

Verhaltensweisen von Lehrkräften im Umgang mit Schülerfehlern – Ergebnisse einer empirischen Studie

KIRSTEN BENECKE, UNIVERSITÄT HAMBURG & GABRIELE KAISER, UNIVERSITÄT HAMBURG, NORD UNIVERSITY

Zusammenfassung: Verhaltensweisen von Lehrkräften¹ im Umgang mit Schülerfehlern im Rahmen des Mathematikunterrichts sind ein zentrales Thema der Mathematikdidaktik. Trotzdem gibt es nur wenige empirische Studien zu dem Thema, insbesondere aus neuerer Zeit. In der vorliegenden Studie wird dieses Forschungsdefizit aufgegriffen. Dazu werden basierend auf videographiertem Mathematikunterricht von 13 Hamburger Lehrkräften über zwei Doppelstunden verschiedene Verhaltensweisen im Umgang mit Schülerfehlern rekonstruiert. Hierbei werden pragmatische, im Unterrichtsprozess voranschreitende Umgangsweisen und prozessorientierte, auf Verstehensprozesse abzielende Verhaltensweisen gegenübergestellt. Folgende Verhaltensweisen von Lehrkräften im Umgang mit Fehlern konnten wir idealtypisch rekonstruieren und an unterrichtlichen Beispielen exemplifizieren: Weitergabe des Fehlers bzw. der Frage, Hilfe bei der Korrektur des Fehlers und Fokussierung auf das Falsche beim pragmatischen Vorgehen; Verwendung allgemein-strategischer Hilfen, inhaltsorientierter strategischer Hilfen und inhaltlicher Hilfen sowie Fokussierung auf das Richtige beim prozessorientierten Vorgehen. Es zeigt sich eine Dominanz von pragmatischen Umgangsweisen mit Fehlern, wobei deutliche individuelle Unterschiede zwischen den Lehrkräften rekonstruiert werden können. Unterschiede in den gewählten Umgangsweisen zwischen den Unterrichtsphasen lassen sich nicht eindeutig identifizieren.

Abstract: Teachers' behaviours in dealing with student errors in the context of mathematics education are a central topic in mathematics didactics. Nevertheless, there are only few empirical studies on the topic, especially from recent times. In the present study, this research deficit is addressed. For this purpose, based on videotaped mathematics lessons of 13 Hamburg teachers over two double lessons, different behaviours in dealing with student errors are reconstructed. In this context, pragmatic ways of dealing with student errors – advancing in the teaching process – versus process-oriented ways of dealing with student errors – aiming at understanding processes – are compared. We were able to reconstruct the following behaviours of teachers in dealing with errors in an ideal-typical way and exemplify them with examples from the classroom: Passing on the error or

the question, help in correcting the error, and focusing on the wrong issue in the pragmatic approach; use of general-strategic help, content-oriented strategic help, and content-related help as well as focusing on the right issue in the process-oriented approach. Thereby, a dominance of pragmatic ways of dealing with errors could be reconstructed, although there are clear individual differences among the teachers. Furthermore, differences in the chosen ways of dealing between the teaching phases cannot be clearly identified.

1. Einleitung

Die Relevanz von Fehlern für das unterrichtliche Lernen ist seit einigen Jahrzehnten Konsens (Oser, Häscher & Spychiger, 1999). Der produktive Umgang mit Fehlern benötigt allerdings Unterrichtszeit, die nicht immer im Schulunterricht vorhanden ist (Schoy-Lutz, 2005). Bereits in der frühen Diskussion zu Classroom Management wurde betont, dass die auffälligsten Merkmale des Unterrichts seine Multidimensionalität, Gleichzeitigkeit und Unvorhersehbarkeit seien (Doyle, 1977). Dies wird auch im aktuellen Diskurs zur professionellen Unterrichtswahrnehmung hervorgehoben: „a teacher is bombarded with a blooming, buzzing confusion of sensory data“ (Sherin & Star, 2011, S. 69). Die Multidimensionalität von Unterricht verlangt daher häufig spontane Reaktionen zum Umgang mit aufgetretenen Schülerfehlern. Eine ausführliche, auf einen Lernfortschritt abzielende Behandlung des Fehlers wird von Rach, Ufer und Heinze (2012) als prozessorientiert bezeichnet (siehe auch Heinze, 2004; Helmke, 2010). Im Gegensatz dazu steht eine unterbrechungsfreie Fortsetzung des Unterrichtsverlaufs, in dem die Lehrkraft selbst den Fehler erklärt oder korrigiert oder andere Lernende damit betraut. Dieses Vorgehen wird als pragmatisch oder ergebnisorientiert bezeichnet (Rach et al., 2012).

Im Folgenden werden Ergebnisse einer Studie vorgestellt, die der Frage nachgeht, welche Verhaltensweisen im Umgang mit Fehlern bei Mathematiklehrkräften im Mathematikunterricht rekonstruiert werden können. Nach einem Überblick über Literatur zu dem Umgang mit Fehlern und relevanten Konstrukten beschreiben wir das methodische Vorgehen der Studie, präsentieren die Ergebnisse auf Basis obiger Unter-

scheidung und entwickeln Charakteristika für ein typisierendes Verhalten der Lehrkräfte. Der Artikel schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse und Limitationen der Studie.

2. Stand der Forschung

Im Folgenden wird der einschlägige Stand der mathematikdidaktischen Forschung dargestellt – differenziert nach theoretischen Ansätzen zum Umgang mit Schülerfehlern, empirischen Studien zum Umgang mit Schülerfehlern, dem Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität und dem Einfluss der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte auf den Umgang mit Schülerfehlern. Diese bilden die Basis für unser methodisches Vorgehen.

2.1 Theoretische Ansätze zum Umgang mit Schülerfehlern

Fehler werden in der einschlägigen Literatur beschrieben „als von einer Norm abweichende Sachverhalte oder von einer Norm abweichende Prozesse“ (Oser et al., 1999, S. 11). Dabei ist die Betrachtung der Norm entscheidend, denn ohne dieses „Bezugssystem“ kann eine richtige nicht von einer falschen Aussage unterschieden werden (Oser et al., 1999). Ausgehend von dieser Definition wurden in der Forschung Modifikationen und Ausdifferenzierungen entwickelt, von denen wir die zentralen im Abschnitt 2.5 thematisieren werden.

Machen Lernende Fehler und fühlen sie sich schlecht dabei, kann sich dies negativ auf ihren Lernprozess auswirken, worauf Oser et al. (1999) hinweisen. Daher besteht in der gegenwärtigen Diskussion Konsens darüber, dass die Lehrkraft für eine positive Lernatmosphäre sorgen soll, in der Schülerfehler als Lernanlässe zugelassen werden (z. B. Holzäpfel, Loibl & Ufer, 2015; OECD, 2020; Schoy-Lutz, 2009). Aber nicht nur eine fehlerfreundliche Atmosphäre ist nötig, wenn Schülerfehler auftauchen und die Lehrkraft mit ihnen umgehen muss. Nach Oser et al. (1999) müssen die Lernenden die Möglichkeit bekommen, ihren Fehler zu erkennen, zu verstehen und ihn zu korrigieren, um daraus zu lernen. Für diesen Prozess muss die Lehrkraft Raum und Zeit geben. Damit ergibt sich auch die Notwendigkeit für die Lehrkraft, die Ursachen des Fehlers zu diagnostizieren, was nach Schoy-Lutz (2005) Bedingung dafür ist, „im Sinne einer positiven Fehlerkorrektur reagieren zu können“ (Schoy-Lutz, 2005, S. 143). Die Lehrkraft sollte die Lernenden in einer Fehlersituation unterstützen. Dies kann auf unterschiedliche Arten geschehen. Helmke (2010) unterscheidet eine *konstruktivistische* von einer *instruktivistischen* Herangehensweise: erstere meint eine Fehlerbehandlung, bei der

die Fehlermachenden im Fokus stehen und durch Unterstützungen der Lehrkraft den Fehler eigenständig korrigieren. Bei der instruktivistischen Herangehensweise übernimmt die Lehrkraft den aktiven Part, indem sie den betroffenen Lernenden beispielsweise den Fehler erklärt oder etwas zeigt, um den Sachverhalt zu verdeutlichen. Nach Helmke (2010) sind beide Ansätze wichtig für das Lernen und ergänzen sich wechselseitig. Allerdings wird im didaktischen Diskurs häufig eine konstruktivistische Herangehensweise bevorzugt, wie zum Beispiel von Schoy-Lutz (2005):

Eine erfolgreiche Fehlerkorrektur ist ein aktiver und möglichst eigenständiger vom betreffenden Schüler selbst in Gang gesetzter Prozess, der von der Lehrperson begleitet werden kann. (Schoy-Lutz, 2005, S. 341)

Insgesamt existiert in der Mathematikdidaktik ein Konsens bzgl. der hohen Bedeutung konstruktivistischer Ansätze, d. h., dass ein konstruktiver Umgang mit Schülerfehlern für einen qualitativ hochwertigen Mathematikunterricht und damit als ein zentraler Aspekt von Unterrichtsqualität anzusehen ist (Clausen, Reusser & Klieme, 2003; Rakoczy & Pauli, 2006), worauf wir nach der Darstellung des Standes der Ergebnisse empirischer Studien zum Umgang mit Schülerfehlern detaillierter eingehen.

2.2 Empirische Studien zum Umgang mit Schülerfehlern

Empirische Studien, die untersuchen, wie Lehrkräfte auf Schülerfehler reagieren, z. B. im affektiv-emotionalen Bereich oder im Bereich des Einsatzes von Strategien zur Behandlung dieses Fehlers, wurden bisher eher vereinzelt durchgeführt trotz der hohen Relevanz des Themas. Die Studien decken unterschiedliche Aspekte ab und berichten nur wenige gemeinsame Resultate. Daher werden die Studien im Folgenden einzeln dargestellt und nicht entlang zentraler Resultate.

Im Rahmen der Third International Mathematics and Science Study-Videostudie (TIMSS-Videostudie) zum Mathematikunterricht in Jahrgang 8 analysierte Santagata (2005) in einer qualitativen Detailstudie Lehrer-Schüler-Interaktionen bei Schülerfehlern von US-amerikanischen und italienischen Lernenden. Basierend auf einer differenzierten Klassifikation der Reaktionen der Lehrkraft auf die Schülerfehler identifizierte Santagata (2005) in beiden Ländern als häufigstes Vorgehen der Lehrkraft die Korrektur des Fehlers durch die Lehrkraft selbst (32 % bzw. 25 %). An zweiter Stelle folgte die Paraphrasierung der Frage, inklusive eines Hinweises für den oder die Lernende(n), wobei amerikanische Lehrkräfte die Frage auch genauso häufig an andere Lernende wei-

tergaben. Santagata (2005) unterschied zudem zwischen öffentlicher und privater Korrektur der Fehler. In der Studie wurde deutlich, dass im Unterricht an italienischen Schulen fast alle Fehler vor der gesamten Klasse besprochen wurden, während in den amerikanischen Schulen die Lehrkraft und die Schülerin oder der Schüler über ein Drittel der Fehler separat diskutierten (Santagata, 2005). Diese Arbeiten wurden von Matteucci, Corazza und Santagata (2015) mit Analysen zum Zusammenhang von *beliefs* und dem Verhalten bei Fehlern im Unterricht weitergeführt (Matteucci et al., 2015).

Eine andere Art der Unterscheidung in der Literatur stellt die Differenzierung des Umgangs mit Fehlern entlang der Unterrichtsphasen dar, in denen der Fehler auftritt (Fritz, 2022; Heinze, 2004; Schoy-Lutz, 2005). Hier wird zum Beispiel danach unterschieden, ob die Gespräche der Lehrkraft mit der gesamten Klasse ablaufen oder mit einzelnen Lernenden (Heinze, 2004; Schoy-Lutz, 2005) oder wie kommunikativ die Sozialformen sind (Oser & Spychiger, 2005). Auch nach der Stelle in der Unterrichtsstunde (Fritz, 2022) oder der Phase des Lernprozesses, in der der Fehler auftritt (Holzäpfel et al., 2015), wird differenziert.

Schoy-Lutz (2005), deren Studie im Rahmen einer deutsch-schweizerischen Vergleichsstudie (der sogenannten „Pythagoras-Studie“) durchgeführt wurde, identifizierte drei Handlungstypen im Umgang mit Schülerfehlern: den „Frontalunterricht-Monitoring-Typ“, den „Hört-mal-alle-her-Typ“ und den „Zwei-Phasen-Typ“ (Schoy-Lutz, 2005, S. 292 ff). Der erste Handlungstyp ist charakterisiert durch das frontale Aufgreifen von Fehlern, die in Unterrichtsgesprächen auftauchen. Der zweite Typ ist gekennzeichnet durch eine Unterbrechung der Arbeitsphase, in der der Fehler aufgetreten ist, um diesen in einem Unterrichtsgespräch für alle zu klären. Charakteristisch für den letzten Typ ist eine Thematisierung des in der Arbeitsphase aufgetretenen Fehlers direkt mit den beteiligten Lernenden – erste Phase – und durch ein späteres Aufgreifen des Fehlers im Unterrichtsgespräch, ohne Bezug auf die betroffenen Lernenden – zweite Phase (Schoy-Lutz, 2005).

