierenden und Lehrenden als wichtig erachtet wird (vgl. Kap. 1). Weitere Untersuchungen können helfen, diese Lücken zu schließen.

7. Fazit

Zur Beschreibung einer mathematikbezogenen Frage können die drei Kategorien *Inhaltsebene der Frage*, *Lehr-Lern-Kontext* und *sprachliche Perspektive* herangezogen werden. Anhand dieser Kategorien ermöglicht das Analyseraster eine systematische Einordnung von Studierendenfragen in weitere relevante Dimensionen und Merkmale. Die Stärke des Rasters liegt im expliziten Bezug zur Mathematik. Diese Besonderheit bietet außerdem Potenzial für zukünftige Forschung zur Weiterentwicklung und zur Anwendung des Rasters.

Danksagung

Wir danken für die konstruktiven Hinweise der gutachtenden Personen und des Herausgebers.

Zusatzmaterial

Eine Übersicht des Analyserasters inklusive Kategorienbeschreibung und Ankerbeispielen wird im Anhang bereitgestellt.

Literatur

- Bloom, S. B. (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Blömeke, S. (2016). Der Übergang von der Schule in die Hochschule: Empirische Erkenntnisse zu mathematikbezogenen Studiengängen. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H.-G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase. Herausforderungen und Lösungsansätze* (S. 3–13). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699.
- Corbin, J. & Strauss, A. L. (2008). *Basics of qualitative research. Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. Los Angeles: Sage.
- d'Alessio, M. (2014). What kinds of questions do future elementary teachers ask in a university science course? Results from an online question-ranking tool. *Electronic Journal of Science Education*, 18(5), 1–21.
- Dillon, J. T. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 197–210.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical Thinking Processes. In D. Tall (Hrsg.), *Advanced Mathematical Thinking* (S. 25–41). Dordrecht: Kluwer.
- Fauth, B. & Leuders, T. (2018). Kognitive Aktivierung im Unterricht. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.
- Flammer, A. (1981). Towards a Theory of Question Asking. *Psychology Research*, 43, 407–420.
- Friedrich, H. & Mandl, H. F. (2005). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 3–23). Göttingen: Hogrefe.

