

Können Kinder zu Beginn der ersten Klasse bereits mit statistischen Daten argumentieren? – Empirische Befunde aus einer Interviewstudie im Anfangsunterricht

JENS KRUMMENAUER, LUDWIGSBURG; MARIA EMHART, LUDWIGSBURG & SEBASTIAN KUNTZE,
LUDWIGSBURG

Zusammenfassung: *Inwiefern können Kinder bereits auf der Grundlage statistischer Daten argumentieren, wenn sie in die Schule kommen? In einer Interviewstudie mit Schulanfänger*innen gehen wir dieser Fragestellung nach. Die Ergebnisse zeigen, dass alle interviewten Kinder in der Lage waren, mindestens ein eigenes Argument auf der Basis statistischer Daten zu entwickeln. Die qualitative Analyse der Schülerantworten bietet darüber hinaus Einblicke in mögliche Schwierigkeiten von Kindern beim datenbasierten Argumentieren und liefert damit Implikationen, wie Kinder in der Grundschule hinsichtlich des Argumentierens auf der Basis statistischer Daten gefördert werden können.*

Abstract: *To what extent are children able to develop data-based arguments already at the beginning of their school career? In an interview study with first-graders at the very beginning of their first year in primary school, we investigated to what extent they are able to engage in argumentation based on statistical data. The results show that all participants were able to develop at least one own argument based on given statistical data. The qualitative analysis of the students' responses provides insights into potential difficulties children face when developing data-based arguments and, therefore, leads to implications on how children can be fostered in this regard in the elementary classroom.*

1. Einleitung

Spätestens seit der Einführung der KMK-Bildungsstandards (KMK, 2004) ist der Umgang mit statistischen Daten auch in der Grundschule ein integraler Bestandteil des Mathematikunterrichts. Gleichzeitig ist das Argumentieren als prozessbezogene Kompetenz in den Bildungsstandards inhaltsübergreifend verankert, sodass damit auch die Förderung des Argumentierens auf der Basis statistischer Daten im Fokus der Bildungsstandards für die Grundschule liegt.

Im mathematikdidaktischen Diskurs wird sowohl dem Umgang mit statistischen Daten als auch dem Argumentieren national wie international große Bedeutung beigemessen. Zu beiden Themenfeldern wurden in den letzten Jahren vermehrt empirische Studien durchgeführt und didaktische Vorschläge erarbeitet (z. B. Brunner, 2014; Sill & Kurtzmann,

2019; siehe auch Sommerhoff et al., 2015; Reiss & Ufer, 2009). Auch wenn gerade dem Umgang mit statistischen Daten an einigen Stellen in der Literatur eine besondere Nähe zum Argumentieren zugeschrieben wird (z. B. Sill & Kurtzmann, 2019, S. 14), ist bisher – insbesondere im Hinblick auf die Primarstufe – der Überschneidungsbereich beider Themenfelder, d. h. das *Argumentieren auf der Basis von Daten*, kaum in den Blick genommen worden, sodass an dieser Stelle ein Bedarf sowohl an empirischer Forschung zu Fähigkeiten von Lernenden als auch an daran anknüpfenden evidenzbasierten Konzepten zur Förderung im Unterricht besteht.

In zwei vorausgegangenen Studien (Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b) mit Viertklässler*innen hatte sich gezeigt, dass relevante Anteile der jeweiligen Stichproben bereits Aussagen anhand gegebener statistischer Daten evaluieren und eigene, datenbasierte Argumente entwickeln konnten, ohne dass zuvor eine Intervention in dieser Hinsicht durchgeführt wurde. Unklar ist allerdings, inwiefern dies auch bereits auf jüngere Grundschul Kinder zutrifft und mit welchen Voraussetzungen bei Kindern bereits zu Schuleintritt zu rechnen ist; hierzu liegen bislang keine empirischen Befunde vor. Im Rahmen einer Interviewstudie wurde daher untersucht, inwiefern Kinder, wenn sie in die Schule kommen, bereits auf der Basis statistischer Daten argumentieren können und welche Anforderungen den Kindern dabei möglicherweise Schwierigkeiten bereiten.

Zur Datenerhebung kam ein in weiten Teilen standardisiertes Interviewverfahren zum Einsatz, dessen Kernbestandteil ein speziell für diese Altersgruppe adaptiertes Aufgabenset ist. Die in den Interviews gewonnenen Antworten der Kinder wurden einer zweischrittigen Analyse unterzogen, die Elemente einer Top-down-Codierung mit denen einer Bottom-up-Analyse verbindet. Die Ergebnisse der Studie liefern Evidenz dafür, dass durchaus bereits Schulanfänger*innen in geeigneten Kontexten datenbasiert argumentieren können, woran im Mathematikunterricht der Grundschule angeknüpft werden kann. Die im Rahmen der Analyse identifizierten Antwortkategorien liefern außerdem Anhaltspunkte dafür, worin für die interviewten Kinder Schwierigkeiten bestanden, woraus Implikationen hinsichtlich einer Förderung abgeleitet werden können. Darüber hinaus liegt

ein weiterer Erkenntnisgewinn dieser Studie in der entwickelten Methodik, die eine wichtige Grundlage für die Durchführung von Folgeuntersuchungen darstellt.

Im folgenden Kapitel wird nun zunächst aufgezeigt, welche Anforderungen beim datenbasierten Argumentieren bestehen und wie diese mithilfe kognitions- und entwicklungspsychologischer Ansätze zum wissenschaftlichen Denken bei Kindern beschrieben werden können. Anschließend geben wir einen Überblick über vorliegende empirische Befunde sowie den bestehenden Forschungsbedarf, woraus sich die Forschungsfragen dieser Studie ableiten. In den darauffolgenden Kapiteln werden neben dem Studiendesign und den verwendeten Methoden die Ergebnisse der Studie vorgestellt und hinsichtlich der Forschungsfragen diskutiert. Ausgehend von den Ergebnissen wird darüber hinaus aufgezeigt, welche Implikationen sich hinsichtlich einer Förderung des datenbasierten Argumentierens im Mathematikunterricht der Grundschule ableiten lassen.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Merkmale und Anforderungen des Argumentierens auf der Basis von Daten

Unter dem Begriff des *datenbasierten Argumentierens* verstehen wir eine Art des Argumentierens, bei der konkrete statistische Daten zur Begründung von Aussagen herangezogen werden (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2019b). In Anlehnung an Toulmin (2003) können innerhalb von Argumenten zwei grundlegende Elemente unterschieden werden: Zum einen beinhalten Argumente eine Aussage, deren Gültigkeit infrage steht und die durch das Argument untermauert werden soll; Toulmin bezeichnet dies als *Conclusion* (vgl. Toulmin, 2003, S. 89 ff.). Davon zu unterscheiden ist zum anderen das, was im Sinne einer Argumentationsgrundlage zur Begründung der zur Diskussion stehenden Aussage herangezogen wird, Toulmin (2003) spricht hier von *Datum*. Dabei handelt es sich um eine Basis von – aus Sicht des Argumentierenden – unstrittigen Gegebenheiten (vgl. ebd.). Kennzeichnend für das datenbasierte Argumentieren ist, dass statistische Daten die Funktion dieser Argumentationsgrundlage einnehmen. Bei den zu begründenden Aussagen handelt es sich häufig um Aussagen, die sich auf den Situationskontext der Daten beziehen, für den die Daten als relevant angesehen werden, oder um Entgegnungen auf entsprechende Aussagen anderer (z. B. „Das stimmt nicht...“).

Eine zentrale Anforderung, die beim datenbasierten Argumentieren zu meistern ist, besteht nun darin, eine zu begründende Aussage in einem Argument mit

Daten so zu verknüpfen, dass dadurch die Gültigkeit der Aussage untermauert wird. Es muss also durch eine *konsistente Verknüpfung* der Aussage mit den herangezogenen Daten ausgedrückt werden, warum die zu begründende Aussage aus den angeführten Daten abzuleiten ist; bei gegebenen Aussagen und Argumenten anderer ist ggf. nachzuvollziehen, inwiefern eine solche konsistente Verknüpfung zu den Daten tatsächlich besteht bzw. hergestellt werden kann.

Epistemologisch gesprochen besitzen zu begründende oder zu überprüfende Aussagen den Status einer *Hypothese*; darunter wird eine grundsätzlich als falsifizierbar zu betrachtende Aussage zu einem Sachverhalt verstanden, deren Gültigkeit zunächst offen ist (vgl. Gadenne, 2019). Die Daten hingegen nehmen die Rolle von *Evidenz* ein, die eine Grundlage dafür bilden kann, zu beurteilen, inwiefern eine Hypothese anzunehmen oder abzulehnen ist (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b).

Wie Kinder (und auch Erwachsene) beim Umgang mit Hypothesen und Evidenz vorgehen, kann mithilfe entwicklungs- und kognitionspsychologischer Ansätze zum *wissenschaftlichen Denken* (Bullock & Ziegler, 1999; Fischer et al., 2014; Klahr & Dunbar, 1989; Kuhn, 2011; Kuhn et al., 1988; Kuntze, 2004; Zimmerman, 2007) beschrieben werden. Eine zentrale Herausforderung des wissenschaftlichen Denkens beschreibt Kuhn (2011) als die *Koordination von Theorie und Evidenz*. Mit *Koordination* ist etwa gemeint, dass Theorien (damit sind, da es hier in erster Linie um die Eigenschaft der Falsifizierbarkeit geht, auch Hypothesen gemeint) zu revidieren (oder mindestens zu modifizieren) sind, wenn Gegenevidenz vorliegt, oder dass sie beibehalten werden können, so lange sie mit der vorliegenden Evidenz vereinbar sind. Damit verbunden ist auch, ausgehend von der Evidenz neue Aussagen im Sinne von Theorien zu entwickeln, die im Einklang mit der Evidenz stehen (vgl. ebd.).

Diese Koordination von Theorie und Evidenz wird durch ein „set of cognitive and metacognitive strategies“ (Morris et al., 2012, S. 67) geleistet. In der Literatur werden verschiedene solcher Strategien wissenschaftlichen Denkens beschrieben (z. B. Kuhn, 2011; Morris et al., 2012; Zimmerman, 2007; siehe auch Fischer et al., 2014). So unterscheiden Morris et al. (2012) drei grundlegende Strategien, die für wissenschaftliches Denken gleichermaßen notwendig sind:

[1] Das kognitive Trennen von Theorie und Evidenz (“encode and represent evidence and theory separately”, ebd., S. 67),

[2] das Behandeln von Theorien als “independent objects of thought“ (ebd.) sowie

[3] zu bedenken, dass Theorien falsch sein können (ebd.).

Welche konkrete Bedeutung diese grundlegenden Strategien für das datenbasierte Argumentieren besitzen, möchten wir anhand des Beispiels in Abb. 1 aufzeigen. Dort sind in altersgemäß reduzierter Darstellung ein Datensatz sowie eine Behauptung zum Sachkontext dieser Daten abgebildet. Sowohl der Datensatz als auch die Behauptung waren in leicht modifizierter Form Bestandteil einer im Rahmen der Interviewstudie verwendeten Aufgabe.

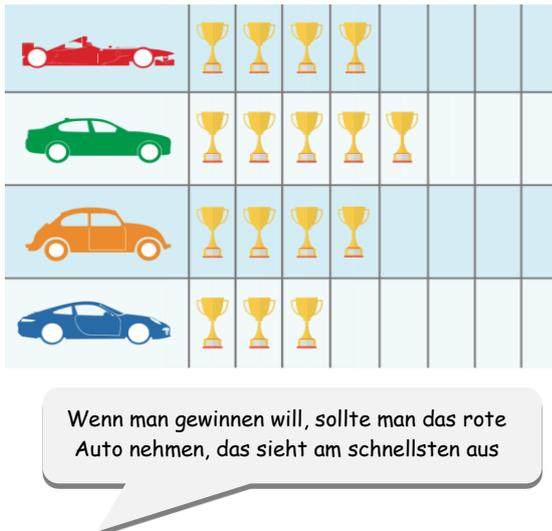


Abb. 1: Datensatz und Aussage zur Interviewaufgabe „Autorennen“

In der Aufgabe geht es um ein Autorennen, das einmal in der Woche stattfindet und bei dem immer das Siegerfahrzeug des Rennens einen Pokal erhält. Der aus diesem Kontext hervorgehende Datensatz, der die Gesamtanzahl der in den bisherigen Rennen gewonnenen Pokale pro Fahrzeug umfasst, ist piktografisch in Diagrammform dargestellt. Wenn nun Kinder, nachdem ihnen der Kontext erläutert wurde, evaluieren sollen, inwiefern die Aussage durch die Daten gestützt wird, ist es notwendig, dass sie zwischen den Daten und der zu überprüfenden Aussage trennen (siehe [1]). Den Daten muss dabei der Status von *Evidenz* zugewiesen werden, während die zu evaluierende Aussage als Behauptung im Sinne einer *Hypothese* zu behandeln ist [2], deren Gültigkeit zunächst weder bestätigt noch widerlegt ist [3].