Heinze (2004) fokussierte in seiner Studie Fehler im Unterrichtsgespräch. Basierend auf einer Analyse von Geometriestunden in der 8. Klasse wurde deutlich, dass die Hälfte der Schülerfehler von Lehrkräften zur Diskussion gestellt wurde, wobei der jeweilige Fehler zumeist von der Schülerin oder dem Schüler, die oder der den Fehler gemacht hatte, berichtet oder von einer Mitschülerin oder einem Mitschüler geklärt wurde. In einem Viertel aller Fälle wurde der Fehler dagegen direkt korrigiert, ohne ihn näher zu erläutern. Heinze (2004) untersuchte zudem die

„Funktion der Reaktion“, die er aus der Fehlersituationen rekonstruierte und unterschied dabei die Kategorien „Disziplinierung“, „Ergebnisorientierung“, „Lernfortschritt“ und „unentscheidbar“, wobei jeweils die überwiegende Fehlersituation einer Kategorie zugeordnet wurde. Es zeigte sich, dass in den Fehlersituationen die Ergebnisorientierung und der Lernfortschritt zu gleichen Teilen im Zentrum standen (jeweils etwa zu 44 %). Die restlichen Fehlersituationen waren größtenteils nicht entscheidbar. Einen Zusammenhang zwischen der Funktion der Reaktion und dem Fehlertyp konnte er nicht rekonstruieren, wohl aber einen Zusammenhang zwischen Funktion der Reaktion und Reaktionsart. So fand größtenteils bei auf den Lernfortschritt abzielenden Absichten eine Klärung des Fehlers statt, während bei ergebnisorientierten Absichten eine Berichtigung oder ein Übergehen kodiert wurde (Heinze, 2004).

Fritz (2022) befasste sich in ihrer Studie mit Schülerfehlern im Problemlöseunterricht und fokussierte unter anderem auch den Umgang mit Schülerfehlern. Basierend auf der Klassifikation von Heinze (2004) berichtete sie, dass insgesamt am seltensten „ergebnisorientierte Hilfen“ eingesetzt wurden. Ein „selbstständigkeitsorientierter Fehlerumgang“ dagegen wurde bei den Fehlern, die im Unterricht auftraten – ohne Berücksichtigung der Schülerfehler in den Schüleraufzeichnungen – am häufigsten identifiziert. Ähnliche Ergebnisse berichtete sie auch unter Einbeziehung der Fehlerart, wobei sie drei Arten von Fehlern unterschied: den Wissensfehler, den Fertigungsfehler und den Strategiefehler. Am häufigsten traten in der Studie Strategiefehler auf, und zwar meist in der Planungs- und Bearbeitungsphase, eher selten in der Präsentations- und Evaluationsphase. Sie berichtete zudem, dass der Einsatz von selbstständigkeitsorientierten Hilfen im Laufe der Planungs- und Bearbeitungsphase abnahm und die Anzahl der ergebnisorientierten und prozessorientierten Hilfen zunahm. Basierend auf diesen Ergebnissen rekonstruierte sie fünf situative Lehrkrafttypen: einen Beobachter-Typ, der die Fehler hauptsächlich übergeht, einen Initiator-Typ, der einen selbstständigkeitsorientierten Fehlerumgang präferiert, einen Berater-Typ, der unterschiedliche Umgangsweisen in ähnlicher Gewichtung vorweist, einen Korrektor-Typ, der überwiegend ergebnisorientiert auf Schülerfehler reagiert, und einen Erklärer-Typ, der meist einen prozessorientierten Umgang zeigt (Fritz, 2022).

Weiterhin wird in einigen empirischen Studien der Zusammenhang von *beliefs* und dem Umgang mit Schülerfehlern analysiert (Heinrichs, 2015; Larrain, 2021; Türling, 2014). Dabei werden *beliefs* häufig unter Bezug auf eine Definition von Richardson (1996) als Überzeugungen definiert, die stabile, psy-

chologisch begründete Aussagen über die uns umgebende Welt als wahr akzeptieren. Nach dieser Definition enthalten Überzeugungen affektive und kognitive Elemente. In den Studien von Heinrichs (2015), Larrain (2021) und Türling (2014) wurde mithilfe von Text- oder Videovignetten erhoben, wie die Probandinnen und Probanden auf den in den Vignetten thematisierten Fehler reagieren würden, falls dieser in ihrem Unterricht auftreten würde. So wurde sowohl in den Studien von Heinrichs (2015) als auch von Larrain (2021) deutlich, dass die Kompetenz zur Diagnose von Schülerfehlern stark vom Professionswissen als auch den *beliefs* der zukünftigen Lehrkräfte beeinflusst wurde und durch einschlägige Seminarangebote in der Lehramtsausbildung gefördert werden konnte. Türling (2014) berichtete, dass die (angehenden) Lehrkräfte in Fehlersituationen eher dazu neigten, Hilfestellungen zu geben und abzusichern, dass der Fehler behoben wurde. Eine offene Thematisierung des Fehlers oder das Einbeziehen von Vorwissen der Schülerin oder des Schülers wurden eher seltener praktiziert (Türling, 2014).

Aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler analysierten Rach et al. (2012, 2016) den Umgang mit Fehlern. Dabei wurde untersucht, inwieweit die Schülerinnen und Schüler konstruktiv mit Fehlersituationen umgingen und inwieweit eine positive Fehlerkultur zu einem konstruktiven Umgang beitragen konnte (Rach et al., 2012, 2016). Zur Beschreibung des Umgangs mit Fehlern benutzten sie ein Prozessmodell, das die bereits erwähnten Wege, den „pragmatisch-ergebnisorientierten“ und den „analysierend-prozessorientierten Weg“ (Rach et al., 2012, S. 218) unterscheidet. Insbesondere dem analysierend-prozessorientierten Weg sprechen sie „lernförderliches Potential“ (Rach et al., 2012, S. 218) zu. Bei ihrer Untersuchung konnten sie drei Typen von Lernenden rekonstruieren: den „angstfrei, konstruktiven“, den „angstfrei, inaktiven“ und den „ängstlich, inaktiven“. Am häufigsten trat bei ihnen der erste Typ und am wenigsten der dritte Typ auf. Zudem fanden sie heraus, dass die Etablierung einer positiven Fehlerkultur dazu führte, dass die Lernenden eine „vermehrt affektive Unterstützung“ (Rach et al., 2012, S. 231) durch die Lehrkraft wahrnahmen und weniger Angst in Fehlersituationen hatten. Allerdings identifizierten sie im kognitiven Bereich keine Auswirkungen einer fehlertoleranten Klassenkultur. Daraus schlossen sie, dass „eine fehlertolerante Klassenkultur allein nicht ausreichend ist, um Schülerinnen und Schüler zu einer lernförderlichen Nutzung von Fehlersituationen zu aktivieren“ (Rach et al., 2012, S. 231). Die damit zusammenhängende Notwendigkeit, konstruktiv mit Fehlern umzugehen, ist Teil der Unterrichtsqualität, auf die wir im Folgenden eingehen.

2.3 Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität

Unterrichtsqualität wird in der deutschsprachigen Diskussion meist als Zusammenspiel der Basisdimensionen *Klassenführung*, *konstruktive Unterstützung* und *kognitive Aktivierung* konzeptualisiert (z. B. Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Voss, 2011). Die Dimension der Klassenführung beinhaltet hierbei die effiziente Nutzung der Lernzeit, wozu sowohl lernorganisatorische Aspekte wie die Etablierung von Regeln und Routinen als auch der Umgang mit Störungen gezählt werden (Kunter et al., 2013; Lipowsky et al., 2009). Die Dimension der konstruktiven Unterstützung (unter anderem auch bezeichnet als „Schülerorientierung“) umfasst eine gute Lernatmosphäre, individuelle Lernunterstützung und Rückmeldungen sowie Differenzierung (Clausen et al., 2003; Klieme, Pauli & Reusser, 2009; Kunter & Voss, 2011; Lipowsky et al., 2009). Hierzu wird im Allgemeinen auch der konstruktive Umgang mit Schülerfehlern gezählt (Clausen et al., 2003; Kunter & Voss, 2011; Rakoczy & Pauli, 2006). Durch die kognitive Aktivierung sollen die Lernenden zu einer tiefergehenden Auseinandersetzung mit den Unterrichtsgegenständen angeregt werden; sie umfasst somit herausfordernde, problemorientierte Fragen sowie die Aktivierung von vorhandenem Wissen (Klieme et al., 2009; Kunter & Voss, 2011; Lipowsky et al., 2009).

Ergänzend zu diesen Basisdimensionen wird seit Jahren über die Notwendigkeit einer fachspezifischen Dimension diskutiert, die ursprünglich von Blum (2006) gefordert wurde, zu der es aktuell aber keine akzeptierte Konzeptualisierung gibt (für einen Überblick zur Diskussion mit einer eigenen Instrumentenentwicklung siehe Jentsch et al., 2020).

Zur Erfassung der Unterrichtsqualität gilt die Unterrichtsbeobachtung als eine zuverlässige Methode, die umfassend eingesetzt wird, zum Beispiel auch von der Schulinspektion (IfBQ, 2021; siehe auch Helmke, 2010). Die Dokumentation des Unterrichts bei der Unterrichtsbeobachtung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, zum Beispiel durch Videographien, Tonaufnahmen oder Mitschriften bei direkten Beobachtungen. Alle Methoden haben ihre Vor- und Nachteile (Wragg, 2012). Für die Erhebung von Unterrichtsqualität wurden in den letzten Jahren viele verschiedene Instrumente zur Unterrichtsbeobachtung entwickelt (Praetorius & Charalambous, 2018). Eines von diesen Instrumenten wurde im Rahmen der Studie TEDS-Unterricht entwickelt und eingesetzt (Schlesinger, Jentsch, Kaiser, König & Blömeke, 2018), worauf wir im methodischen Vorgehen (Abschnitt 3.1) eingehen.

2.4 Einfluss der professionellen Kompetenz auf den Umgang mit Schülerfehlern

Zur Beschreibung der professionellen Kompetenz einer Lehrkraft kann aktuell das Modell von Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015) weithin als Konsens in der Forschung zur Lehrerprofessionalität angesehen werden. In diesem Modell von Kompetenz als Kontinuum wird die Transformation von *Dispositionen* in die *Performanz* der Lehrkraft beschrieben, wobei *situationsspezifische Fähigkeiten* der professionellen Unterrichtswahrnehmung als Mediator dienen.

Die Dispositionen einer Lehrkraft beinhalten das Professionswissen und affektiv-motivationale Facetten. Zentrale Arbeiten zum Professionswissen stammen von Shulman (1987), der eine Klassifikation verschiedener Arten des Lehrerprofessionswissens entwickelte und dabei u. a. folgende drei Dimensionen unterschied: *Fachwissen*, *fachdidaktisches Wissen* und *pädagogisches Wissen* (Shulman, 1987; siehe auch Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010a, b). Für einen angemessenen Umgang mit Fehlern ist fachliches und fachdidaktisches Wissen zentral (Reiss & Hammer, 2013). Buchholtz, Kaiser und Blömeke (2014) unterteilen das mathematikdidaktische Wissen in eine unterrichtsbezogene und eine stoffbezogene Komponente. Letzteres beinhaltet hierbei die fachlich geprägte Diagnostik von Schülerlösungen und andere stofflich geprägte Inhalte des Lehrens, wozu die fachliche Analyse von Fehlern zu zählen ist. Auch das pädagogische Wissen, das generisch angelegt ist, beinhaltet Aspekte zur Diagnose (Baumert & Kunter, 2006; König & Blömeke, 2009; Neuweg, 2014). Die Kompetenz zur Analyse von Fehlern durch Lehrkräfte ist daher als Konstrukt definiert, in dem sich die einzelnen Dimensionen des Lehrerprofessionswissens gegenseitig ergänzen.

Die von Blömeke et al. (2015) als Mediator beschriebenen situationsspezifischen Fähigkeiten werden in anderen Arbeiten auch unter Rückgriff auf das in der internationalen Diskussion weithin akzeptierte Konstrukt von *Noticing* als professionelle Unterrichtswahrnehmung konzeptualisiert (Jahn, Stürmer, Seidel & Prenzel, 2014). Das Konzept des *Noticing* geht vor allem auf Arbeiten von van Es und Sherin (2002) zurück und wird in der Literatur unterschiedlich konzeptualisiert (für einen systematischen Literaturüberblick siehe Santagata et al., 2021). Schülerfehler und der Umgang damit durch Lehrkräfte sind zentrale Bestandteile der professionellen Unterrichtswahrnehmung, da Lehrkräfte sich spontan zwischen einer Vielzahl möglicher Reaktionen auf einen wahrgenommenen Schülerfehler entscheiden müssen. Aktu-

ell ist nur wenig dazu bekannt, wie Lehrkräfte tatsächlich im Unterricht mit Schülerfehlern umgehen. Die im Artikel beschriebene Studie intendiert diese Forschungslücke mit einer Analyse der Umgangsweisen von Lehrkräften mit Schülerfehlern zu schließen. Bevor wir die Forschungsfragen darlegen, werden der eigene Theorierahmen und zentrale Konzeptualisierungen unserer Studie entwickelt.

2.5 Eigener Theorierahmen und Forschungsfragen

Wie oben erwähnt, wurden in der einschlägigen Diskussion verschiedene Definitionen von Fehlern entwickelt. Die immer wieder zitierte Definition von Oser „als von einer Norm abweichende Sachverhalte oder von einer Norm abweichende Prozesse“ (Oser et al., 1999, S. 11) wurde u. a. von Prediger und Wittmann aufgegriffen, die Fehler definieren als

Äußerungen, Sachverhalte oder Prozesse, wenn sie von einer im Unterricht – ggf. nach längerem Aushandlungsprozess – bereits etablierten Norm abweichen (Prediger & Wittmann, 2009, S. 3).

