



Den Stress im Blick – lokale Blickbewegungsmaße bei der Einschätzung schwierigkeitsgenerierender Merkmale von mathematischen Textaufgaben unter Stress

Sara Becker · Birgit Spinath · Beate Ditzen · Tobias Dörfler

Eingegangen: 21. Dezember 2020 / Angenommen: 19. Juni 2022 / Online publiziert: 12. Juli 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung Die Fähigkeit, mathematische Textaufgaben hinsichtlich ihrer schwierigkeitsgenerierenden Merkmale zu beurteilen, erweist sich als wichtiger Indikator der diagnostischen Kompetenz von Mathematiklehrkräften. Die diagnostische Kompetenz umfasst die kognitiven Prozesse der Wahrnehmung von potenziell schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen sowie deren Interpretation hinsichtlich ihrer Relevanz. Beide Beurteilungsprozesse erfordern kognitive Kapazitäten, die in realen Lehr-Lern-Situationen aufgrund des kapazitätsreduzierenden Einflusses von Stress beeinträchtigt werden können. Über den Einfluss von Stress auf die Prozesse des Wahrnehmens und Interpretierens von Aufgabenmerkmalen ist bislang wenig bekannt.

Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden experimentellen Eye Tracking-Studie der Einfluss von Stress auf die diagnostischen Prozesse der Wahrnehmung sowie der Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen bei mathema-

Dieser Beitrag wurde ursprünglich für das im März 2022 erschienene Heft mit Themenschwerpunkt „Diagnostisches Denken und Handeln von Mathematiklehrkräften – Theoretische Fundierungen, empirische Befunde und Implikationen für die Praxis“ eingereicht. Aufgrund von Verzögerungen erfolgt die Veröffentlichung nun in einer regulären Ausgabe des Journals für Mathematik-Didaktik.

Sara Becker (✉)

Institut für Mathematische Bildung, Pädagogische Hochschule Freiburg,
Kunzenweg 21, 79117 Freiburg, Deutschland
E-Mail: sara.becker@ph-freiburg.de

Birgit Spinath

Psychologisches Institut, Universität Heidelberg, Hauptstraße 47, 69117 Heidelberg, Deutschland

Beate Ditzen

Institut für Medizinische Psychologie, Universität Heidelberg, Bergheimer
Straße 20, 69115 Heidelberg, Deutschland

Tobias Dörfler

Institut für Psychologie, Pädagogische Hochschule Heidelberg, Keplerstraße 87, 69120 Heidelberg,
Deutschland

tischen Textaufgaben untersucht. Die Teilnehmenden, $N=64$ angehende Mathematiklehrkräfte (73,4% weiblich), wurden randomisiert der Kontrollgruppe oder der Stressgruppe zugeordnet. Die künstliche Erzeugung von Stress bei den Teilnehmenden der Stressgruppe erfolgte vor der Beurteilung der schwierigkeitsgenerierenden Merkmale mithilfe des Sozialevaluativen Kaltwasserstresstests. Der Einfluss von Stress auf die Wahrnehmungsprozesse während des Diagnostizierens wurde über so genannte lokale Blickbewegungsmaße operationalisiert. Der Einfluss von Stress auf die Interpretationsprozesse wurde anhand der Begründungen der Teilnehmenden untersucht.

Die Auswertungen der Studie zeigten, dass die schwierigkeitsgenerierenden Textaufgabenmerkmale sowohl von den Teilnehmenden der Kontrollgruppe als auch von denen der Stressgruppe wahrgenommen wurden. Die Aufmerksamkeit unter Stress begrenzte sich jedoch auf potenziell relevante Bereiche der Textaufgaben. Unter Stress wurden insgesamt weniger Merkmale für das diagnostische Urteil herangezogen und jedes schwierigkeitsgenerierende Merkmal wurde weniger oft als relevant interpretiert. Zusammenfassend weisen die Ergebnisse darauf hin, dass angehende Mathematiklehrkräfte unter Stress nur einen selektiven Bereich von Textaufgaben wahrnehmen und verarbeiten können. Insbesondere die kognitiv anspruchsvollen Verarbeitungsprozesse erscheinen eingeschränkt. Dies weist auf eine verzerrte und fehlerhafte Urteilsbildung in Stresssituationen hin.

Schlüsselwörter Diagnostische Urteilsprozesse · Textaufgabenschwierigkeiten · Stress · Eye Tracking

Keeping an Eye on Stress – Local Measures of Eye Movements During Diagnosing Difficulty-Generating Features of Mathematical Word Problems under Stress

Abstract The ability to judge the difficulty-generating features of mathematical word problems is one of the important indicator of the diagnostic competence of mathematics teachers. The diagnostic competence includes the cognitive processes of perceiving potentially difficulty-generating task features and interpreting them with regard to their relevance. Both cognitive processes require cognitive capacities that may be impaired by stress in real classroom situations. However, little is known about the influence of stress on the processes of perceiving and interpreting of mathematical task features, so far. Against this background, the present eye tracking study investigated experimentally the influence of stress on the cognitive processes of perception and interpretation of difficulty-generating task features in mathematical word problems. Participants, $N=64$ prospective mathematics teachers (73.4% female), were randomly assigned to the control group or the stress group. Stress in the stress group was induced artificially with the help of the socially evaluated cold-pressor test (SECPT) before judging the difficulty-generating task features. The influence of stress on the processes of perception was operationalized using local measures of the recorded eye movements. The influence of stress on the processes of interpretation was investigated using the participants' justifications. The analyses showed that the difficulty-generating task features were perceived by

the control group and by the stress group. However, under stress the attention was limited to potentially relevant task features, less features were used for the diagnostic judgment, and each difficulty-generating task feature was less often interpreted as relevant. In summary, the results indicate that prospective mathematics teachers can perceive and process only a limited number of task features under stress. In particular, processes that demand cognitive capacities appear to be restricted. These results indicate that judgements under stress can be incorrect and biased.

Keywords Judgement processes · Mathematical word problems · Stress · Eye tracking

Die Beurteilung schwierigkeitsgenerierender Merkmale von mathematischen Textaufgaben gilt als ein Indikator der diagnostischen Kompetenz von Mathematiklehrkräften. Die zutreffende Beurteilung wird als zentral für die Adaptivität des Unterrichts an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler angesehen (vgl. Beck et al. 2008; Schrader 2013). Bisherige Studienergebnisse zeigen, dass Aufgabenschwierigkeiten in der Regel von Mathematiklehrkräften unterschätzt werden (u. a. Anders et al. 2010; Leuders et al. 2017; McElvany et al. 2009). Neben der unzureichenden Beurteilung weisen die diagnostischen Urteile von Lehrkräften zudem eine hohe interindividuelle Varianz auf (u. a. Urhahne und Wijnia 2020). Aktuelle Erklärungsansätze für diese Befunde nehmen beispielsweise die zugrunde liegenden kognitiven Prozesse der Wahrnehmung und der Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen in den Fokus (Loibl et al. 2020). Empirische Befunde zur Genese von diagnostischen Urteilen unter Berücksichtigung von Wahrnehmungs- und Interpretationsprozessen sowie möglichen Einflussfaktoren liegen jedoch bislang kaum vor (vgl. Loibl et al. 2020). In realen Lehr-Lern-Situationen können die Prozesse der Beurteilung neben Persönlichkeitsmerkmalen (z. B. kognitive Fähigkeiten) auch durch situativ aktivierte Zustände der Lehrkraft, wie sie beispielsweise unter Stresseinfluss entstehen, beeinträchtigt werden. Auf der Grundlage kognitionspsychologischer Erkenntnisse kann angenommen werden, dass derartige Stresseinfluss kognitive Kapazitäten bindet. Diese stehen dann nicht mehr für Diagnoseprozesse während des Unterrichtens zur Verfügung (Het et al. 2005; Wirth 2015).

In der Kognitionspsychologie liegen bereits empirische Studienergebnisse vor, die mithilfe der Methode des Eye Trackings zeigen konnten, dass durch akuten Stresseinfluss die selektive Aufmerksamkeit auf spezifische Merkmale einer Aufgabe begrenzt wird (u. a. Herten et al. 2017). Weiterhin kann anhand der Studienergebnisse davon ausgegangen werden, dass insbesondere höhere Verarbeitungsprozesse, wie Interpretationsprozesse, durch Stresseinfluss beeinträchtigt werden (u. a. Simonovic et al. 2018). Für den Schulkontext und insbesondere für das Fach Mathematik liegen zum Einfluss von Stress auf Informationsverarbeitungsprozesse bislang keine empirischen Evidenzen vor.

Aufgrund dessen wird in der vorliegenden experimentellen Studie der Einfluss von Stress auf die kognitiven Informationsverarbeitungsprozesse des Wahrnehmens und des Interpretierens von mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwie-

rigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen bei angehenden Mathematiklehrkräften untersucht. Diese beiden Informationsverarbeitungsprozesse werden bei der Einschätzung von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben im Stoffgebiet der Addition und Subtraktion von Brüchen erhoben. Die Methode des Eye Trackings in Kombination mit verbalen Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz soll Rückschlüsse auf den Einfluss von Stress auf die kognitiven Prozesse ermöglichen. In den eingesetzten Textaufgaben werden hierzu areas of interest (AOIs) auf den schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen definiert. Die Blickbewegungen, die innerhalb dieser AOIs erfolgen, werden anschließend anhand von so genannten lokalen Blickbewegungsmaßen analysiert. Die Blickbewegungen stellen Indikatoren für die internen, weitgehend unbewussten Prozesse der Wahrnehmung und der Verteilung der Aufmerksamkeit bei der Aufgabenbearbeitung dar. Die verbalen Begründungen der Teilnehmenden in Hinblick auf die Aufgabenmerkmale und deren schwierigkeitsgenerierende Relevanz ermöglichen Rückschlüsse auf die internen Prozesse der Interpretation.