- Geisler, S., Glasmachers, E., Rolka, K. & Eichelsbacher, P. (2018). Das Projekt "2. Start" – Eine Unterstützungsmaßnahme für Studienanfänger/innen in Mathematik. In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 591–594). Münster: WTM.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (2010). *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung* (3. Auflage). Bern: Huber.
- Göller, R. (2020). *Selbstreguliertes Lernen im Mathematikstudium*. (Dissertation) Leuphana Universität Lüneburg.
- Graesser, A. C. & Olde, B. A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95, 524–536.
- Graesser, A. C. & Person, N. K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31(1), 104–137.
- Graesser, A. C., Person, N. K. & Huber, J. (1992). Mechanisms that generate questions. In T. W. Lauer, E. Peacock & A. C. Graesser (Hrsg.), *Questions and information systems* (S. 167–187). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Häder, M. (2014). *Dephi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch*. Wiesbaden: Springer.
- Harper, A., Etkina, E. & Lin, Y. (2003). Encouraging and Analyzing Student Questions in a Large Physics Course: Meaningful Patterns for Instructors. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 776–791.
- Levin, A. (2005). *Lernen durch Fragen*. Münster: Waxmann.
- Leuders, T. & Holzäpfel, L. (2011). Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 39, 213–230.
- Marbach-Ad, G. & Sokolove, P. G. (2000a). Can Undergraduate Biology Students Learn to Ask Higher Level Questions? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 854–870.
- Marbach-Ad, G. & Sokolove, P. G. (2000b). Good Science Begins with Good Questions: Answering the Need for High-Level Questions in Science. *Journal of College Science Teaching*, 30(3), 192–195.
- Mey, G. & Mruck, K. (2010). Grounded-Theory-Methodologie. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 614–626). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Miyake, N. & Norman, D. A. (1979). To ask a question one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 357–364.
- Modler, F. & Kreh, M. (2018). *Tutorium Analysis I und Lineare Algebra I. Mathematik von Studenten für Studenten erklärt und kommentiert*. Berlin: Springer Spektrum.
- Müller, K. F. (2018) Theoretisches Kodieren von Interviewmaterial Medienaneignung mit der Grounded Theory induktiv analysieren. In C. Pentzold, A. Bischof & N. Heise (Hrsg.), *Praxis Grounded Theory. Theoriegenerierendes empirisches Forschen in medienbezogenen Lebenswelten. Ein Lehr- und Arbeitsbuch* (S. 149–169). Wiesbaden: Springer.
- Neber, H. (2005). Fragenstellen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 50–58). Göttingen: Hogrefe.
- Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. (2017). *Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium?* Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.
- Novak, G. & Patterson, E. (2010). An Introduction to Just-in-Time Teaching (JiTT). In S. Simkins & M. H. Maier (Hrsg.), *Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy. New Pedagogies and Practices for Teaching in Higher Education* (S. 3–23). Virginia: Stirling.
- Rach, S. (2014). *Individuelle Lernprozesse im Mathematikstudium. Charakteristika mathematischer Lehr-Lern-Prozesse in der Studieneingangsphase und individuelle Bedingungsfaktoren für erfolgreiche Lernprozesse im ersten Semester*. (Dissertation) Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Schmidt, J., Dunger, C. & Schulz, C. (2015). Was ist „Grounded Theory“?. In M. W. Schnell, C. Schulz, A. Heller & C. Dunger (Hrsg.), *Palliative Care und Hospiz. Eine Grounded Theory* (S. 35–59). Wiesbaden: Springer.
- Schulz von Thun, F. (1996). *Miteinander reden*. Reinbek: Rowohlt.
- Shodell, M. (1995). The Question-Driven Classroom: Student Questions as Course Curriculum in Biology. *The American Biology Teacher*, 57(5), 278–281.
- Stokhof, H. J., De Vries, B., Martens, R. L. & Bastiaens, T. J. (2017). How to guide effective student questioning: a review of teacher guidance in primary education. *Education Review*, 5(2), 123–165.
- Strauss, A. L. & Corbin, J. (1996). *Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.

Anschrift der Verfasser

Lea Brohsonn
Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Mathematik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
lea.brohsonn@rub.de

Jennifer Bertram
Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Mathematik
Thea-Leymann-Straße 9
45127 Essen
jennifer.bertram@uni-due.de

Sebastian Geisler
Stiftung Universität Hildesheim
Institut für Mathematik und angewandte Informatik
Samelsonplatz 1
31141 Hildesheim
geisler@imai.uni-hildesheim.de

Katrin Rolka
Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Mathematik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
katrin.rolka@rub.de

Anhang

Kategorie Inhaltsebene der Frage



Abb. 5: Übersicht der Kategorie *Inhaltsebene der Frage*

Dimension *Mathematischer Hintergrund*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Definition	Die Frage bezieht sich auf eine konkrete Definition bzw. das Verständnis eines mathematischen Begriffs oder auf Unterschiede/Gemeinsamkeiten zweier Begriffe.	„Was genau bezeichnet eine Familie?“ (Torben17b)
Anleitung/Schema	Die Frage zielt auf die Erläuterung eines Schemas oder eines Algorithmus. Dazu zählen sowohl Fragen, wie etwas angewendet wird, als auch Fragen zu Formalia oder zum konkreten Rechnen im Sinne eines Kalküls.	„Gibt es eine Strategie bzw. einen allgemeinen Ansatz / Lösungsschema, wie Aufgaben zur Mengenlehre gelöst werden können (Ähnlich wie bei vollständiger Induktion (IA, IV, IS))?“ (Jakob2b)
Beispiel	Die Frage bezieht sich explizit auf ein Beispiel (aus Vorlesung oder Übung). Das Merkmal umfasst auch Fragen, in denen nach einem weiteren Beispiel zu einem bestimmten Thema gefragt wird.	„Ich würde gerne ein paar Beispiele zu Abbildungen/Funktionen bzgl. Injektivität, Surjektivität und Bijektivität besprechen“ (Jakob3a)
Satz	Die Frage bezieht sich inhaltlich auf einen mathematischen Satz, ein Lemma oder Ähnliches.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Beweis	Die Frage bezieht sich auf einen Beweis oder eine Beweistechnik. Dabei kann sich die Frage sowohl auf die Logik eines Beweises insgesamt, einzelne Schritte oder auch die Voraussetzungen beziehen.	„Könnten wir nochmal kurz die Beweisschritte des Fundamentalsatzes der Algebra durchgehen?“ (Niklas28)