Die beschriebene Norm und damit das „Bezugssystem“ (Oser et al., 1999, S. 11) ist dort der konkrete Unterricht, in dem der Fehler auftritt. Es ist also denkbar, dass eine Lehrkraft eine Äußerung in einer Klasse als Fehler ansieht, in einer anderen Klasse, weil hier das Thema noch nicht behandelt wurde, jedoch nicht. Da es durch unseren kurzen Einblick in den besuchten Unterricht nicht möglich ist, immer zu erkennen, ob in diesem Unterricht eine Norm bereits etabliert ist, orientieren wir uns bei unserer Fehlerdefinition an Heinze (2004), der als die Norm das allgemeine Verständnis der Mathematik annimmt:

Ein Fehler ist eine Äußerung, die gegen die allgemeingültigen Aussagen und Definitionen der Mathematik sowie gegen allgemein akzeptiertes mathematisch-methodisches Vorgehen verstößt. (Heinze, 2004, S. 223)

Somit ist unser Verständnis eines Fehlers unter Umständen strenger als das der videographierten Lehrkräfte, da wir alle mathematikspezifisch falschen Äußerungen von Lernenden als Fehler ansehen, auch das, was die Lernenden ggf. noch nicht wissen können. Auf der anderen Seite ist es denkbar, dass Lehrkräfte etwas als falsch bezeichnen oder auf eine andere Weise deutlich machen, dass sie die Äußerung als nicht korrekt ansehen, auch wenn dies nach den oben genannten Kriterien nicht zutrifft. Dabei kann es sich zum Beispiel um Situationen handeln, in denen Lernende Aufgaben auf andere Arten lösen als die von der Lehrkraft intendierte, die mathematisch aber ebenfalls vertretbar sind. Diese „Deutungshoheit“ (Steuer, 2014, S. 19) der Lehrkraft inkludiert Steuer (2014) in ihre Fehlerdefinition:

Ein Fehler ist eine Handlung oder ein Handlungsergebnis, welche bzw. welches von einer Norm (oder einem Ziel) abweicht oder von der Lehrkraft als falsch beurteilt wird und wider der Intention des Individuums (i.e. ein Schüler oder eine Schülerin) geschieht. (Steuer, 2014, S. 19)

Wie oben ausgeführt, können Lehrkräfte unterschiedlich auf Schülerfehler oder auf das, was sie als Fehler beurteilen, reagieren. Unter Bezug auf Heinze (2004) und Rach et al. (2012) unterscheiden wir in dieser Arbeit die beiden unterschiedlichen Wege *pragmatisch / ergebnisorientiert* und *analysierend / prozessorientiert*.

Unter *pragmatisch / ergebnisorientiert* wird ein Umgang mit Fehlern mit folgender Intention verstanden: „die laufende Unterrichtssequenz soll durch die Fehlersituation nicht unterbrochen werden“ (Heinze, 2004, S. 233). Infolgedessen liegt der Fokus der Interaktion hierbei auf der schnellen Fehlerkorrektur, die häufig durch die Lehrkraft selbst vorgenommen wird. Dieses Verhalten besitzt also einen instruktivistischen Anteil (siehe auch Heinrichs, 2015). Im Rahmen dieses Vorgehens kann diese Korrektur auch durch die Mitschülerinnen und Mitschüler geschehen, indem die Lehrkraft so lange weitere Lernende aufruft, bis die Antwort zufriedenstellend ist („Bermuda-Dreieck der Fehlerkorrektur“, Oser et al., 1999, S. 26 f.). Unter *analysierend / prozessorientiert* dagegen verstehen Rach et al. (2012) einen Umgang mit Fehlern, bei dem neben der Fehlerkorrektur eine Fehleranalyse geschieht, die zum „Aufbau von Präventionsstrategien“ (Rach et al., 2012, S. 218) führen soll. Helmke (2010) spricht im Hinblick auf ‚guten‘ Unterricht ebenfalls von prozessorientierten Vorgehensweisen. Er definiert dies als „Herangehensweise an die Beschreibung und Bewertung des Unterrichts, die nicht vom Produkt (den Wirkungen) ausgeht, sondern nach der Beschaffenheit der *Unterrichtsprozesse* fragt“ (Helmke, 2010, S. 23-24, Hervorhebung im Original). Unter Bezug auf diese Ausführungen verstehen wir unter Prozessorientierung, dass nicht der Fehler selbst im Vordergrund steht, sondern die Prozesse, die zu ihm geführt haben (wie z. B. Fehlvorstellungen) oder der Prozess, den Fehler zu behandeln. Dies bedeutet, dass hier konstruktivistische Elemente (Helmke, 2010; siehe auch Heinrichs, 2015; Schoy-Lutz, 2005) von zentraler Bedeutung sind. Instruktivistisch und konstruktivistisch sind durch *beliefs* geprägte Lehransätze, die noch keinen Umgang mit Fehlern per se implizieren. Allerdings weisen die Arbeiten von Larrain (2021) und Heinrichs (2015) darauf hin, dass diese Lehransätze gewisse Umgangsweisen mit Fehlern beinhalten, derart, dass konstruktivistische Vorgehensweisen im Unterricht einen stärker prozessorientierten Umgang mit Fehlern implizieren.

Auch wenn wir dem pragmatischen Vorgehen instruktivistische Anteile zuordnen sowie dem prozessorientierten Vorgehen konstruktivistische Anteile, ist zu beachten, dass die Konzepte prozessorientiert und pragmatisch nicht als gleichbedeutend zu den Konzepten konstruktivistisch und instruktivistisch gesehen werden. Im konstruktivistischen Ansatz hat die Schülerzentrierung Priorität. Eine Erklärung seitens der Lehrkraft – zum Fehlermuster oder die erneute Erklärung des Stoffes – wäre der instruktivistischen Vorgehensweise zuzuordnen (Heinrichs, 2015, S. 218). Wohingegen die ausführliche Erklärung des Fehlers nach unserem Verständnis, unabhängig davon, ob diese schülerzentriert oder lehrkraftzentriert durchgeführt wird, als prozessorientiertes Verhalten klassifiziert wird.

Rach et al. (2012, 2016) beziehen ihr Prozessmodell zur Nutzung von Fehlersituationen auf den Umgang mit eigenen Fehlern. So beschäftigen sie sich damit, wie die Lernenden selbst mit ihren Fehlern umgehen, ob sie bei der Fehlerkorrektur den pragmatisch-ergebnisorientierten Weg oder den analysierenden-prozessorientierten Weg gehen und welche Art von Förderung seitens der Lehrkraft einen Einfluss auf diesen Umgang mit Schülerfehlern hat. Wir halten dieses Prozessmodell auch geeignet für die Analyse von Umgangsweisen mit Schülerfehlern aus der Perspektive der Lehrkraft und nähern uns damit zum Beispiel Heinze (2004) an, der in seiner Untersuchung ebenfalls den Begriff „Ergebnisorientierung“ in Bezug auf dem Umgang einer Lehrkraft mit Schülerfehlern verwendet.

In der vorliegenden Studie wird folgende zentrale Forschungsfrage untersucht: Welche Verhaltensweisen im Umgang mit mathematischen Schülerfehlern können bei Mathematiklehrkräften im Unterricht rekonstruiert werden?

Diese Frage wird unter Bezug auf den eigenen Theorierahmen wie folgt ausdifferenziert:

- 1) Welche pragmatischen bzw. prozessorientierten Umgangsweisen mit Schülerfehlern können rekonstruiert werden?
- 2) Welche Präferenzen für einen prozessorientierten bzw. einen pragmatischen Umgang der Lehrkräfte mit Schülerfehlern können rekonstruiert werden?
- 3) Welche Zusammenhänge der Verhaltensweisen der Lehrkräfte mit der Unterrichtsphase, in der der Schülerfehler vorkommt bzw. wahrgenommen wird, können rekonstruiert werden?

3. Methodisches Vorgehen

Die diesem Artikel zugrundeliegende Studie wurde als qualitative Ergänzungs- bzw. Detailstudie im Rahmen des TEDS-M-Forschungsprogramms durchgeführt. Im Folgenden geben wir zunächst einen kurzen Überblick über das TEDS-M-Forschungsprogramm, stellen die Stichprobe vor und erläutern, wie die Daten erhoben wurden. Darauf folgt ein Überblick über die Auswertung der Daten.

3.1 Design der Studie und Stichprobe

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen der Studien TEDS-Unterricht und TEDS-Validierung durchgeführt, die Teil des TEDS-M-Forschungsprogramms („Teacher Education and Development Study in Mathematics“) sind, einer Weiterführung der internationalen Vergleichsstudie TEDS-M. Die von der International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) verantwortete Studie TEDS-M wurde von 2008 bis 2010 in 17 Ländern durchgeführt und untersuchte die professionelle Kompetenz von zukünftigen Mathematiklehrkräften am Ende ihrer Ausbildung (Blömeke et al., 2010a, b).

Die hier beschriebene Detailstudie greift auf im Rahmen von TEDS-Unterricht eingesetzte und zum Teil neu entwickelte Instrumente und damit erhobene Daten zurück. TEDS-Unterricht wurde von 2014 bis 2017 mit 118 Hamburger Mathematiklehrkräften durchgeführt, wobei sowohl das professionelle Wissen als auch situationsspezifische Fähigkeiten der Lehrkräfte sowie die Leistungsfortschritte der von ihnen unterrichteten Schülerinnen und Schüler erhoben wurden. Bei einer Teilstichprobe von 38 Lehrkräften wurde auch die Unterrichtsqualität mit einem neu entwickelten Instrument zur in-vivo-Erhebung von Unterrichtsqualität im Unterricht erfasst (Schlesinger et al., 2018; Jentsch et al., 2021). Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der professionellen Kompetenz und der Unterrichtsqualität auf die Schülerleistungen zu erforschen (König et al., 2021). Als Validierung des neu entwickelten Beobachtungsbogens wurden im Rahmen der Studie TEDS-Validierung in der hier beschriebenen Detailstudie 16 der 38 Lehrkräfte von TEDS-Unterricht von 2016 bis 2017 erneut im Mathematikunterricht besucht; von 15 Lehrkräften konnte der Unterricht videographiert werden. Wie bei der ursprünglichen Datenerhebung in TEDS-Unterricht erfolgte die Erhebung in zwei – wenn möglich aufeinanderfolgenden – Doppelstunden (d. h. je 90 Minuten) und die Lehrkräfte wurden gebeten, möglichst eine Einführungs- sowie eine Übungsstunde zu zeigen.

Die videographischen Aufnahmen wurden nach den Richtlinien für Videoaufzeichnungen nach Seidel, Prenzel, Duit und Lehrke (2003) durchgeführt, d. h.

es wurde mit zwei Kameras gefilmt, wobei die eine Kamera auf die Lehrkraft gerichtet war und die andere den Überblick über die Klasse gewährleistete. Die Lehrkraftkamera fokussierte die Lehrkraft, was durch eine durchgängige Bedienung ermöglicht wurde. Das Ziel hierbei war es, die „Lehrer-Schüler-Interaktionen vollständig und weitere Interaktionen, die den Unterrichtsprozess charakterisieren, so umfangreich wie möglich“ einzufangen (Seidel et al., 2003, S. 51). Mithilfe eines Kragenmikrofons der Lehrkraft konnten Gespräche zwischen Lehrkraft und Lernenden aufgenommen werden. Durch das Mikrofon an der Überblickskamera konnten Gespräche im Klassenraum nur in Ansätzen erhoben werden, aber ein Eindruck über die Beteiligung aller Lernenden konnte gewonnen werden. Platziert wurde die Überblickskamera im vorderen Teil des Klassenraums, so dass sie einen frontalen Blick auf die Lernenden lieferte.

Es wurde Unterricht von acht weiblichen und sieben männlichen Mathematiklehrkräften videographiert. Die Videographie fand in den Klassen fünf bis zehn statt. Die Unterrichtserfahrung der teilnehmenden Lehrkräfte betrug drei bis 32 Jahre. Das Schulsystem in Hamburg differenziert in der Sekundarstufe zwischen Stadtteilschulen und Gymnasien. Die Stadtteilschulen umfassen die Klassen 5 bis 13, wobei die Klassen 12 und 13 die gymnasiale Oberstufe darstellen, die Gymnasien führen in 12 Jahren zum Abitur. In dem vorliegenden Projekt liegen Videos von fünf Lehrkräften an Stadtteilschulen und zehn Lehrkräften an Gymnasien vor. Die Mehrzahl der Schulen stammen aus Stadtteilen mit einem höheren sozioökonomischen Status, der in Hamburg mit dem sog. KESS-Sozialindex für alle staatlichen Hamburger Schulen von der Behörde für Schule und Berufsbildung festgesetzt wird (Behörde für Schule und Berufsbildung, 2021). Unter den zehn Gymnasien sind zudem zwei Privatschulen, denen kein KESS-Index zugeordnet ist. Ein videographierter Unterricht wurde englischsprachig durchgeführt.