1 Theoretischer Hintergrund

Die diagnostische Kompetenz von Lehrkräften rückte in den vergangenen Jahren aufgrund ihrer Bedeutung für die Lehrkompetenz und die an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler adaptierte Unterrichtsgestaltung (Beck et al. 2008; Brühwiler 2014) zunehmend in den Blick wissenschaftlichen Interesses. Bisherige Studien zur diagnostischen Kompetenz untersuchten zu einem Großteil die Akkuratheit diagnostischer Urteile von Lehrkräften (vgl. Spinath 2005; Südkamp et al. 2012; Urhahne und Wijnia 2020). Diese Studien zeigten, dass Aufgabenschwierigkeiten in der Regel unterschätzt werden (u. a. Anders et al. 2010). Lehrkräfteurteile weisen zudem eine hohe interindividuelle Varianz auf (u. a. Urhahne und Wijnia 2020). Studien, die bislang insbesondere stabile Personmerkmale bei Lehrkräften untersuchten, konnten diese Merkmale jedoch nicht hinreichend als Ursachen für die hohen interindividuellen Unterschiede in der diagnostischen Kompetenz herausstellen (Urhahne und Wijnia 2020). Der Einfluss von situativ aktivierten Personmerkmalen, wie Stress, wurde in den Untersuchungen zur diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften bislang weitgehend nicht berücksichtigt (Loibl et al. 2020). Um Ursachen für die hohe interindividuelle Varianz und den möglichen Einfluss von Personmerkmalen detaillierter in experimentellen Studien untersuchen zu können, entwickelte sich neben dem Forschungsgebiet zur Untersuchung der Urteilsakkuratheit ein Forschungsgebiet zur Untersuchung der kognitiven Prozesse während des Diagnostizierens von Lehrkräften. In Anlehnung an Loibl et al. (2020) können diese Prozesse als Informationsverarbeitungsprozesse verstanden werden. In den bislang vereinzelt durchgeführten empirischen Studien zur Untersuchung der Informationsverarbeitungsprozesse während des Diagnostizierens wurden Hinweise auf die diagnostischen Prozesse anhand von qualitativen Fallstudien gezogen (vgl. Hammer 2016; Philipp 2018; Reinhold 2018). Es fehlen jedoch zum einen quantitative und experimentelle Studien zur Untersuchung der kognitiven Informationsverarbeitungs-

prozesse während des Diagnostizierens und zum anderen Studien, die den Einfluss von situativ aktivierten Personmerkmalen, wie Stress, auf die kognitiven Informationsverarbeitungsprozesse berücksichtigen.

Der kognitive Informationsverarbeitungsprozess während des Diagnostizierens umfasst in Anlehnung an Loibl et al. (2020) bei der Einschätzung von Aufgabenschwierigkeiten die Wahrnehmung von potenziell schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen sowie die Interpretation dieser Merkmale in Hinblick auf ihre Relevanz für die Aufgabenschwierigkeit. Die Wahrnehmungs- und Interpretationsprozesse stellen interne Prozesse dar, die nicht direkt von außen beobachtbar oder messbar sind. Durch theoretische Annahmen und die Erhebung und Analyse von Prozessindikatoren können jedoch Rückschlüsse auf die zugrunde liegenden Prozesse gezogen werden. Erste empirische Befunde zur Genese diagnostischer Urteile sowie zu möglichen Einflussfaktoren zeigten den positiven Effekt von ausgeprägtem fachdidaktischen Wissen auf die Prozesse der Wahrnehmung und der Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Aufgaben (Rieu et al. 2020). Auch der negative Effekt des Stresseinflusses auf Prozesse der Wahrnehmung und Interpretation einer Mathematikaufgabe in ihrer Gesamtheit konnte bereits empirisch belegt werden (Becker et al. 2020). Für den Einfluss von Stress auf Wahrnehmungs- und Interpretationsprozesse von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben im Speziellen liegen bislang keine Ergebnisse vor.

1.1 Schwierigkeitsgenerierende Merkmale von mathematischen Textaufgaben

Die Wahrnehmung und die adäquate Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben bilden nach Beck et al. (2008) die Grundlage für einen Mathematikunterricht, der an die Voraussetzungen einer Lerngruppe angepasst ist. Im Mathematikunterricht stellen Textaufgaben eine Aufgabenform dar, die für einige Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten verbunden sind (u. a. Schukajlow-Wasjutinski 2010). Textaufgaben werden als Aufgaben verstanden, in denen relevante Informationen in Form einer kurzen Erzählung vorliegen (Verschaffel et al. 2007). Frühere Forschungsarbeiten zeigten, dass bei mathematischen Textaufgaben sowohl mathematikspezifische als auch sprachbezogene Aspekte schwierigkeitsgenerierende Merkmale darstellen (u. a. Franke und Ruwisch 2010; Jordan et al. 2006; Schukajlow-Wasjutinski 2010).

1.1.1 Mathematikspezifische schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale

Mathematikspezifische schwierigkeitsgenerierende Merkmale bei mathematischen Textaufgaben werden hauptsächlich vom jeweiligen Stoffgebiet determiniert. Als Stoffgebiet wurde in der vorliegenden Untersuchung die Addition und die Subtraktion von gleichnamigen und ungleichnamigen Brüchen gewählt. Dieses Stoffgebiet wurde aufgrund seiner Relevanz für das weitere Curriculum und für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler herangezogen (u. a. Siegler et al. 2012; Padberg und Wartha 2017). Mathematikspezifische schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale wurden bereits in einer Vielzahl empirischer Studien untersucht (u. a. Padberg

und Wartha 2017; Padberg und Benz 2021). Beim Lösen von symbolischen Additions- und Subtraktionstermen scheinen vor allem die Nenner der Brüche ein schwierigkeitsgenerierendes mathematikspezifisches Merkmal darzustellen (Padberg und Wartha 2017). So wird die Addition und Subtraktion gleichnamiger Brüche deutlich häufiger richtig gelöst als die entsprechenden Rechenoperationen bei ungleichnamigen Brüchen (u. a. Padberg und Wartha 2017; Padberg und Benz 2021). Es kann davon ausgegangen werden, dass geringere Anforderungen von gleichnamigen Brüchen (keine Hauptnennerbildung) durch die Analogien zu dem vertrauten Zahlenbereich der natürlichen Zahlen im Sinne des quasikardinalen Aspekts (vgl. Griesel 1981) eine plausible Erklärung für diesen Befund darstellt. In Anlehnung an die fachspezifischen Analysen der Arbeitsgruppe COACTIV (Jordan et al. 2006) bedingt neben der Bruchzahl auch die Anzahl der Rechenschritte, die bis zur Lösung der Textaufgaben notwendig sind, die Aufgabenschwierigkeit für Schülerinnen und Schüler bei (vgl. Vom Hofe 1995; Jordan et al. 2006).

1.1.2 Sprachbezogene schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale

In mathematischen Textaufgaben tragen neben mathematikspezifischen schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen auch sprachbezogene Merkmale zu der Schwierigkeit für Schülerinnen und Schüler bei. So konstatierten bereits Carpenter et al. (1980) signifikant geringere Lösungshäufigkeiten für Textaufgaben als für Rechenaufgaben auf der symbolischen Ebene. Neben dem Modellierungsprozess, den Textaufgaben im Vergleich zu symbolischen Rechenaufgaben erfordern (Wangdi und Pelden 2020), zeigten Gürsoy et al. (2013) in einer Analyse der Sprachverwendung in Mathematikaufgaben, dass auch sprachliche Hürden auf Wort-, Satz- und Textebene die Lösungshäufigkeit von Aufgaben beeinflussen können. So kann die Verwendung von Fremdwörtern, Fachbegriffen oder Wörtern, die für die jeweilige Lerngruppe unbekannt sind, eine Schwierigkeit für Schülerinnen und Schüler bedeuten. Auch Passivkonstruktionen werden als schwierigkeitsgenerierend für Schülerinnen und Schüler in Textaufgaben eingestuft, da sie bildungssprachliche Konstruktionen darstellen und eine Vertauschung des Subjekts und Objekts als Folge haben (u. a. Niederhaus et al. 2016).

Lehrkräfte sollten demnach sowohl mathematikspezifische als auch sprachbezogene Aufgabenmerkmale wahrnehmen und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Aufgabenschwierigkeit interpretieren können.

1.2 Einfluss von Stress auf Informationsverarbeitungsprozesse

Die Informationsverarbeitungsprozesse während der Einschätzung schwierigkeitsgenerierender Merkmale von mathematischen Textaufgaben werden nicht nur durch den Stimulus selbst beeinflusst, sondern können auch durch emotionale Zustände der Person beeinträchtigt werden (vgl. Schindler und Lilienthal 2019). Ein solcher emotionaler Zustand kann beispielsweise durch Stresseinfluss entstehen (Förster und Böhmer 2017). Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass die kognitiven Prozesse des Wahrnehmens und des Interpretierens Arbeitsgedächtniskapazitäten erfordern (u. a. Evans 2008). Das Arbeitsgedächtnis stellt einen kognitiven Mechanismus be-

reit, welcher es erlaubt, eine begrenzte Menge an Informationen für eine bestimmte Zeitspanne aktiv zu halten sowie diese kurzzeitig gespeicherten Informationen zu verarbeiten (Baddeley 2003; Cowan 2005). Während einer Stressreaktion werden kognitive Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses stärker gefordert. Hintergrund ist die physiologische Stressreaktion, welche sich unter anderem in der Aktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA) widerspiegelt. Die physiologische Stressreaktion bewirkt unter anderem auch eine gesteigerte Ausschüttung des Stresshormons Cortisol (Dickerson und Kemeny 2004). Cortisol kann aufgrund seiner chemischen Struktur Zellmembranen passieren und bindet dort an spezifische Rezeptoren in unterschiedlichen Hirnbereichen. In Folge einer Stressreaktion werden insbesondere Rezeptoren im präfrontalen Cortex besetzt (Lupien et al. 2007; Seiferth und Thienel 2013). Der präfrontale Cortex stellt eine Hirnstruktur dar, die unter anderem für die kognitive Bewertung der Bedeutung eines Stimulus sowie für die Steuerung der Arbeitsgedächtnisfunktionen verantwortlich ist (Wirth 2015). Steht eine Person unter Stress, sind die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses stärker gefordert und stehen nicht mehr uneingeschränkt für die kognitiven Informationsverarbeitungsprozesse, zum Beispiel der Wahrnehmung und Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben, zur Verfügung. Als Folge werden heuristische Prozesse begünstigt, die die Komplexität von Urteilen reduzieren und damit gegebenenfalls auch die Korrektheit oder Ausführlichkeit von Urteilen beeinflussen können. Dies erfolgt beispielsweise, indem die Aufmerksamkeit des Wahrnehmungsprozesses selektiv auf potenziell relevante und saliente Informationen gelenkt wird (u. a. Tversky und Kahneman 1974). Dadurch wird das Informationsverarbeitungssystem entlastet und die Geschwindigkeit des Informationsverarbeitungsprozesses erhöht (Chen und Chaiken 1999; Pfister et al. 2017). Bei einer systematisch-analytischen Vorgehensweise der Urteilsbildung wird unter anderem eine Vielzahl von Aufgabenmerkmalen berücksichtigt und gegeneinander abgewogen. Daher benötigen die zugrunde liegenden Urteilsprozesse dieser Vorgehensweise, vor allem bei neuartigen oder herausfordernden Anforderungen, kognitive Kapazitäten. Durch Stresseinfluss stehen diese Kapazitäten jedoch nicht mehr für die Prozesse der Urteilsbildung zur Verfügung (Chen und Chaiken 1999). Heuristiken und Strategien des vorzeitigen Schließens werden demnach unter Stresseinfluss begünstigt (Asendorpf und Neyer 2012). So konnten Smith und Jonides (1999) in ihrer Übersichtsarbeit zeigen, dass insbesondere höhere kognitive Informationsverarbeitungsprozesse, wie die Steuerung von Aufmerksamkeit oder die Organisation verschiedener Handlungen, in Folge einer Stressreaktion unmittelbar beeinflusst werden. Auch in den Studien von Quin et al. (2009) und Margittai et al. (2016) wurden die Leistungen bei der Lösung einer Arbeitsgedächtnisaufgabe durch Stresseinfluss signifikant reduziert. Dies führte zu einer Verlagerung von planendem, reflektiertem Verhalten hin zu einem eher heuristischen Verhalten. Für den Schulkontext scheint entsprechende Evidenz bislang noch zu fehlen. Die dargestellten Studien, die den Einfluss von Stress auf die Arbeitsgedächtniskapazität experimentell untersuchten, arbeiteten mit Methoden der endogenen Cortisol-Manipulation, zum Beispiel mithilfe von Stresstests. Stresstests stellen Verfahren der experimentellen Psychologie dar, welche eine physiologische Stressreaktion hervorrufen können. Einen solchen Stresstest stellt der *Sozialevaluative Kaltwasserstresstest*

(kurz SECPT, vgl. Schwabe et al. 2008) dar. Es konnte gezeigt werden, dass der SECPT die HHNA und das sympathische Nervensystem nachweislich stimuliert und dadurch das primäre Stresshormon Cortisol experimentell zuverlässig erhöht werden kann (vgl. Schwabe et al. 2008).