Tab. 8: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Mathematischer Hintergrund*

Dimension *Lernziel*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Faktenwissen	Die Frage bezieht sich auf reines Faktenwissen (deklaratives Wissen).	„Fragen zu der graphischen Darstellung von komplexen Zahlen: Die Imaginärachse ist die y-Achse, oder?“ (Stefan9a)
Anwendung	Die Frage weist einen Anwendungsbezug auf, indem sie etwa darauf zielt, eine Anwendung zu hinterfragen oder nach einer solchen zu fragen. Derartige Fragen zielen hauptsächlich auf prozedurales Wissen ab.	„Wofür ist die Landau-Notation gut?“ (Robert15e)
Verständnis	Die Frage ist Ausdruck eines mangelnden Verständnisses/einer Unsicherheit und zielt auf ein „besseres“ Verstehen. Die Frage bezieht sich auf eine Begründung für Sachverhalte oder Zusammenhänge. Die Frage geht über reines Faktenwissen hinaus und zielt hauptsächlich auf konzeptuelles Wissen ab.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Transfer	Die Frage bezieht sich auf Inhalte oder Erkenntnisse, die über den in der Vorlesung vermittelten Inhalt hinausgehen. Fragen dieser Kategorie lassen erkennen, dass der Student/die Studentin über den Vorlesungsinhalt hinweg selbstständig weitergedacht hat.	„Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g)

Tab. 9: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Lernziel*

Kategorie Lehr-Lern-Kontexte



Abb. 6: Übersicht der Kategorie *Lehr-Lern-Kontexte*

Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Diagnostischer Mehrwert	Lehrende können anhand der Frage entweder diagnostizieren, wo die Studierenden bereits ein tiefgehendes Verständnis aufgebaut haben oder wo noch Fehlvorstellungen bzw. Verständnisschwierigkeiten der Studierenden vorliegen. Dabei sollte erkennbar werden, worin die Fehlvorstellungen/ Verständnisschwierigkeiten genau liegen.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Bestätigungscharakter	Zusätzlich zur Frage wird bereits eine Antwort angeboten. Die Frage zielt auf eine Verifizierung der eigenen Erkenntnis oder auf eine Widerlegung der eigenen Vermutung.	„Fragen zu der graphischen Darstellung von komplexen Zahlen: Die Imaginärachse ist die y -Achse, oder?“ (Stefan9a)
Aufforderungscharakter	Die Frage drückt den Wunsch nach dem Aufgreifen eines Inhalts in der Übung aus. Es wird explizit eine weitere Erklärung oder Besprechung eingefordert, ohne dass jedoch konkrete Schwierigkeiten genannt werden.	„Können wir den Unterschied zwischen dem Folgenkriterium der Stetigkeit und der „normalen“ Stetigkeit in der Übung hervorheben?“ (Robert20a)

Tab. 10: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Berücksichtigung der Lehrendenperspektive*

Dimension *Anbindung an die Veranstaltung*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Vorhanden	Die Frage bezieht sich explizit auf einen Ausschnitt der Vorlesung bzw. der Übung oder auf Aspekte des zur Verfügung gestellten Lernmaterials.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Nicht vorhanden	Die Frage enthält keinen expliziten Verweis auf das zur Verfügung gestellte Lernmaterial oder auf eine zugehörige Veranstaltung.	„Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g)