Neben diesen grundlegenden Strategien besteht eine weitere wichtige Strategie für die Koordination von Theorie und Evidenz darin, gezielt zu versuchen Hypothesen zu *falsifizieren* (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 37 ff.; Morris et al., 2012; Sodian et al., 1991). Konkret bedeutet dies, nicht (ausschließlich) konfirmatorisch nach solcher Evidenz zu suchen, die zu überprüfende Hypothesen zu bestätigen scheint, sondern die Hypothese aktiv *herauszufordern*, indem in

den Daten gezielt nach Gegenevidenz gesucht wird, was auch in dem gezeigten Beispiel zielführend ist. Eine rein konfirmatorische Suche nach bestätigenden Elementen könnte in diesem Fall hingegen dazu führen, dass Kinder beispielsweise nur das Aussehen des roten Fahrzeugs oder dessen Platzierung oben im Diagramm zur Evaluation der Aussage heranziehen, nicht aber die im Vergleich mit dem grünen Auto niedrigere Anzahl an Pokalen berücksichtigen.

2.2 Die Rolle von Kontextwissen

Wenn, wie in dem gezeigten Beispiel, statistische Daten in einem bestimmten Sachkontext stehen, ist beim Argumentieren auf Basis dieser Daten häufig auch eine Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Sachkontext erforderlich. Daher ist anzunehmen, dass dabei individuell vorhandenes Kontextwissen eine wichtige Rolle spielen kann (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019a; siehe auch Makar, 2018). Unter *Kontextwissen* verstehen wir alle Vorstellungen, über die jemand zum Kontext bestimmter Daten verfügt und zwar unabhängig davon, inwiefern sich dieses individuelle Wissen mit externen normativen Vorstellungen deckt (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2019a).

Beim datenbasierten Argumentieren ist davon auszugehen, dass Kontextwissen notwendig sein kann, um Daten in ihrem jeweiligen Kontext, aus dem sie stammen, angemessen interpretieren zu können. Im Fall der gerade gezeigten Aufgabe etwa dürfte es vorteilhaft sein, über grundlegende Vorstellungen zu Autos, Autorennen und Pokalen zu verfügen. Es ist außerdem anzunehmen, dass Kontextwissen beim datenbasierten Argumentieren auch noch an anderer Stelle hilfreich sein kann, etwa wenn es darum geht, Überlegungen hinsichtlich der Aussagekraft bestimmter Daten anzustellen oder um durch Rückgriff auf Kontextwissen zu beurteilen, inwiefern gegebene Daten möglicherweise Schwankungen unterliegen könnten, die unter Umständen Auswirkungen auf das Interpretieren der Daten und damit auch auf das Argumentieren auf Basis dieser Daten haben.

Kontextwissen kann allerdings auch in einem gewissenmaßen *konkurrierenden Verhältnis* zur Nutzung statistischer Daten stehen: So liegen erste empirische Befunde aus vorherigen Studien (Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b) vor, die zeigen, dass Kontextwissen sich auch negativ auf das datenbasierte Argumentieren auswirken kann, nämlich etwa dann, wenn eigene, auf individuellem Kontextwissen basierende Überlegungen statt relevanter Daten als Evidenz herangezogen werden (ebd.). Dies stellt auch in dem gezeigten Aufgabenbeispiel eine mögliche Hürde dar: Wenn Kinder beispielsweise die Silhouette des roten Fahrzeugs als Rennwagen deuten und die Vor-

stellung besitzen, dass Rennwagen generell schneller als alle anderen Fahrzeuge sind, könnten sie daraus ableiten, dass das rote Fahrzeug in diesem Fall die beste Wahl ist, ohne dabei die Anzahlen der Pokale zu berücksichtigen.

Die insofern als ambivalent zu betrachtende Rolle von Kontextwissen legt es daher nahe, dass für das datenbasierte Argumentieren nicht allein entscheidend ist, *ob* und in welchem Umfang Kinder über bestimmtes Kontextwissen verfügen, sondern vielmehr *wie* die Kinder ihr Kontextwissen bei der Koordination von Theorie und Evidenz *einsetzen*.

Da, wie in Krummenauer und Kuntze (2019a) sowie auch unter 2.4 aufgezeigt, diesbezüglich bei Viertklässler*innen bereits Schwierigkeiten beobachtet wurden, könnte bei Schulanfänger*innen dieser Effekt möglicherweise noch stärker ausgeprägt sein. Vor diesem Hintergrund ist daher besonders von Interesse, inwiefern Schulanfänger*innen – trotz möglicher Schwierigkeiten beim Einsatz von Kontextwissen – in der Lage sind, datenbasiert zu argumentieren.

2.3 Statistische Daten in der Grundschule

Die Relevanz des Umgangs mit statistischen Daten für den Grundschulunterricht wird im mathematikdidaktischen Diskurs seit einiger Zeit verstärkt betont. In der Literatur gibt es viele Arbeiten, die dafür plädieren, bereits Kindergarten- und Grundschulkindern an den Umgang mit statistischen Daten heranzuführen (z. B. Ben-Zvi & Sharett-Amir, 2005; Makar, 2018; Neubert, 2012; Nikiforidou, 2018; Oslington, 2018; Rathgeb-Schnierer & Schön-knecht, 2020; Schipper, 2009; Schipper et al., 2015; Sill & Kurtzmann, 2019). Auch in vielen Curricula sind entsprechende Ziele verankert, beispielsweise in den NCTM-Standards (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) oder in den deutschen Bildungsstandards unter der Leitidee *Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit* (vgl. KMK, 2004).

National wie international ist eine Reihe an Vorschlägen entwickelt worden, wie Kinder im Mathematikunterricht der Grundschule an das Sammeln, Darstellen und Untersuchen von Daten herangeführt werden können. Kurtzmann (2016) erläutert etwa, wie Kinder in den ersten vier Schuljahren kleinschrittig an das Erstellen von Häufigkeitsdiagrammen herangeführt werden können. Ben-Zvi und Sharett-Amir (2005) zeigen auf, wie Grundschulkindern dahingehend gefördert werden können, die Verteilung von Daten zu untersuchen und Schlüsse daraus zu ziehen. Oslington (2018), um nur ein weiteres Beispiel anzusprechen, berichtet ebenfalls von einer Unterrichtsstudie, in der Zweitklässler*innen mithilfe eines softwaregestützten Vorgehens erfolgreich darin gefördert werden konnten, auf der Basis von

Temperaturdaten eigene Vorhersagen für die Zukunft zu entwickeln, wodurch die Kinder nicht nur im Umgang mit Repräsentationen von Daten und deren Interpretation gefördert wurden, sondern sich auch vertieft mit statistischer Variabilität auseinandersetzen konnten.

Auch wenn damit zu rechnen ist, dass bei den in den angesprochenen Ansätzen intendierten Lernprozessen das Argumentieren der Lernenden eine Rolle spielen kann, bleibt ausgehend von der Literatur jedoch weitgehend unklar, in welchem Maße Argumentationsprozesse bei den entwickelten Konzepten zum Tragen kamen und über welche Fähigkeiten Lernende in dieser Hinsicht verfügen, da bei den bestehenden Ansätzen der Fokus bislang kaum explizit auf das Argumentieren gerichtet war. Insbesondere wurden bisher auch kaum Verankerungen in der Forschung zum Argumentieren von Lernenden vorgenommen, wie etwa zu dem hier zitierten Ansatz von Toulmin (2003) oder auch zur Forschung zum wissenschaftlichen Denken von Kindern.

Um jedoch gezielt untersuchen zu können, inwiefern Schulanfänger*innen in der Lage sind, auf der Basis statistischer Daten zu argumentieren und auf Grundlage entsprechender Befunde in einem weiteren Schritt daran anknüpfende Förderansätze zu entwickeln, ist ein spezifischer Fokus erforderlich. Die Grundlage hierfür bilden im Rahmen unserer Studie, wie zu Beginn des Kapitels aufgezeigt, an Toulmin (2003) angelehnte argumentationstheoretische Überlegungen sowie kognitions- und entwicklungspsychologische Theorien zum wissenschaftlichen Denken (z. B. Fischer et al., 2014; Kuhn et al., 1988; Zimmerman, 2007).

2.4 Empirische Befunde zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Kindern

Studien zum wissenschaftlichen Denken bei Kindern haben gezeigt, dass deren Fähigkeiten in diesem Zusammenhang in der Vergangenheit häufig unterschätzt wurden (vgl. Metz, 1995). So können zentrale Aspekte wissenschaftlichen Denkens durchaus bereits im Kindergartenalter beobachtet werden (z. B. Bullock & Sodian, 2003; Fischer et al., 2014; Metz, 1995; Zimmerman, 2007). In einer Studie von Koerber et al. (2005) zeigte sich beispielsweise, dass Kinder bereits im Alter von 4 Jahren nicht nur selbstständig hypothesenartige Vermutungen über Zusammenhänge in den zur Verfügung stehenden Daten herstellen konnten, sondern auch nachvollziehen konnten, dass jemand eine Hypothese verwirft, wenn Gegenevidenz zu dieser vorliegt.

Dennoch wurde in diversen Studien (z. B. Amsel & Brock, 1996; Bullock & Ziegler, 1999; Koerber et al.,

2005; Kuhn, 1989; Kuhn et al., 1988; Morris et al., 2012; Thomas, 1997; Tschirigi, 1980; Zimmerman, 2007) bei Kindern im Kindergarten- und Grundschulalter auch eine Reihe typischer Fehlvorstellungen und Fehlstrategien rekonstruiert, die konträr zu wissenschaftlichem Denken stehen und Schwierigkeiten in der Koordination von Theorie und Evidenz belegen. Einschränkungen im wissenschaftlichen Denken sind allerdings auch im Erwachsenenalter keine Seltenheit (z. B. Sodian et al., 2008), sodass die Annahme genereller „constraints“ bezogen auf das wissenschaftliche Denken im Kindesalter nicht differenziert genug ist (vgl. Metz, 1995). Zu den beobachteten Fehlstrategien zählt beispielsweise, dass Kinder (und auch Erwachsene) nicht zwischen Theorie und Hypothesen trennen, sondern dazu neigen „to meld theory and evidence into a single representation“ (Zimmerman, 2007, S. 182). Auch wurde in diversen Studien beobachtet, dass Hypothesen häufig vor schnell angenommen werden, ohne aktiv nach Gegenevidenz zu suchen (vgl. Sodian et al., 1991). So neigen Klayman und Ha (1987) zufolge Menschen dazu, *positive Teststrategien* als „general default heuristic“ (ebd., S. 225) einzusetzen, was zwar in vielen Fällen durchaus zielführend sein kann, jedoch je nach Anforderungssituation auch zu falschen Schlussfolgerungen führen kann.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Menschen insbesondere dann nicht aktiv nach Gegenevidenz suchen, wenn sie selbst von einer Hypothese besonders überzeugt sind (z. B. Amsel & Brock, 1996; Morris et al., 2012; Koerber et al., 2005). Stattdessen wird Evidenz häufig eher zur Bestätigung und Illustration statt zur Prüfung einer Hypothese herangezogen. Wenn dennoch ein Widerspruch zwischen Evidenz und Theorie festgestellt wird, kann es dazu kommen, dass die Evidenz zu Gunsten der vorhandenen Hypothese(n) ignoriert oder uminterpretiert wird, statt diese zu verwerfen oder zu modifizieren (vgl. Kuntze, 2004; Zimmerman, 2007; siehe auch Krummenauer & Kuntze, 2019a).

In einer neuropsychologischen Studie von Kaplan et al. (2016) zeigte sich, dass bei Menschen, denen Gegenevidenz zu einer ihrer persönlichen Überzeugungen vorgelegt wurde, andere Hirnareale verstärkt aktiv waren, als wenn sie sich mit Gegenevidenz zu Aussagen auseinandersetzten, mit denen sie sich nicht identifizierten. Die aktivierten Hirnareale korrelierten in anderen Studien mit negativen Emotionen und Bedrohungssituationen sowie mit kognitiver Inflexibilität. Die Autor*innen schlussfolgern daraus, dass die Konfrontation mit relevanter Evidenz, die eigene Überzeugungen infrage stellt, gewissermaßen *kognitive Abwehrmechanismen* in Gang setzen kann, die die eigene Überzeugung von der Auseinandersetzung mit der Gegenevidenz abschirmt (vgl. ebd.).

Im Rahmen der LOGIK-Studie (Weinert & Schneider, 1999), einer breit angelegten längsschnittlichen Untersuchung mit rund 200 Proband*innen, wurde beginnend ab der dritten Klasse (unter anderem) untersucht, wie sich das wissenschaftliche Denken zum Erwachsenenalter hin entwickelt (Bullock et al., 2009; Sodian et al., 2008). Es zeigte sich, dass bereits im Grundschulalter große Heterogenität in Bezug auf verschiedene Aspekte des wissenschaftlichen Denkens bestand, die auch bis ins Erwachsenenalter hinein relativ stabil blieb. Für die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens scheint metakognitives Wissen hilfreich zu sein: So waren bei Kindern, die schon früh über ein Verständnis für Konzepte und Strategien des wissenschaftlichen Denkens verfügten, im weiteren Verlauf tendenziell eher Entwicklungen im wissenschaftlichen Denken festzustellen (vgl. Sodian et al., 2008).