1.3 Prozessindikatoren während der Beurteilung von Aufgabenschwierigkeiten

Die Wahrnehmung und die Interpretation stellen interne Prozesse dar, die nicht unmittelbar von außen beobachtet werden können. Auf der Grundlage von theoretischen Annahmen und der Erhebung und Analyse von Prozessindikatoren können jedoch Rückschlüsse auf die internen Prozesse gezogen werden. Blickbewegungen stellen solche Prozessindikatoren für die Wahrnehmung dar. Protokolle verbaler Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz umfassen Indikatoren für Interpretationsprozesse.

Das Aufzeichnen und das Analysieren von Blickbewegungen (Eye Tracking) ermöglichen die Ableitung von Hinweisen auf die Wahrnehmung (Holmqvist et al. 2011; Just und Carpenter 1980). Die Methode des Eye Trackings wurde ursprünglich im Bereich der Leseforschung entwickelt, aber auch bereits in Studien zur Lernforschung (für einen Überblick siehe Lai et al. 2013) oder zum Mathematikunterricht (für einen Überblick siehe Strohmaier et al. 2020) eingesetzt. Die Interpretation von Blickbewegungen basiert überwiegend auf der von Just und Carpenter (1980) im Bereich der Leseforschung postulierten Eye-Mind Hypothese (EMH), der zufolge „the eye remains fixated on a word as long as the word is being processed“ (Just und Carpenter 1980, S. 330). Damit wird angenommen, dass der visuelle Fokus auf den kognitiven Fokus verweist und ein Element eines Stimulus, wie zum Beispiel ein Wort in einer Textaufgabe, so lange in den Blick genommen wird, bis dieses kognitiv verarbeitet ist. Die zweite von Just und Carpenter (1980) postulierte Hypothese, die Immediacy Hypothese, legt nahe, dass die Verarbeitung der fixierten Stimuli unmittelbar und nicht zeitlich verzögert erfolgt. Eine Vielzahl empirischer Studien konnte diese Hypothesen im Bereich der Mathematikdidaktik mittlerweile belegen. Neuere Forschungen jedoch haben gezeigt, dass die in der Leseforschung zugrunde liegenden Annahmen nicht immer unmittelbar auf die Mathematik und ihre Didaktik übertragbar sind, da dieselben Blickbewegungsdaten mit verschiedenen kognitiven Prozessen verknüpft sein können. So zeigten Schindler und Lilienthal im Jahr 2019 für die Bearbeitung von Problemlöseaufgaben in der Geometrie, dass die EMH nicht immer zutrifft. Sie leiteten diese Schlussfolgerung unter anderem daraus ab, dass die Blickbewegungen und die Selbstberichte in einer Einzelfallstudie mit einem Schüler hinsichtlich des Aufmerksamkeitsfokus teilweise divergierten. Aufgrund der Mehrdeutigkeit der EMH muss diese in Hinblick auf den Inhalt der jeweiligen Studie und ihre damit verbundene Aussagekraft stets überprüft werden.

Weitgehende Einigkeit besteht darüber, dass durch die Analyse von Blickbewegungen der Frage nachgegangen werden kann, ob und wie sehr ein einzelner Aspekt eines visuellen Reizes von einer Person beachtet wird (vgl. Schindler und Lilienthal 2019). Der Grad der Aufmerksamkeit wird oft durch die Anzahl und die Dauer der Fixierungen (vgl. DeWolf et al. 2015) gemessen. Um die Aufmerksamkeit sowie die Konzentration der verfügbaren kognitiven Ressourcen auf selektive Elemente eines

visuellen Stimulus zu untersuchen, wird der Stimulus häufig in spezifische AOIs unterteilt und die *relative Anzahl der Fixationen* sowie die *relative Fixationsdauer* in Bezug auf diese AOIs analysiert (vgl. Hanser und Scholtyssek 2000). Diese auf spezifische Bereiche bezogenen Maße werden als lokale Blickbewegungsmaße bezeichnet. Die Verteilung der *relativen Anzahl der Fixationen*, die innerhalb einer AOI erfolgt, kann als Indikator für die Verteilung der Aufmerksamkeit innerhalb eines Stimulus angesehen werden. Eine höhere Anzahl an Fixationen lässt auf eine höhere Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Bereich schließen. Die *relative Fixationsdauer*, die in Bezug auf eine AOI erfolgt, kann als Indikator für die Verarbeitungstiefe der in der AOI enthaltenen Information angesehen werden. Eine längere *relative Fixationsdauer* deutet auf eine intensivere kognitive Verarbeitung hin (u. a. Holmqvist et al. 2011). Die Verwendung von relativen Werten ermöglicht eine Vergleichbarkeit von lokalen Maßen über verschiedene Aufgaben, verschiedene Personen sowie AOIs verschiedener Größen hinweg. Die AOIs umfassten in der vorliegenden Studie zwei mathematikspezifische schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale, die Bruchzahl und die Anzahl der Rechenschritte, sowie zwei sprachbezogene schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale, die Lexik und die Syntax. Die Lexik bezieht sich auf die einzelnen verwendeten Wörter in den Textaufgaben, die Syntax auf die Satzstruktur. Im Methodenteil werden diese AOIs spezifiziert.

Die Methode des Eye Trackings bietet sich aufgrund der vorgenannten Aspekte in der mathematikdidaktischen Forschung insbesondere für Untersuchungen hinsichtlich der Bearbeitung von mathematischen Textaufgaben an. Dies gilt insbesondere dann, wenn der sprachliche Aspekt der Aufgaben Schwierigkeiten für die Rezipienten generiert und nicht nur der mathematische Aspekt. Die Methode des Eye Trackings wurde bereits in einigen Studien für den Bereich der Bearbeitung mathematischer Textaufgaben eingesetzt. So zeigten Hegarty et al. (1992) beispielsweise mit Hilfe von lokalen Blickbewegungsmaßen bei der Analyse mathematischer Textaufgaben im Bereich der Addition und Subtraktion von natürlichen Zahlen, dass relevanten Schlüsselwörtern eine besondere Aufmerksamkeit zuteilwird. In weiteren Eye Tracking-Studien konnte belegt werden, dass neben Schlüsselwörtern auch Zahlen in derartigen Textaufgaben einen besonderen Aufmerksamkeitsfokus darstellen. So verglichen zum Beispiel De Corte et al. (1990) *relative Fixationsdauern* auf Zahlen und Wörter bei Textaufgaben im Bereich der Addition und Subtraktion von natürlichen Zahlen. Sie konnten mithilfe dieser *relativen Fixationsdauern* zeigen, dass auch der Sprache beim Lösen von Textaufgaben eine entscheidende Rolle zukommt und insbesondere auch einen Hinweis für die EMH liefert.

Im Bereich der Kognitionspsychologie wurde die Methode des Eye Trackings genutzt, um den Einfluss von Stress bei der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben zu untersuchen. Herten et al. (2017) zeigten beispielsweise, dass durch Stresseinfluss selektiv Aufmerksamkeit auf spezifische Merkmale einer Situation begrenzt wird. In weiteren Studien konnte herausgestellt werden, dass auch die anschließenden Interpretationsprozesse durch den Einfluss von Stress negativ beeinträchtigt werden (Simonovic et al. 2018). So zeigten Simonovic et al. (2018) bei Entscheidungssituationen mit Unsicherheiten in Hinblick auf das Ergebnis, dass insbesondere reflektierte Denkprozesse unter dem Einfluss von Stress beeinträchtigt wurden.

Für den Schulkontext liegen bislang keine Studienergebnisse für den Einfluss von Stress auf kognitive Informationsverarbeitungsprozesse vor. Es ist jedoch aufgrund der dargelegten theoretischen Annahmen zu den Auswirkungen von Stress auf Wahrnehmungs- und Interpretationsprozesse sowie aufgrund der dargelegten empirischen Studienergebnisse anzunehmen, dass auch bei Lehrkräften die Aufmerksamkeit selektiv auf bestimmte Bereiche einer Aufgabe begrenzt wird und diese mit eher heuristischen, statt reflektierten, Prozessen verarbeitet werden.

2 Forschungsfragen und Hypothesen

Aufgrund des dargelegten theoretischen Hintergrundes wird in der vorliegenden experimentellen Studie der Einfluss von Stress bei angehenden Mathematiklehrkräften auf die Prozesse der Wahrnehmung und der Interpretation von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben untersucht. Die Studie fokussiert den Inhaltsbereich der Addition und Subtraktion von Brüchen. Die Auswirkungen von Stress auf die Informationsverarbeitungsprozesse werden mithilfe der Methode des Eye Trackings, anhand von lokalen Blickbewegungsmaßen, in Verbindung mit Protokollen verbaler Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz analysiert. Die Blickbewegungen stellen Indikatoren für die Wahrnehmungsprozesse dar (vgl. Forschungsfrage 1). Die verbalen Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz stellen Indikatoren für die Interpretationsprozesse dar (vgl. Forschungsfrage 2).