3.2 Auswertung der Daten

Aufgrund der qualitativen Orientierung der Studie erfolgte die Auswertung des videographierten Unterrichts mittels Methoden, die in einem qualitativen Paradigma weit verbreitet sind, nämlich Methoden der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) und seiner Weiterführung insbesondere mit MAXQDA von Kuckartz (Rädiker & Kuckartz, 2019). Die Auswertungsmethoden der Qualitativen Inhaltsanalyse eignen sich besonders für eine systematische, stark regelgeleitete Analyse von kommunikativ gewonnenen Dokumenten, insbesondere Video- und Audiomaterial; aufgrund der starken Regelgeleitetheit erfüllen Datenanalysen mit diesen Methoden die

Gütekriterien empirischer Forschung in besonderer Weise und erlauben typenbildende qualitative Analysen, die wir ansatzweise in den entwickelten idealtypischen Begriffen und Beschreibungen der Verhaltensweisen der Lehrkraft vorgenommen haben (Kuckartz, 2016). Die Typenbildung hat eine lange Tradition in der Sozialforschung, der Begriff des Idealtypus wurde von Weber (1904) geprägt, der methodologisch den Idealtypus als idealen Grenzbegriff beschrieb, „an welchem die Wirklichkeit zur Verdeutlichung bestimmter bedeutsamer Bestandteile ihres empirischen Gehalts gemessen, mit dem sie verglichen wird“ (S. 68); dabei entstehen Idealtypen durch Überspitzung gewisser Phänomene (siehe auch Binker-Ahsbals, 2003). Inhaltlich zielte Weber auf die Beschreibung von Handlungsmustern von Individuen. Kuckartz (2016) beschreibt Typenbildung als eine sozialwissenschaftliche Analyse, die auf das Verstehen des Typischen abzielt:

Typen sind eine Art Bindeglied zwischen einer hermeneutischen Methodik, die auf das Verstehen des Einzelfalls abzielt, und einer auf gesetzesartige Zusammenhänge fixierten sozialwissenschaftlichen Statistik. (Kuckartz, 2016, S. 145 f)

Wir intendierten in der Studie die Rekonstruktion idealtypischer Handlungsmuster im Weberschen Sinne, d. h. die Rekonstruktion von Verhaltensweisen von Lehrkräften in Fehlersituation, allerdings nicht die Entwicklung von Idealtypen bzw. einer Typologie, da zu viele sog. Mischtypen auftraten. Im Folgenden beschreiben wir das methodische Vorgehen im Detail.

In einem ersten Schritt wurden in allen Videos Szenen markiert, in denen Schülerfehler auftraten oder Lehrkräfte etwas als falsch beurteilten (für Definitionen siehe Abschnitt 2.5). Die Situation wurde als abgeschlossen angesehen, wenn die Lehrkraft sich nicht mehr mit dem Fehler beschäftigte. Dies konnte mit einer Korrektur des Fehlers enden oder auch mit einer Aufforderung an die Lernenden, sich noch einmal mit dem Fehler zu beschäftigen. Im letzteren Falle wurde zusätzlich analysiert, ob eine weitere Behandlung des Fehlers im Laufe der Unterrichtsstunde stattfand.

Dieses Vorgehen lieferte eine Datengrundlage von 574 Fehlersituationen, wobei die Anzahl der Fehlersituationen stark von Lehrkraft zu Lehrkraft variierte. Im Unterricht einer Lehrkraft konnten nur drei Fehlersituationen identifiziert werden, daher wurde diese

Lehrkraft – da diese Datengrundlage deutlich von denen der anderen Lehrkräfte abwich – aus der Stichprobe entfernt. Bei einer anderen Lehrkraft gab es bei der Aufnahme technische Probleme, wodurch die Gespräche zwischen Lehrkraft und Lernenden in Arbeitsphasen nur in schlechter Qualität aufgezeichnet wurden. Für die Fragestellungen dieses Artikels wurde diese Lehrkraft daher ebenfalls aus der Stichprobe entfernt. Damit verblieben von den ursprünglichen Videos von 15 Lehrkräften 13 in der vorliegenden Stichprobe. Tab. 1 liefert einen Überblick über die Anzahl der Fehlersituationen pro Lehrkraft nach Bereinigung der Stichprobe.

Anschließend wurden die Fehlersituationen entsprechend der Fragestellung, welche Verhaltensweisen bzgl. Schülerfehler sich bei der Lehrkraft zeigten, induktiv, d. h. aus den Daten heraus ohne vorweg festgelegte Codes, codiert (Mayring, 2015). Da die vorliegende Studie Interaktionen fokussiert und damit das exakt gesprochene Wort weniger bedeutsam ist, wurde beim Codieren zunächst auf das Transkribieren verzichtet und in Einklang mit bekannten Methodenstandards mittels MAXQDA direkt an dem Videomaterial codiert (Rädiker & Kuckartz, 2019). Es konnten insgesamt 44 unterschiedliche Verhaltensweisen identifiziert werden, die mittels dieser induktiv gewonnenen Codes beschrieben wurden. Da eine Lehrkraft in einer Fehlersituation unterschiedliche Verhaltensweisen zeigen kann, wurden im Allgemeinen mehrere Codes pro Fehlersituation vergeben. Mit diesem Vorgehen unterscheiden wir uns zum Beispiel von dem Vorgehen in der Studie von Heinze (2004), in der jeder Fehlersituation jeweils nur die Umgangsweise zugeordnet wurde, die überwiegend auftrat (siehe Abschnitt 2.2). Die induktive Codierung erfolgte durch die Erstautorin dieses Artikels, eine Zweitcodierung wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt. Zur Strukturierung der Codes wurden in Anlehnung an die Klassifikation der gestuften Hilfen nach Zech (2002) unter Bezug auf das Prinzip der minimalen Hilfe Hauptkategorien zur Stufung der Hilfen von motivationalen bis hin zu inhaltlichen Hilfen entwickelt, die durch weitere induktiv gewonnene Hauptkategorien ergänzt wurden. In diese Hauptkategorien wurden die Codes eingeordnet. Entsprechend der mit dem Artikel verfolgten Forschungsfragen diente anschließend das Prozessmodell zur Nutzung von Fehlersituation von Rach et al. (2012) mit der Unterscheidung des pragmatischen

Lehrkraft	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Geschlecht	m	m	m	m	m	w	w	w	w	w	w	w	w
Schulform	Gym	Gym	STS	Gym	Gym	Gym	Gym	Gym	STS	STS	STS	Gym	Gym
Fehlersituationen	34	33	43	45	62	38	19	45	19	111	22	47	24

Tab. 1: Geschlecht, Schulform (Gym für Gymnasium; STS für Stadtteilschule) und Anzahl der Fehlersituationen in dem Unterricht der für die Studie ausgewählten Lehrkräfte

und des prozessorientierten Umgangs mit Fehlern (für eine Definition siehe Abschnitt 2.5) als eine weitere Strukturierungshilfe. Wenn in Fehlersituationen erkennbar war, dass die Lehrkraft Handlungen zur Identifizierung des Fehlers unternahm, wurden diese der Phase der Fehleridentifikation zugeordnet, die im Prozessmodell von Rach et al. (2012, 2016) dem pragmatischen oder prozessorientierten Umgang mit Fehlern vorgeschaltet ist. Zudem kam es vor, dass Fehler übergegangen wurden. Da es aus den Videos nicht zu rekonstruieren ist, ob die Lehrkraft den Schülerfehler absichtlich übergeht oder diesen nicht bemerkt, haben wir das Prozessmodell von Rach et al. (2012, 2016) modifiziert und den Fehler als Ausgangselement hinzugefügt und als Ausgangspunkt für einen neuen Pfad beschrieben. Ein absichtliches Übergehen eines Fehlers ist möglich, was in der folgenden Abbildung (Abb. 1) durch eine gestrichelte Linie dargestellt wird. Abb. 1 zeigt die Strukturierung der Codes im Rahmen des adaptierten Prozessmodells von Rach et al. (2012, 2016).

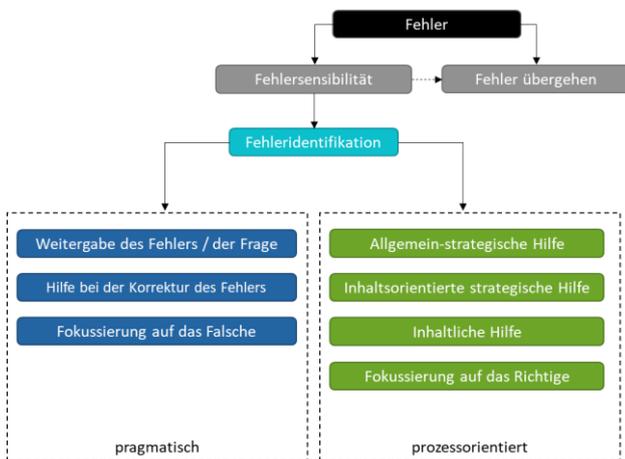


Abb. 1: Strukturierung der für die Studie entwickelten Codes auf Basis des adaptierten Prozessmodells von Rach et al. (2012) zur Nutzung von Fehlersituationen

Um die dritte Forschungsfrage zu beantworten, wurde mit Hilfe des Code-Relations-Browsers der Analyse-Software MAXQDA die Überschneidung der Codes, die pragmatisches Verhalten bzw. prozessorientiertes Verhalten beschreiben und der Unterrichtsphasen, in denen der Fehler auftrat, visualisiert. Dieser erzeugt eine Matrix mit beliebig vielen Codes in den Zeilen und Spalten, wobei die Knoten der Matrix die Anzahl von Überschneidungen der jeweiligen Codes aufzeigen (Rädiker & Kuckartz, 2019). Die Unterrichtsphasen, die überwiegend in den videographierten Unterrichtsstunden identifiziert werden konnten, waren Arbeitsphasen und Unterrichtsgespräche, was sich mit den Ergebnissen anderer Studien deckt (siehe Abschnitt 2.2). Unter Arbeitsphasen sind alle Phasen zusammengefasst, in der die Schülerinnen und Schüler selbstständig arbeiten.

Dies kann in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit geschehen und sich sowohl um Erarbeitungsphasen als auch Übungsphasen handeln. Mit Unterrichtsgesprächen sind alle Phasen gemeint, in denen die Lehrkraft frontal den Unterricht leitet, die Schülerinnen und Schüler aber aktiv am Unterricht beteiligt werden. Hierzu können auch kurze Vorträge der Lehrkraft gehören, wenn darauf eine aktive Beteiligung der Lernenden folgt. Unterrichtsgespräche fanden insbesondere in Einstiegsphasen und Ergebnissicherungen in den videographierten Unterrichten statt. Somit lagen Informationen über jede Lehrkraft bzgl. der Anzahl von pragmatischen Codes und prozessorientierten Codes in den jeweiligen Unterrichtsphasen (Arbeitsphase und Unterrichtsgespräch) vor.

4. Ergebnisse

In diesem Abschnitt stellen wir die Ergebnisse der Studie entlang der drei formulierten Forschungsfragen dar.

4.1 Beschreibung pragmatischer und prozessorientierter Verhaltensweisen (Forschungsfrage 1)

Zunächst werden zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage nach den Verhaltensweisen für einen pragmatischen bzw. prozessorientierten Umgang mit Schülerfehlern idealtypische Verhaltensweisen im Umgang mit Fehlern anhand paradigmatischer Unterrichtssituationen beschrieben. Hierbei strukturieren wir die Darstellung entlang der empirisch identifizierten zentralen Situationen und Verhaltensweisen, nämlich der Weitergabe des Fehlers bzw. der Frage, der Hilfe bei der Korrektur des Fehlers und der Fokussierung auf das Falsche beim pragmatischen Vorgehen sowie den Einsatz von allgemein-strategischen, inhaltsorientierten strategischen und inhaltlichen Hilfen sowie der Fokussierung auf das Richtige beim prozessorientierten Vorgehen. Wir stellen für jede dieser rekonstruierten idealtypischen Verhaltensmuster der Lehrkraft ein die typisierenden Strukturen modellhaft beschreibendes paradigmatisches Beispiel vor. Dabei vermeiden wir wertende oder kritisierende Anmerkungen zu den Verhaltensweisen der Lehrkraft, da die Studie nicht normativ als vorbildhaft anzusehende Verhaltensweisen fokussiert.

Beispiel 1: Pragmatisches Vorgehen – Weitergabe des Fehlers / der Frage

Im ersten Beispiel zu einem pragmatischen Vorgehen konnte folgendes idealtypisches Verhaltensmuster im Umgang mit Fehlern rekonstruiert werden: Die Lehrkraft intendiert eine schnelle Beantwortung der von ihr gestellten Frage, eine ausführliche Diskussion des dabei auftretenden Fehlers durch Lernende geschieht nicht, da es augenscheinlich nicht in die

Unterrichtsplanung passt, vielmehr erfolgt eine schnelle Fehlerkorrektur durch die Weitergabe der Frage an andere Lernende. Auf den Schülerfehler wird auch später nicht mehr erklärend eingegangen.

Das paradigmatische Beispiel stammt von Lehrer B. Er unterrichtete eine 8. Klasse an einem Gymnasium und behandelte mit dieser Klasse zu der Zeit unserer Erhebung Themen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. In der ersten videographierten Stunde wurde im Unterricht der Begriff von Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen anhand des Baumdiagramms und der zugehörigen Regeln behandelt sowie der Erwartungswert eingeführt. In der zweiten videographierten Stunde wurden diese Inhalte geübt. Die folgende Szene beschreibt einen Teil der Wiederholungsphase zu Beginn der zweiten videographierten Stunde. Als Beispiel wurde das Würfeln einer Vier gewählt. Das Baumdiagramm für das zweimalige Würfeln war bereits an der Tafel notiert, darauf bezugnehmend entstand folgende Interaktionssequenz.