2.5 Befunde zum datenbasierten Argumentieren bei Grundschulkindern

In unseren vorausgegangenen Studien hat sich gezeigt, dass Kinder in der vierten Klasse prinzipiell dazu in der Lage sein können, Aussagen anhand von Daten zu evaluieren und eigene Argumente auf der Basis gegebener Daten zu entwickeln. Eine Sekundäranalyse schriftlicher Antworten von $N = 385$ Schüler*innen ergab, dass rund ein Drittel der Stichprobe (ohne vorherige Intervention) in der Lage war, eigenständig mindestens ein datenbasiertes Argument auf der Basis gegebener statistischer Daten zu entwickeln (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2018). In einer weiteren Studie mit $N = 167$ Viertklässler*innen zeigten sich – ebenfalls ohne vorherige Intervention – ähnliche Ergebnisse in einem veränderten Aufgabenkontext; hier lag die Rate von Antworten, die ein hinsichtlich der Aufgabenstellung konsistentes datenbasiertes Argument enthielten, bei 40 % (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2019b). Aus derselben Stichprobe liegen außerdem inzwischen Befunde vor, die belegen, dass je nach Aufgabenkontext über 90 % der Schüler*innen in der Lage waren, selbstständig ein datenbasiertes Argument zu entwickeln (Krummenauer & Kuntze, eingereicht).

In beiden Studien konnten auf Basis der schriftlichen Antworten Kategorien identifiziert werden, die spezifische Schwierigkeiten beschreiben. So gab es beispielsweise Antworten, in denen die Kinder nicht auf Basis der Daten, sondern auf Basis von Überlegungen argumentierten, die sich auf den Sachkontext der jeweiligen Aufgaben bezogen und offenbar auf individuelle Vorstellungen zum Kontext der jeweiligen Aufgaben zurückgehen.

Unklar ist angesichts dieser Ergebnisse nun, inwiefern auch bereits Kinder zu Beginn ihrer Schulzeit

datenbasiert argumentieren können und inwiefern sich bei ihnen ähnliche Schwierigkeiten zeigen. Empirische Befunde hierzu würden es idealerweise ermöglichen, Förderansätze zu entwickeln, die spezifisch auf die Lernvoraussetzungen der Kinder zugeschnitten sind.

3. Zielsetzung der Studie und Forschungsfragen

Ziel dieser Studie ist es daher zu untersuchen, inwiefern Kinder zum Zeitpunkt der Einschulung bereits in der Lage sind, gegebene Daten zum Argumentieren heranzuziehen und selbstständig eigene Argumente auf der Basis von Daten zu entwickeln. Außerdem sollen mögliche Schwierigkeiten der Kinder identifiziert werden.

Dies führt zu folgenden Forschungsfragen:

F1: Inwiefern gelingt es den Kindern, auf der Grundlage gegebener Daten konsistente datenbasierte Argumente zu entwickeln?

F2: Können innerhalb der Gruppe von Antworten, in denen dies nicht der Fall ist, verschiedene Kategorien von Schülerantworten unterschieden werden, die Rückschlüsse auf mögliche Schwierigkeiten im Umgang mit Anforderungen des datenbasierten Argumentierens zulassen?

4. Studiendesign

Da das datenbasierte Argumentieren bei Kindern in der intendierten Altersgruppe bislang kaum erforscht wurde, liegen sowohl in der Sache selbst als auch in methodischer Hinsicht kaum Vorarbeiten vor, auf die für ein hypothesenprüfendes Vorgehen zurückgegriffen werden könnte. Für diese Untersuchung wurde daher ein verstärkt qualitativ orientiertes Studiendesign gewählt, das im Folgenden vorgestellt und begründet wird.

4.1 Verfahren der Datenerhebung

Da nicht damit gerechnet werden kann, dass Kinder spontan von sich aus datenbasiert argumentieren, wurde ausgehend von bereits in früheren Studien eingesetzten Aufgaben (Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b) ein Elizitationsverfahren entwickelt, durch das Kinder zum datenbasierten Argumentieren angeregt werden sollen. Kernbestandteil des Verfahrens ist ein Set von Aufgaben, die den Kindern im Rahmen von Einzelinterviews nacheinander anhand eines in weiten Teilen standardisierten Interviewleitfadens gestellt werden. Die Aufgaben sind so konzipiert, dass durch sie eine Anforderungssituation geschaffen wird, in der es erforderlich ist, auf der Basis gegebener statistischer Daten zu argumentieren.

Zu Beginn jeder Aufgabe wird dazu zunächst in einer kurzen Einführung der Sachkontext der Aufgabe, unterstützt durch visuelle Darstellungen in Form von Bild- und Legematerial, vorgestellt. Die Kontexte, zu denen den Kindern Daten präsentiert werden, sind jeweils so gewählt, dass sie von den Kindern leicht nachvollzogen werden können. In Abb. 2 ist ein Beispiel für Material abgebildet, das zur Einführung des Sachkontextes der in Abb. 1 dargestellten Aufgabe (in diesem Fall das Autorennen) verwendet wurde; ein weiteres Beispiel ist in Abb. 7 enthalten.

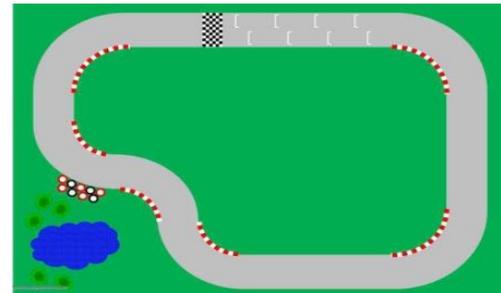


Abb. 2: Beispiel für Bildmaterial zur Unterstützung der Präsentation von Aufgaben: Bild zu der in Abb. 1 dargestellten Aufgabe „Autorennen“

Anknüpfend an die Einführung des Kontextes werden den Kindern daraus hervorgehende Daten vorgelegt, zu denen anschließend *Behauptungen* verbal geäußert werden (siehe Beispiel in Abb. 1), um damit einen konkreten Ausgangspunkt für Argumentationen der Kinder zu liefern. Indem die Kinder dann mit zuvor festgelegten Formulierungen dazu aufgefordert werden, die Behauptung auf ihre Gültigkeit hin zu *evaluieren* (z. B. „Stimmt das?“), werden die Kinder angeregt, eine eigene Aussage zu formulieren, die eine Evaluation der gegebenen Behauptung ausdrückt. Die Behauptungen sind dabei so formuliert, dass deren Evaluation ausschließlich unter Verwendung der jeweiligen Daten als Evidenz, nicht aber allein durch den Rückgriff auf Kontextwissen möglich ist.

Die zu den Daten geäußerten Behauptungen nehmen damit, wie oben bereits beschrieben, die Funktion von *Hypothesen* ein; dabei handelt es sich sowohl um Aussagen, deren Gültigkeit sich anhand der Daten argumentativ belegen lässt, als auch um solche, zu denen die Daten klare Gegenevidenz enthalten. Dies dient dem Zweck, in den Interviews auch untersuchen zu können, inwiefern Kinder Behauptungen zu Daten kritisch hinterfragen können. Um die zu evaluierenden Aussagen außerdem nicht normativ zu konnotieren, wie es möglicherweise der Fall gewesen wäre, wenn die Interviewerin die Hypothesen selbst geäußert hätte, wurde eine neutrale Handpuppe in Form eines Kängurus eingesetzt, das jeweils zu den Daten zuvor festgelegte Behauptungen äußert.

Sofern die Kinder ihre Evaluation der Aussage nicht bereits von sich aus argumentativ begründen, ist im Interviewleitfaden festgelegt, dass sie im weiteren Interviewverlauf durch gezielte Rückfragen zur Begründung ihrer Aussage angeregt werden. Dieses Setting soll insgesamt gewährleisten, dass die Argumentationen sich in allen Interviews auf die Evaluation derselben Behauptungen beziehen, da nur so die Argumentationen der Kinder jeweils untereinander vergleichbar sind, was bei anderen Studiendesigns, etwa bei reinen Beobachtungsstudien, nicht ohne Weiteres gewährleistet ist.

Da bei Kindern zum Zeitpunkt ihrer Einschulung noch nicht vorausgesetzt werden kann, dass sie bereits lesen und schreiben können, wurden zur Darstellung der verwendeten Datensätze Repräsentationen gewählt, bei denen weder Wortbilder noch Ziffern für das Verstehen der Daten maßgeblich sind.

Neben dem bereits in Abb. 1 enthaltenen Datensatz befindet sich in Abb. 3 ein weiteres Beispiel für einen solchen Datensatz, der in der Studie als Teil einer Aufgabe verwendet wurde.



Abb. 3: Datensatz zur Aufgabe „Eis essen“

Der Kontext des Datensatzes besteht darin, dass zwei Schulklassen Eis essen gegangen sind und sich dabei jedes Kind eine Kugel Eis aussuchen durfte. Der Datensatz zeigt, in welcher der beiden Klassen von welcher Eissorte wie viele Kugeln bestellt wurden. Die Anzahlen sowie die Kategorien werden durch einfache Piktogramme visualisiert. Zur Kennzeichnung der beiden Klassen wurden Tiersymbole (Igel und Maus) verwendet, was den interviewten Kindern bereits aus ihrer Schule bekannt ist.

Um bei der Durchführung der Interviews mögliche Störeinflüsse zu minimieren, die durch eine „klinische“ Interviewsituation hervorgerufen werden könnten (Ängste, Hemmungen, u. Ä.), sollten die Interviews in einem für die Kinder möglichst vertrauten

Setting durchgeführt werden. Hierzu wurden die teilnehmenden Kinder von ihrem ersten Schultag an von der Interviewerin begleitet, sodass bereits im Vorfeld der Interviews ein vertrautes Verhältnis zwischen den teilnehmenden Kindern und der Interviewerin hergestellt werden konnte. Auch waren die technischen Geräte, die zur Aufzeichnung verwendet wurden, bereits in den Tagen vor den Interviews im Klassenraum präsent, um auch hier bereits eine gewisse Habituation zu erreichen.

Um außerdem etwaige Interventionseffekte in Bezug auf die für die Studie maßgeblichen Inhalte durch die Teilnahme der Kinder am Unterricht bestmöglich ausschließen zu können, wurde mit den betreffenden Lehrkräften vorab vereinbart, dass keine mit der Untersuchung in Zusammenhang stehenden Inhalte im Unterricht vor und während der Studie behandelt werden.

Es wurde zudem strikt darauf geachtet, auch während der Interviews keine Lernprozesse auf Seiten der Kinder zu begünstigen, um die Vergleichbarkeit sowohl innerhalb als auch zwischen den Interviews nicht zu gefährden. So wurde beispielsweise darauf geachtet, den Kindern keine Hilfestellung zu bieten oder selbst datenbasiert zu argumentieren, da dies für die Kinder als Modell hätte fungieren können. Auch wurde bei Rückfragen darauf geachtet, sie so zu formulieren, dass sie den Kindern keine Auskunft darüber geben, inwiefern ihre Antwort den Erwartungen an eine konsistente datenbasierte Argumentation entspricht.

4.2 Stichprobe und Feldzugang

Die Studie wurde unmittelbar zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 in zwei ersten Grundschulklassen durchgeführt. Insgesamt nahmen elf Schulanfänger*innen (sechs Mädchen und fünf Jungen) im Alter von sechs Jahren an den Interviews teil. Die Teilnehmer*innen wurden zufällig aus denjenigen Kindern ausgewählt, bei denen das schriftliche Einverständnis der Eltern vorlag und die auch selbst bereit waren, an einem Interview teilzunehmen.

Zu den interviewten Kindern ist auf Grundlage zuvor durchgeführter und protokollierter Beobachtungen im Unterricht bekannt, dass alle mindestens im Zahlenraum bis 10 zählen konnten und durch Zählen die Anzahl von Objekten bestimmen konnten. Einige von ihnen konnten auch bereits einfache Rechenaufgaben im Zahlenraum bis 10 lösen. Bei zwei Kindern ist Deutsch nicht die Muttersprache und es konnten in Konversationen sprachliche Schwierigkeiten beobachtet werden. Insgesamt ergeben sich aus den uns vorliegenden Beobachtungsdaten keine Anhaltspunkte dahingehend, dass die Stichprobe in besonderem Maße Selektionseffekten unterliegen könnte

(etwa durch die Auswahl ausschließlich solcher Kinder mit hoher mathematischer Begabung oder mit besonderem Förderbedarf); dennoch sind die auf Grundlage dieser Stichprobe gewonnenen Ergebnisse selbstverständlich – auch bereits aufgrund ihres Umfangs – über die konkrete Stichprobe hinaus nicht generalisierbar.

4.3 Datenanalyse

Um die aus den Interviews hervorgegangenen Audio- und Videodaten der Analyse zugänglich zu machen, wurden zunächst die Audioaufzeichnungen der Interviews in Anlehnung an Dresing und Pehl (2011) transkribiert. In einem zweiten Schritt wurden die Videoaufzeichnungen dahingehend analysiert, inwiefern diese ergänzende Informationen, etwa durch Gestik oder Mimik, liefern, die für die Analyse der Antworten der Kinder potenziell relevant sein könnten. Sofern dies der Fall war, wurden die Audiotranskripte durch Kommentare an den entsprechenden Zeitmarken ergänzt (z. B. „deutet auf die Pokale neben dem roten Auto“).

Um die Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Interviews zu gewährleisten, wurde außerdem auf Basis der Audio- und Videoaufnahmen überprüft, ob die Aufgabenstellungen sowie die zu evaluierenden Behauptungen durch die Interviewerin bei allen Aufgaben entsprechend des Leitfadens in jeweils ähnlicher Form präsentiert wurden; dies war bei allen Interviews der Fall, sodass in Bezug auf die Aufgabenstellungen von vergleichbaren Ausgangsbedingungen ausgegangen werden kann.