Konkret wird in der Studie der Frage nachgegangen, in welchem Ausmaß sich die Aufmerksamkeitszuweisung angehender Mathematiklehrkräfte auf potenziell relevante schwierigkeitsgenerierende Merkmale mathematischer Textaufgaben im Bereich der Bruchrechnung unter dem Einfluss von Stress verändert (Forschungsfrage 1). Aufgrund der dargelegten Studienergebnisse wird erwartet, dass auch bei angehenden Mathematiklehrkräften unter Stresseinfluss die Aufmerksamkeit selektiv auf potenziell relevante schwierigkeitsgenerierende Merkmale der mathematischen Textaufgaben gelenkt wird und Merkmale, die potenziell irrelevant erscheinen, keine Aufmerksamkeit zuteil wird (Hypothese 1.1). Weiterhin wird aufgrund der dargelegten Studienergebnisse erwartet, dass die zur Verfügung stehenden kognitiven Kapazitäten auf den Bereich der potenziell relevanten Merkmale begrenzt werden und demnach der Bereich außerhalb dieser Merkmale mit einer geringeren kognitiven Tiefe verarbeitet wird (Hypothese 1.2). In Forschungsfrage 2 wird untersucht, in welchem Ausmaß die Prozesse der Interpretation von mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben unter dem Einfluss von Stress beeinträchtigt werden (Forschungsfrage 2). Es wird angenommen, dass die Effekte von Stress mit einer eingeschränkten Interpretation der schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale der Textaufgaben verbunden sind. Dies wäre auf die beschriebene, teilweise Bindung der kognitiven Kapazitäten durch Stresseinfluss zurückzuführen. Konkret wird erwartet, dass die Teilnehmenden der Stressgruppe im Vergleich zu den Teilnehmenden der Kontrollgruppe die mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgene-

rierenden Merkmale der Textaufgaben in ihren Begründungen weniger häufig nennen werden (Hypothese 2.1) und insgesamt pro Aufgabe eine geringere Anzahl an schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen der mathematischen Textaufgaben für ihr Urteil als relevant interpretieren werden (Hypothese 2.2).

3 Methodik

Im Folgenden werden die Stichprobe, die verwendeten Testinstrumente, die Blickbewegungsmaße, der Verlauf der experimentellen Eye Tracking-Studie sowie die Datenanalyse beschrieben.

3.1 Stichprobe

Für die vorliegende Studie wurden $N=70$ Mathematiklehramtsstudierende der Pädagogischen Hochschule Heidelberg rekrutiert. Die Teilnehmenden wurden bereits bei der Rekrutierung darüber informiert, dass Personen mit akuten oder chronischen Erkrankungen oder einer regelmäßigen Medikamenteneinnahme (ausgenommen der oralen Kontrazeptiva bei Frauen) nicht an der Studie teilnehmen können. Daher musste im weiteren Verlauf der Studie keiner der 70 rekrutierten Teilnehmenden aufgrund von gesundheitlichen Einschränkungen ausgeschlossen werden. Infolge eines technischen Defektes der Kamera des verwendeten Eye Tracking Systems konnten jedoch die Daten der ersten sechs Teilnehmenden nicht verwendet werden, da die Blickbewegungen nicht aufgezeichnet wurden. Die Analyse umfasst daher Daten von $N=64$ angehenden Mathematiklehrkräften (Alter: $M=22,7$ Jahre, $SD=4,2$, weiblich: 73,4%; Semesteranzahl: $M=4,2$, $SD=2,3$; Anteil der Studierenden, die bereits ihr Praxissemester absolvierten: 22%). Die Teilnehmenden wurden vor ihrer jeweiligen Testung durch einen Münzwurf vollständig randomisiert der Kontrollgruppe ($n=31$) oder der Stressgruppe ($n=33$) zugeordnet. Die Unterscheidungen zwischen den Gruppen wurden mit Mann-Whitney-U-Tests aufgrund der Verletzung der Normalverteilung berechnet. Die Gruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich des Alters (EG: $M=22,00$ Jahre, $SD=2,06$, KG: $M=23,47$ Jahre, $SD=5,56$, $U=384,00$, $Z=-1,18$, $p=0,236$), der Semesteranzahl (EG: $M=4,09$, $SD=2,09$, KG: $M=4,40$, $SD=2,24$, $U=471,50$, $Z=-0,33$, $p=0,743$), des Geschlechts (EG: 84% weiblich, KG: 64% weiblich, $\chi^2(1)=3,36$, $p=0,067$) oder dem Anteil der Studierenden, die bereits ihr Praxissemester absolvierten (EG: 10%, KG: 12%, $\chi^2(1)=0,13$, $p=0,724$).

3.2 Testinstrumente

Mit Hilfe eines Fragebogens wurden zu Beginn des Experiments die soziodemographischen Angaben der Teilnehmenden der Studie, wie Alter, Geschlecht, Semesteranzahl, Größe und Gewicht, erhoben. Weiterhin wurden physische Aktivitäten und das Konsumverhalten von Koffein, Nikotin, Betäubungsmitteln und Medikamenten im Allgemeinen sowie das spezifische Konsumverhalten in den letzten 24h vor der Testung erhoben. Die Teilnehmenden wurden zu Beginn des Fragebogens schriftlich darüber informiert, dass die Angaben zu diesen Fragen nur dann in die Auswertung

einfließen, wenn erhebliche Abweichungen zwischen erwarteten und gemessenen Cortisol-Konzentrationen festgestellt werden. Die weiblichen Teilnehmenden wurden darüber hinaus nach der Einnahme von hormonellen Kontrazeptiva gefragt. In der vorliegenden Studie beantworteten $n = 16$ der weiblichen Teilnehmenden diese Frage nicht. Der Einfluss einer Einnahme konnte daher für die vorliegende Studie nicht kontrolliert werden.

Der Test am Eye Tracker bestand für die Teilnehmenden darin, acht mathematische Textaufgaben im Bereich der Bruchrechnung hinsichtlich ihrer schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale einzuschätzen. Die Merkmale sollten in Hinblick auf die Schwierigkeit für eine durchschnittliche Realschülerin bzw. einen durchschnittlichen Realschüler Ende der 6. Klassenstufe oder Anfang der 7. Klassenstufe beurteilt werden. Inhaltlich umfassten die Textaufgaben das Stoffgebiet der Addition und Subtraktion von gleichnamigen und ungleichnamigen Brüchen. Die Konzeption der Textaufgaben basierte auf einer theoretisch entwickelten Matrix, die sowohl zwei mathematikspezifische schwierigkeitsgenerierende Aufgabenmerkmale, die Bruchzahl und die Anzahl der Rechenschritte, als auch zwei sprachbezogene schwierigkeitsgenerierende Merkmale aus dem Bereich der Lexik und der Syntax umfasste. Ausgewählte Schulbuchaufgaben wurden auf Grundlage der theoretischen Matrix angepasst, sodass die vier Merkmale systematisch variierten. Die Bruchzahl variierte in Anlehnung an Padberg und Wartha (2017) durch das Vorkommen von gleichnamigen oder ungleichnamigen Brüchen in den Textaufgaben. Die Anzahl der Rechenschritte variierte im konzipierten Textaufgabenansatz entsprechend des Kategoriensystems von COACTIV (Jordan et al. 2006) zwischen einem und zwei Rechenschritten. Die Schwierigkeit im Bereich der Lexik wurde durch die Verwendung von Wörtern, die als unbekannt für Realschülerinnen und -schüler der 6. und 7. Klasse angesehen werden können, und den Verzicht dementsprechender Wörter unterschieden. Die Einstufung der Wörter erfolgte durch einen Experten der Deutschdidaktik und den Abgleich der Wörter mit Inhalten aktueller Lehrbücher für die Klassenstufen. Die Schwierigkeit im Bereich der Syntax wurde durch die Verwendung von Passivkonstruktionen oder den dementsprechenden Verzicht operationalisiert (vgl. Gürsoy et al. 2013; Niederhaus et al. 2016).

3.3 Blickbewegungsmaße

Die Verteilung der Aufmerksamkeit innerhalb einer Aufgabe wurde anhand von AOIs auf die schwierigkeitsgenerierenden Merkmale untersucht. Die Operationalisierung der AOIs (100 %) wurde von zwei Expertinnen und Experten mit hoher Interrater-Reliabilität doppelt kodiert. Der Cohens-Kappa-Koeffizient betrug 0,99 und kann nach Altman (1991) als sehr gut interpretiert werden. Abb. 1 zeigt beispielhaft die operationalisierten AOIs einer eingesetzten Textaufgabe.

Die erhobenen Blickbewegungen wurden in Hinblick auf die *relative Anzahl der Fixationen* und die *relativen Fixationsdauern*, die innerhalb der operationalisierten AOIs erfolgten, analysiert. Zusätzlich wurde die *relative Anzahl der Fixationen* auf den verbleibenden Teil der Aufgabe erhoben, um zu überprüfen, ob die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden der Stressgruppe selektiv auf die AOIs begrenzt wurde und demnach dem verbleibenden Teil der Aufgabe weniger Aufmerksamkeit ge-

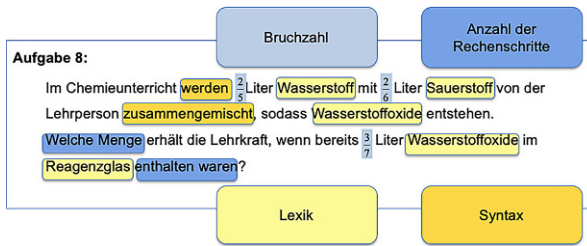


Abb. 1 Definierte AOIs auf den schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen Bruchzahl (*hellblau*), Anzahl der Rechenschritte (*dunkelblau*), Lexik (*hellgelb*) und Syntax (*dunkelgelb*). (Anmerkungen: Die Schwierigkeit der Bruchzahl wird in der Aufgabe durch ungleichnamige Brüche bedingt. Die Lösung der Aufgabe besteht aus zwei Rechenschritten, da zunächst der Hauptnenner der drei Brüche gebildet werden muss (Rechenschritt 1) und anschließend die Brüche addiert werden müssen (Rechenschritt 2). Es sind mehrere als unbekannt einzuschätzende Wörter in der Aufgabe enthalten, sodass die Lexik der Aufgabe eine Schwierigkeit darstellt. Der erste Satz enthält eine Passivkonstruktion, die Schwierigkeit im Bereich der Syntax generiert)

widmet wurde. Die erhobene *relative Dauer der Fixationen auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe ermöglichte eine Aussage darüber, ob dieser Bereich mit einer geringeren kognitiven Tiefe als die potenziell relevanten Informationen der AOIs verarbeitet wurde.

Zusätzlich zu der Erhebung und der Analyse der Blickbewegungen wurden verbale Begründungen der Teilnehmenden mithilfe eines externen Diktiergerätes erhoben. Die verbalen Begründungen der Teilnehmenden umfassten die Interpretation der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz. Damit keine kognitiven Kapazitäten der Teilnehmenden während des Interpretationsprozesses gebunden wurden, wurden die Begründungen separat, im Anschluss an das Eye Tracking, erhoben (vgl. 4.4 Durchführung). Die Protokolle wurden anschließend in Hinblick auf Indikatoren für die zugrunde liegenden kognitiven Interpretationsprozesse der Teilnehmenden analysiert.

