Entwicklung eines Prozessmodells für Diagnose- und Intervention von Lehrkräften beim Debugging

Heike Hennig[1] Tilman Michaeli[2]

Abstract: Debugging ist ein Schlüsselproblem des Informatikunterrichts, das Lehrkräfte oftmals vor große Herausforderungen stellt. Insbesondere bei der individuellen Unterstützung der Schüler:innen muss die Lehrkraft in sehr kurzer Zeit, zunächst diagnostizieren, was das konkrete Problem ist und warum der oder die Schüler:in nicht in der Lage ist es selbstständig zu lösen. Anschließend muss die Lehrkraft eine geeignete Intervention auswählen, die einerseits das konkrete Problem löst und andererseits nachhaltig die Selbstständigkeit der Lernenden fördert. Für Diagnose- und Interventionsprozesse von Lehrkräften beim Debugging liegen bisher jedoch kaum wissenschaftliche Erkenntnisse vor. Ziel dieses Artikels ist es, ein Prozessmodell für den Diagnose- und Interventionsprozess von Lehrkräften beim Debugging vorzustellen. Auf Basis von Arbeiten aus der allgemeinen Psychologie sowie anderen Fachdidaktiken werden dazu zentrale Komponenten des Diagnose- und Interventionsprozesses im Unterricht herausgearbeitet und für die Debugging-Situation adaptiert. Das vorgeschlagene Prozessmodell kann als Grundlage für die Forschung sowie für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften verwendet werden.

Keywords: Debugging; Diagnose; Intervention; Prozessmodell

1 Einleitung

In der täglichen Unterrichtspraxis werden Lehrkräfte häufig mit spontanen Beurteilungssituationen konfrontiert, in denen sie Informationen über die Lernvoraussetzungen, -prozesse und -ergebnisse ihrer Schüler:innen sammeln müssen [Co20]. Im Informatikunterricht ist eine solche typische Situation die individuelle Unterstützung von Schüler:innen beim Debugging, die Lehrkräfte vor große Herausforderungen stellt. Insbesondere Programmieranfänger haben große Schwierigkeiten mit dem Finden und Beheben von Fehlern. In Konsequenz eilen Lehrkräfte häufig von Schüler:in zu Schüler:in, um zu unterstützen [MR19]. In dieser kurzen Zeit müssen die Lehrkräfte diagnostizieren, warum der oder die Schüler:in nicht in der Lage ist, das Problem selbstständig zu lösen. Anschließend müssen sie eine auf die Fähigkeiten und den Wissensstand der Schüler:innen zugeschnittene Intervention wählen, die einerseits den Fehler behebt und andererseits die Selbstständigkeit der Lernenden bei der Fehlersuche fördert.

[1] Technische Universität München (TUM), Professur für Didaktik der Informatik, Arcisstr. 21, 80333 München, Deutschland, heike.hennig@tum.de
[2] Technische Universität München (TUM), Professur für Didaktik der Informatik , Arcisstr. 21, 80333 München, Deutschland, tilman.michaeli@tum.de

doi:10.18420/infos2023-014

Bisher liegen jedoch kaum wissenschaftliche Erkenntnisse über den Diagnose- und Interventionsprozess von Lehrkräften beim Debugging vor. Ziel dieser Arbeit ist es daher, ein Prozessmodell für den Diagnose- und Interventionsprozess beim Debugging zu entwickeln, das als Basis für die Forschung und als Grundlage für die Aus- und Weiterbildung dienen soll. Dazu werden verschiedene Modellierungen von Diagnose- und Interventionskompetenzen aus Arbeiten der allgemeinen Psychologie und anderen Fachdidaktiken adaptiert.

2 Hintergrund

Unter Diagnose wird im Bildungsbereich die Beurteilung verschiedener Situationen verstanden, in denen Wissen angewendet wird, um Probleme zu lösen und Entscheidungen zu treffen [He19, Ho16, Kr21]. Bei Diagnoseprozessen im Unterricht geht es daher um das Beurteilen relevanter Merkmale für das Lernen von Schüler:innen [Bi18]. Diagnosekompetenz ist ein wesentliches Element der Professionalität von Lehrkräften [Au15] und wird auch als Schlüsselkompetenz bezeichnet [Kl13]. Jedoch haben angehende Lehrkräfte häufig in den ersten Jahren ihrer Lehrtätigkeit Schwierigkeiten bei der Ausübung von Diagnoseprozessen [Co20]. Der Entwicklung von Diagnose- und Interventionskompetenzen kommt daher eine zentrale Rolle für erfolgreiches Lehrerhandeln zu [Ka12] und sollte bereits in der Lehrkräfteausbildung gefördert werden [Ch20].