Gegenstand der Analyse sind die Transkriptausschnitte, die sich auf die Antworten beziehen, die die Kinder nach Präsentation der jeweiligen Aufgaben zur Evaluation der Behauptungen äußerten. Pro Interview wurden sechs Aufgaben in festgelegter Reihenfolge gestellt, zu denen es (bis auf eine Aufgabe) jeweils zwei zu evaluierende Behauptungen gab; pro Kind liegen damit insgesamt 11 Antworten vor, sodass insgesamt 121 Antworten analysiert wurden.

Die Analyse der Antworten wurde in zwei Analyse-schritten durchgeführt: In einem ersten Schritt wurden zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (F1) die Antworten zunächst top-down dahingehend dichotom codiert, inwiefern die Antworten der Kinder konsistente datenbasierte Argumente enthalten; diese Antworten wurden der Kategorie K1 zugeordnet.

Die Anforderungen für solche Argumente gelten als erfüllt, wenn die Antwort der Kinder eine Aussage enthält, die eine Evaluation hinsichtlich der in der Aufgabe gegebenen Behauptung ausdrückt (z. B. „Ja...“ oder „Nein, das Känguru hat nicht recht...“)

und diese mit Bestandteilen der gegebenen Daten verknüpft wird, die geeignet sind, um die jeweilige Behauptung zu evaluieren (vgl. Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b). Dies ist etwa in Zeile (3) des folgenden Transkriptausschnitts der Fall, da hier das interviewte Kind mit der Aussage „Nicht“ anzeigt, dass es der zu evaluierenden Aussage in (1) nicht zustimmt und dies mit der Entwicklung der Daten (in diesem Fall sind dies Füllstände einer Regentonne, siehe dazu Abb. 7) verknüpft, die der zu evaluierenden Aussage eindeutig widersprechen („hier ist wenig, hier ist viel, hier ist wieder weniger, hier wieder viel und hier wieder noch vieler (zeigt auf die Regentonnen)“).

Beispiel für ein K1-Argument

Aufgabe: „Sallys Regentonne“ (Abb. 7)

*H = Handpuppe, S = Schüler*in, I = Interviewerin*

- (1) H.: Jedes Mal, wenn ich in meine Regentonne geschaut habe, war mehr Wasser darin als am Tag davor. #00:03:12-4#
- (2) I.: Was denkst du? #00:03:15-4#
- (3) S.: Nicht, weil hier ist wenig, hier ist viel, hier ist wieder weniger, hier wieder viel und hier wieder noch vieler [zeigt auf die Regentonnen]. #00:03:23-9#

Alle Antworten, die nicht dieser Kategorie zugeordnet werden konnten, wurden im zweiten Analyse-schritt einer differenzierenden Bottom-up-Analyse unterzogen, mit dem Ziel, innerhalb dieser Antworten voneinander abgrenzbare Kategorien zu identifizieren, die jeweils bestimmte Antwortmuster repräsentieren und Rückschlüsse auf mögliche Schwierigkeiten der Kinder hinsichtlich des datenbasierten Argumentierens erlauben (F2).

Zur Gewinnung der Kategorien wurde bottom-up analysiert, wie sich die Antworten, die keine konsistenten datenbasierten Argumente enthalten, von denen in der Kategorie K1 unterscheiden. Strukturell ähnliche Antworten wurden dann jeweils zu Kategorien zusammengefasst. Daraus ist ein System von Kategorien hervorgegangen, das die Daten vollständig und überschneidungsfrei kategorisiert; die gewonnenen Kategorien sowie Implikationen hinsichtlich möglicher Schwierigkeiten werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Zur Beurteilung der Reliabilität der Kategorisierung wurden auf Grundlage der Kategorienbeschreibungen nochmals alle Antworten einem Zweitrating unterzogen. Das Zweitrating wurde von einer studentischen Hilfskraft durchgeführt, die auf Grundlage der Kategorienbeschreibungen und fiktiver Antworten, die nicht Teil der analysierten Daten sind, geschult wurde. Die Inter-Rater-Reliabilität beträgt nach

Cohen's Kappa $\kappa = .96$. In die Berechnung fließt neben der prozentualen Übereinstimmung, die hier 96,7 % beträgt, auch die Ratewahrscheinlichkeit mit ein (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 346). Diejenigen Fälle, bei denen es keine Übereinstimmung der Ratings gab (4 von 121 Fällen), konnten in einer Diskussion basierend auf den Codierrichtlinien eindeutig den Kategorien zugeordnet werden.

5. Ergebnisse

5.1 Überblick

Die im ersten Analyseschritt durchgeführte Top-Down-Codierung der Antworten hat gezeigt, dass 62 der 121 analysierten Antworten (entspricht rund 51 %) konsistente datenbasierte Argumente enthalten, die die Anforderungen der jeweiligen Aufgabenstellung vollständig erfüllen.

Wie in Abb. 4 dargestellt, konnten im zweiten Analyseschritt innerhalb der Antworten, die diese Anforderungen nicht erfüllen, weitere Kategorien identifiziert werden, die jeweils verschiedene Typen von Schülerantworten repräsentieren. Die Kategorien sind zueinander disjunkt, sodass Mehrfachzuordnungen nicht möglich sind. Bevor wir in Abschnitt 5.2 vertieft auf einige Antwortbeispiele eingehen, wird zunächst ein Überblick über die Kategorien und ihre jeweilige relative Häufigkeit an der Gesamtmenge der analysierten Daten gegeben:

Die Kategorie K2 umfasst Argumente, in denen zwar ähnlich wie in Argumenten der Kategorie K1 Aspekte der Daten zum Argumentieren herangezogen werden; diese sind jedoch alleine nicht geeignet, um

die in der jeweiligen Aufgabe zu prüfende Behauptung zu evaluieren. Von 121 Antworten wurden 15 dieser Kategorie zugeordnet (12,4 %).

Eine weitere Kategorie bilden Antworten, bei denen sowohl die Daten als auch Überlegungen, die auf den Sachkontext der Daten bezogen sind, zum Argumentieren herangezogen werden (K3). Dies trifft auf 12 der 121 Antworten zu (9,9 %). Anzumerken ist, dass diese Kategorie auch einzelne Fälle enthält (4 der 121 analysierten Antworten), in denen die Daten fehlerinterpretiert wurden, wie es etwa in dem unten diskutierten Beispiel 5 der Fall ist.

Darüber hinaus konnten zwei Kategorien von Antworten identifiziert werden, in denen die Daten *nicht* zum Argumentieren herangezogen wurden (K4 und K5). K4 umfasst Antworten, bei denen zum Argumentieren ausschließlich Überlegungen herangezogen wurden, die sich auf den Sachkontext der Aufgabe beziehen, nicht aber die Daten; von den 121 analysierten Antworten war dies bei 17 der Fall (14 %). In K5 sind Antworten zusammengefasst, die keine Argumentation mit Bezug zur Behauptung, die evaluiert werden soll, enthalten; 15 von 121 Antworten (12,4 %) wurden dieser Kategorie zugeordnet.

In Abb. 5 ist dargestellt, welchen Anteil die jeweiligen Kategorien an den Antworten der einzelnen Kinder einnehmen. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, gelang es allen Kindern in mindestens einem von 11 Fällen, ein konsistentes datenbasiertes Argument zu entwickeln. Der höchste Anteil solcher Argumente liegt bei 9 von 11 Antworten (entspricht rund 82 %).

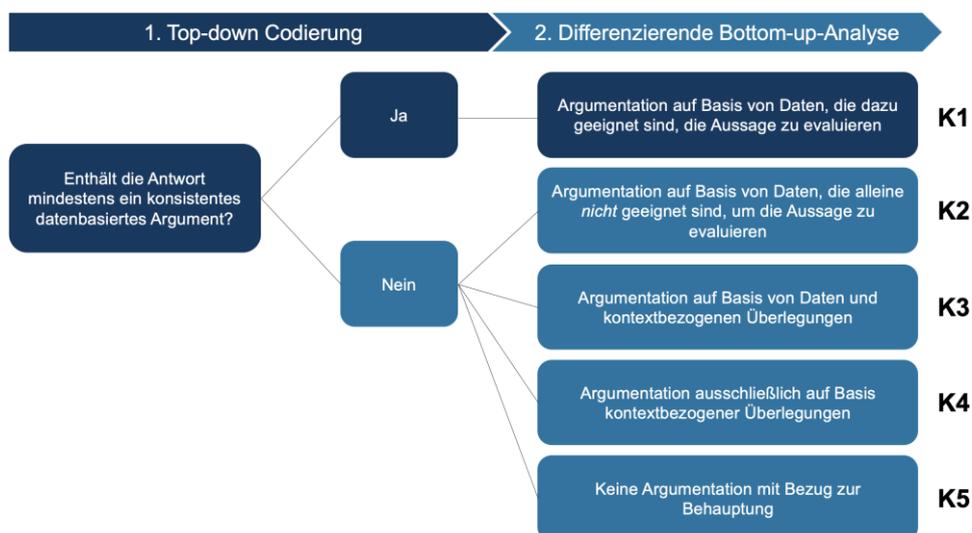


Abb. 4: Übersicht über die Datenanalyse

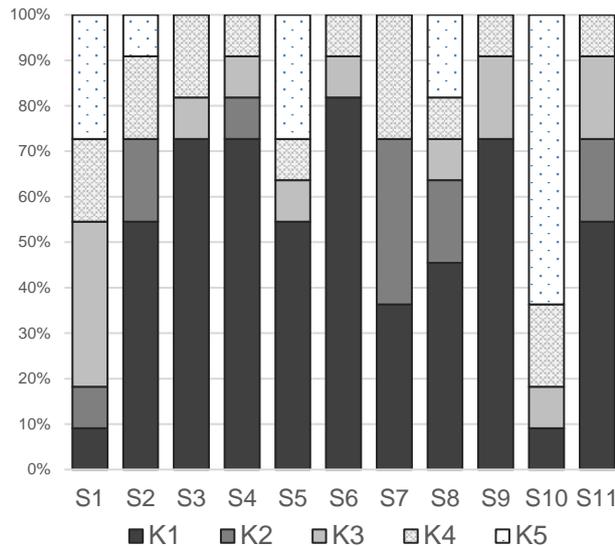


Abb. 5: Anteile der Kategorien pro Kind

Im Folgenden gehen wir nun anhand von Antwortbeispielen detaillierter auf die Charakteristika der einzelnen Kategorien ein und zeigen auf, welche Schwierigkeiten diese aus Perspektive des wissenschaftlichen Denkens nahelegen. Wir beginnen dazu mit einem Beispiel der Kategorie K1 und arbeiten daran anknüpfend heraus, wie sich die Antworten, die die Anforderungen dieser Kategorie nicht erfüllen, jeweils von K1-Antworten unterscheiden und inwiefern daraus Rückschlüsse auf Schwierigkeiten beim datenbasierten Argumentieren gezogen werden können. Die Transkriptausschnitte setzen jeweils an der Stelle ein, an der die zu evaluierende Hypothese durch die Handpuppe (im Interview *Sally* genannt) geäußert wird. Zu Beginn jedes Beispiels ist angegeben, auf welche Aufgabe es sich bezieht. Anmerkungen sowie Ergänzungen aus der Videoanalyse sind in eckigen Klammern vermerkt.

5.2 Detailbetrachtung der Kategorien anhand von Beispielantworten

Beispiel 1: Kategorie K1

Aufgabe: „Autorennen“ (siehe Abb. 1)

H = Handpuppe, *S* = Schüler*in, *I* = Interviewerin

- (1) *H.*: Wenn *ich* bei dem Rennen mitfahren würde, dann würde ich das rote Auto nehmen, das sieht am schnellsten aus. #00:01:24-7#
- (2) *S.*: Aber ist es nicht. Das grüne Auto ist am schnellsten, weil das mehr Pokale hat. #00:01:31-8#
- (3) *I.*: Du sagst also Sally hat nicht recht, sie soll ein anderes Auto nehmen? #00:01:36-5#
- (4) *S.*: Das Grüne ist am besten. #00:01:38-1#
- (5) *I.*: Wie hast du denn das jetzt herausgekriegt? #00:01:40-1#

(6) *S.*: Weil hier eins, zwei, drei, vier, fünf Pokale sind [zeigt auf die Pokale beim grünen Auto] und da nur vier [zeigt auf die Pokale beim roten Auto] und da vier [zeigt auf die Pokale des orangenen Autos] und da nur drei [zeigt auf das blaue Auto]. #00:01:46-6#

Nachdem zu Beginn des Interviewausschnitts in (1) die zu evaluierende Behauptung durch die Handpuppe geäußert wurde, widerspricht der Schüler in (2) dieser Aussage („Aber ist es nicht“), noch bevor die Interviewerin den Schüler durch eine entsprechende Frage zur Evaluation der Aussage auffordern konnte. Mit seinem Einwand drückt der Schüler eine negative Evaluation aus, die er unmittelbar im Anschluss argumentativ begründet. Dazu stellt er zunächst klar, welches Auto seiner Meinung nach tatsächlich das schnellste ist („Das grüne Auto ist am besten“). Diese Aussage wird durch die Konjunktion „weil“ mit den gegebenen Daten verknüpft („weil das mehr Pokale hat“). Der Komparativ „mehr“ impliziert, dass der Schüler die Anzahl der Pokale des grünen Autos mit der des roten Autos verglichen hat, die Anzahl der Pokale wird hier also als Grundlage der Argumentation herangezogen; damit sind an dieser Stelle bereits die Anforderungen an ein K1-Argument erfüllt.