3.4 Durchführung

Das Experiment wurde in einem ruhigen Raum der Pädagogischen Hochschule Heidelberg zwischen 14 und 17 Uhr durchgeführt. Während dieser Zeit können die Cortisol-Konzentrationen als weitgehend stabil in Bezug auf tageszeitliche Schwankungen eingestuft werden (Het et al. 2005). Jede Sitzung dauerte etwa 45 min. Nachdem die Teilnehmenden ihre Zustimmung zur Teilnahme gegeben hatten, wurden sie mit dem Ablauf der Speichelsammlung vertraut gemacht. Dann wurde die erste Speichelprobe (t1), die die Baseline widerspiegelt, entnommen. In Hinblick auf die anschließende Stressinduktion durch den SECPT wurden die Teilnehmenden der Stressbedingung darüber informiert, dass sie in den nächsten Minuten – vermeintlich – auf Video aufgenommen werden und die Videoaufzeichnung anschließend hinsichtlich der veränderten Mimik analysiert werde. Tatsächlich wurden die Teilnehmenden jedoch nicht videographiert, die Kamera diente lediglich dazu, sozialen Druck auf die Teilnehmenden auszuüben (vgl. Schwabe et al. 2008). Anschließend wurden die Teilnehmenden gebeten, ihre Hand bis einschließlich des Handge-

lenks in ein Wasserbad zu legen, welches in der Stressgruppe eine Temperatur von 0–4 °C aufwies. In der Kontrollbedingung betrug die Wassertemperatur 35–37 °C (vgl. Schwabe et al. 2008). Die Teilnehmenden wurden angewiesen, ihre Hand so lange wie möglich im Wasserbad zu halten. Die Versuchsleiterin beobachtete die Teilnehmenden während der Durchführung und machte sich sichtbar Notizen, um den sozialen Druck weiter zu erhöhen. Um Schäden am Gewebe der Hand zu verhindern, wurde der Test spätestens nach drei Minuten beendet (vgl. Schwabe et al. 2008), sofern die Versuchsperson ihre Hand nicht bereits vorher aus dem Wasserbad gezogen hatte. 13 Teilnehmende der Stressgruppe zogen die Hand vor Ablauf der drei Minuten aus dem Wasser. Der Mittelwert der Immersionszeit betrug $M=122$ s, $SD=62$ s. Am Ende des SECPT wurde die Kamera sichtbar für die Teilnehmenden – vermeintlich – ausgeschaltet. Die zweite Speichelprobe (t2) wurde nach dem SECPT, fünf Minuten nach der ersten Speichelprobe (t1), entnommen. Zwischen der dritten (t3) und der vierten (t4) Probe bearbeiteten die Teilnehmenden den Test am Eye Tracker. Die dritte und vierte Probe wurden in einem zeitlichen Abstand von jeweils 10 min zur jeweils vorausgegangenen Probe erhoben.

Die Teilnehmenden beider Gruppen saßen bei der Bearbeitung des Eye Tracking Tests in 60 cm Entfernung vor einem 24 Zoll großen Computerbildschirm (Auflösung: 1920 × 1080 Pixel). Es wurde ein Eye Tracker der Firma EyeLink 1000 Plus eingesetzt. Um Kopfbewegungen zu minimieren, wurde zusätzlich eine Kopfstütze verwendet. Die Teilnehmenden wurden gebeten, bei den acht Textaufgaben alle potenziell schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale für Realschülerinnen und Realschüler am Ende der Klassenstufe 6 oder am Anfang der Klassenstufe 7 zu nennen. Den Teilnehmenden wurden bei der Aufgabenstellung die vier variierten mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale als Beispiele genannt. Nach der Erläuterung der Aufgabe wurde jeweils eine 9-Punkte Kalibrierung der Blickdatenerfassung durchgeführt, welche bis zur gewünschten Präzision wiederholt wurde. Dadurch war eine reliable Messung der Blickbewegungen aller Teilnehmenden gewährleistet. Während der Verarbeitung jeder Aufgabe, welche jeweils einzeln auf dem Computerbildschirm präsentiert wurde, wurden die Blickbewegungen aufgezeichnet. Sobald die Teilnehmenden die mathematischen Textaufgaben hinsichtlich ihrer schwierigkeitsgenerierenden Merkmale eingeschätzt hatten, drückten sie eine Taste, um die Aufzeichnung der Blickbewegungen anzuhalten. Die Teilnehmenden sahen die jeweilige Textaufgabe weiterhin auf dem Bildschirm und wurden aufgefordert, ihre wahrgenommenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale zu nennen und fachlich zu begründen. Diese verbalen Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz wurden aufgezeichnet und anschließend in Protokolle transkribiert. Die Teilnehmenden drückten anschließend eine weitere Taste und gelangten zur nächsten Aufgabe.

3.5 Auswertung der Daten

Die Verteilung der Aufmerksamkeit der Teilnehmenden innerhalb der Textaufgaben wurde in der vorliegenden Studie anhand der *relativen Anzahl der Fixationen* sowie der *relativen Dauer der Fixationen* in Bezug auf die jeweiligen AOIs untersucht.

Zur Bestimmung der *relativen Anzahl der Fixationen*, wurde die *Anzahl der Fixationen*, die innerhalb einer AOI erfolgten, durch die Gesamtanzahl der Fixationen der jeweiligen Aufgabe dividiert. Ebenso wurde die *relative Fixationsdauer* (in ms) berechnet, indem die Dauer der Fixationen in Bezug auf die jeweiligen AOIs durch die Gesamtfixationsdauer (in ms) der jeweiligen Aufgabe dividiert wurde. Zusätzlich wurden diese relativen Werte jeder AOI durch deren jeweilige Pixelanzahl dividiert, um standardisierte Werte zu erhalten, die von der Größe der AOIs unabhängig sind. So ist ein Vergleich von Blickbewegungen in AOIs unterschiedlicher Größe möglich. Die erhaltenen Werte wurden getrennt für die jeweiligen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale über alle acht Textaufgaben addiert und arithmetisch gemittelt. Um überprüfen zu können, ob die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden der Stressgruppe selektiv auf die AOIs begrenzt ist und folglich dem verbleibenden Teil der Aufgabe weniger Aufmerksamkeit als in der Kontrollgruppe gewidmet wird, wurde zusätzlich die *Anzahl der Fixationen* und die *Fixationsdauer*, die auf den verbleibenden Teil der Aufgabe außerhalb der AOIs erfolgten, berechnet. Für die *Anzahl der Fixationen auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe wurde die kumulierte *Anzahl der Fixationen* der einzelnen AOIs einer Aufgabe von der Gesamtanzahl der Fixationen jeder Aufgabe subtrahiert und anschließend der Mittelwert der acht Textaufgaben gebildet. Die *Fixationsdauer auf den verbleibenden Teil der Aufgabe* ergab sich, indem von der gesamten *Fixationsdauer* jeder Aufgabe die Verweildauer auf die AOIs subtrahiert und anschließend der Mittelwert der acht Textaufgaben gebildet wurde. Für den Vergleich der lokalen Blickbewegungsdaten der Teilnehmenden der Stressgruppe mit denen der Kontrollgruppe wurden einfaktorielle Varianzanalysen berechnet. Die Effektgrößen sind durch das partielle Eta-Quadrat (η^2) angegeben: $\eta^2 < 0,06$ bezeichnet eine kleine Effektgröße, $0,06 \leq \eta^2 \leq 0,14$ eine mittlere Effektgröße und $0,14 < \eta^2$ eine große Effektgröße (Cohen 1988).

Die verbalen Aussagen der Teilnehmenden wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet, nach der Erhebung transkribiert und hinsichtlich der Aufzählung der variierten mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der acht mathematischen Textaufgaben binär kodiert („nicht genannt“ oder „genannt“). Es kam in der vorliegenden Studie nicht vor, dass ein Merkmal genannt, aber falsch interpretiert wurde. Die Auswertungen (100%) wurden mit hoher Interrater-Reliabilität doppelt kodiert. Die Cohens-Kappa-Koeffizienten lagen bei den vier variierten Merkmalen zwischen 0,86 und 0,95. Um die Aufzählungen der schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale zwischen den Aufgaben vergleichen zu können, wurden Prozentwerte gebildet. Hierzu wurde für jeden Teilnehmenden die Summe jedes Aufgabenmerkmals über alle acht Aufgaben gebildet und anschließend durch die Gesamtanzahl der Aufgaben, in denen das Merkmal vorkam, dividiert. Die Ergebnisse wurden mit 100 multipliziert, um Prozentwerte zu erhalten. Die Gruppenvergleiche wurden mit ANOVAs berechnet, die Effektgrößen sind über das partielle Eta-Quadrat (η^2) angegeben.

Die Stressinduktion wurde anhand der Veränderung der Cortisol-Konzentration bei den Teilnehmenden überprüft. Hierzu wurden vier Speichelproben der Teilnehmenden während des Experiments gesammelt (vgl. 4.4 Durchführung). Der Nachweis des aktiven freien Cortisols in jeder Speichelprobe erfolgte mittels eines zeitverzögerten *Festphasen-Enzymimmunoassays* (engl. *enzyme-linked immuno sorbent*

assay, kurz ELISA) (Engvall und Perlmann 1971). Anschließend wurde der durchschnittliche Anstieg der Cortisol-Konzentration über die vier Messzeitpunkte berechnet (slope), indem die Differenz zwischen dem vierten und dem ersten Cortisol-Wert gebildet wurde.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden entlang der Forschungsfragen und Hypothesen beschrieben. Zuvor wird auf die erfolgte Stressinduktion eingegangen.

Die Stressinduktion durch den SECPT kann anhand der analysierten Cortisol-Konzentrationen aus den Messzeitpunkten 1 bis 4 bei den angehenden Lehrkräften als gelungen interpretiert werden (für mehr Details vgl. Becker et al. 2020; Becker 2022). Die Teilnehmenden der Kontrollgruppe ($M=4,44$ ng/ml, $SD=2,11$ ng/ml) und die der Stressgruppe ($M=4,26$ ng/ml, $SD=1,72$ ng/ml) unterschieden sich vor der Stressinduktion nicht signifikant hinsichtlich ihrer Cortisol-Konzentration ($t(62)=0,37$, $p=0,716$, $d=0,09$). Nach der Stressinduktion konnte durch einen t -Test für unabhängige Stichproben jedoch gezeigt werden, dass die slope-Werte der Teilnehmenden der Kontrollgruppe ($M=-0,16$ ng/ml, $SD=1,81$ ng/ml) und die der Teilnehmenden der Stressgruppe ($M=1,15$ ng/ml, $SD=2,30$ ng/ml) signifikant voneinander abwichen ($t(62)=-2,74$, $p=0,014$, $d=0,63$).