Aus Diagnosen lassen sich Aussagen über daran anschließende Maßnahmen, sogenannte Interventionen, ableiten [Sc13]. Die Fähigkeit zur Einschätzung vorliegender Lernvoraussetzungen, Lernchancen und Lerndefiziten bilden demnach das Fundament für angemessene, auf die Kompetenzen von Lernenden abgestimmte Interventionen [VR09]. Diese haben das Ziel, Lernbedingungen zu schaffen, die es den Schüler:innen ermöglichen, pädagogische und fachspezifische Lernziele zu erreichen [Sc13]. Unter einer Intervention versteht man demnach einen, auf Grundlage einer Diagnose, inhaltlich und methodisch angepassten minimalen Eingriff in den individuellen Lösungsprozess der Schüler:innen, wodurch diese befähigt werden, eine (potentielle) Barriere im Lernprozess zu überbrücken und selbstständig weiterzuarbeiten [Le07]. Pädagogische Interventionen können in Maßnahmen auf Mikro-, Meso- und Makroebene unterschieden werden. Maßnahmen auf der Mikroebene setzen bei Individuen an, auf der Mesoebene dagegen richten sich an Schulklassen oder ganze Schulen und auf Makroebene adressieren sie die übergeordnete Instanz des Schulsystems [SW13]. In dieser Arbeit soll die individuelle Unterstützung von Schüler:innen betrachtet werden, die auf der Mikroebene stattfindet. Mit Hilfe geeigneter Interventionsstrategien können dabei hohe Leistungen der Schüler:innen erreicht werden [HSH04]. Ein Repertoire verschiedener Hilfestellungen seitens der Lehrkräfte ist hierfür entscheidend [Kl20].

Für das Debugging, also Finden und Beheben von Fehlern in Programmcode, hat ein effektiver und effizienter Diagnose- und Interventionsprozess das Potential Lehrkräfte in ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen und die Selbstständigkeit von Schüler:innen zu fördern. Jedoch liegen bisher keine Forschungsergebnisse zu Diagnoseprozessen beim

Debugging vor und Interventionskompetenzen von Lehrkräften wurden nur im Kontext spezieller Debugging-Aufgaben untersucht [TF22].

3 Existierende Modelle für Diagnose und Intervention

Im Kontext professioneller Kompetenz von Lehrkräften [Kl20] sind Diagnose- und Interventionskompetenzen in der Vergangenheit mehr in den Fokus der fachdidaktischen Forschung gerückt. Verschiedene Ansätze modellieren Diagnose- [Ka12, Au15] und Interventionskompetenzen [Le07] auf unterschiedliche Art.

Klug et al. legen ein allgemeines Modell für Diagnosekompetenz von Lernverhalten (siehe Abb. 1a)) vor, das über mehrere Teilschritte zu einer Diagnose mit anschließender Intervention führt [Kl13]. In der ersten Phase beobachtet die Lehrkraft den oder die Schüler:in und sammelt Informationen über deren Lernverhalten. In der zweiten Phase findet dann die eigentliche Diagnose statt, indem aus den gesammelten Informationen die relevanten Merkmale ausgewählt und zusammengeführt werden. Auf Grundlage der Diagnose wird dann in der dritten Phase eine Intervention durchgeführt. Aufgrund des zyklischen Charakters des Modells können sich die drei Phasen gegenseitig beeinflussen. Die Verbindung von der dritten Phase zur ersten Phase bildet dabei das Erfahrungslernen der Lehrkraft ab. Eine Erweiterung des Modells um eine vierte Phase für die explizite Reflexion wird vorgeschlagen.

Einen weiteren weitgehend fachunabhängigen Ansatz stellt das Kompetenzmodell zum professionellen Wahrnehmen und Handeln im Unterricht [Ba17] (siehe Abb. 1b)) dar. Das Modell wurde in Anlehnung an die Lernzieltaxonomie nach Bloom entwickelt und beschreibt den Prozess des professionellen Wahrnehmens und Handels im Unterricht mit sechs aufeinander folgenden Phasen: Wissen, Erkennen, Beurteilen, Generieren, Entscheiden und Implementieren. Auf Basis von angeeignetem Wissen kann die Lehrkraft zunächst relevante Merkmale in einer Unterrichtssituation erkennen und beurteilen, auf dieser Grundlage unterschiedliche Handlungsstrategien generieren, eine begründete Auswahl treffen und diese in praktisches Handeln umsetzen. Innerhalb der einzelnen Phasen unterscheiden Barth et al. zwischen generischen Kompetenzen, die disziplinübergreifend gültig sind, und spezifischen Kompetenzen, die jeweils themenbezogen angepasst werden müssen, hierdurch ist das Modell für verschiedene Bereiche adaptierbar.