In (3) sichert die Interviewerin durch das Stellen einer validierenden Rückfrage nochmals ab, ob sie die Aussagen des Schülers dahingehend richtig verstanden hat, dass das Kind der durch die Handpuppe präsentierten Aussage widerspricht, was er in (4) bestätigt, indem er sich für das grüne und damit gegen das von der Handpuppe präferierte Auto ausspricht. Um ergänzend Einblicke in das Vorgehen des Kindes zu erhalten, fragt die Interviewerin in (5), wie das Kind dies „herausgekriegt“ habe. Auf diese Frage hin demonstriert das Kind in (6) durch lautes Zählen („Weil hier eins, zwei, drei, vier, fünf Pokale sind“) und durch Zeigen auf die jeweiligen Pokale, dass die Anzahl der Pokale des grünen Autos größer ist als die der anderen Autos.

Die Antwort des Schülers zeigt, dass er offenbar in der Lage war, die Behauptung der Handpuppe zu hinterfragen, ihre Gültigkeit anhand der Daten zu evaluieren und die Evaluation argumentativ zu begründen. Dies setzt voraus, dass er in der Lage war, die in Abschnitt 2.1 aufgezeigten Anforderungen des wissenschaftlichen Denkens zu bewältigen: Die zu evaluierende Aussage wurde offenbar getrennt von den Daten behandelt und es wurde ihr ein anderer Status zugewiesen als den Daten; das Ablehnen der Aussage impliziert außerdem, dass diese offenbar als etwas *potenziell Revidierbares* im Sinne einer Hypothese betrachtet wurde, während der Schüler die Daten als Evidenz herangezogen hat, die in diesem Fall über die Gültigkeit der Aussage entscheidet.

Wir möchten nun die Kategorie K2 näher betrachten. Auf den ersten Blick ähneln Antworten dieser Kategorie denen der Kategorie K1, da auch diese Antworten eine Aussage enthalten, die eine Evaluation der zu überprüfenden Aussage ausdrückt und Aspekte der Daten dazu verwendet werden, um die Evaluation argumentativ zu untermauern. Im Unterschied zu Antworten der Kategorie K1 werden bei Antworten der Kategorie K2 jedoch Aspekte der Daten zur Argumentation herangezogen, die alleine nicht geeignet sind, um die Gültigkeit der zu evaluierenden Aussage zu beurteilen. In der Mehrzahl an Fällen wurde auf Grundlage von Aspekten der Daten für die zu evaluierende Aussage argumentiert, obwohl andere Aspekte der Daten starke Gegenevidenz bezogen auf diese Aussage liefern (11 von 15 Antworten). In anderen Fällen wurden Aspekte der Daten aber auch dazu herangezogen, Aussagen zu widerlegen, zu denen die Daten tatsächlich aber keine Gegenevidenz liefern (3 von 15 Antworten). In einem weiteren Fall wurde für die zu evaluierende Aussage argumentiert, die tatsächlich korrekt war, allerdings wurden dazu Aspekte der Daten herangezogen, die alleine nicht ausreichen, um über die Gültigkeit der Aussage zu entscheiden.

Im Folgenden werden nun zwei Beispiele für Antworten der Kategorie K2 gegeben:

Beispiel 2: Kategorie K2

Aufgabe: „Eis essen“ (siehe Abb. 3)

- (1) H.: Am meisten Kinder mögen Schokoladeneis. #00:10:58-3#
- (2) I.: Denkst du das auch? #00:11:03-4#
- (3) S.: Hm [bejahend]. Ich mag am meisten das hier [auf das Erdbeereis deutend]. #00:11:08-2#
- (4) [...] (Es folgt ein kurzer Dialog darüber, welche Eissorten auf dem Datensatz zu sehen sind.)
- (5) I.: Und du sagst, Sally hat recht, am meisten Kinder mögen Schokolade? #00:11:18-0#
- (6) S.: Hm [zustimmend] #00:11:18-5#
- (7) I.: Woher weißt du das? #00:11:20-5#
- (8) S.: Weil die da weniger sind als der da [zunächst auf die restlichen Eissorten der Mausklasse, dann auf Schokolade deutend]. #00:11:27-0#
- (9) I.: Hm, du sagst also Sally hat recht, am meisten mögen Schokolade, stimmt das? #00:11:34-0#
- (10) S.: Hm [bejahend]. #00:11:34-7#

Nachdem die Interviewerin den Schüler in (2) zur Evaluation der Aussage auffordert, signalisiert dieser in (3), dass er der Aussage zustimmt, was einer Evaluation der Behauptung der Handpuppe entspricht. Daran schließt sich ein kurzer, auf den Kontext bezogener Einschub an, der jedoch nicht in einem

argumentativen Zusammenhang zur Evaluation der Aussage steht. Nachdem die Interviewerin in (5) rückfragt, ob sie die Evaluation der Aussage in (3) richtig verstanden hat, stimmt der Schüler in (6) erneut zu, zunächst ohne Begründung; diese folgt auf Nachfrage durch die Interviewerin („Woher weißt du das?“).

In (8) zeigt der Schüler am Datensatz, dass in der Mausklasse jeweils weniger Kinder Erdbeer-, Melonen- oder Zitroneneis mögen als Schokoladeneis – es werden also Aspekte der Daten herangezogen, um die Evaluation der Handpuppe argumentativ zu untermauern. Würde sich die Datengrundlage allein auf die Daten der Mausklasse beschränken, so wären diese Aspekte der Daten für sich genommen tatsächlich geeignet, um die Evaluation der Aussage zu untermauern und die Anforderungen an ein K1-Argument wären erfüllt. Allerdings lässt das Kind hier Aspekte der Daten außer Acht, die die Aussage der Handpuppe widerlegen, da der Schüler keinen Bezug auf die Daten der Igelklasse nimmt, in der, wie dem Datensatz in Abb. 3 zu entnehmen ist, die meisten Kinder Meloneneis präferieren – die Argumentation basiert damit auf Daten, die alleine nicht geeignet sind, die Aussage zu evaluieren, sodass die Antwort der Kategorie K2 zuzuordnen ist.

Auch der folgende Interviewausschnitt enthält ein Argument der Kategorie K2 zu derselben Aufgabe, in dem das interviewte Kind die Aussage der Handpuppe allerdings anders evaluiert:

Beispiel 3: Kategorie K2

Aufgabe: „Eis essen“

- (1) H.: Die meisten Kinder, Marta [Name geändert], die mögen Schokoladeneis. #00:10:57-2#
- (2) I.: Meinst du das auch? #00:10:59-3#
- (3) S.: [Das Kind schüttelt den Kopf]. #00:11:01-3#
- (4) I.: Warum? #00:11:02-8#
- (5) S.: Weil da ist es ein kleinerer Turm wie da [zunächst auf die Schokoladen-Säule der Igelklasse, dann auf die der Mausklasse deutend]. #00:11:11-2#
- (6) I.: Aha. #00:11:13-4#
- (7) I.: Und was bedeutet das? #00:11:22-1#
- (8) S.: Dass, dass die Mäusegruppe mehr Schokoladeneis isst wie die. #00:11:32-1#

Nachdem in (1) die zu evaluierende Aussage geäußert wird und daraufhin die Interviewerin das Kind in (2) zur Evaluation der Aussage auffordert, verneint die Schülerin in (3) die Gültigkeit der Aussage, was sie durch ihr Kopfschütteln ausdrückt. Auf die Nachfrage der Interviewerin in (4) zeigt die Schülerin anhand der Daten, dass in der Igelklasse weniger Kinder Schokoladeneis mögen als in der Mausklasse (5),

was in Verbindung mit ihrer in (3) gegebenen Evaluation als datenbasiertes Argument aufzufassen ist.

Auch in diesem Beispiel wird eine Evaluation zur Aussage der Handpuppe formuliert, die mit Aspekten der Daten verknüpft wird, um diese argumentativ zu untermauern. Die Daten – für sich genommen – stützen die Evaluation, sind allerdings alleine nicht geeignet, um die Aussage der Handpuppe zu evaluieren. Hierzu wäre es notwendig gewesen, nicht nur die absoluten Anzahlen beim Schokoladeneis zu vergleichen, sondern diese jeweils in Relation zu den anderen Eissorten zu betrachten. Es wäre hier also notwendig gewesen, mindestens auch noch die Säule mit dem Meloneneis der Igelklasse miteinzubeziehen, um ein konsistentes Argument zu entwickeln, das die Anforderungen der Aufgabenstellung erfüllt.

Antworten der Kategorie K2 lassen aber dennoch erkennen, dass auch hier zentrale Bestandteile datenbasierter Argumente vorhanden sind, sodass die jeweiligen Kinder offenbar durchaus einige Anforderungen des datenbasierten Argumentierens erfüllen konnten. In den beiden Antwortbeispielen etwa ist erkennbar, dass die Kinder offenbar durchaus in der Lage waren, die Gültigkeit von Aussagen anhand von Daten zu evaluieren, eine Evaluation auszudrücken und Aspekte der Daten als Argumentationsgrundlage zur Begründung heranzuziehen. Dies setzt Seitens des wissenschaftlichen Denkens voraus, dass die zu evaluierende Aussage offenbar getrennt von den Daten behandelt wurde und ihr ein anderer Status zugewiesen wurde als den Daten.

Dass Kinder bestimmte relevante Aspekte der Daten nicht mit in ihre Argumentation miteinbezogen haben, könnte zum einen daran liegen, dass es den Kindern in diesen Fällen Schwierigkeiten bereitete, alle relevanten Aspekte aus den Daten zu entnehmen und/oder zu berücksichtigen; möglicherweise wurden manche relevante Aspekte auch übersehen. Dies scheint jedoch etwa im Fall von Beispiel 3 eher unwahrscheinlich zu sein, da hier das Kind die beiden „Schokoladen-Säulen“ in den Diagrammen der jeweiligen Klassen korrekt miteinander vergleicht, nicht aber die Säule für das Meloneneis der Igelklasse berücksichtigt, die sich unmittelbar neben der Schokoladen-Säule befindet und deutlich erkennbar alle anderen Säulen in beiden Diagrammen überragt (siehe Abb. 2). Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 2 aufgezeigten (Fehl-)Strategien wissenschaftlichen Denkens erscheint es hier daher möglich, dass das Kind etwa gezielt nur nach solchen Aspekten in den Daten gesucht hat, die seine Annahme bestätigen; möglicherweise wurde die in den Daten vorliegende Gegenevidenz auch ignoriert. Antworten der Kategorie K2 könnten daher auf Schwierigkeiten hindeuten,

die Strategien der Koordination von Theorie und Evidenz betreffen.

Die Kategorie (K3) bezieht sich auf Antworten, in denen die Kinder nicht, wie in K1 und K2, ausschließlich die gegebenen Daten zur Argumentation heranziehen; vielmehr werden neben den Daten besonders auch eigene, auf den Sachkontext bezogene Überlegungen zur Argumentation herangezogen, wie im Folgenden aufgezeigt wird. Die Beispiele beziehen sich auf eine weitere Aufgabe, in der es um die zeitliche Entwicklung der Körpergröße eines Jungen namens *Bob* geht. Der Datensatz zu dieser Aufgabe, der in Abb. 6 dargestellt ist, besteht aus einer Reihe größer werdender Piktogramme, die das Wachstum von Bob darstellen.

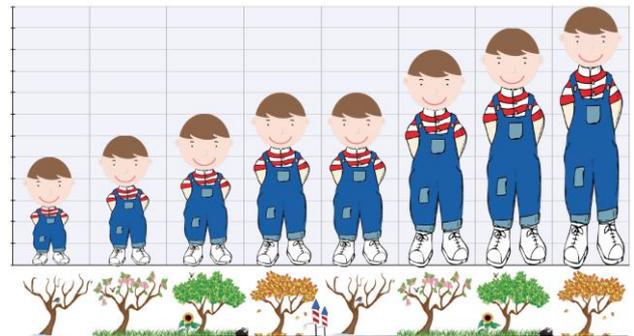


Abb. 6: Datensatz zu der Aufgabe „So wächst Bob“

Beispiel 4: Kategorie K3

Aufgabe: „So wächst Bob“

- (1) H.: Bob ist immer gleich viel gewachsen. #00:06:13-9#
- (2) I.: (..) Denkst du das auch? #00:06:17-3#
- (3) S.: Ja. #00:06:17-8#
- (4) I.: Warum? #00:06:19-6#
- (5) S.: Weil (überlegt) erst war er noch klein. Dann war/ dann wird er immer größer, weil am Geburtstag oder wenn er kein Geburtstag hat wird er auch größer. #00:06:37-9#
- (6) I.: Man wächst immer, egal ob man Geburtstag hat oder nicht? #00:06:42-0#
- (7) S.: Hm (zustimmend) man schrumpft nie. Nur Zauberer. #00:06:46-8#
- (8) I.: Vielleicht und woher weißt du das? #00:06:50-6#
- (9) S.: Weil bei mir das auch so ist, wenn ich Geburtstag habe, dann werde ich immer größer. #00:06:57-3#
- (10) I.: Ich verstehe okay. Du sagst also die Sally hat recht, Bob ist immer gleich viel gewachsen, weil du das von dir kennst von zu Hause? #00:07:07-9#
- (11) S.: Hm (zustimmend) #00:07:09-3#

Nachdem in (1) die zu evaluierende Aussage präsentiert wurde und die Schülerin in (2) von der

Interviewerin zur Evaluation aufgefordert wurde, evaluiert die Schülerin in (3) die Aussage der Handpuppe positiv. Sie liefert dazu nicht spontan eine Begründung und wird daraufhin in (4) von der Interviewerin danach gefragt. Die Begründung der Schülerin scheint zunächst auf den vorliegenden Daten zu basieren („erst war er noch klein. Dann war/ dann wird er immer größer“); unmittelbar im Anschluss ergänzt sie allerdings die Aussage „weil am Geburtstag oder wenn er kein Geburtstag hat wird er auch größer“, was nicht aus den Daten hervorgeht und offenbar eine kontextbezogene Überlegung darstellt. Sie vermischt damit in ihrer Argumentation daten- und kontextbasierte Aspekte.