4.1 Begrenzung der Aufmerksamkeit auf potenziell relevante Aufgabenmerkmale

Für die Untersuchung des Einflusses von Stress auf die Verteilung der Aufmerksamkeit innerhalb einer Aufgabe wurden Blickbewegungen in die vier variierten mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der mathematischen Textaufgaben aufgezeichnet und anhand von lokalen Blickbewegungsmaßen analysiert (vgl. Hypothese 1.1). Tab. 1 beinhaltet die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Blickbewegungsmaße für die AOIs der Merkmale Bruchzahl, Anzahl der Rechenschritte, Lexik und Syntax. Tab. 1 wurde um die Ergebnisse der ANOVAs ergänzt. Die Effektgrößen sind durch das partielle Eta-Quadrat (η^2) beschrieben.

Die quantitativen Analysen der lokalen Blickbewegungen anhand der beiden Maße *relative Anzahl der Fixationen* und *relative Fixationsdauer*, die innerhalb der definierten AOIs erfolgten, zeigten keine signifikanten Effekte von Stresserleben (vgl. Tab. 1).

Um überprüfen zu können, ob sich die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden der Stressgruppe selektiv auf die AOIs begrenzt und demnach dem verbleibenden Teil der Aufgabe in der Stressgruppe weniger Aufmerksamkeit gewidmet wurde als in der Kontrollgruppe (vgl. Hypothese 1.2), wurden die *Anzahl der Fixationen auf den verbleibenden Teil der Aufgabe* (außerhalb der AOIs) und die *Dauer der Fixationen auf den verbleibenden Teil der Aufgabe* (außerhalb der AOIs) untersucht (vgl. Tab. 2).

Tab. 1 Lokale Blickbewegungen: Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Vergleich der Teilnehmenden der Kontroll- mit denen der Stressgruppe anhand von ANOVAs

		Stressgruppe		Kontrollgruppe		$F(1, 62)$	p	η^2
		M	SD	M	SD			
RAF je AOI	Bruchzahl	2673,12	6992,60	3047,10	1007,51	2,17	0,147	0,04
	Anzahl Rechenschritte	12.721,03	37.722,12	37.843,88	54.276,20	3,38	0,072	0,07
	Lexik	635,51	206,13	611,26	203,28	0,17	0,682	0,00
	Syntax	785,77	278,81	789,63	367,98	0,00	0,968	0,00
RAD je AOI	Bruchzahl	2786,44	824,28	2901,77	1308,30	0,13	0,721	0,00
	Anzahl Rechenschritte	27.578,14	39.822,61	24.831,94	43.451,63	0,05	0,820	0,00
	Lexik	622,24	206,05	607,73	223,73	0,06	0,816	0,00
	Syntax	730,53	233,27	830,40	464,67	0,84	0,364	0,01

RAF steht für „relative Anzahl der Fixationen“ und RDF für „relative Dauer der Fixationen“ (vgl. Kapitel 4.4). Die berechneten Werte (vgl. Kapitel 4.4) wurden mit 1000 multipliziert, um die gerundeten Werte auf zwei Nachkommastellen in der Tabelle aussagekräftig darstellen zu können

Tab. 2 Blickbewegungsmaße für den verbleibenden Teil der Aufgabe außerhalb der AOIs: Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Vergleich der Teilnehmenden der Kontroll- mit der Stressgruppe anhand von ANOVAs

	Stressgruppe		Kontrollgruppe		$F(1, 62)$	p	η^2
	M	SD	M	SD			
Anzahl Fixationen verbleibender Teil (ohne AOIs)	53,17	141,75	76,84	23,32	0,63	0,432	0,01
Fixationsdauer verbleibender Teil (ohne AOIs)	19.196,16	7014,88	23.220,64	7648,72	6,89	0,011	0,12

Die *Fixationsdauern* sind in Millisekunden angegeben

Tab. 3 Aufzählung der schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale in den verbalen Begründungen (in Prozent): Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Vergleich der Teilnehmenden der Kontroll- mit denen der Stressgruppe anhand von ANOVAs

	Stressgruppe		Kontrollgruppe		$F(1, 62)$	p	η^2
	M	SD	M	SD			
Bruchzahl	63,25	18,99	81,04	17,03	14,66	<0,001	0,20
Anzahl Rechenschritte	46,59	27,47	72,58	21,75	15,09	<0,001	0,22
Lexik	16,16	22,23	34,40	30,40	4,20	0,004	0,11
Syntax	12,12	20,10	25,80	22,29	5,51	0,006	0,10
Mittelwert	34,53	9,48	53,46	11,37	24,67	<0,001	0,46

Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Effekt von Stresserleben für die *Anzahl der Fixationen auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe zwischen den Teilnehmenden der Stressgruppe und denen der Kontrollgruppe (vgl. Tab. 3). Ein signifikanter Effekt des Stresserlebens zeigte sich jedoch für die *Fixationsdauer auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe. Die *Fixationsdauer* der Teilnehmenden der

Stressgruppe war signifikant geringer als die *Fixationsdauer* der Teilnehmenden der Kontrollgruppe auf den verbleibenden Teil der Aufgabe (vgl. Hypothese 1.2).

4.2 Beeinträchtigungen der Interpretationsprozesse unter Stress

Der Einfluss von Stress auf die Interpretationsprozesse der wahrgenommenen mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale wurde in der vorliegenden Studie anhand der verbalen Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz untersucht. In Tab. 3 sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Aufzählungshäufigkeiten der jeweiligen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale dargestellt.

Die Mittelwerte über die vier untersuchten Kategorien Bruchzahl, Anzahl der Rechenschritte, Lexik und Syntax zeigten, dass insgesamt signifikant mehr schwierigkeitsgenerierende Merkmale der mathematischen Textaufgaben von den Teilnehmenden der Kontrollgruppe als von denen der Stressgruppe genannt wurden (vgl. Zeile „Mittelwert“ Tab. 3 und Hypothese 2.1). Die Ergebnisse zeigten weiterhin, dass die Teilnehmenden der Kontrollgruppe sowohl die mathematikspezifischen als auch die sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der mathematischen Aufgaben im Mittel signifikant häufiger nannten als die der Stressgruppe (vgl. Hypothese 2.2).

5 Diskussion

Aufgrund der dargelegten Forschungslage und -desiderate bestand das Hauptanliegen der vorliegenden Studie darin, den Einfluss von Stress auf Informationsverarbeitungsprozesse von schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben im Bereich der Addition und Subtraktion von Brüchen zu untersuchen. Als Informationsverarbeitungsprozesse wurden dabei die Prozesse der Wahrnehmung und der Interpretation untersucht. Die *relative Anzahl der Fixationen* und die *relative Fixationsdauer* in die AOIs der schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmale deuten darauf hin, dass alle Teilnehmenden im Allgemeinen in der Lage sind, sowohl mathematikspezifische als auch sprachbezogene schwierigkeitsgenerierende Merkmale der mathematischen Textaufgaben wahrzunehmen (vgl. Hypothese 1.1). Die Ergebnisse stimmen mit bisher durchgeführten Eye Tracking-Studien der Kognitionspsychologie überein, die die Zuweisung der Aufmerksamkeit unter Stress einfluss auf potenziell relevante Informationen anhand von lokalen Blickbewegungsmaßen zeigen konnten (u. a. Herten et al. 2017). Die *Anzahlen der Fixationen auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe (außerhalb der AOIs) weisen in der vorliegenden Studie nur einen deskriptiven Unterschied zwischen den Gruppen auf, mit einer höheren Anzahl bei der Kontrollgruppe. Jedoch deuten die *Fixationsdauern auf den verbleibenden Teil* der Aufgabe an, dass Hypothese 1.2 bestätigt werden kann. Die Ergebnisse beinhalten demnach Hinweise, dass der verbleibende Teil einer Aufgabe sowie die peripheren Merkmale außerhalb der AOIs zwar auch unter Stress wahrgenommen, jedoch mit einer deutlich geringeren kognitiven Tiefe verarbeitet werden. Die vorliegenden Ergebnisse stützen frühere Forschungsbefunde, die

belegen, dass der Kontext einer Aufgabe kaum oder mit einer geringeren kognitiven Tiefe unter dem Einfluss von Stress verarbeitet wird (Arnsten 2009; Buschman und Miller 2007; Säger et al. 2014).

Die Auswertungen der Protokolle der verbalen Begründungen der Aufgabenmerkmale in Hinblick auf ihre schwierigkeitsgenerierende Relevanz untermauern diese Annahmen. Indem die Teilnehmenden unter Stresseinfluss sowohl die mathematikspezifischen als auch die sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der mathematischen Textaufgaben signifikant seltener als die Teilnehmenden ohne Stressinduktion nannten, kann Hypothese 2.1 der vorliegenden Studie bestätigt werden. Des Weiteren deutet die im Mittel signifikant geringere Anzahl an wahrgenommenen und genannten schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen pro Aufgabe bei den Teilnehmenden unter Stress darauf hin, dass weniger analytische Informationsprozesse erfolgen und demnach Informationen unter Stress weniger gegeneinander abgewogen werden (vgl. Hypothese 2.2). Die Ergebnisse stimmen mit denen der experimentellen Eye Tracking-Studie von Keinan (1987) überein. In dieser konnte gezeigt werden, dass unter dem Einfluss von Stress eine signifikant stärkere Tendenz besteht, eine Lösung anzubieten, bevor eine analytische Auswertung aller vorhandenen Informationen erfolgt ist. Da in der vorliegenden Studie jedoch der Vergleich der untersuchten Blickbewegungen, die innerhalb der AOIs erfolgten, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilnehmenden der Kontrollgruppe und denen der Stressgruppe zeigte, wird die Annahme untermauert, dass der kapazitätsreduzierende Einfluss von Stress insbesondere höhere Verarbeitungsprozesse beeinträchtigt. Hierzu zählt in der vorliegenden Studie die Interpretation der wahrgenommenen Merkmale. Die Ergebnisse stimmen weitgehend mit den Ergebnissen des Reviews von Smith und Jonides (1999) überein, die aufzeigten, dass unter Stresseinfluss insbesondere die Verarbeitungsprozesse im Gegensatz zur Speicherung von Informationen unmittelbar beeinflusst werden. Im Bereich der Einschätzung von Aufgabenschwierigkeiten könnte die verzerrte oder fehlerhafte Interpretation der Merkmale die Aufgabeneinschätzung hinsichtlich ihrer Schwierigkeit für Schülerinnen und Schüler beeinträchtigen. Dies könnte sich wiederum negativ auf die Adaptivität des Unterrichts auswirken, was in weiteren Studien im Unterrichtsgeschehen überprüft werden müsste. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie liefern erste Hinweise dafür, dass die interindividuellen Varianzen der Akkuratheit diagnostischer Urteile, die bislang nicht hinreichend erklärt werden konnten, durchaus auch in dem Einfluss von Stress oder anderen noch zu untersuchenden situativ aktivierten Personmerkmalen begründet liegen könnten.