Eine solche fachspezifische Konkretisierung stellt das Prozessmodell für adaptive Interventionen in mathematischen Modellierungsprozessen [Kl20] (siehe Abb. 1c)) dar. Das Modell besteht aus drei iterativen Phasen analog zu [Kl13]. Als Startbedingung für den Diagnose- und Interventionsprozess sieht dieser Ansatz eine konkrete Schwierigkeit im Lösungsprozess vor. Im ersten Schritt wird zunächst die Phase identifiziert, in der sich der oder die Schüler:in im Modellierungskreislauf befindet. Durch diese fokussierte Diagnose kann die Identifizierung der Schwierigkeit, die in der zweiten Phase erfolgt, beschleunigt werden. Dazu wird fachspezifisches Wissen wie typische Schwierigkeiten in den einzelnen

Modellierungsphasen herangezogen. In der dritten Phase wird die Intervention geplant und durchgeführt. Hierbei müssen mögliche Handlungsoptionen aus dem eigenen Interventionsrepertoire anhand der Definition und Kriterien einer adaptiven Intervention bewertet werden. Dabei ist fachspezifisches Wissen über die Wirkung verschiedener Interventionen notwendig. Abschließend evaluiert die Lehrkraft den Erfolg der durchgeführten Intervention. Ist die Schwierigkeit überwunden und der oder die Schüler:in kann selbstständig weiterarbeiten, so ist der Prozess beendet, anderenfalls kann eine weitere Iteration notwendig sein.

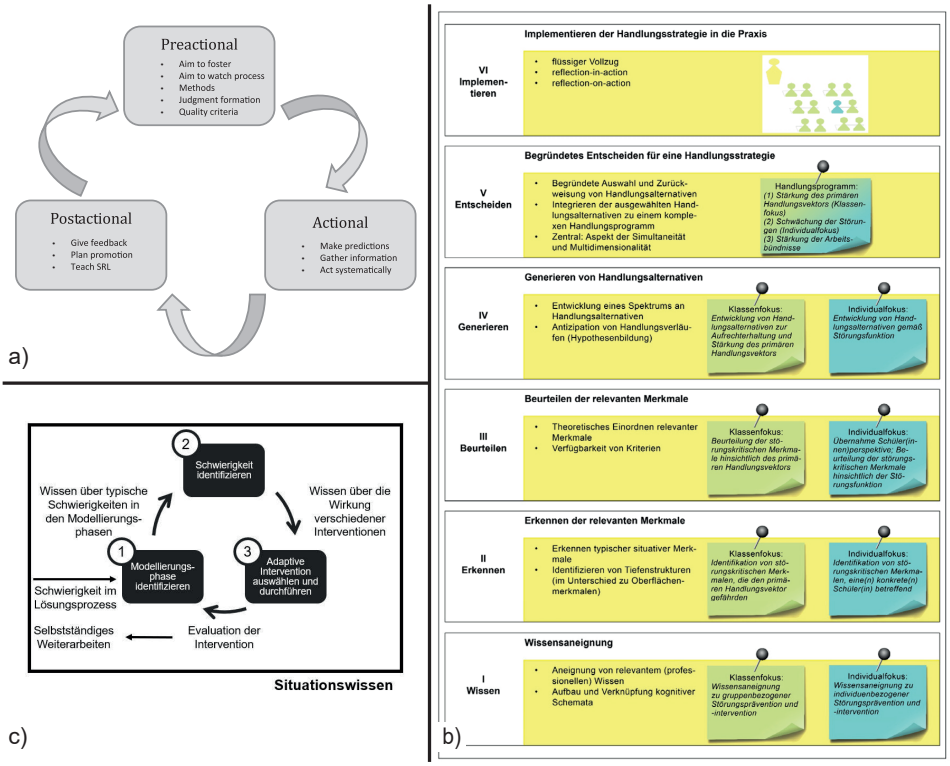

Abb. 1: a) Prozessmodell der diagnostischen Kompetenz [Kl13], b) Kompetenzmodell zum professionellen Wahrnehmen und Handeln im Unterricht [Ba17], c) Prozessmodell für adaptive Interventionen in mathematischen Modellierungsprozessen [Kl20]

Jedoch gibt es bisher kein Modell, das den Diagnose- und Interventionsprozess im Kontext von Debugging im Informatikunterricht abbildet. Im Folgenden soll daher auf Basis einer fachspezifischen Adaption der dargelegten existierenden Arbeiten im Bereich der Diagnose- und Intervention sowie debuggingspezifischer Erkenntnisse ein solches Modell vorgeschlagen werden.