Tab. 11: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Anbindung an die Veranstaltung*

Kategorie Sprachliche Perspektive

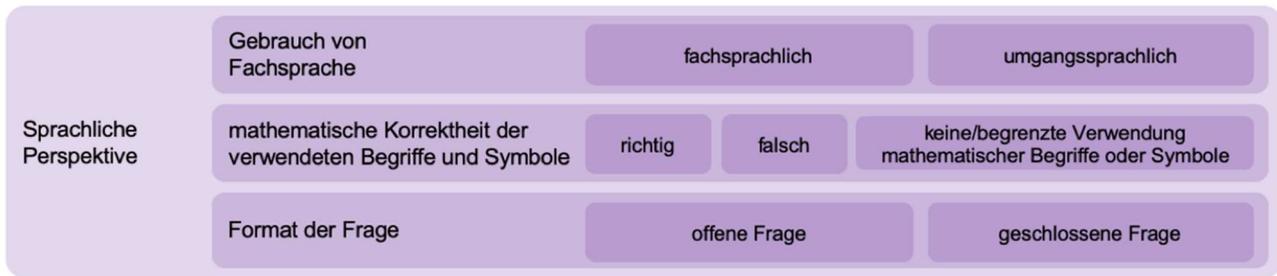


Abb. 7: Übersicht der Kategorie *Sprachliche Perspektive*

Dimension *Gebrauch von Fachsprache*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Fachsprachlich	Es werden überwiegend mathematische Symbole und/oder mathematische Begriffe genutzt, die über eine bloße Aufzählung bzw. Nennung dieses Wortes hinausgehen.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Umgangssprachlich	Die Frage bezieht sich auf mathematische Inhalte und ist umgangssprachlich formuliert oder verwendet anstelle von mathematischen Begriffen sprachliche Umschreibungen.	„Wofür ist die Landau-Notation gut?“ (Robert15e)

Tab. 12: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Gebrauch von Fachsprache*

Dimension *Mathematische Korrektheit der verwendeten Begriffe und Symbole*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Richtig	Die benutzten Begriffe und Symbole wurden im mathematischen Sinne richtig verwendet.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Falsch	Die benutzten Begriffe und Symbole wurden im mathematischen Sinne falsch verwendet oder im konkreten Kontext falsch in Beziehung gesetzt.	„Warum stimmt die Aussage, dass das Intervall von a, b mindestens eine Nullstelle hat, für $f(a)0$?“ (Hakima20a)
Keine/begrenzte Verwendung mathematischer Begriffe oder Symbole	Es wurden entweder keine mathematischen Begriffe bzw. Symbole verwendet oder diese wurden nicht miteinander in Beziehung gesetzt, weshalb eine Beurteilung der Korrektheit nicht möglich ist.	„Frage: Warum ist die Lösung der ersten interaktiven Aufgabe aus Minute 4.33 richtig?“

Tab. 13: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Mathematische Korrektheit der verwendeten Begriffe und Symbole*

Dimension *Format der Frage*

Merkmal	Beschreibung	Ankerbeispiel
Offene Frage	Die Frage zielt auf eine längere (ausführlichere) Antwort z. B. im Sinne eines Beispiels oder einer Erklärung ab.	„Zur 1. Videofrage: Warum muss f stetig sein, damit aus Injektivität Monotonie folgt?“ (Niklas23)
Geschlossene Frage	Die Frage zielt auf eine kürzere Antwort z. B. im Sinne von Ja/Nein ab.	„Sind Positivteil und Negativteil Abbildungen (also sind $\max\{\}$ und $\min\{\}$ einer Menge eine Abbildung?)“ (Robert18g)

Tab. 14: Merkmalsbeschreibungen der Dimension *Format der Frage*