- 1 L: An der Verzweigung (*deutet auf das*
- 2 *Baumdiagramm an der Tafel*). Was muss
- 3 da sein? (*nimmt S1 dran*)
- 4 S1: Also (.) wenn man alles multipliziert muss
- 5 #(?)#
- 6 L: #nee# nee nee nee an der Verzweigung
- 7 (*tippt auf das Baumdiagramm an der Tafel*)
- 8 was muss hier sein? (*nimmt S2 dran*)
- 9 S2: Das muss zusamm eins ergeben.
- 10 L: Die beiden Wahrscheinlichkeiten müssen
- 11 eins ergeben.

(B_2 0:27:10-0:27:30)

Die Szene kann wie folgt interpretiert werden: Lehrer B stellte eine Frage zu den Rechenregeln am Baumdiagramm, die vorweg behandelt worden waren. Schülerin 1 wollte diese Frage beantworten, hatte aber entweder die Frage falsch verstanden oder verwechselte Zusammenhänge und wollte vermutlich die Pfadregel erläutern anstelle der geforderten Regel, dass die Wahrscheinlichkeit von allen Ereignissen zusammen eins ergibt. Sie tätigte somit für Lehrer B eine falsche Aussage. Lehrer B erkannte schnell, dass die Antwort der Schülerin 1 in die falsche Richtung ging, unterbrach diese und hinderte sie daran, weiterzusprechen (visualisiert durch die Rauten, Z. 5-6). Auch machte der Lehrer deutlich, dass die Aussage von Schülerin 1 falsch ist („nee nee nee“, Z. 6) und wiederholte die Frage erneut (Z. 6-8). Ohne auf das mögliche Missverständnis von Schülerin 1 einzugehen und ihr die Möglichkeit zu geben, sich selbst zu korrigieren, nahm er eine andere Schülerin dran (Z. 8), die dann das richtige Ergebnis sagte, welches er präzisierend wiederholte. Auch im Nachhinein wurde das Gesagte von Schülerin 1 nicht wieder aufgegriffen.

Beispiel 2: Pragmatisches Vorgehen – Hilfe bei der Korrektur des Fehlers

Im zweiten Beispiel, in dem ebenfalls ein pragmatisches Vorgehen deutlich wird, kann ein anderes idealtypisches Verhaltensmuster im Umgang mit Fehlern rekonstruiert werden: Die Lehrkraft hilft kleinschrittig bei der Korrektur des Fehlers, ohne dem Lernenden die Möglichkeit zu geben, selbst den Fehler zu korrigieren.

Die paradigmatische Unterrichtssituation stammt aus der ersten videographierten Stunde von Lehrerin M. Sie unterrichtete ebenfalls eine 8. Klasse an einem Gymnasium. In dem betreffenden Teil der Unterrichtsstunde wurde die Formel für den Umfang eines Kreises hergeleitet. Am Ende der Stunde folgte die Herleitung der Formel für den Flächeninhalt sowie der Kreiszahl π . In der Arbeitsphase, aus der die folgende Szene stammt, sollten die Lernenden in Gruppenarbeit kreisförmige Gegenstände ausmessen, die sie von zu Hause mitgebracht hatten. Sie maßen den Durchmesser der kreisförmigen Grundflächen sowie den Umfang mit Hilfe eines Bandes, welches sie um den Gegenstand herum legten und hielten diese Werte in einer Tabelle fest.

Die Lehrerin beobachtete den betreffenden Schüler von hinten. Der Schüler legte ein Geodreieck an einer Trinkflasche an, von der er den Durchmesser messen wollte. Da er sein Geodreieck nicht mittig angelegt hatte, intervenierte die Lehrerin und zeigte ihm, wie das Geodreieck richtig angelegt werden muss.

- 1 L: Guck mal. (*nimmt das Geodreieck in die*
- 2 *Hand*) das ist jetzt nicht das größte. Wenn
- 3 du jetzt jetzt bist du ungefähr bei drei drei
- 4 nä?
- 5 S: Ja
- 6 L: Und wenn du das jetzt weiterbewegst
- 7 (*schiebt das Geodreieck weiter in die Mitte,*
- 8 (1)) dann bist du schon bei drei zwei auf
- 9 beiden Seiten also schon bei ähm
- 10 insgesamt vier Millimetern größer. (1) Das
- 11 hier ist ungefähr (.) die Mitte.
- 12 S: Vier
- 13 L: ähm (.) naja insgesamt sind das guck mal
- 14 hier sind es (.) von da bis da drei Komma
- 15 zwei und von da bis da auch drei Komma
- 16 zwei. Macht zusamm?
- 17 S: Sechs?
- 18 L: Komma?
- 19 S: Äh zw- vier?
- 20 L: Ja genau

(M_1 0:16:28-0:16:58)

In dieser Situation zeigte Lehrerin M dem Schüler, wie man ein Geodreieck korrekt anlegt. Dabei nahm sie ihm dieses aus der Hand und machte es ihm vor (Z. 1-11). Sie half ihm kleinschrittig bei der Korrektur des Fehlers, indem sie die Längen für den Radius vom Geodreieck ablas und ihn diese addieren ließ

(Z. 12-20). Auch dieses Verhalten lässt sich dem pragmatischen Verhalten zuordnen, da die schnelle Berichtigung des Fehlers ohne Beteiligung des Lernenden im Vordergrund stand.

Beispiel 3: Pragmatisches Vorgehen – Fokussierung auf das Falsche

Im dritten Beispiel kann ein weiteres idealtypisches Verhaltensmuster, das dem pragmatischen Vorgehen zugeordnet ist, verdeutlicht werden: Die Lehrkraft fokussiert das Falsche, indem sie durch kritische Bemerkungen das Fehler-Machen selbst in den Vordergrund stellt, ohne auf mögliche Ursachen des Fehlers einzugehen.

Das paradigmatische Beispiel 3 stammt aus der gleichen Szene wie das Beispiel 1, d. h. Thema ist die Bestimmung von Pfadwahrscheinlichkeiten am Baumdiagramm, welches an der Tafel notiert war.

- 1 L: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit zwei
2 Mal hintereinander keine Vier zu haben?
3 (*nimmt S dran*)
4 S: Zehn Sechsendreißigstel?
5 L: Falsch. Mein lieber Freund- mein lieber
6 Freund, das darf dir nicht passiern! Fünf
7 hoch zwei ist was?
8 S: Fünfundzwanzig.
9 L: Aha.

(B_2 0:28:28-0:28:56)

Der Schüler berechnete fälschlicherweise das Quadrat von fünf Sechstel als zehn Sechsendreißigstel, d. h. er rechnete vermutlich fünf mal zwei anstelle von fünf hoch zwei (Z. 4). Daraufhin kritisierte Lehrer B, dass der Schüler an dieser Stelle überhaupt einen Fehler gemacht hat (Z. 5-6) und setzte einen Impuls zur Neuberechnung des Zählers (Z. 6-7). Der Schüler berechnete daraufhin den Zähler korrekt, wobei unklar blieb, ob der Schüler verstanden hatte, welchen Fehler er gemacht hatte (Z. 8).

Beispiel 4: Prozessorientiertes Vorgehen – Fokussierung auf das Richtige

Im vierten Beispiel, in dem ein prozessorientiertes Vorgehen deutlich wird, zeigt sich in Abgrenzung zu den vorherigen Umgangsweisen ein deutlich anderer idealtypischer Umgang mit Schülerfehlern, dahingehend, dass richtige Bestandteile der Aussagen von Lernenden in den Vordergrund gestellt werden und nur leicht korrigierend eingegriffen wird.

Das Unterrichtsbeispiel stammt von der ersten videographierten Stunde von Lehrer A. Bei der zu unterrichtenden Klasse handelte es sich ebenfalls um eine 8. Klasse an einem Gymnasium. In dieser Stunde wurde der Satz des Pythagoras im entdeckenden Unterrichtsstil eingeführt. Die Stunde begann mit einem kurzen Selbsttest, für den der Lehrer drei Aufgaben zu binomischen Formeln an die Tafel geschrieben

hatte. Nach etwa drei Minuten wurden die Lösungen besprochen. Die erste Aufgabe war es, den Term $(a + b)^2$ umzuformen. Lehrkraft A nahm eine Schülerin dran, die sich zögerlich meldete.

- 1 L: Auch nur eine halbe Meldung?
2 S1: Ja
3 L: Trau dich
4 S1: Öh äh a hoch zwei plus a b plus b hoch
5 zwei?
6 L: (*notiert das Gesagte an der Tafel und
7 nimmt eine andere Schülerin dran, die sich
8 meldet*) Wie viel Punkte würdest du dem
9 geben?
10 S2: Ja nicht volle Punktzahl?
11 L: Aber ziemlich viele oder?
12 S2: Ja.
13 L: Und was würdest du noch bemängeln?
14 S2: Zwei a b
15 L: Genau. (*korrigiert den Ausdruck an der
16 Tafel*) Als Erinnerung wenn du das jetzt
17 nicht mit der binomischen Formel gemacht
18 hättest sondern so ausmultipliziert jeder mit
19 jedem dann kommt dieses a b zwei mal vor
20 [*Name von S1*] nä? a b und vielleicht b a je
21 nachdem wie du es aufschreibst und daher
22 kommt die Zwei. Gut.

(A_1 0:04:36-0:05:10)

Der Lehrer ermutigte die Schülerin, ihre Lösung vorzustellen (Z. 1-3). Die Schülerin las eine nicht vollständig korrekte Lösung vor (Z. 4-5), die der Lehrer so an der Tafel notierte (Z. 6-8). Daraufhin fragte er eine andere Schülerin, die sich ebenfalls gemeldet hatte, wie sie die Aufgabe bewerten würde (Z. 8-9). Durch die Bekräftigung der Lehrkraft in Folge der Antwort der Schülerin 2, dass die Antwort von Schülerin 1 aber sehr viele Punkte verdient hätte (Z. 10-11), zeigt sich hier ein sehr starker Fokus auf der Richtigkeit der Aussage von Schülerin 1. Eine Korrektur des Fehlers erfolgte dann durch Schülerin 2 (Z. 14), woraufhin der Lehrer die richtige Aussage noch einmal erläuterte (Z. 15-22).

Hier lässt sich eine prozessorientierte Verhaltensweise erkennen, da der Fehler zwar korrigiert wurde, aber auf der Aussage der Schülerin aufgebaut wurde. Es wurde Bezug zu dem Schülerfehler genommen, was auch durch die nachträgliche Erläuterung der richtigen Lösung durch den Lehrer deutlich wird.

Beispiel 5: Prozessorientiertes Vorgehen – allgemein-strategische Hilfe

Im fünften Beispiel, in dem ebenfalls ein prozessorientiertes Vorgehen deutlich wird, kann ein anderes idealtypisches Verhaltensmuster rekonstruiert werden, dahingehend, dass die Lehrkraft allgemein-strategische Hilfen gibt. Diese Verhaltensweise erlaubt den Lernenden, selbst die richtige Lösung zu entwickeln und ihren Fehler zu erkennen.

Das paradigmatische Beispiel 5 stammt aus der 10. Klasse eines Gymnasiums, die von Lehrerin G unterrichtet wurde. In der ersten videographierten Stunde wurde die Änderungsrate eingeführt. In der zweiten Stunde wurde der Zusammenhang des Bestandsgraphen und der Änderungsrate herausgearbeitet, was die Lernenden in einer Gruppenarbeitsphase mit verschiedenen Aufgaben übten. Lehrerin G ging in dieser Gruppenarbeitsphase zu einer Gruppe und erkundigte sich nach ihrem Arbeitsstand.

- 1 L: So wie siehts aus? Ach die Schulden nehm
2 ab.
3 S1: Ja.
4 (4)
5 S2: Jetzt bin ich verwirrt.
6 S1: (*lacht*) ich auch.
7 L: Ja es sieht so aus auf dem #Bild#.
8 S1: #Ja#
9 L: Also wenn ich das jetzt in der Zeitung sehn
10 würde und sehe daneben den Spruch (1)
11 hier der Steinbrück sagt das
12 Verschuldungstempo nimmt wieder ab (.)
13 dann würde ich denken ah (1) wir haben
14 weniger Schulden. Wir machen keine
15 Schulden mehr. Oder wir bauen unsere
16 Schulden ab. (.) Steht das da?
17 S1: Wahrscheinlich nicht.
18 L: Lest noch mal nach. Guckt mal rein.
19 (*Die Gruppe schaut auf die Aufgabe, (4)*)
20 S3: Ach so nur das Tempo nimmt wieder ab.
21 L: A ha
22 S3: Nicht die Schulden.

(G_2 1:21:40-1:22:23)

Die Lernenden in der Arbeitsgruppe verwechselten vermutlich den Bestandsgraphen mit der Änderungsrate und zeichneten somit einen Graphen, der suggerierte, dass die Schulden von Deutschland abnehmen würden (Z. 1-7). Lehrerin G hinterfragte diesen Graphen und forderte die Lernenden auf, noch einmal genau in dem Text nachzulesen (Z. 9-16). Dies befolgten die Lernenden (Z. 19) und kamen daraufhin zu dem Ergebnis, dass nicht die Schulden, sondern nur das Schuldentempo abnimmt (Z. 20-22). Die Aufforderung, die Aufgabe noch einmal durchzulesen, ist nach Zech (2002) als allgemein-strategische Hilfe einzustufen. Dieses Vorgehen von Lehrerin G, welches den Lernenden ermöglichte, selbst die richtige Lösung zu entwickeln und ihren Fehler einzusehen, wird als prozessorientiertes Vorgehen bezeichnet.