4 Ein Prozessmodell für Diagnose und Intervention beim Debugging

Das vorgeschlagene Prozessmodell für Diagnose- und Intervention von Lehrkräften beim Debugging im Unterricht (siehe Abb. 2) umfasst in Anlehnung an [Ba17, Kl13, Kl20] sechs Prozesskomponenten: Erkennen, Beurteilen, Generieren, Entscheiden, Implementieren und Evaluieren. Diese Prozesskomponenten beschreiben den Prozess auf der Mikroebene, d.h. bei der individuellen Unterstützung eines oder einer Schüler:in. Auf Basis von angeeignetem Wissen kann die Lehrkraft in debuggingspezifischen Unterrichtssituationen, relevante Merkmale erkennen und beurteilen, sowie unterschiedliche Handlungsalternativen generieren, eine geeignete Intervention auswählen, diese durchführen und im Anschluss evaluieren. Nachfolgend werden die einzelnen Prozesskomponenten beschrieben.

Analog zu [Kl20] startet der Diagnose- und Interventionsprozess mit einer konkreten Schwierigkeit im Lösungsprozess. Beim Debugging in der Unterrichtspraxis ist das typischerweise ein (oder mehrere) Fehler im Programmcode, den der oder die Schüler:in nicht selbstständig beheben kann. Die Lehrkraft wird dann entweder aktiv von dem Lernenden um Hilfe gebeten oder bemerkt während der Unterrichtsbeobachtung Schwierigkeiten bei einem Lernenden.

Das **Erkennen** typischer situativer Merkmale bildet die erste Prozesskomponente. Die Lehrkraft kann sich dazu einerseits mit dem Programmcode, der Fehlermeldung oder dem Kontext des Problems vertraut machen. Andererseits können durch Beobachtungen oder im Gespräch mit dem oder der Schüler:in Informationen gesammelt und dabei relevante Merkmale erkannt werden. Fachspezifisches Wissen über Fehlerarten sowie typische Fehler und Probleme von Programmieranfängern [CK86] sind hier hilfreich, da sich Debuggingprozesse je nach Art des zugrundeliegenden Fehlers unterscheiden können [MR19] und folglich auch die Wahl einer geeigneten Intervention davon abhängt. Wichtiger als fehlerspezifische Merkmale ist jedoch das Erkennen von Merkmalen die Hinweise darauf geben, warum der oder die Schüler:in einen Fehler gemacht hat und nicht in der Lage ist diesen selbstständig zu lösen. Hier sind viele unterschiedliche Ursachen möglich, deren relevante Merkmale durch die Lehrkraft erkannt werden müssen, wie beispielsweise fehlendes Wissen oder Problemverständnis, unzureichende Programmierkenntnisse oder fehlendes Programmverständnis, mangelndes Interesse, Angst Fehler zu machen oder fehlende Problemlösestrategien wie Kenntnisse über Fehler und Fehlersuchtechniken [MR19, HM22].

Die Bewertung der relevanten Merkmale und die Erstellung der Diagnose erfolgt dann in der zweiten Prozesskomponente **Beurteilen**. Hierzu bewertet die Lehrkraft die gesammelten Merkmale und versucht Rückschlüsse auf das konkrete Problem des oder der Schüler:in zu ziehen. Um anschließend Hypothesen darüber zu bilden, warum er bzw. sie den Fehler gemacht hat und nicht in der Lage ist diesen selbstständig zu lösen. Ursachen können unvollständige Vorstellungen zu konkreten Programmierkonzepten oder bisher nicht ausgeprägte Strategien zur Fehlereingrenzung sein. Es wird eine Diagnose aufgestellt, die als Grundlage für die weiteren Prozesskomponenten dient.