Da aus der Aussage nicht genau hervorgeht, was die Schülerin im Kontext der Aufgabenstellung damit ausdrücken möchte, fragt die Interviewerin in (6) nach, woraufhin die Schülerin erneut eine kontextbezogene Behauptung aufstellt („[...] man schrumpft nie. Nur Zauberer“). Die kontextbezogenen Äußerungen erwecken den Eindruck, als würden bei der Schülerin jeweils Assoziationen in ihrem Kontextwissen aktiv. In (8) bittet die Interviewerin die Schülerin, ihr zu erklären, wie sie zu ihrer Aussage kommt, woraufhin die Schülerin erneut auf Basis kontextbezogener Überlegungen argumentiert („Weil bei mir das auch so ist, wenn ich Geburtstag habe, dann werde ich immer größer“).

Neben solchen Antworten, in denen neben kontextbezogenen Überlegungen die Daten in nachvollziehbarer Weise zum Argumentieren genutzt werden, gibt es innerhalb der Kategorie K3 auch Antworten, bei denen die Kinder zusätzlich zu ihrem Kontextwissen zwar auch die Daten zum Argumentieren heranziehen, diese von den Kindern jedoch nicht konsistent interpretiert werden. Ein Beispiel hierfür ist der folgende Interviewausschnitt, der sich auf denselben Aufgabenkontext bezieht wie auch das zuvor gezeigte Beispiel 4, jedoch muss hier eine andere Aussage evaluiert werden („Bobs Mama hat mehr als ein ganzes Jahr lang gemessen“). Der Ausschnitt setzt ein, als die Interviewerin die zu evaluierende Aussage gegenüber dem hier interviewten Schüler nochmals wiederholt (1), nachdem dieser zuvor signalisiert hatte, dass er sich an die mittels der Handpuppe geäußerte Aussage nicht mehr erinnern kann:

Beispiel 5: Kategorie K3

Aufgabe: „So wächst Bob“

(1) I.: Hm [zustimmend] hat sie mehr als ein ganzes Jahr gemessen? #00:06:07-1#

(2) S.: Ja. Hier einmal gemessen, hier einmal gemessen, hier einmal gemessen, hier einmal gemessen, hier aber nicht [zeigt auf Piktogramme im Datensatz, die jeweils Bobs Körpergröße repräsentieren]. #00:06:14-8#

(3) I.: Da hat sie nicht gemessen? #00:06:17-0#

(4) S.: Hm [zustimmend] da war Bob gleich groß. Oder er stellt sich auf Zehenspitzen, so dass er so groß wird. (...) Eigentlich ist er so klein, aber er hat sich auf Zehenspitzen gestellt und dann ist er so hoch geworden [auf die letzte Abbildung von Bob deutend]. #00:06:32-6#

Mit dem „Ja“ in (2) drückt der Schüler eine Evaluation der Aussage aus. Unmittelbar im Anschluss deutet er auf die Piktogramme und kommentiert, dass Bobs Mutter (die Bob immer gemessen hat) zu den jeweiligen Zeitpunkten jeweils gemessen habe – außer beim fünften Zeitpunkt, hier habe Bobs Mutter nicht gemessen. Da dies nicht in Übereinstimmung mit dem eingeführten Kontext der Daten steht, stellt die Interviewerin in (3) diesbezüglich eine Rückfrage. Auf diese bestätigt das Kind nochmals seine Aussage, dass die Mutter an diesem Messzeitpunkt nicht gemessen habe. Dies begründet er zum einen mit der Aussage „da war Bob gleich groß“, was zwar im Einklang mit den Daten steht, aber die Aussage, dass Bobs Mutter dort nicht gemessen habe, nicht stützt, sodass die Daten hier offenbar nicht ganz konsistent interpretiert werden. Zum anderen führt er zur Begründung seiner Aussage noch eine kontextbezogene Überlegung an („Oder er stellt sich auf Zehenspitzen, so dass er so groß wird“), die offenbar auf Kontextwissen beruht (wenn man sich auf die Zehenspitzen stellt, beeinflusst dies die Messung). Nachdem der Schüler zunächst noch durch das „Oder“ signalisiert, dass es sich um eine *Vermutung* handelt, wird daraus kurz drauf eine Tatsache, anhand derer er das vermeintliche Zustandekommen der Messwerte erklärt: „Eigentlich ist er so klein, aber er hat sich auf Zehenspitzen gestellt und dann ist er so hoch geworden [auf die Daten deutend]“; damit sind es nun eher die kontextbezogenen Überlegungen, die Auskunft über Bobs Größe geben und nicht mehr die Daten. Diese werden vielmehr so gedeutet, dass sie der auf den Kontext bezogenen Vermutung nicht widersprechen. Als Argumentationsgrundlage werden damit an diesem Punkt eigene Überlegungen zum Kontext genutzt, die jedoch vor dem Hintergrund der zu evaluierenden Behauptung und auch in Bezug auf die Nachfrage der Interviewerin nicht relevant sind.

Dass in Antworten der Kategorie K3 kontextbezogene Überlegungen zum Argumentieren herangezogen werden, obwohl diese in den gewählten Aufgaben keine geeignete Argumentationsgrundlage darstellen, könnte aus Perspektive des wissenschaftlichen Denkens auf Schwierigkeiten in der Koordination von Theorie und Evidenz hinweisen: Offenbar wird nicht konsistent zwischen den zu überprüfenden Aussagen, eigenen Überlegungen (die zunächst auch lediglich den Status einer Theorie besitzen) und den Daten unterschieden.

Manche Antworten der Kategorie K3 lassen außerdem darauf schließen, dass die Kinder (zusätzlich) Schwierigkeiten beim Umgang mit den Daten selbst hatten, da in manchen Antworten Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass die Daten fehlinterpretiert wurden; insgesamt konnten allerdings nur wenige Fälle identifiziert werden, auf die dies zutrifft (siehe Abschnitt 5.1).

Im Folgenden werden nun zwei Beispiele von Antworten der Kategorien K4 und K5 näher betrachtet, in denen die Daten nicht zum Argumentieren herangezogen wurden.

Beispiel 6: Kategorie K4

Aufgabe: „Autorennen“

- (1) I.: Was würdest du sagen? Soll sie das rote Auto nehmen? #00:01:12-0#
- (2) S.: Hm [zustimmend]. #00:01:17-9#
- (3) I.: Warum? #00:01:15-6#
- (4) S.: Weil es ein Rennauto ist. #00:01:20-4#
- (5) I.: Woher weißt du das? #00:01:24-2#
- (6) S.: Weil ich es eben weiß [fragend]? #00:01:27-3#
- (7) I.: Du weißt es? Von wo? #00:01:32-7#
- (8) S.: Vom Fernseher. #00:01:36-2#

Nachdem die Interviewerin in (1) die Schülerin zur Evaluation der zuvor genannten Aussage der Handpuppe auffordert, stimmt sie in (2) der Aussage zu. Eine Begründung für diese Evaluation liefert das Kind zunächst nicht, sodass die Interviewerin in (3) nach einer Begründung fragt („Warum?“). Darauf antwortet das Kind „weil es ein Rennauto ist“, sodass an dieser Stelle als Begründung nicht Aspekte der Daten angeführt werden, sondern eine Überlegung bezüglich einer (angenommenen) qualitativen Eigenschaft des Autos; damit wird hier eine auf den Sachkontext bezogene Überlegung als Argumentationsgrundlage herangezogen. Dass diese Überlegung auf Kontextwissen der Schülerin basiert, wird nicht zuletzt in (8) deutlich; hier antwortet die Schülerin auf die Frage, woher sie das wisse „vom Fernseher“.

Verglichen mit Antworten der zuvor betrachteten Kategorien K1–3 kann zunächst festgestellt werden, dass auch Antworten der Kategorie K4 eine Evaluation der zu überprüfenden Aussage enthalten und diese auch argumentativ begründet wird; rein strukturell betrachtet ähneln K4-Argumente daher solchen der bisherigen Kategorien. Allerdings spielen in den K4-Argumenten die Daten keine Rolle; zur Begründung werden ausschließlich kontextbezogene Überlegungen herangezogen.

Dies ist insofern von besonderem Interesse, da die Aufgabenstellungen bewusst so formuliert sind, dass

zur Evaluation der zu überprüfenden Aussagen notwendigerweise die Daten herangezogen werden müssen, sodass das Argumentieren allein auf Grundlage kontextbezogener Überlegungen nicht sinnvoll möglich ist. In Antworten der Kategorie K4 werden nun dennoch statt der Daten ausschließlich kontextbezogene Überlegungen als Argumentationsgrundlage genutzt. Zum einen könnte dies indirekt auf Schwierigkeiten im Umgang mit den Daten hindeuten; in diesem Fall könnten die Kinder ihr Kontextwissen gleichsam als *Ersatzstrategie* kompensatorisch eingesetzt haben, nachdem sie die gegebenen Daten nicht verstehen konnten und ihnen damit gewissermaßen die notwendige Evidenz fehlte (siehe dazu auch Krummenauer & Kuntze, 2019a). Allerdings konnten sowohl in den Audio- als auch in den Videodaten hierfür keine konkreten Anhaltspunkte gefunden werden, wie etwa Rückfragen der interviewten Kinder in Bezug auf die Daten oder Beobachtungen, dass sich Kinder die Daten längere Zeit angeschaut hätten und erst dann auf Basis von Kontextwissen argumentiert hätten. Ein anderer Grund, warum die Kinder die Daten nicht zum Argumentieren genutzt haben, könnte analog zu Kategorie K3 auch in Schwierigkeiten im Bereich des wissenschaftlichen Denkens liegen: Möglicherweise erschien manchen Kindern ihr Kontextwissen für die Evaluation der Behauptung der Handpuppe relevanter als die Daten oder es gelang ihnen nicht, kognitiv zwischen der zu evaluierenden Behauptung, den Daten und ihren eigenen Annahmen zu trennen.

Abschließend möchten wir den Fokus auf die Kategorie K5 richten, die Antworten zusammenfasst, in denen keine Argumente vorhanden sind, die sich auf eine Evaluation der zu überprüfenden Aussage beziehen. Innerhalb dieser Kategorie können nochmals weitere Sub-Typen von Antworten unterschieden werden:

In K5.1 fassen wir Antworten zusammen, in denen ausschließlich auf den Kontext bezogene Äußerungen artikuliert wurden, die jedoch in keinem Zusammenhang zu einer Evaluation der Aussage stehen. In solchen Antworten werden von den Kindern etwa Erlebnisse berichtet, die inhaltlich in irgendeiner Form mit dem Sachkontext in Verbindung stehen, jedoch nicht mit der Aufgabenstellung und der zu evaluierenden Aussage. Daneben (K5.2) gab es ähnliche Antworten, in denen ebenfalls Äußerungen ohne Bezug zur Aussage der Handpuppe genannt wurden, die sich jedoch im Vergleich zu K5.1 zusätzlich auf Aspekte der Daten bezogen; Implikationen hinsichtlich einer Evaluation der Aussage waren dennoch nicht erkennbar. Unter K5.3 werden Antworten gefasst, in denen zwar eine Evaluation der zu prüfenden Aussage geäußert wurde (z. B. „Ja, sie hat recht“), jedoch auch auf Nachfrage durch die Interviewerin nicht

argumentiert wurde. Außerdem gab es eine Antwort, in der eine Schülerin deutlich machte, dass sie auf die Frage, in der die Interviewerin um Evaluation einer Behauptung zu einem Datensatz bittet, keine Antwort weiß. Auch auf Nachfrage konnte sie nicht genauer artikulieren, ob sie etwas und wenn ja was sie nicht versteht (K5.4).

Der folgende Transkriptausschnitt zeigt eine Antwort, die der Kategorie K5.1 zugeordnet wurde; die Antwort bezieht sich auf eine Aufgabe, bei der Aussagen zu einem in Form von Piktogrammen dargestellten Datensatz evaluiert werden müssen, der die Füllstände einer Regentonne zu verschiedenen Zeitpunkten umfasst (siehe Abb. 7).