Beispiel 6: Prozessorientiertes Vorgehen – inhaltsorientierte strategische Hilfe

Im sechsten Beispiel, in dem ein prozessorientiertes Vorgehen rekonstruiert werden kann, ist das Verhalten der Lehrkraft ebenfalls durch ein idealtypisches Handlungsmuster charakterisiert, das den Lernenden ermöglicht, selbst das Ergebnis zu finden, indem Hilfestellungen gegeben werden, die inhaltsbezogen, aber noch strategischer Art sind. Darunter wird u. a.

der Hinweis auf die mögliche Angemessenheit eines grafischen Vorgehens verstanden, was nach Zech (2002) als eine inhaltsorientierte strategische Hilfe klassifiziert werden kann.

Das paradigmatische Beispiel entstammt der zweiten videographierten Stunde von Lehrer A, in der der Satz des Pythagoras geübt wurde. Die gewählte Sequenz stammt aus dem Anfang der Unterrichtsstunde, aus der Wiederholungsphase zur vorherigen Stunde, in der der Satz des Pythagoras eingeführt wurde. Die Lernenden bearbeiteten eine Aufgabe, bei der die Höhe einer schräg an eine Hauswand gestellten Leiter von 2,5 m Länge, wenn sie 1,5 m von der Hauswand entfernt aufgestellt wird, ermittelt werden soll. Die Lernenden erhielten Zeit, die Aufgabe in Partnerarbeit zu lösen. In der Phase trat Lehrer A zu zwei Schülerinnen; Schülerin 2 berichtete dem Lehrer, dass Schülerin 1 bereits eine Lösung gefunden hätte.

- 1 L: Du hast die Antwort schon?
2 S1: Ja ein Meter oder?
3 L: Oder?
4 S2: Oh man
5 L: Naja wenn du ich ich #reagier#
6 S2: #(?)# hat das jetzt im Kopf gemacht weil
7 wenn
8 S1: Zwei Komma fünf Meter könn ja nicht ähm
9 die Höhe sein weil das ist ja schon die
10 Länge an sich die Leiter zwei Komma fünf
11 Meter und das muss ja abgeschragt sein
12 weil sonst steht die Leiter #(nicht?)#
13 L: #muss# weniger sein. Das dem stimm #ich
14 zu#
15 S1: #(?)# ein Komma fünf Meter Abstand
16 zwischen Wand und Leiter. Und dann hab
17 ich das minus gerechnet
18 L: mhja so deswegen meinte ich habe ich mit
19 ner Gegenfrage geantwortet ‚oder?‘
20 vielleicht ist es richtig vielleicht auch nicht.
21 Überprüf es selber noch mal ein bisschen
22 genauer nicht nur im Kopf in dem du
23 entweder #n Rechenweg aufschreibst-#
24 S1: #Wir wissen ja nicht# wie lang wie groß das
25 Haus ist.
26 L: das Haus ist #hat#
27 S2: #das ist egal aber#
28 L: Genau diskutiert mal miteinander. Und
29 guck mal deine Skizze ist n guter Anfang.
30 Machs mal exakt zeichnerisch vielleicht
31 wenn du dir nicht sicher bist wie mans
32 rechnet.

(A_2 0:07:31-0:08:08)

In dieser Situation erklärten die Schülerinnen von sich aus dem Lehrer ihre Überlegungen zur Lösung der Aufgabe. Dies geschah als Reaktion auf die von Lehrer A gestellte Gegenfrage („oder?“, Z. 3). Dies kann als ein Indikator dafür gesehen werden, dass Lehrer A häufig nach dem Lösungsweg fragt und die Lernenden antizipierten, dass er eine Erklärung ihres Lösungswegs erwartete. Bei der Erläuterung hob

Lehrer A den korrekten Teil der Aussage der Schülerin hervor (Z. 13-14). Durch die vollständige Erläuterung der Schülerin wurde deutlich, dass sie anstelle der Anwendung des Satzes des Pythagoras, also der Quadrierung der Seitenlängen, diese lediglich voneinander abgezogen hatte (Z. 16-17). Nachdem die Schülerin vollständig erklärt hatte, wie sie vorgegangen war, forderte Lehrer A sie auf, diese Rechnung noch einmal zu überprüfen (Z. 20-23). Daraufhin äußerte die Schülerin eine weitere Überlegung, woraufhin ihre Mitschülerin sie darauf hinwies, dass diese Überlegung nicht relevant für die Lösung der Aufgabe sei (Z. 24-25 & 27). Lehrer A nutzte die sich anbahnende Diskussion der beiden Schülerinnen und forderte sie auf, gemeinsam über den Lösungsweg zu sprechen (Z. 28). Bevor der Lehrer die Gruppe verließ, gab er noch den Hinweis, dass sie die Aufgabe auch zeichnerisch lösen könnten statt rechnerisch (Z. 29-32), was eine inhaltsorientierte strategische Hilfe nach Zech (2002) darstellt.

Beispiel 7: Prozessorientiertes Vorgehen – inhaltliche Hilfe

Im siebten Beispiel, in dem ebenfalls ein prozessorientiertes Vorgehen deutlich wird, ist das idealtypische Verhaltensmuster der Lehrkraft durch Unterstützungsangebote der Lehrkraft beim Bearbeiten des Fehlers charakterisiert, wobei stark auf den mathematischen Stoff bezogene Hilfen gegeben werden, welche nach Zech (2003) als inhaltliche Hilfen bezeichnet werden.

Das paradigmatische Beispiel stammt aus einer 10. Klasse einer Stadtteilschule, die von Lehrerin I unterrichtet wurde. In der ersten videographierten Stunde bearbeiteten die Lernenden in Gruppen typische Multiple-Choice-Aufgaben aus der Hamburger Prüfung zum Mittleren Schulabschluss, die in den Prüfungen ohne Taschenrechner und Formelsammlung zu lösen sind. Eine Gruppe diskutierte über eine Aufgabe, in der eine quadratische Gleichung gelöst werden sollte. Ein Schüler schlug vor, die angegebenen Lösungen in die Gleichung einzusetzen, um zu schauen, welche Zahl die Gleichung löst. Aus dem darauffolgenden Gespräch kann entnommen werden, dass bei ihrer Rechnung keine der Zahlen die Gleichung erfüllt. Lehrerin I hörte von der Seite zu und intervenierte nach etwa einer halben Minute.

- 1 L: Habt ihr drauf geachtet dass ihr wenn ihr
2 was quadriert das Vorzeichen also dass
3 das Vorzeichen auch mit in die Klammer
4 und quadriert werden muss? (2) Habt ihr
5 das schon beachtet? (1) So als Tipp. (1) Ich
6 glaube da liegt darum kommt ihr glaube ich
7 nicht auf die Lösung. (*geht zu einer*
8 *anderen Gruppe*)

(I_1 0:14:46-0:15:02)

Indem die Lehrerin I den richtigen Rechenweg benannte (Z. 1-4), ging sie implizit auf den Fehler ein, den die Gruppe beim Rechnen gemacht hat. Dies ist eine starke inhaltliche Hilfe, die den Lernenden dabei helfen sollte, den Fehler zu korrigieren. Dieses Verhalten kann dennoch als prozessorientiert angesehen werden, da die Lehrkraft sich mit der fehlerhaften Denkweise der Lernenden auseinandersetzte und ihnen diese mitteilte, wodurch sie ihnen die Möglichkeit gab, den Fehler selbst zu korrigieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sehr gegensätzliche Verhaltensweisen von Lehrkräften im Umgang mit Schülerfehlern rekonstruiert werden konnten, die typisierend als *pragmatisch* sowie als *prozessorientiert* charakterisiert werden konnten. Inwieweit die Art des Umgangs mit Schülerfehlern bei den einzelnen Lehrkräften konsistent ist, d. h. ob ein gewisser Umgang mit Schülerfehlern überwiegt, oder ob sich beide Formen bei den Lehrkräften finden, wird im Folgenden analysiert.

4.2 Häufigkeiten pragmatischen und prozessorientierten Vorgehens (Forschungsfrage 2)

Im Folgenden wird zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage nach den Präferenzen für einen prozessorientierten oder pragmatischen Umgang der Lehrkraft mit Schülerfehlern bei jeder Lehrkraft die Anzahl der pragmatischen Umgangsweisen der Anzahl der prozessorientierten Umgangsweisen gegenübergestellt.

Unsere Analysen ergaben als zentrales Ergebnis, dass alle untersuchten Lehrkräfte beide Formen des Umgangs mit Schülerfehlern einsetzten, wobei sich eine starke Präferenz zu pragmatischen Vorgehensweisen rekonstruieren ließ. Nur zwei der 13 beteiligten Lehrkräfte wiesen eine Tendenz zu prozessorientierten Umgangsweisen auf. In Abb. 2 sind die Verhaltensweisen der beteiligten Lehrkräfte aufgetragen. Die Balken stellen die relativen Häufigkeiten dar, d. h., wie häufig die Lehrkraft pragmatisch (unterer Balken) und wie häufig sie prozessorientiert (oberer Balken) auf Fehler reagiert hat.

Da sich diese Aussagen nur auf zwei 90-minütige Sequenzen beziehen, sind sie mit großer Unsicherheit behaftet, wobei sie allerdings die aus der Literatur bekannte geringe Verbreitung prozessorientierter Umgangsweisen mit Fehlern von Seiten der Lehrkräfte bestätigen, die im Forschungsstand deutlich wurde.

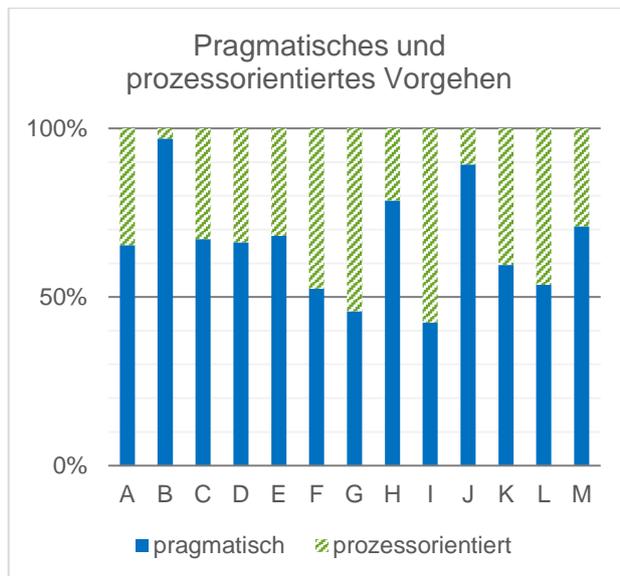


Abb. 2: Verhaltensweisen der Lehrkräfte A bis M

4.3 Pragmatisches und prozessorientiertes Verhalten nach Unterrichtsphasen (Forschungsfrage 3)

Ein differenzierteres Bild verglichen zu obigem Ergebnis ergibt sich, wenn die Unterrichtsphasen berücksichtigt werden, in der der jeweilige Fehler auftrat. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde untersucht, welche Zusammenhänge sich zwischen den Verhaltensweisen der Lehrkräfte und der Unterrichtsphase, in der der Schülerfehler stattfand bzw. wahrgenommen wurde, rekonstruieren lassen.

Wir differenzierten die rekonstruierten Umgangsweisen mit Schülerfehlern für jede Lehrkraft nach Auftreten des Fehlers in einer Arbeitsphase (Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeitsphase) oder im Unterrichtsgespräch. Andere deutlich erkennbare Unterrichtsformen traten in den Beobachtungen nicht auf.

Die Auswertung erfolgte – wie bei der zweiten Forschungsfrage –, indem wir die Anzahl der prozessorientierten Umgangsweisen der Anzahl der pragmatischen Umgangsweisen gegenüberstellten, hier allerdings gekreuzt mit den Unterrichtsphasen (siehe auch Abschnitt 3.2). Auch hier ist die Anzahl der Lehrkräfte, die sich überwiegend prozessorientiert verhielten, gering, aber es lassen sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Arbeits- und Unterrichtsgesprächsphasen erkennen (siehe Abb. 3).

So konnte bei den Lehrkräften G und K in der Arbeitsphase und Lehrkraft I im Unterrichtsgespräch eine klare Tendenz für einen prozessorientierten Umgang mit Schülerfehlern identifiziert werden, wobei die Lehrkräfte G und K sich in beiden Phasen unterschiedlich verhielten (überwiegend prozessorientiert in den Arbeitsphasen und überwiegend pragmatisch in den Unterrichtsgesprächen). Insgesamt konnten bei fast allen Lehrkräften in mindestens einer der Unterrichtsphasen überwiegend pragmatische Umgangsweisen mit Schülerfehlern rekonstruiert werden, indes waren die Ausprägungen hierbei unterschiedlich stark. Es gab Lehrkräfte, die in ihren Verhaltensweisen eine sehr starke Ausprägung für pragmatisches Verhalten zeigten (Lehrkräfte B und J) und Lehrkräfte, die zwar überwiegend pragmatisch reagierten, aber mitunter auch prozessorientiert auf Fehler eingingen (z. B. Lehrkraft A, wie in Beispiel 4 und 6 erkennbar). Lehrkraft D beispielsweise zeigte ein ausgeglichenes Verhalten in den Arbeitsphasen, d. h. sie verhielt sich etwa zu gleichen Teilen prozessorientiert und pragmatisch.