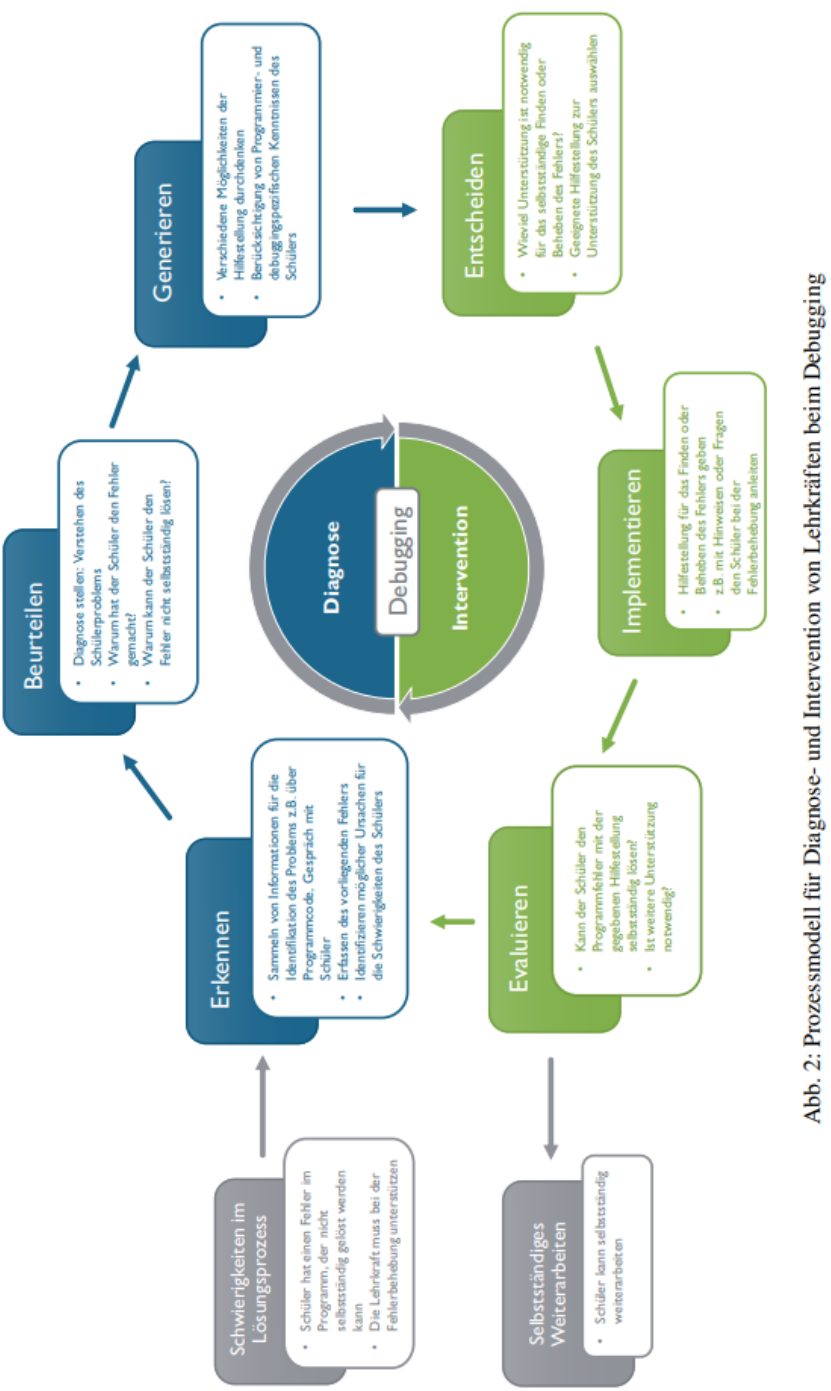

Abb. 2: Prozessmodell für Diagnose- und Intervention von Lehrkräften beim Debugging

Die dritte Prozesskomponente ist das **Generieren** von Handlungsalternativen. Als Reaktion auf eine Diagnose gibt es verschiedene Möglichkeiten der Intervention, die sich bzgl. des Ausmaßes der Hilfestellung unterscheiden. In diesem Schritt muss die Lehrkraft Handlungsverläufe für verschiedene in Frage kommende Interventionen antizipieren und deren Einflüsse abschätzen. Ist das Ergebnis der Diagnose beispielsweise, dass der oder die Schüler:in die Fehlermeldung nicht versteht oder sie gar nicht gelesen hat, dann hat die Lehrkraft verschiedene Möglichkeiten darauf zu reagieren. Indem sie den oder die Schüler:in auffordert die Fehlermeldung zu lesen und nachzuschlagen, mit gezielten Fragen schrittweise zur Lösung des Problems führen, den Fehler erklären und Hinweise zur Fehlersuche geben oder eine Mitschüler:in bittet bei der Fehlersuche zu unterstützen. Die Lehrkraft muss also mögliche Alternativen zur Unterstützung generieren und dann Hypothesen über deren Wirksamkeit bilden. Gemäß Barth et al. [Ba17] werden die bisher beschriebenen Prozesskomponenten Erkennen, Beurteilen und Generieren zur Diagnose gezählt. Die Folgenden Prozesskomponenten werden der Intervention zugeordnet.