Beispiel 7: Kategorie K5

Aufgabe: „Sallys Regentonne“

(1) I.: (...) Jeden Abend vor dem Schlafengehen schaut die Sally in ihre Regentonne rein. #00:02:10-5#

(2) S.: Valentin [Name geändert], das ist mein Freund, der hat auch eine Regentonne und da ist jetzt ganz wenig Wasser drin, weil da/ es hat so lange nicht mehr geregnet und der hat gegossen, bis das Wasser so wenig war in der Regentonne. #00:02:31-5#

(3) I.: Dann bist du ja schon richtiger Regentonnenspezialist. Also schau mal, als die Sally am ersten Tag

in ihre Regentonne geschaut hat, sah die Regentonne so aus [zeigt auf Bildkarte]. Als die Sally am zweiten Tag in ihre Tonne geschaut hat, da sah sie so aus. (...) So sah die Tonne am dritten Tag aus. (...) So am vierten Tag (...) und so sah die Tonne am fünften Tag aus. #00:02:55-6#

(4) S.: So ist ja die Regentonne ganz voll bestimmt dann. #00:03:01-0#

(5) H.: Am letzten Tag war am meisten Wasser in der Tonne drin. #00:03:08-8#

(6) I.: Denkst du das auch? #00:03:09-2#

(7) S.: Ja. #00:03:10-0#

(8) I.: Warum denkst du das auch? #00:03:12-1#

(9) S.: Weil manchmal es ganz viel regnet und auf Laras [Name geändert] Bauernhof hat es ganz arg geschüttet wo wir/ wo Lara / meine Schwester reiten gegangen ist auf ihrem Lieblingspferd, weil die reitet auf ihrem Lieblingspony, die heißt Sandy. #00:03:31-5#

Der Transkriptausschnitt setzt ein, als die Interviewerin den Kontext der Aufgabenstellung erklärt. In (2) wird sie dabei von der Schülerin unterbrochen, die damit beginnt, von der Regentonne ihres Freundes zu erzählen. In (3) versucht die Interviewerin, wieder auf den Aufgabenkontext zurückzulenken und fährt mit der Präsentation der Daten fort. Unmittelbar nachdem die Interviewerin den letzten Datenpunkt präsentiert hat, kommt es erneut zu einem kurzen Einschub der Schülerin in (4). Dass der Einschub („So ist ja die Regentonne ganz voll bestimmt dann“) von der Schülerin als Vermutung formuliert ist, legt nahe, dass dieser nicht auf eine Auseinandersetzung mit den gegebenen Daten zurückzuführen ist, da an den Daten klar erkennbar ist, ob die Regentonne „ganz voll“ ist oder nicht. Auch in der zugehörigen Videosequenz lassen sich keine Anhaltspunkte identifizieren, die nahelegen würden, dass das Kind hier einen Bezug zu den Daten herstellt, beispielsweise, indem es auf den Datensatz blickt oder darauf zeigt. Der Einschub drückt damit offenbar eine Überlegung des Kindes aus, die sich auf den Sachkontext der Aufgabe bezieht. Nachdem die Interviewerin in (5) die zu evaluierende Aussage präsentiert, wird die Schülerin gefragt, ob sie der Aussage zustimmt. Die Schülerin antwortet darauf zustimmend, was auf eine Evaluation der Aussage hindeutet. Nach einer Begründung gefragt, äußert nun die Schülerin in (9) ähnlich wie zuvor in (2) erneut eine offenbar auf persönlichen Erlebnissen beruhende kontextbezogene Überlegung, die zwar durch die Konjunktion „weil“ eingeleitet wird (also durchaus als Begründung aufgefasst werden könnte), jedoch in keinem nachvollziehbaren Zusammenhang mit einer datenbasierten Evaluation der gegebenen Aussage steht.

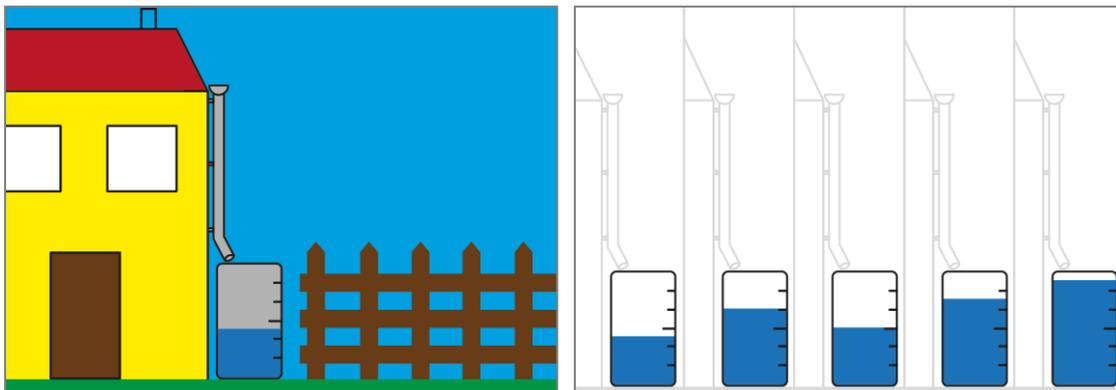


Abb. 7: Illustration zur Einführung (links) und Datensatz (rechts) zur Aufgabe „Sallys Regentonne“

Gegenüber Antworten der Kategorie 4 fehlt in diesem Beispiel nicht nur ein Bezug zu den Daten, sondern es wird auch nicht ersichtlich, inwiefern die kontextbezogenen Äußerungen in einem Zusammenhang mit der Gültigkeit der zu evaluierenden Aussage stehen; die Diskrepanz zu konsistenten datenbasierten Argumenten der Kategorie K1 ist daher bei Antworten der Kategorie K5 besonders groß.

Entsprechend sind bei solchen Antworten grundlegendere Schwierigkeiten anzunehmen, die prinzipiell verschiedene Bereiche betreffen können. So könnten etwa Antworten wie in Beispiel 7, in denen Kinder eigene, mit dem Kontext in irgendeiner Weise verbundene Erlebnisse berichteten, darauf hindeuten, dass Assoziationen zum Kontext das Denken der Kinder dominierten, was sie möglicherweise daran hinderte, sich überhaupt näher mit der Aufgabe auseinanderzusetzen und datenbasiert zu argumentieren. Aber auch Schwierigkeiten, die Daten zu interpretieren, das eigene Denken zu versprachlichen oder Probleme beim Verstehen der Aufgabenstellung einschließlich der Einbettung in den Sachkontext sind denkbar. Um genauere Einblicke in mögliche Hintergründe von Antworten, wie jene in den Kategorien K4 und K5, zu gewinnen, sind daher weitere Analysen im Rahmen von Folgeuntersuchungen erforderlich.

6. Diskussion

Bevor wir im Folgenden die Ergebnisse der Analyse hinsichtlich der Forschungsfragen diskutieren und einen Vergleich zu den Ergebnissen unserer vorherigen Studien mit älteren Kindern ziehen, möchten wir im folgenden Abschnitt zunächst auf die Limitationen dieser Studie eingehen.

6.1 Limitationen der Studie

Hinsichtlich der Stichprobe ist anzumerken, dass der Umfang relativ gering ist und es sich um eine Gelegenheitsstichprobe handelt, sodass die Ergebnisse keinesfalls repräsentativ für Schulanfänger*innen im Allgemeinen sind und nicht ohne Weiteres auf andere Kinder übertragen werden können. Die Ergebnisse dieser Studie können damit, insbesondere bezüglich der gefundenen Kategorien von Antworten, zwar Befunde im Sinne von Existenzbeweisen liefern, quantitative Aussagen, die über die konkrete Stichprobe hinausgehen, können auf der vorliegenden Datengrundlage jedoch nicht getroffen werden. Die im Ergebniskapitel ausgewiesenen Prozentwerte können entsprechend lediglich als grober Indikator dafür herangezogen werden, wie häufig die Kategorien im analysierten Datensatz sowie bei den einzelnen Kindern jeweils zu finden waren.

Über die Eingangsvoraussetzungen der Stichprobe liegen uns ausschließlich die in Kapitel 4 genannten Beobachtungsdaten vor, sodass keine weitergehenden Aussagen über mögliche Einflüsse von Eingangsfaktoren auf das datenbasierte Argumentieren möglich sind. Dennoch liegen insgesamt keine Anhaltspunkte vor, die es nahelegen würden, dass die Studie mit einer in besonderem Maße verzerrten Auswahl an Schüler*innen durchgeführt wurde (etwa ausschließlich mit Kindern mit großen sprachlichen Schwierigkeiten oder solchen mit besonders weit entwickelten mathematischen Fähigkeiten). Nicht zuletzt lassen die Ergebnisse bereits bei dieser kleinen Stichprobe eine recht große Heterogenität im Antwortverhalten der interviewten Kinder erkennen, sowohl was die gefundenen Kategorien betrifft als auch das Auftreten dieser Kategorien bei den verschiedenen Kindern (siehe Abb. 4 und Abb. 5).

Auch wenn die angesprochenen Limitationen für die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Studie eine untergeordnete Rolle spielen, sollten sie dennoch bei der Gesamtinterpretation der Studie und ihrer Ergebnisse berücksichtigt werden; nicht zuletzt ergeben sich aus diesen Aspekten, wie wir am Ende des Artikels aufzeigen, empirische Anschlussfragen.

6.2 Diskussion der Analyseergebnisse

Die Ergebnisse der zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage durchgeführten Top-Down-Codierung belegen, dass es allen interviewten Schulanfänger*innen in mindestens einem Fall gelang, eine Behauptung anhand der Daten zu evaluieren und ihre Evaluation auf der Grundlage der Daten konsistent zu begründen. Von allen analysierten Antworten enthielt insgesamt rund die Hälfte konsistente datenbasierte Argumente. Die Ergebnisse dieses Analyseschritts liefern damit Evidenz dafür, dass datenbasiertes Argumentieren in geeigneten Aufgabenkontexten prinzipiell bereits für Schulanfänger*innen möglich zu sein scheint.

Die im zweiten Analyseschritt durchgeführte differenzierende Bottom-up-Analyse konnte zeigen, dass sich innerhalb der Antworten, die nicht den Anforderungen der Kategorie K1 entsprechen, verschiedene Antworttypen unterscheiden lassen, aus denen jeweils Kategorien gebildet werden konnten, zu denen die Antworten der Kinder sich vollständig und überschneidungsfrei zuordnen lassen. Die Kategorisierung hat sich in einem Zweitrating mit $\kappa = .96$ als sehr reliabel erwiesen.

An Antworten der Kategorien K2 und K3 ist zu erkennen, dass auch in diesen Antworten zentrale Bestandteile datenbasierter Argumente vorhanden sind, was darauf schließen lässt, dass die jeweiligen Schüler*innen durchaus einige Anforderungen des

datenbasierten Argumentierens erfüllen konnten; hieran könnte eine Förderung im Mathematikunterricht gezielt anknüpfen. In den Antworten der Kategorie K2 etwa ist erkennbar, dass die Kinder offenbar durchaus in der Lage waren, Aspekte der Daten als Argumentationsgrundlage zu nutzen. Auch scheint den Kindern bewusst gewesen zu sein, dass die entsprechenden Aspekte der Daten jeweils *für sich genommen* ihre Evaluation der Behauptung in gewisser Weise untermauern. Die Antworten der Kategorie K2 zeigen damit, dass die Kinder grundsätzlich in der Lage waren, die zu evaluierende Aussage getrennt von den Daten zu betrachten, die Aussage im Sinne einer Hypothese anhand von Daten zu überprüfen und ein entsprechendes Argument zu entwickeln. Dass bestimmte Aspekte der Evidenz nicht herangezogen wurden, kann zum einen darauf hindeuten, dass die Kinder nicht in der Lage waren, diese zu berücksichtigen (etwa weil sie diese übersahen oder sie mit der Berücksichtigung mehrerer Aspekte überfordert waren); zum anderen kann dies aber auch, wie aufgezeigt wurde, auf Schwierigkeiten hindeuten, die die Koordination von Theorie und Evidenz betreffen. Eine gezielte Förderung hinsichtlich des Einsatzes entsprechender Strategien des wissenschaftlichen Denkens (beispielsweise gegebene Aussagen gezielt anhand der Daten zu hinterfragen) könnte daher eine Fördermöglichkeit eröffnen.

Bei Antworten, die der Kategorie K3 zugeordnet wurden, ist aus Perspektive des wissenschaftlichen Denkens auffällig, dass die Kinder neben den Daten auch kontextbezogene Überlegungen zur Argumentation heranzogen, obwohl diese im gewählten Interviewsetting aufgrund der Aufgabenstellung keine geeignete Evidenz darstellen. Kontextbezogene Überlegungen wurden hier offenbar dennoch gleichsam wie die Daten als *Evidenz* herangezogen, was impliziert, dass die Kinder sowohl die Daten als auch ihre eigenen Überlegungen als geeignete Grundlage für das Evaluieren der in den Aufgaben jeweils zu überprüfenden Aussagen betrachten. Eine konsistente Unterscheidung zwischen den zu überprüfenden Aussagen, eigenen Überlegungen und den Daten findet damit nicht durchgehend statt; Antworten der Kategorie K3 weisen insofern ebenfalls auf einen mangelnden Einsatz von Strategien des wissenschaftlichen Denkens hin.

In Antworten der Kategorie K4 werden nunmehr ausschließlich kontextbezogene Überlegungen als Argumentationsgrundlage herangezogen. Zum einen könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass die Kinder die gegebenen Daten nicht nutzen konnten und sie ihr Kontextwissen deshalb kompensatorisch im Sinne einer Ersatzstrategie einsetzten, wofür allerdings in den analysierten Daten keine konkreten Anhaltspunkte gefunden werden konnten. Ähnlich wie

bei Antworten der Kategorie K3 könnte das Heranziehen kontextbezogener Überlegungen auch auf Schwierigkeiten im Bereich des wissenschaftlichen Denkens hinweisen (z. B. könnten manche Kinder ihr Kontextwissen für die Evaluation der Behauptung der Handpuppe als relevanter als die Daten betrachtet haben), sodass auch hier eine Förderung hinsichtlich des Einsatzes von Strategien des wissenschaftlichen Denkens den Anteil solcher Antworten reduzieren könnte.