Insgesamt lässt sich damit die deutliche Präferenz zu einem pragmatischen Vorgehen im Umgang mit Fehlern bestätigen, auch bei einer Unterscheidung nach Unterrichtsphasen, wobei insgesamt betrachtet die

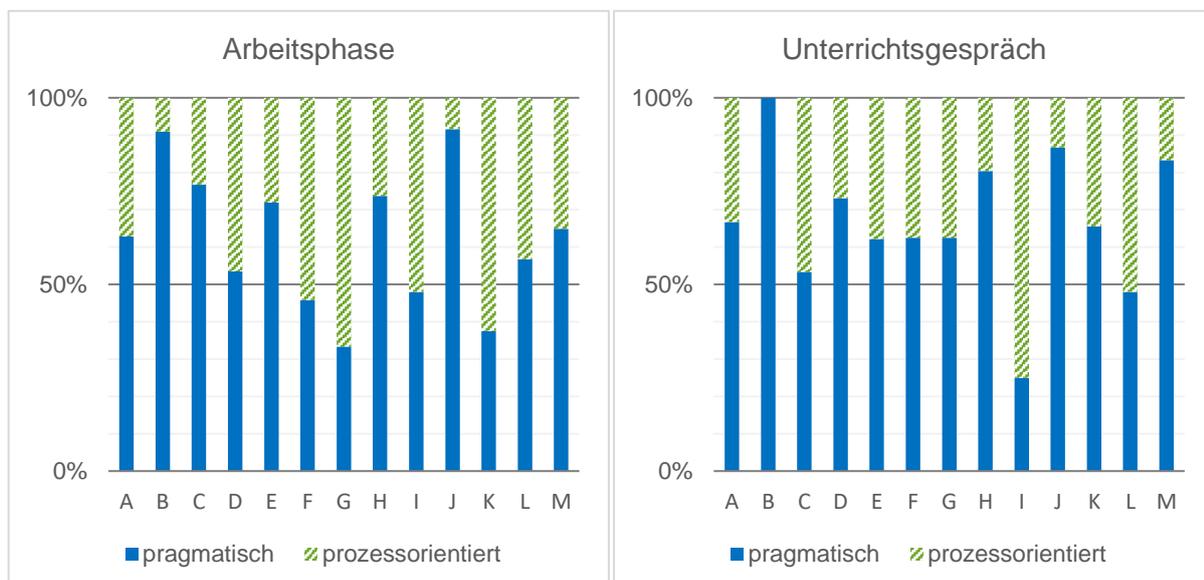


Abb. 3: Umgangsweisen der Lehrkräfte mit Schülerfehlern in Abhängigkeit von der Unterrichtsphase

Unterschiede zwischen den Unterrichtsphasen nicht stark ausgeprägt sind.

Abb. 3 zeigt, dass bei mehreren Lehrkräften in der Arbeitsphase mehr prozessorientierte Verhaltensweisen mit Schülerfehlern auftraten als im Unterrichtsgespräch. Vergleicht man die Häufigkeit des prozessorientierten Verhaltens gegenüber Fehlern in den beiden Phasen bei jeder einzelnen Lehrkraft, wird dieses Bild noch etwas klarer erkennbar. In Abb. 4 ist dies anhand der prozessorientierten Verhaltensweisen veranschaulicht (da die Verteilung der pragmatischen Verhaltensweisen komplementär dazu ist, verzichten wir auf diese Darstellung). Hier wird deutlich, dass bei etwas mehr als der Hälfte der Lehrkräfte die relative Häufigkeit des prozessorientierten Verhaltens in der Arbeitsphase höher war als beim Unterrichtsgespräch. Eine Ausnahme bildeten Lehrkraft C und I, die in den Arbeitsphasen deutlich häufiger pragmatisch reagierten, und Lehrkraft E, J und L, die keine großen Unterschiede im Umgang mit den Schülerfehlern zwischen den Unterrichtsphasen aufwiesen. Von Lehrkraft C und I wurden Stunden videographiert, die der Vorbereitung auf die MSA-Prüfung dienen. Möglicherweise war es durch die anstehende Prüfung für die Lehrkräfte wichtiger, mit den Lernenden schnell zum richtigen Ergebnis zu gelangen als möglichen Fehlerursachen intensiv nachzugehen.

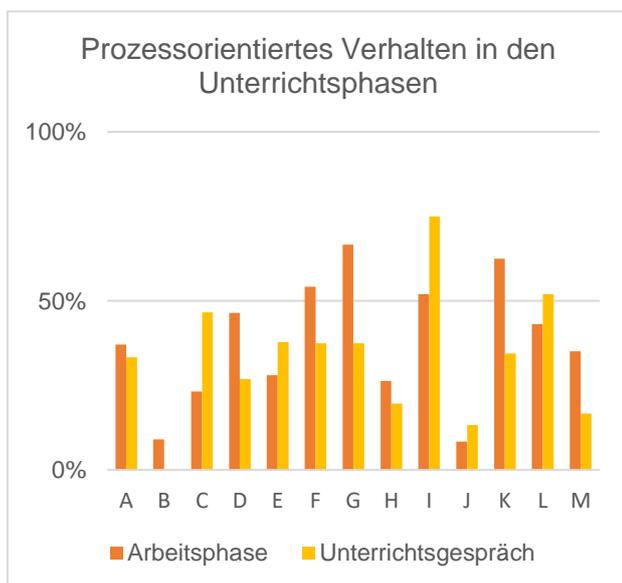


Abb. 4: Vergleich der Unterrichtsphasen bzgl. des prozessorientierten Verhaltens

Zudem kann man erkennen, dass die Lehrkräfte nur teilweise in ihrem Verhalten konsistent waren. So verhielten sich sieben Lehrkräfte in beiden Unterrichtsphasen strukturell ähnlich (überwiegend pragmatisch oder ausgeglichen). Sechs Lehrkräfte dagegen verhielten sich unterschiedlich in den Unterrichtsphasen.

5. Diskussion der Ergebnisse der Studie, Resümee, Limitationen der Studie und Ausblick

In dieser Studie wurden Verhaltensweisen von Lehrkräften zu ihrem Umgang mit Schülerfehlern analysiert.

Frühere empirische Studien hatten darauf hingewiesen, dass Lehrkräfte auf Fehler häufig nur kurz reagierten und diese schnell korrigierten, ohne sie vertiefend zu behandeln (z. B. Heinze, 2004; Santagata, 2005). Zu einer detaillierten Analyse der Verhaltensweisen der Lehrkräfte wurden in der vorliegenden Studie differenzierte Analysen der Verhaltensweisen der Lehrkräfte mit Schülerfehlern durchgeführt unter Bezug auf die von Rach et al. (2012, 2016) entwickelte Differenzierung von *pragmatischer* und *prozessorientierter* Reaktion. Beide Verhaltensweisen ließen sich bei den untersuchten Lehrkräften rekonstruieren. Wir konnten darüber hinaus sieben idealtypische Umgangsweisen mit Schülerfehlern unterscheiden und diese anhand von paradigmatischen Unterrichtsbeispielen verdeutlichen (Forschungsfrage 1). Als pragmatische Verhaltensweisen konnten die Weitergabe des Fehlers bzw. der Frage, Hilfen bei der Korrektur des Fehlers und die Fokussierung auf das Falsche rekonstruiert werden. Unter Rückgriff auf die Klassifikation von Zech (2002) zu gestuften Hilfen wurde bei den prozessorientierten Verhaltensweisen zwischen allgemein-strategischen, inhaltsorientierten strategischen und inhaltlichen Hilfen unterschieden.

Als eine weitere Verhaltensweise beim Umgang mit Schülerfehlern wurde die Fokussierung auf das Richtige rekonstruiert, eine Umgangsweise, die bisher in der Literatur nicht identifiziert wurde. Diese neue Verhaltensweise beim Umgang mit Schülerfehlern beinhaltet, dass die Lehrkraft neben dem Fehler auch das Richtige einer Aussage hervorhebt und dies ggf. sogar in den Vordergrund stellt. Dies kann beispielsweise auch das Herausstellen eines Lösungsplans sein, der von der Grundidee her richtig ist, bei dessen Durchführung den Lernenden aber ein Fehler unterlaufen ist. Diese Art der Rückmeldung liefert die Möglichkeit, die Lernenden in ihren Gedanken zu bestärken und auf den richtigen Ansätzen aufzubauen sowie diese weiterzuführen. Insbesondere in Bezug auf das für die deutschsprachige Diskussion bedeutsame Konstrukt der Grundvorstellungen und damit zusammenhängend auch möglichen Fehlvorstellungen wird die Notwendigkeit des Anknüpfens an tragfähige Grundvorstellungen im mathematikdidaktischen Diskurs hervorgehoben (vom Hofe, 1995). Auch Holzäpfel et al. (2015) betonen in Bezug auf den Umgang mit Fehlern die Bedeutung des Herausarbeitens des Richtigen im Falschen und die Klärung,

welche Ideen der Lernenden tragen und welche nicht. Insgesamt erscheint diese Verhaltensweise zum Umgang mit Schülerfehlern als sehr tragfähig für einen angemessenen Umgang mit Fehlern.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass pragmatische Verhaltensweisen im Umgang mit Schülerfehlern dominierten, wobei auch einzelne Lehrkräfte in der Stichprobe identifiziert werden konnten, die überwiegend prozessorientiert auf Schülerfehler reagierten (Forschungsfrage 2). Insgesamt bestätigen unsere Ergebnisse damit die bisherigen Ergebnisse, dass eine vertiefte Auseinandersetzung mit Schülerfehlern von Seiten der Lehrkraft nicht regelhaft im Unterricht vorkommt. Um produktiv aus Fehlern zu lernen, ist allerdings auch eine Analyse notwendig, „die neben der Identifizierung möglicher Fehlermuster auch die Rekonstruktion von Fehlerursachen auf syntaktischer und semantischer Ebene umfasst“ (Prediger & Wittmann, 2009, S. 8). Dass diese bei einem pragmatischen Vorgehen mit der Absicht, den Fehler schnell zu korrigieren, kaum zu leisten ist, ist naheliegend, wobei Flüchtigkeitsfehler keiner ausführlichen Behandlung bedürfen.

Einen detaillierten Blick ermöglichte die Analyse nach verschiedenen Unterrichtsphasen, wobei schülerbezogene Arbeitsphasen und das Unterrichtsgespräch unterschieden wurden (Forschungsfrage 3). Entgegen üblichen Vermutungen zeigten sich hier kaum Unterschiede in unserer Studie. So überwogen im Unterrichtsgespräch pragmatische Verhaltensweisen, wobei die Unterschiede zu den Arbeitsphasen nicht eindeutig sind. Ersteres könnte daran liegen, dass viele Schülerfehler individuell sind. Eine Lehrkraft könnte die Fehlersituation so einschätzen, dass nur die fehlermachenden Lernenden oder ein kleiner Teil der Klasse an dieser Stelle von einer prozessorientierten Herangehensweise profitieren würde und sich deshalb bewusst dagegen entscheiden, um im Interesse der Mehrheit der Lernenden den Unterrichtsfluss nicht zu unterbrechen. Das Überwiegen pragmatischer Verhaltensweisen deckt sich allerdings nicht mit den Ergebnissen der Studie von Heinze (2004), der bei der Schülerfehlerbehandlung in Unterrichtsgesprächen zu gleichen Teilen einen ergebnisorientierten sowie einen an Lernfortschritten orientierten Zweck rekonstruieren konnte, wobei hier unterschiedliche Auswertungsarten zu diesem Ergebnis beigetragen haben könnten. Auch Fritz (2022) identifizierte in ihrer Studie den ergebnisorientierten Umgang mit Fehlern sogar als die am seltensten vorkommende Art des Umgangs mit Fehlern, was ggf. durch den Fokus auf Problemlöseunterricht beeinflusst sein könnte, da in dem von ihr beobachteten Unterricht der Schwerpunkt auf selbstständigem Problemlösen mit ausreichender Zeit lag.

Die in der Studie von Schoy-Lutz (2005) unterschiedenen Typen legen verschiedene Verhaltensweisen in Abhängigkeit von der Unterrichtsphase nahe (Schoy-Lutz, 2005). Allerdings weisen die Ergebnisse unserer Studie darauf hin, dass ein „abrupter“ Wechsel der Unterrichtsphasen, wie bei Schoy-Lutz rekonstruiert, eher selten vorkommt; wir konnten daher den „Hört-mal-alle-her“-Typ kaum rekonstruieren. Der von ihr unterschiedene „Zwei-Phasen-Typ“ dagegen könnte auch in unserer Studie vorkommen. Eine detailliertere Auswertung, wie sich die Lehrkräfte in den einzelnen Unterrichtsphasen entsprechend dieser und anderer Typen verhalten, wird in weiteren Arbeiten vorgenommen werden.