Die vierte Prozesskomponente ist das **Entscheiden**. In dieser Phase muss die Lehrkraft nun die verschiedenen Handlungsalternativen bewerten und eine geeignete Intervention auswählen. Die ausgewählte Intervention sollte nicht nur den Fehler beheben, sondern die Schüler:innen befähigen diesen und ähnliche Fehler künftig selbstständig zu beheben. Dadurch ließe sich mit der Zeit die Anzahl der Anfragen reduzieren. Die Lehrkraft kann sich hier jedoch auch bewusst gegen eine Intervention entscheiden (Nicht-Intervention), sollten die Schüler:innen in der Lage sein die Schwierigkeiten selbst zu überwinden [Le07]. Bei der Entscheidung für eine bestimmte Intervention ist es wichtig, dass das individuelle Lernendenniveau berücksichtigt wird [Ka12] und die Hilfestellung so gering wie möglich ausfällt, um die Selbstständigkeit der Schüler:innen zu fördern [Kl20].

Die Durchführung der ausgewählten Intervention erfolgt in der fünften Prozesskomponente **Implementieren**. Hier kommt die Lehrkraft also konkret ins Handeln und gibt Hilfestellung für das Finden und Beheben des Fehlers. Beispielsweise gibt sie Hinweise oder stellt Fragen, die die Schüler:innen anleiten selbstständig Ideen zur Problemlösung zu entwickeln. Alternativ können auch ein unklares Konzept oder eine konkrete Fehlermeldung erläutert werden oder mit der gesamten Klasse diskutiert werden.

Die sechste und letzte Prozesskomponente ist das **Evaluieren**. In Anlehnung an [Kl20] evaluiert die Lehrkraft in diesem Schritt den Erfolg der durchgeführten Intervention. War die Intervention erfolgreich, so ist der oder die Schüler:in in der Lage selbstständig weiterzuarbeiten. Ist das nicht der Fall, so kann eine erneute Intervention notwendig sein, das Prozessmodell für Diagnose- und Intervention beim Debugging wird dann erneut durchlaufen. Diese evaluative Phase bietet den Lehrkräften außerdem die Möglichkeit ihre Handlungen und die Ergebnisse auf Seiten der Schüler:innen zu reflektieren und dadurch wertvolle Informationen über geeignete Lehr- und Lernpraktiken zu sammeln [Kl13].

5 Diskussion und Fazit

Das vorgestellte Prozessmodell für Diagnose- und Intervention von Lehrkräften beim Debugging beschreibt die einzelnen Prozessschritte im Kontext von Debugging und deren Einflussfaktoren. Die Entscheidung ein gemeinsames Prozessmodell für Diagnose- und Intervention zu entwickeln basiert auf den Annahmen, dass einer Diagnose eine pädagogische Intervention folgt [SW13] und dass umgekehrt eine Intervention ohne vorausgehende Diagnose keine entsprechende Wirkung erzielen kann [St16]. Im Folgenden sollen nun mögliche Implikationen des Prozessmodells für die Forschung und die Lehrkräftebildung diskutiert werden.