Bei denjenigen Antworten, die keine Argumentation mit Bezug zur Behauptung enthalten (K5), konnten kaum mehr Elemente datenbasierter Argumente rekonstruiert werden. Zugrundeliegende Schwierigkeiten sind, wie im Ergebnisteil aufgezeigt wurde, bei Antworten dieser Kategorie in verschiedenen Bereichen denkbar, etwa im Umgang mit den Daten und ihren Repräsentationen oder auch Verständnisschwierigkeiten bezogen auf die Aufgabenstellung. Die Antwort in Beispiel 7 legt es außerdem nahe, dass Überlegungen zum Kontext das Denken von Kindern bei solchen Antworten dominiert und damit eine Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung und das Entwickeln datenbasierter Argumente verhindert haben könnten. Eine entsprechend ausgerichtete Interventionsstudie, die die hier herausgearbeiteten Aspekte gezielt aufgreift, könnte vertiefte Einblicke dahingehend liefern, inwiefern sich der Anteil solcher Antworten reduzieren lässt.

Nimmt man die Kategorien K3, K4 und K5 zusammen, nahmen in insgesamt rund einem Viertel der analysierten Antworten kontextbezogene Überlegungen eine tragende Rolle ein, obwohl diese in den entsprechend konstruierten Aufgaben keine geeignete Argumentationsgrundlage darstellen. Im Rahmen von Anschlussuntersuchungen sollte daher außerdem noch genauer analysiert werden, wie Kinder ihr Kontextwissen beim datenbasierten Argumentieren einsetzen, um Schüler*innen in dieser Hinsicht ganz gezielt Hilfestellung bieten zu können.

6.3 Vergleich mit Befunden von Schüler*innen höherer Klassenstufen

Die im Rahmen der Analyse gewonnenen Kategorien weisen in zentralen Punkten Parallelen zu zwei vorausgegangenen Fragebogenstudien in der vierten Klasse (Krummenauer & Kuntze, 2018, 2019b) auf. So gab es in allen drei Studien neben Antworten, die die Anforderungen der jeweiligen Aufgabenstellungen vollständig erfüllen, auch Antworten, in denen, wie in K2, Aspekte der Daten zum Argumentieren herangezogen wurden, die alleine nicht geeignet sind, um entsprechende Aussagen zu evaluieren. Auch gab es rein kontextbasierte Antworten, Mischformen kontext- und datenbasierter Argumentationen sowie

Argumentationen, die auf einer Fehlinterpretation der Daten basieren (vgl. ebd.). Der Anteil an Antworten, bei denen nicht argumentiert wurde (hier K5), war in der hier berichteten Studie geringer als in den Fragebogenstudien, bei denen es beispielsweise häufiger Antworten gab, in denen nur die Aussage evaluiert oder gar keine Antwort gegeben wurde.

Fazit und Ausblick

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Studie, dass die interviewten Schulanfänger*innen in vielen Fällen Aussagen auf der Basis statistischer Daten evaluieren und eigene datenbasierte Argumente entwickeln konnten. Unseres Wissens nach ist dies die erste empirische Studie, die Evidenz in dieser Hinsicht für den Zeitpunkt des Schuleintritts liefert. Da die Studie ohne vorherige Intervention durchgeführt wurde, scheint es vielversprechend, im Mathematikunterricht der Grundschule an dieses Vorwissen der Kinder anzuknüpfen und Schüler*innen gezielt hinsichtlich des datenbasierten Argumentierens zu fördern.

Wie in der Diskussion aufgezeigt wurde, liefern die in der differenzierenden Analyse gewonnenen Kategorien konkrete Anhaltspunkte zur Entwicklung von Fördermöglichkeiten. So erscheint es etwa vielversprechend, mit Kindern gezielt zu reflektieren, welche Aussagen mit gewissen Daten argumentativ gestützt werden können und welche nicht. Beim argumentativen Umgang mit Daten dürfte es sinnvoll sein, speziell auch auf die Förderung von Strategien des wissenschaftlichen Denkens zu fokussieren (z. B. die Unterscheidung zwischen Behauptungen und eigenen Vorstellungen auf der einen Seite und den vorliegenden Daten auf der anderen Seite, das gezielte Hinterfragen von Aussagen anhand von Daten etc.). Hinweise, die es notwendig erscheinen ließen, beim Umgang mit Daten in der ersten Klasse den Fokus rein auf das Sammeln, Darstellen und Ablesen von Daten zu beschränken, wie es etwa Arbeiten von Neubert (2012), Kurtzmann (2016) oder Schipper (2009, S. 169 f.) nahelegen könnten, ergaben sich durch diese Studie nicht.

Es liegen zudem empirische Befunde vor, die belegen, dass Strategien des wissenschaftlichen Denkens auch bereits in der Grundschule erfolgreich gefördert werden können (Sodian et al., 2002). Aktuell untersuchen wir im Rahmen einer Interventionsstudie, inwiefern sich das datenbasierte Argumentieren durch Lernanregungen zu Strategien des wissenschaftlichen Denkens in der dritten und vierten Klasse fördern lässt. Inwiefern dies auch bereits zu Beginn der Grundschulzeit einen effektiven Förderansatz darstellt, ist ein weiterführendes Forschungsdesiderat, das in kommenden Studien untersucht werden sollte; auf Grundlage entsprechender Ergebnisse könnten

dann konkrete, evidenzbasierte Fördermöglichkeiten abgeleitet werden.

Neben den inhaltlichen Ergebnissen liefert die Studie nicht zuletzt auch einen methodischen Zugang, mit dessen Hilfe im Rahmen weiterer Studien das datenbasierte Argumentieren von Kindern untersucht werden kann, noch bevor sie lesen und schreiben können. Das Verfahren zur Analyse der Interviewdaten hat sich im Zweitrating als sehr robust herausgestellt und liefert damit eine wichtige Grundlage, um in Folgestudien den Stichprobenumfang vergrößern und damit in quantitativer Hinsicht noch detailliertere Analysen durchführen zu können.

Förderhinweis

Die Durchführung der Studie wurde durch Forschungsmittel des Senats der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg unterstützt.

Literatur

- Amsel, E. & Brock, S. (1996). The development of evidence evaluation skills. *Cognitive Development*, 11, 523–555.
- Ben-Zvi, D. & Sharett-Amir, Y. (2005). How do primary school students begin to reason about distributions? In K. Makar (Hrsg.), *Reasoning about distribution: A collection of current research studies. Proceedings of the Fourth International Research Forum on Statistical Reasoning, Thinking, and Literacy (SRTL-4)*, University of Auckland, New Zealand. St Lucia, Brisbane: School of Education, The University of Queensland. Zuletzt abgerufen am 28.09.2020 von: https://www.academia.edu/976792/How_do_primary_school_students_begin_to_reason_about_distributions.
- Brunner, E. (2014). *Mathematisches Argumentieren, Begründen und Beweisen. Grundlagen, Befunde und Konzepte*. Berlin: Springer Spektrum.
- Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen* (S. 75–91). Göttingen u. a.: Hogrefe.
- Bullock, M., Sodian, B. & Koerber, S. (2009). Doing experiments and understanding science: Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In W. Schneider & M. Bullock (Hrsg.), *Human development from early childhood to early adulthood. Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 173–197). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 38–60). Cambridge: University Press.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin: Springer.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (6. Aufl.). Marburg. Abgerufen am 09.10.2019 von www.audiotranskription.de/praxisbuch.

- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J.-W., Heene, M. & Eberle, J. (2014). Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28–45.
- Gadenne, V. (2019). Hypothese. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie*. Abgerufen am 30.09.2019 von: <https://portal.hogrefe.com/dorsch/hypothese>.
- Kaplan, J., Gimbel, S. & Harris, S. (2016). Neural correlates of maintaining one's political beliefs in the face of counterevidence. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep39589>
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1989). Developmental differences in scientific discovery process. In D. Klahr & K. Kotovsky (Hrsg.), *Complex information processing* (S. 109–143). Hillsdale: Erlbaum.
- Klayman, J. & Ha, Y. W. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, 94(2), 211–228.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 141–152.
- [Zit. KMK 2004] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. Abgerufen am 09.10.2019 von http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf.
- Krummenauer, J. & Kuntze, S. (2018). Primary students' data-based argumentation – an empirical reanalysis. In E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg & L. Sumpter (Hrsg.), *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, S. 251–258). Umeå, Sweden: PME.
- Krummenauer, J. & Kuntze, S. (2019a). Die Rolle von Kontextwissen beim Argumentieren mit statistischen Daten – empirische Befunde von Kindern im Grundschulalter. In A. Frank, S. Krauss & K. Binder, *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019* (Band 2, S. 453–456). Münster: WTM-Verlag.
- Krummenauer, J. & Kuntze, S. (2019b). Primary students' reasoning and argumentation based on statistical data. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen & M. Veldhuis (Hrsg.), *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (S. 241–248). Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.
- Krummenauer, J. & Kuntze, S. (eingereicht). Datenbasiertes Argumentieren in der Grundschule fördern – Eine Interventionsstudie im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674–689.
- Kuhn, D. (2011). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Hrsg.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (S. 497–523). Hoboken: Wiley-Blackwell.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, California: Academic Press.
- Kuntze, S. (2004). Wissenschaftliches Denken von Schülerinnen und Schülern bei der Beurteilung gegebener Beweisbeispiele aus der Geometrie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 25(3/4), 245–268.
- Kurtzmann, G. (2016). Häufigkeitsdiagramme erstellen und lesen von Anfang an. Schrittweiser Aufbau von Kompetenzen im Lesen und Erstellen von Häufigkeitsdiagrammen. *Grundschulunterricht Mathematik*, 2016(2), 4–7.
- Makar, K. (2018). Theorising links between context and structure to introduce powerful statistical ideas in the early years. In A. Leavy, M. Meletiou-Mavrotheris & E. Paparistodemou (Hrsg.), *Statistics in early childhood and primary education. Early mathematics learning and development* (S. 55–73). Singapore: Springer.
- Metz, K. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65(2), 93–127.
- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In H. Kloos, B. Morris & J. Amaral (Hrsg.), *Current topics in children's learning and cognition* (S. 61–82). London: Intech open.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Neubert, B. (2012). *Leitidee: Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit. Aufgabenbeispiele und Impulse für die Grundschule*. Offenburg: Mildenerberger.
- Nikiforidou, Z. (2018). Probabilistic thinking in young children: Theory and pedagogy. In A. Leavy, M. Meletiou-Mavrotheris & E. Paparistodemou (Hrsg.), *Statistics in early childhood and primary education. Early mathematics learning and development* (S. 55–73). Singapore: Springer.
- Oslington, G. (2018). Second-graders' predictive reasoning strategies. In E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg & L. Sumpter (Hrsg.), *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, S. 435–442). Umeå, Sweden: PME.
- Rathgeb-Schnierer, E. & Schönknecht, G. (2020). Datenkompetenz fördern. Der Umgang mit Daten – eine Aufgabe im Grundschulunterricht? *Die Grundschulzeitschrift*, 319, 6–9.
- Reiss, K. & Ufer, S. (2009). Was macht mathematisches Arbeiten aus? *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV)*, 111(4), 155–177.
- Schipper, W. (2009). *Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen*. Braunschweig: Schroedel.
- Schipper, W., Ebeling, A. & Dröge, R. (2015). *Handbuch für den Mathematikunterricht. 1. Schuljahr*. Braunschweig: Schroedel.
- Sill, H.-D. & Kurtzmann, G. (2019). *Didaktik der Stochastik in der Primarstufe*. Berlin: Springer Spektrum.
- Sodian, B., Bullock, M. & Koerber, S. (2008). Wissenschaftliches Denken und Argumentieren: Was muss Hänschen lernen, damit aus Hans etwas wird? In W. Schneider (Hrsg.), *Entwicklung von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter. Befunde der Münchner Längsschnittstudie LOGIK* (S. 67–84). Weinheim: Beltz.
- Sodian, B., Zatchik, D. & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 6, 753–766.
- Sommerhoff, D., Ufer, S. & Kollar, I. (2015). Research on mathematical argumentation: A descriptive review of

- PME proceedings. In K. Beswick, T. Muir & J. Wells (Hrsg.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, S. 193–200). Hobart, Australia: PME.
- Toulmin, S. (2003). *The use of argument* (2. Aufl.). Cambridge: University Press.
- Thomas, J. (1997). *Wissenschaftliches Denken im Jugendalter*. Habilitationsschrift. Mainz: Johannes-Gutenberg-Universität.
- Tschirigi, J. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1–10.
- Weinert, F. E. & Schneider, W. (Hrsg.). (1999). *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich Longitudinal Study*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223.

Anschrift der Verfasserin und der Verfasser

Jens Krummenauer
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reutallee 46
71634 Ludwigsburg
krummenauer@ph-ludwigsburg.de

Maria Emhart
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reutallee 46
71634 Ludwigsburg

Prof. Dr. Sebastian Kuntze
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Institut für Mathematik und Informatik
Reutallee 46
71634 Ludwigsburg
kuntze@ph-ludwigsburg.de