Nicht nur bezogen auf die Unterscheidung von Unterrichtsphasen wird es in einem nächsten Schritt notwendig werden, die verwendeten Analysekatoren *pragmatisch* und *prozessorientiert* aufzuschlüsseln und für genauere Analysen des Verhaltens der Lehrkräfte im Umgang mit Schülerfehlern die ursprünglichen nicht zu Kategorien zusammengefassten Codes zu betrachten. Eine Analyse, wie genau die einzelnen Lehrkräfte auf die Schülerfehler reagierten und ob bestimmte Verhaltensweisen bzgl. neuer, außerhalb der in dieser Studie unterschiedenen Verhaltensweisen zu rekonstruieren sind, ist weiteren Analysen vorbehalten. Folgende Fragen für weitere Auswertungen erscheinen zentral: Lassen sich bei einzelnen Lehrkräften Muster im Umgang mit Schülerfehlern rekonstruieren, die ein immer gleiches Verhalten widerspiegeln? Gibt es Abläufe von Verhaltensweisen, die als idealtypisch rekonstruiert werden können?

Abschließend sollen die Limitationen der Studie diskutiert werden. So handelt es sich um eine qualitative Studie, wodurch keine allgemeingültigen Aussagen zu treffen sind. Die 13 Lehrkräfte umfassende Stichprobe beinhaltet eine für qualitative Studien akzeptable Stichprobe, unterliegt allerdings einigen Einschränkungen, da alle beteiligten Lehrkräfte aus Hamburg stammen. Des Weiteren wurden nur zwei Doppel-Unterrichtsstunden videographiert, so dass auch die Aussagen über die beobachteten Lehrkräfte mit großer Unsicherheit behaftet sind.

Zum Schluss möchten wir noch auf ein Ergebnis der Studie hinweisen, welches wir bisher nicht berichtet haben, da es nicht zum Thema der Studie passte, welches jedoch eine hohe Relevanz hat, nämlich die Frage nach der Häufigkeit von Schülerfehlern im Unterricht. In bisher durchgeführten Studien wurden eine eher geringe Anzahl von Schülerfehlern in einer Unterrichtsstunde identifiziert. Rach et al. (2012) sprechen von „durchschnittlich drei bis fünf Mal pro Unterrichtsstunde“ (S. 218), wobei sie sich auf die oben angesprochenen Studien von Santagata (2005) und Heinze (2004) beziehen sowie die Studie von

Oser et al. (1997). Aus den 574 Fehlersituationen, die in der vorliegenden Studie analysiert wurden, ergibt sich eine durchschnittliche Anzahl von 19,1 Fehlersituationen in einer Unterrichtsstunde von 90 Minuten. Selbst wenn die Länge der Unterrichtsstunden in den obengenannten Studien andere Zeitfenster als Grundlage haben, so ist die Anzahl der Fehlersituationen in unserer Studie doch deutlich höher. Auch Matteucci et al. (2015) berichten mit 96 Fehlersituationen in fünf Mathematikstunden von einem ähnlichen Durchschnittswert wie in unserer Studie. Fritz (2022) – mit durchschnittlich etwa 27 Fehlersituationen pro Unterrichtsstunde – beschreibt sogar noch eine höhere Fehleranzahl, die ggf. durch die Besonderheit des beobachteten Problemlöseunterrichts beeinflusst ist, da bei komplexen Problemlöseaufgaben eine höhere Anzahl von Fehlern nicht unerwartet ist. Heinze (2004) berichtete nur über Fehlersituationen, die im Unterrichtsgespräch aufgetreten waren, womit Fehler in Arbeitsphasen nicht berücksichtigt wurden, wobei mehr Unterrichtsgespräche als Arbeitsphasen in seiner Studie vorkommen. Des Weiteren berücksichtigte er nur Fehlersituationen, in denen die Fehler öffentlich gemacht, also von der Lehrkraft aufgegriffen wurden (Heinze, 2004). Dies wurde in unserer Studie anders durchgeführt; so haben wir 16 Situationen identifizieren können, in denen ein Fehler übergegangen wurde. Anders als bei anderen Studien wurden diese 16 Situationen in unserer Studie berücksichtigt.

Insgesamt machen diese Ergebnisse deutlich, dass eine mögliche Erklärung für die niedrige Fehleranzahl das Alter der Studien sein kann. Die berichteten Studien wurden mehr als zehn Jahre vor unserer Studie durchgeführt. Die geringe Fehleranzahl im Unterricht wird in mehreren Quellen als Indikator für die Fehlervermeidungsdidaktik von Oser und Spychiger (2005) gesehen (z. B. Rach et al., 2012; Steuer, 2014). Hierbei soll die Vermeidung von Fehlern sowohl durch die Lehrkräfte als auch durch die Lernenden geschehen, um ein Bloßstellen der Fehlermachenden zu vermeiden und den Unterrichtsfluss nicht zu stören. Da es seit einigen Jahren Konsens in der didaktischen Diskussion ist, dass Fehler wichtig für das Lernen sind, liegt es nahe, zu vermuten, dass sich die Fehlerkultur in den letzten Jahren dahingehend weiterentwickelt hat, dass Fehlern mittlerweile im Unterricht mehr Platz eingeräumt wird und die Lernenden dazu ermutigt werden, ihre Fehler öffentlich zu machen. Inwiefern dies bestimmten Typen von Umgangsweisen von Lehrkräften mit Schülerfehlern zuzuschreiben ist und ob ein Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion zur Unterrichtsqualität existiert, ist weiteren Analysen in unserer Studie vorbehalten.

Anmerkungen

¹ Wir bemühen uns in diesem Artikel um eine gendergerechte Sprache. Das bedeutet auch, dass wir im Fall der Verwendung der Worte „Schüler“ oder „Lehrer“ tatsächlich die männliche Form meinen. Begriffe wie „Schülerfehler“, „Schüler-Lehrer-Interaktion“ oder „Schülerzentrierung“ werden als feststehende Begriffe verwendet und zur besseren Lesbarkeit nicht gegendert. Hier sind alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Behörde für Schule und Berufsbildung (2021). *BQ 12 Systemanalysen und Bildungsberichterstattung Hamburger Sozialindex*. <https://www.hamburg.de/bsb/hamburger-sozialindex/> (letzter Abruf: 11.07.2021).
- Bikner-Ahsbans, A. (2003). Empirisch begründete Idealtypenbildung. Ein methodisches Prinzip zur Theoriekonstruktion in der interpretativen mathematikdidaktischen Forschung. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 35, 208–223.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3-13.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010a), TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010b), TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Blum, W. (2006). Einführung. In W. Blum, C. Drüke-Noe, R. Hartung & O. Köller (Hrsg.), *Bildungsstandards Mathematik: konkret* (S. 14-32). Berlin: Cornelsen-Scriptor.
- Buchholtz, N., Kaiser, G. & Blömeke, S. (2014). Die Erhebung mathematikdidaktischen Wissens – Konzeptualisierung einer komplexen Domäne. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 35(1), 101-128.
- Clausen, M., Reusser, K. & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hoch-inferenter Unterrichtsbeurteilungen. Ein Vergleich zwischen Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz. *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), 122-141.
- Doyle, W. (1977). Learning the Classroom Environment: An Ecological Analysis. *Journal of Teacher Education*, 28(6), 51-55.
- Fritz, J. (2022). *Schülerfehler im Problemlöseunterricht. Empirische Erkundungen zum Umgang der Lehrperson mit Schülerfehlern im mathematischen Problemlöseunterricht*. Technische Universität Braunschweig. <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202112021337-0>
- Heinrichs, H. (2015). *Diagnostische Kompetenz von Mathematik-Lehramtsstudierenden: Messung und Förderung*. Wiesbaden: Springer.
- Heinze, A. (2004). Zum Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch der Sekundarstufe I. Theoretische Grundlegung Methode und Ergebnisse einer Videostudie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 25(3-4), 221-244.

- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Holzäpfel, L., Loibl, K. & Ufer, S. (2015). Fehler ≠ Fehler. *mathematik lehren*, 191, 2-8.
- Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBQ) (2021). *BQ 11 Schulinspektion: Vertiefende Informationen. Instrumente im dritten Zyklus*. <https://www.hamburg.de/bsb/vertiefende-informationen/4017946/artikel-instrumente/> (letzter Abruf: 11.07.2021)
- Jahn, G., Stürmer, K., Seidel, T. & Prenzel, M. (2014). Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden: Eine Scaling-up Studie des Observe-Projekts. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46(4), 171-180.
- Jentsch, A., Schlesinger, L., Heinrichs, H., Kaiser, G., König, J. & Blömeke, S. (2021). Erfassung der fachspezifischen Qualität von Mathematikunterricht: Faktorenstruktur und Zusammenhänge zur professionellen Kompetenz von Mathematiklehrpersonen. *Journal für Mathematik Didaktik*, 42, 97-121.
- Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study. In T. Janik & T. Seidel (Hrsg.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (S. 137–160). Münster: Waxmann.
- Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 222-237.
- König, J. & Blömeke, S. (2009). Pädagogisches Wissen von angehenden Lehrkräften: Erfassung und Struktur von Ergebnissen der fachübergreifenden Lehrerbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12(3), 499-527.
- König, J., Blömeke, S., Jentsch, A., Schlesinger, L., Felske, C., Musekamp, F. & Kaiser, G. (2021). The links between pedagogical competence, instructional quality, and mathematics achievement in the lower secondary classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 107, 189-212.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805-820.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85-113).
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz-Juventa.
- Larrain, M. (2021). Fostering and measuring preservice primary teachers' diagnostic competences in mathematics. Wiesbaden: Springer.
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E. & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19(6), 527-537.
- Matteucci, M. C., Corazza, M. & Santagata, R. (2015). Learning from errors, or not. An analysis of teachers' beliefs about errors and error-handling strategies through questionnaire and video. *Progress in Education*, 37, 33-54.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12., überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Neuweg, G. H. (2014). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 583-614) (2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Münster: Waxmann.
- OECD (2020), *Global Teaching InSights: A Video Study of Teaching*, OECD Publishing, Paris.
- Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 11-41). Opladen: Leske + Budrich.
- Oser, F. & Spychiger, M. (2005). *Lernen ist schmerzhaft: Zur Theorie des negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur*. Weinheim: Beltz.
- Praetorius, A.-K. & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *ZDM – Mathematics Education*, 50, 535-553.
- Prediger, S. & Wittmann, G. (2009): Aus Fehlern lernen – (wie) ist das möglich? *PM: Praxis der Mathematik in der Schule*, 51(27), 1-8.
- Rach, S., Heinze, A. & Ufer, S. (2016). Die Weiterentwicklung von Mathematikunterricht durch Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis im Hamburger Schulversuch „alles»können“. In U. Harms, B. Schroeter & B. Klüh (Hrsg.), *Die Entwicklung kompetenzorientierten Unterrichts in Zusammenarbeit von Forschung und Schulpraxis – komdif und der Hamburger Schulversuch alles»können* (S. 127-148). Münster: Waxmann.
- Rach, S., Ufer, H. & Heinze, A. (2012). Lernen aus Fehlern im Mathematikunterricht – kognitive und affektive Effekte zweier Interventionsmaßnahmen. *Unterrichtswissenschaft: Zeitschrift für Lernforschung*, 40(3), 213-234.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis" (Teil 3 Videoanalysen)* (S. 206-233). Frankfurt: GFFP/DIPF.
- Reiss, K. & Hammer, C. (2013). *Grundlagen der Mathematikdidaktik: Eine Einführung für die Sekundarstufe*. Basel: Birkhäuser.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. P. Sikula (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (S. 102-119). New York: Macmillan.
- Santagata, R. (2005). Practices and beliefs in mistake-handling activities: A video study of Italian and US mathematics lessons. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 491-508.

K. Benecke & G. Kaiser

- Santagata, R., König, J., Scheiner, T., Nguyen, H., Adleff, A.-K., Yang, X. & Kaiser, G. (2021). Mathematics teacher learning to notice: a systematic review of studies of video-based programs. *ZDM – Mathematics Education*, 53(1), 119-134
- Schlesinger, L., Jentsch, A., Kaiser, G., König, J. & Blömeke, S. (2018). Subject-specific characteristics of instructional quality in mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*, 50(3), 475-490.
- Schoy-Lutz, M. (2009). Wie man aus Fehlersituationen Lernsituationen machen kann: Merkmale einer produktiven Fehlerkorrektur. *PM: Praxis der Mathematik in der Schule*, 51(27), 30-35
- Schoy-Lutz, M. (2005). *Fehlerkultur im Mathematikunterricht*. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.) (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaft (IPN).
- Sherin, B. & Star, J. R. (2011). Reflections on the Study of Teacher Noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics Teacher Noticing. Seeing Through Teachers' Eyes*. (S. 66-78). New York, NY: Routledge.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Research*, 57, 1-22.
- Steuer, G. (2014). *Fehlerklima in der Klasse: zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht*. Wiesbaden: Springer.
- Türling, J. M. (2014). Lehrerhandeln in Fehlersituationen – wie (angehende) Lehrkräfte mit Schülerfehlern umgehen. *Unterrichtswissenschaft*, 42(4), 366-384.
- Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(4), 571-596.
- Vom Hofe, R. (1995). Grundvorstellungen mathematischer Inhalte. Heidelberg u. a.: Spektrum Akademischer Verlag.
- Weber, M. (1904). Die „Objektivität“ sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis. *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 19(1), 22-87.
- Wragg, E. C. (2012). *An introduction to classroom observation (Classic edition)*. London: Routledge.
- Zech, F. (2002). *Grundkurs Mathematikdidaktik* (10. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Anschrift der Verfasserinnen

Kirsten Benecke
Universität Hamburg
Fakultät für Erziehungswissenschaft
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
kirsten.benecke@uni-hamburg.de

Gabriele Kaiser
Universität Hamburg
Fakultät für Erziehungswissenschaft
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
gabriele.kaiser@uni-hamburg.de