Das Prozessmodell kann als Grundlage für die Erforschung des Diagnose- und Interventionsprozesses von Lehrkräften beim Debugging im Unterricht dienen. Ein wichtiger Teil der Diagnosekompetenz ist das Beurteilen relevanter Merkmale für das Lernen von Schüler:innen [Bi18]. So erlaubt die in diesem Beitrag entwickelte theoretische Fundierung etwa die Erforschung von Diagnoseprozessen beim Debugging, wie z.B. wie Lehrkräfte zu einer Diagnose zu einem bestimmten Problem der Schüler:innen beim Debugging kommen, welche Merkmale dabei für die Diagnose berücksichtigt werden, wie diese bewertet werden und welche Hypothesen dadurch generiert werden. Ein weiteres Ziel ist Wissen über die Interventionsprozesse beim Debugging zu generieren. Für die adäquate Betreuung von Lernenden ist ein Repertoire verschiedener Hilfestellungen entscheidend [KS20]. Es soll deshalb untersucht werden welche Interventionen bei Lehrkräften im Unterricht zum Einsatz kommen und in welchen Debugging-Situationen sie eingesetzt werden. Darüber hinaus können verschiedene Interventionen in Bezug auf ihre Wirksamkeit evaluiert werden, um Aussagen über geeignete Interventionen treffen zu können. Geeignete Maße für diese Untersuchung sind Effektivität („In welchem Ausmaß wird das Ziel der Maßnahme erreicht?“) und Effizienz („Mit welchem Aufwand wird das Ziel der Maßnahme erreicht?“) [HH08, SW13]. Beim Diagnose- und Interventionsprozess von Lehrkräften beim Debugging sind beide Maße wichtig, da die Intervention effektiv sein soll, damit die Schüler:innen anschließend selbstständig weiterarbeiten können, aber nach Möglichkeit auch effizient, um den Schüler:innen mit einem möglichst geringen Zeitaufwand helfen zu können und so als Lehrkraft allen Schüler:innen gerecht werden zu können.

Das vorgestellte Prozessmodell verdeutlicht die einzelnen Prozessschritte des Diagnose- und Interventionsprozess beim Debugging und zeigt das jeweils benötigte Wissen auf. Das Modell kann daher angehenden Lehrkräften als metakognitives Hilfsmittel zur Orientierung bei der Durchführung von Diagnose- und Interventionsprozess beim Debugging und als Praxisleitfaden für Debugging-Situationen im Unterricht dienen sowie als Grundlage für Workshops und andere Veranstaltungen in der Lehrkräfteausbildung verwendet werden. Beispielsweise haben angehende Lehrkräfte oftmals Schwierigkeiten mit der Diagnose von Unterrichtssituationen [Co20] und dem Generieren von Handlungsalternativen [Ba17] – zentralen Aspekten des Diagnose- und Interventionsprozesses. Das liegt daran, dass Diagnose- und Interventionskompetenzen aus der Erfahrung der Lehrkräfte stammen [Kl13]. Auch beim Debugging stammen Diagnose- und Interventionskompetenzen aus

der Erfahrung der Lehrkräfte und sind bisher nicht Teil der Lehrkräftebildung. Praktische Übungen in der Lehrkräfteausbildung können helfen dieses Erfahrungswissen auch für angehende Lehrkräfte zugänglich zu machen und schon früh erste Erfahrungen zu sammeln, die später im Unterrichtsalltag ausgebaut werden können. Beispielsweise werden in der Mathematikdidaktik zu diesem Zweck videobasierte Simulationen eingesetzt [Co21].

In der vorliegenden Arbeit wurde theoriegeleitet ein Prozessmodell für Diagnose- und Intervention von Lehrkräften beim Debugging entwickelt. Das Prozessmodell charakterisiert einen idealtypischen Verlauf eines Diagnose- und Interventionsprozesses beim Debugging und kann als Grundlage für weitere Forschung und für die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften dienen.

Literatur

[Au15] Aufschnaiter, Claudia von; Cappell, Janine; Dübbelde, Gabi; Ennemoser, Marco; Mayer, Jürgen; Stiensmeier-Pelster, Joachim; Sträßer, Rudolf; Wolgast, Anett: Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. Zeitschrift für Pädagogik, 61(5):738–758, 2015.

[Ba17] Barth, Victoria L: Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht. Springer, 2017.

[Bi18] Binder, Karin; Krauss, Stefan; Hilbert, Sven; Brunner, Martinand Anders, Yvonne; Kunter, Mareike: Diagnostic Skills of Mathematics Teachers in the COACTIV Study. In: Diagnostic Competence of Mathematics Teachers: Unpacking a Complex Construct in Teacher Education and Teacher Practice. Springer International Publishing, Cham, S. 33–53, 2018.

[Ch20] Chernikova, Olga; Heitzmann, Nicole; Stadler, Matthias; Holzberger, Doris; Seidel, Tina; Fischer, Frank: Simulation-based learning in higher education: a meta-analysis. Review of Educational Research, 90(4):499–541, 2020.

[CK86] Carver, Sharon McCoy; Klahr, David: Assessing children's LOGO debugging skills with a formal model. Journal of educational computing research, 2(4):487–525, 1986.

[Co20] Codreanu, Elias; Sommerhoff, Daniel; Huber, Sina; Ufer, Stefan; Seidel, Tina: Between authenticity and cognitive demand: Finding a balance in designing a video-based simulation in the context of mathematics teacher education. Teaching and Teacher Education, 95:103146, 2020.