5.1 Limitationen der vorliegenden Studie

Studien der Stressforschung rekrutierten bisher meist ausschließlich männliche Teilnehmende. Wie durch Studien belegt werden konnte, zeigen männliche Teilnehmende eine signifikant stärkere Cortisol-Reaktion als Frauen (u. a. Strahler et al. 2017). Da derzeit, im Schuljahr 2018/2019, der Anteil an weiblichen Lehrkräften in Baden-Württemberg 72% beträgt (Statistisches Bundesamt 2020, S. 732), war die Begrenzung der Stichprobe in der vorliegenden Studie auf männliche Teilnehmende im Hinblick auf die Grundgesamtheit der Lehrkräfte nicht praktikabel und aufgrund

der ökologischen Validität nicht erstrebenswert. Nach bisherigen Forschungsergebnissen kann angenommen werden, dass die Stressinduktion in der vorliegenden Studie bei ausschließlich männlichen Teilnehmenden einen noch stärkeren Einfluss auf die Wahrnehmungs- und insbesondere die Interpretationsprozesse aufgewiesen hätte.

Die Stichprobe der vorliegenden Studie ist weiterhin insofern limitiert, dass ausschließlich angehende Mathematiklehrkräfte teilgenommen haben. In Studien konnte bereits gezeigt werden, dass Berufserfahrung und Expertise dazu beitragen können, situationsabhängig relevante Informationen flexibler zu verarbeiten und häufiger akurate Urteile zu treffen (Krolak-Schwerdt et al. 2009; Van Ophuysen 2006). In der vorliegenden Studie stellte die Erfahrung durch das Praxissemester bei den angehenden Mathematiklehrkräften keinen Einflussfaktor dar. Es sollte jedoch in weiteren Studien überprüft werden, inwieweit Berufserfahrung und Expertise einen ausgleichenden Einfluss auf die Stressinduktion haben können.

Ein Großteil empirischer Studien, die die Stressinduktion im Unterrichtsgeschehen untersuchten, beruht auf subjektiven Stressmaßen, welche durch Selbstauskünfte erfasst wurden (u. a. Krause et al. 2013). Aufgrund des methodisch anspruchsvollen Designs mit einem stationären Eye Tracker sowie dem gewählten Messzeitpunkt zwischen 14 und 17 Uhr, in dem der Cortisol-Spiegel als stabil bewertet werden kann (vgl. Het et al. 2005), war die Durchführung der Studie im Unterrichtsgeschehen nicht zu realisieren. Auch wenn die Art der Stressinduktion in dieser Studie nicht mit den Stressoren des Unterrichtsgeschehens vergleichbar ist, sind die physiologischen Prozesse in beiden Fällen per se äquivalent. Erstrebenswert sind dennoch Studien, die physiologische Stressmaße auch während des Unterrichtsgeschehens erheben und die Annahmen der Studie in authentischen Stresssituationen untermauern.

Die Diagnoseaufgabe in der vorliegenden Studie fokussierte aus Gründen der pädagogischen Authentizität angepasstes Material aus Schulbüchern. Dies erhöhte die Komplexität der Auswertung, insbesondere der lokalen Blickbewegungsmaße, trägt aber zu der Validität der Studie bei. Hinsichtlich der gewählten schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der vorliegenden Studie ist anzumerken, dass die Anzahl der Rechenschritte schwer zu operationalisieren war. Es konnten in den Textaufgaben keine einzelnen Schlüsselwörter für die Operationalisierung der entsprechenden AOIs herausgestellt werden, welche eindeutig auf die Wahrnehmung und die Verarbeitung der Anzahl der Rechenschritte hinwiesen. Trotz der hohen Interrater-Reliabilität hinsichtlich der Kodierung der AOIs muss die Operationalisierung in weiteren Studien überprüft werden.

Des Weiteren waren den Studienteilnehmenden die vier Merkmale als Beispiele potenziell schwierigkeitsgenerierender Merkmale von mathematischen Textaufgaben bekannt. Bei Südkamp et al. (2012) ergaben sich höhere Korrelationen zwischen den Lehrkräfteurteilen und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler, wenn die Lehrkräfte über den Test, der als Vergleichsmaßstab herangezogen wurde, in Kenntnis gesetzt waren. Es wäre denkbar, dass dieser Faktor auch die Informationsverarbeitungsprozesse beeinflusst. Hierzu sind weitere experimentelle Abklärungen nötig.

5.2 Implikationen für Forschung und Praxis

Die Studie bietet Implikationen für die Forschung zur diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften und angrenzenden Forschungsgebieten. Für den Bereich der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften weist die Studie darauf hin, dass kognitive Urteilsprozesse während einer Schwierigkeitseinschätzung von Aufgaben durch Stress beeinflusst werden können. Demnach sollten Stress und weitere situativ aktivierte Personmerkmale in zukünftigen Studien zur diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften eingeschlossen werden. Es ist aufgrund der dargelegten Ergebnisse auch zu erwarten, dass die Akkuratheit diagnostischer Urteile durch Stress beeinflusst werden kann. Dieser Einfluss auf die Urteilsakkuratheit muss durch weitere Studien bestätigt werden.

Aufgrund der dargelegten Ergebnisse unter experimentellen Bedingungen soll eine Übertragung in die Schulpraxis diskutiert werden. Diese Übertragung muss durch weitere Studien, die Urteilsprozesse im realen Unterricht untersuchen, validiert werden. Aufgrund der Ergebnisse könnte angenommen werden, dass zum Beispiel aufgrund der hohen Interaktionsdichte während des Unterrichtsgeschehens die Wahrnehmung beeinträchtigt wird, indem die Aufmerksamkeit der Lehrkraft auf potenziell relevante Merkmale dieser Situation begrenzt wird. Aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse (u. a. Simonovic et al. 2018) und der Ergebnisse der vorliegenden Studie, ist anzunehmen, dass insbesondere die Interpretationsprozesse von Lehrkräften beeinträchtigt werden. Dies würde bedeuten, dass Lehrkräfte nicht alle Informationen in Stresssituationen berücksichtigen (können) und potenziell falsche Gewichtungen der Informationen vornehmen. Vor dem Hintergrund der Bedeutsamkeit diagnostischer Urteilsprozesse für das adaptive Unterrichten (Beck et al. 2008), legen die Ergebnisse nahe, dass sich der Einfluss von Stress auch auf die Unterrichtsgestaltung und damit die Lernwirksamkeit des Unterrichts auswirken könnte. Aufgrund der dargelegten möglichen Übertragung, impliziert die vorliegende Studie forschungsstrategische und praxisrelevante Impulse für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften.

Einerseits ist eine gezielte Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehramtsausbildung anzustreben. Andererseits muss die diagnostische Kompetenz inklusive ihrer Einflussgrößen als Schwerpunkt des Lehramtsstudiums etabliert und auf eine stärkere Theorie-Praxis-Vernetzung hingesteuert werden. Dies könnte beispielsweise erzielt werden, indem in Anlehnung an die Forschungsgruppe COSIMA (vgl. Heitzmann et al. 2019) Diagnosesituationen im Hochschulstudium simuliert werden, um dadurch Diagnoseprozesse durchlaufen zu können. Die Fähigkeit, Aufgabenschwierigkeiten adäquat einzuschätzen, könnte inhaltlich mit der Analyse von schwierigkeitsgenerierenden Aufgabenmerkmalen und der Anwendung der Analyse auf mathematische Aufgaben trainiert werden. Durch das eigenständige Erstellen von Aufgaben hinsichtlich bestimmter diagnostischer Ziele könnte diese Fähigkeit vertieft werden. In Schulen sind darüber hinaus Modelle und Ressourcen für die kontinuierliche Lehrkräftefortbildung erstrebenswert. Diese sollen zum einen Kenntnisse über die Auswirkungen von Stress auf die Prozesse des Diagnostizierens vermitteln. Zum anderen könnten Handlungsstrategien sowie Handlungsalternativen aufgezeigt und eingeübt werden, um anzubahnen, dass Lehrkräfte mit auftretenden

Stressoren angemessen umgehen können. Desweiteren scheint es sinnvoll, die Fähigkeit zur Stressregulation als wichtigen Bestandteil der Lehrkräfteausbildung und -fortbildung zu integrieren. Lehrkräfte können so die Intensität und die Dauer der erlebten Stressreaktion beeinflussen (vgl. Gyurak et al. 2011).

5.3 Fazit

Die Studie untersuchte das situativ aktivierte Personmerkmal Stress als Einflussfaktor auf die Wahrnehmung und die Interpretation von mathematikspezifischen und sprachbezogenen schwierigkeitsgenerierenden Merkmalen mathematischer Textaufgaben im Bruchrechnenkontext. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass Stress diagnostische Urteilsprozesse im Schulkontext beeinflusst. Dieser Einfluss zeigte sich bei den diagnostischen Prozessen der Wahrnehmung und insbesondere bei den kognitiv anspruchsvollen Prozessen der Interpretation. Die Studie gibt forschungsstrategische Impulse, aber auch praxisrelevante Aspekte für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften. Die Ergebnisse sollten in nachfolgenden Studien auf weitere Bereiche der Mathematik sowie auf andere Fachdidaktiken übertragen werden.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Altman, D.G. (1991). *Practical statistics for medical research*. Chapman & Hall / CRC Texts in statistical science. Taylor & Francis.
- Anders, Y., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S., & Baumert, J. (2010). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften und ihre Auswirkungen auf die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 57, 175–193.
- Arnsten, A.F.T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews. Neuroscience*, 10, 410–422.
- Asendorpf, J., & Neyer, F.J. (2012). *Psychologie der Persönlichkeit: mit 110 Tabellen* (5. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Springer.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189–208.
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M., & Vogt, F. (Hrsg.). (2008). *Adaptive Lehrkompetenz*. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63. Waxmann.