[Co21] Codreanu, Elias; Sommerhoff, Daniel; Huber, Sina; Ufer, Stefan; Seidel, Tina: Exploring the Process of Preservice Teachers' Diagnostic Activities in a Video-Based Simulation. Frontiers in Education, 6, 2021.

[He19] Heitzmann, Nicole; Seidel, Tina; Opitz, Ansgar; Hetmanek, Andreas; Wecker, Christof; Fischer, Martin R; Ufer, Stefan; Schmidmaier, Ralf; Neuhaus, Birgit; Siebeck, Matthias; Stürmer, Kathleen; Obersteiner, Andreas; Reiss, Kristina; Girwidz, Raimund; Fischer, Frank: Facilitating Diagnostic Competences in Simulations in Higher Education: A Framework and a Research Agenda. Frontline Learning Research, 7(4):1–24, Oct. 2019.

[HH08] Hager, Willi; Hasselhorn, Marcus: Pädagogisch-psychologische Interventionsmaßnahmen. Handbuch der pädagogischen Psychologie, 10:339–347, 2008.

[HM22] Hennig, Heike; Michaeli, Tilman: Investigating Teachers' Diagnostic and Intervention Skills in Debugging. In: Proceedings of the 17th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. Association for Computing Machinery, S. 1–2, 2022.

[Ho16] Hoth, Jessica; Döhrmann, Martina; Kaiser, Gabriele; Busse, Andreas; König, Johannes; Blömeke, Sigrid: Diagnostic competence of primary school mathematics teachers during classroom situations. ZDM, 48(1):41–53, 2016.

[HSH04] Helmke, Andreas; Schräder, Friedrich-Wilhelm; Hosenfeld, Ingmar: Elterliche Lernunterstützung und Schulleistungen ihrer Kinder. Bildung und Erziehung, 57(3):251–278, 2004.

[Ka12] Karst, Karina: Kompetenzmodellierung des diagnostischen Urteils von Grundschullehrern, Jgg. 35. Waxmann Verlag, 2012.

[Kl13] Klug, Julia; Bruder, Simone; Kelava, Augustin; Spiel, Christiane; Schmitz, Bernhard: Diagnostic competence of teachers: A process model that accounts for diagnosing learning behavior tested by means of a case scenario. Teaching and Teacher education, 30:38–46, 2013.

[Kl20] Klock, Heiner: Adaptive Interventionskompetenz in mathematischen Modellierungsprozessen: Konzeptualisierung, Operationalisierung und Förderung. Springer, 2020.

[Kr21] Kramer, Maria; Förtsch, Christian; Seidel, Tina; Neuhaus, Birgit J: Comparing two constructs for describing and analyzing teachers' diagnostic processes. Studies in Educational Evaluation, 68:100973, 2021.

[KS20] Klock, Heiner; Siller, Hans-Stefan: Die Bedeutung der Diagnose für adaptive Interventionen beim mathematischen Modellieren: Intervenieren lernen im Lehr-Lern-Labor. mathematica didactica, 43(1):47–62, 2020.

[Le07] Leiß, Dominik: "Hilf mir, es selbst zu tun". Lehrerinterventionen beim mathematischen Modellieren. Texte zur mathematischen Forschung und Lehre. 57. Franzbecker, Hildesheim; Berlin, 2007.

[MR19] Michaeli, Tilman; Romeike, Ralf: Current Status and Perspectives of Debugging in the K12 Classroom: A Qualitative Study. In: 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). S. 1030–1038, 2019.

[Sc13] Schrader, Friedrich-Wilhelm: Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerbildung, 31(2):154–165, 2013.

[St16] Stender, Peter: Wirkungsvolle Lehrerinterventionsformen bei komplexen Modellierungsaufgaben. Springer, 2016.

[SW13] Severing, Eckart; Weiß, Reinhold: Qualitätsentwicklung in der Berufsbildungsforschung, Jgg. 12. W. Bertelsmann Verlag, 2013.

[TF22] Tsan, Jennifer; , David; Franklin, Diana: An Analysis of Middle Grade Teachers' Debugging Pedagogical Content Knowledge. In: Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 1. ITiCSE '22, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S. 533–539, 2022.

[VR09] Vogt, Franziska; Rogalla, Marion: Developing adaptive teaching competency through coaching. Teaching and teacher education, 25(8):1051–1060, 2009.