- Becker, S. (2022). *Der Einfluss von Stress auf diagnostische Urteilsprozesse bei Lehrkräften*. Springer.
- Becker, S., Spinath, B., Ditzgen, B., & Dörfler, T. (2020). Der Einfluss von Stress auf Prozesse beim diagnostischen Urteilen – eine Eye Tracking-Studie mit mathematischen Textaufgaben. *Unterrichtswissenschaft, 48*, 531–550.
- Brühwiler, C. (2014). *Adaptive Lehrkompetenz und schulisches Lernen: Effekte handlungssteuernder Kognitionen von Lehrpersonen auf Unterrichtsprozesse und Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler*. Zugl. Diss. Univ. Koblenz-Landau 2012. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 91. Münster: Waxmann.
- Buschman, T. J., & Miller, E. K. (2007). Top-down versus bottom-up control of attention in the prefrontal and posterior parietal cortices. *Science, 315*, 1860–1862.
- Carpenter, T. P., Kepner, H., Corbitt, M. K., Lindquist, M. M., & Reys, R. E. (1980). Results and implications of the second NAEP mathematics assessments: elementary school. *Arithmetic Teacher, 27*, 44–47.
- Chen, S., & Chaiken, S. (1999). The heuristic-systematic model in its broader context. In S. Chaiken & Y. Trope (Hrsg.), *Dual-process theories in social psychology* (S. 73–96). Guilford.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Ausgabe). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity. Essays in cognitive psychology*. Psychology Press.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Pauwels, A. (1990). Influence of the semantic structure of word problems on second graders' eye movements. *Journal of Educational Psychology, 82*(2), 359–365.
- DeWolf, M., Bassok, M., & Holyoak, K. J. (2015). Conceptual structure and the procedural affordances of rational numbers: relational reasoning with fractions and decimals. *Journal of Experimental Psychology: General, 144*, 127–150.
- Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin, 130*, 355–391.
- Engvall, E., & Perlmann, P. (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry, 8*, 871–874.
- Evans, J. S. B. T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology, 59*, 255–278.
- Förster, N., & Böhmer, I. (2017). Das Linsenmodell – Grundlagen und exemplarische Anwendungen in der pädagogisch-psychologischen Diagnostik. In A. Südkamp & A.-K. Praetorius (Hrsg.), *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: theoretische und methodische Weiterentwicklungen* (S. 46–50). Waxmann.
- Franke, M., & Ruwisch, S. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule* (2. Aufl.). Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II, Bd. 0. Spektrum.
- Griesel, H. (1981). Der quasikardinale Aspekt in der Bruchrechnung. *Der Mathematikunterricht, 27*, 87–95.
- Gürsoy, E., Benholz, C., Renk, N., Prediger, S., & Büchter, A. (2013). Erlös = Erlösung? Sprachliche und konzeptuelle Hürden in Prüfungsaufgaben zur Mathematik. *Deutsch als Zweitsprache, 13*, 14–24.
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cognition & Emotion, 25*, 400–412.
- Hammer, S. (2016). *Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften im Umgang mit Aufgaben in der Unterrichtsplanung – theoretische Grundlegung und empirische Fundierung*. Franzbecker.
- Hanser, H., & Scholtyssek, C. (2000). *Lexikon der Neurowissenschaft*. Spektrum.
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Green, C. E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems: evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology, 84*, 76–84.
- Heitzmann, N., Seidel, T., Hetmanek, A., Wecker, C., Fischer, M. R., Ufer, S., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Siebeck, M., Stürmer, K., Obersteiner, A., Reiss, K., Girwidz, R., Fischer, F., & Opitz, A. (2019). Facilitating diagnostic competences in simulations in higher education—A framework and a research agenda. *Frontline Learning Research, 7*, 1–24.
- Herten, N., Otto, T., & Wolf, O. T. (2017). The role of eye fixation in memory enhancement under stress—An eye tracking study. *Neurobiology of Learning and Memory, 140*, 134–144.
- Het, S., Ramlow, G., & Wolf, O. T. (2005). A meta-analytic review of the effects of acute cortisol administration on human memory. *Psychoneuroendocrinology, 30*, 771–784.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.
- Jordan, A., Ross, N., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Löwen, K., Brunner, M., & Kunter, M. (2006). *Klassifikationsschema für Mathematikaufgaben: Dokumentation der Aufgabenkategorisierung im COACTIV-Projekt*. Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung.

- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, *87*, 329–354.
- Keinan, G. (1987). Decision making under stress: scanning of alternatives under controllable and uncontrollable threats. *Journal of Personality and Social Psychology*, *52*, 639–644.
- Krause, A., Dorseman, C., & Meder, L. (2013). Messung psychischer Belastungen im Unterricht mit RHIA-Unterricht. In M. Rothland (Hrsg.), *Belastung und Beanspruchung im Lehrerberuf* (S. 99–116). Springer.
- Krolak-Schwerdt, S., Böhmer, M., & Gräsel, C. (2009). Verarbeitung von schülerbezogener Information als zielgeleiteter Prozess. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*, 175–186.
- Lai, M.-L., Tsai, M.-J., Yang, F.-Y., Hsu, C.-Y., Liu, T.-C., Lee, S. W.-Y., Lee, M.-H., Chiou, G.-L., Liang, J.-C., & Tsai, C.-C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, *10*, 90–115.
- Leuders, T., Bruder, R., Kroehne, U., Naccarella, D., Nitsch, R., & Henning-Kahmann, J., et al. (2017). Development, validation, and application of a competence model for mathematical problem solving by using and translating representations of functions. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence assessment in education: Research. Models and instruments*. Springer.
- Loibl, K., Leuders, T., & Dörfler, T. (2020). A framework for explaining teachers' diagnostic judgements by cognitive modeling (DiaCoM). *Teaching and Teacher Education*, *91*, 1–10.
- Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2007). The effects of stress and stress hormones on human cognition: implications for the field of brain and cognition. *Brain and Cognition*, *65*, 209–237.
- Margittai, Z., Nave, G., Strombach, T., Van Wingerden, M., Schwabe, L., & Kalenscher, T. (2016). Exogenous cortisol causes a shift from deliberative to intuitive thinking. *Psychoneuroendocrinology*, *64*, 131–135.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., Horz, H., & Ullich, M. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*, 223–235.
- Niederhaus, C., Pöhler, B., & Prediger, S. (2016). Relevante Sprachmittel für mathematische Textaufgaben – Korpuslinguistische Annäherung am Beispiel Prozentrechnung. In E. Tschirner, O. Bärenfänger & J. Möhring (Hrsg.), *Deutsch als fremde Bildungssprache: das Spannungsfeld von Fachwissen, sprachlicher Kompetenz, Diagnostik und Didaktik* (S. 135–162). Stauffenburg.
- Padberg, F., & Benz, C. (2021). *Didaktik der Arithmetik*. Springer Nature.
- Padberg, F., & Wartha, S. (2017). *Didaktik der Bruchrechnung*. Springer.
- Pfister, H.-R., Jungermann, H., & Fischer, K. (2017). *Die Psychologie der Entscheidung*. Springer.
- Philipp, K. (2018). Diagnostic competence of mathematics teachers with a view to processes and knowledge resources. In T. Leuders, K. Philipp & J. Leuders (Hrsg.), *Diagnostic competence of mathematics teachers: unpacking a complex construct in teacher education and teacher practice* (S. 129–148). Springer.
- Quin, S., Herman, E. J., Van Marle, H. J. F., Luo, J., & Fernández, G. (2009). Acute psychological stress reduces working memory-related activity in the dorsolateral prefrontal cortex. *Biological Psychiatry*, *66*, 25–32.
- Reinhold, S. (2018). Revealing and promoting pre-service teachers' diagnostic strategies in mathematical interviews with first-graders. In T. Leuders, K. Philipp & J. Leuders (Hrsg.), *Diagnostic competence of mathematics teachers: unpacking a complex construct in teacher education and teacher practice* (S. 129–148). Springer.
- Rieu, A., Loibl, K., Leuders, T., & Herppich, S. (2020). Diagnostisches Urteilen als informationsverarbeitender Prozess – Wie nutzen Lehrkräfte ihr Wissen bei der Identifizierung und Gewichtung von Anforderungen in Aufgaben? *Unterrichtswissenschaft*, *48*, 503–529.
- Sänger, J., Bechtold, L., Schoofs, D., Blaszkewicz, M., & Wascher, E. (2014). The influence of acute stress on attention mechanisms and its electrophysiological correlates. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *8*, 1–13.
- Schindler, M., & Lilienthal, A. J. (2019). Domain-specific interpretation of eye tracking data: towards a refined use of the eye-mind hypothesis for the field of geometry. *Educational Studies in Mathematics*, *101*, 123–139.
- Schrader, F. W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *31*, 154–165.
- Schukajlow-Wasjutinski, S. (2010). Schüler-Schwierigkeiten und Schüler-Strategien beim Bearbeiten von Modellierungsaufgaben als Bausteine einer lernprozessorientierten Didaktik. Dissertationsschrift.

- <https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2010081133992/DissertationSchukajlowWasjutinski.pdf;jsessionid=2A7F71450ED9D6BF8E84152615F1252B?sequence=7>. Zugegriffen: 07.07.2022.
- Schwabe, L., Haddad, L., & Schachinger, H. (2008). Hpa axis activation by a socially evaluated cold-pressor test. *Psychoneuroendocrinology*, *33*, 890–895.
- Seiferth, N. Y., & Thienel, R. (2013). Exekutive Funktionen. In F. Schneider & G. R. Fink (Hrsg.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie* (S. 359–374). Springer.
- Siegler, R. S., Duncan, G. J., Davis-Kean, P. E., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., & Chen, M. (2012). Early predictors of high school mathematics achievement. *Psychological Science*, *23*, 691–697.
- Simonovic, B., Stuppel, E. J. N., Gale, M., & Sheffield, D. (2018). Performance under stress: an eye-tracking investigation of the Iowa gambling task (IGT). *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *12*, 217.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, *283*, 1657–1661.
- Spinath, B. (2005). Akkuratheit der Einschätzung von Schülermerkmalen durch Lehrer/innen und das Konstrukt der diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *19*, 85–95.
- Statistisches Bundesamt (2020). *Bildung und Kultur. Allgemeinbildende Schulen: Schuljahr 2018/2019*. Reihe, Bd. 1.
- Strahler, J., Skoluda, N., Kappert, M. B., & Nater, U. M. (2017). Simultaneous measurement of salivary cortisol and alpha-amylase: application and recommendations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *83*, 657–677.
- Strohmaier, A. R., MacKay, K. J., Obersteiner, A., & Reiss, K. M. (2020). Eye-tracking methodology in mathematics education research: a systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, *104*, 147–200.
- Südkamp, A., Kaiser, J., & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers' judgments of students' academic achievement: a meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, *104*, 743–762.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, *185*, 1124–1131.
- Urhahne, D., & Wijnia, L. (2020). A review on the accuracy of teacher judgments. *Educational Research Review*, *32*, 100374.
- Van Ophuysen, S. (2006). Vergleich diagnostischer Entscheidungen von Novizen und Experten am Beispiel der Schullaufbahnenempfehlung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *38*, 154–161.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2007). Whole number concepts and operations. In F. K. Lester Jr. (Hrsg.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (S. 557–628). Charlotte: Information Age.
- Vom Hofe, R. (1995). *Grundvorstellungen mathematischer Inhalte*. Spektrum.
- Wangdi, T., & Pelden, S. (2020). Using mathematics modelling to teach mathematic word problems. *Journal of Mathematics and Statistics Studies*, *1*, 19–30.
- Wirth, M. M. (2015). Hormones, stress, and cognition: the effects of glucocorticoids and oxytocin on memory. *Adaptive Human Behavior and Physiology*, *1*, 177–201.