

Vorstellungen von Mathematiklehrkräften zum Umgang mit Fehlern im Unterricht weiterentwickeln

Befunde zu Wirkungen eines videobasierten Fortbildungsprojekts

von

Sebastian Kuntze, Ludwigsburg

Kurzfassung: Der produktive Umgang mit Fehlern hat eine wesentliche Bedeutung für den mathematischen Kompetenzaufbau von Lernenden. Angesichts des in Deutschland vorherrschenden kleinschrittig fragend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens stellt sich die Frage nach Verbesserungspotentialen beim Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch und möglichen Wirkungen von Fortbildungsmaßnahmen. Im Rahmen der Begleitforschung eines videobasierten Fortbildungsprojekts wurde untersucht, inwiefern sich Anzeichen für Veränderungen in auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Vorstellungen der teilnehmenden Lehrkräfte zeigen. Quantitative und qualitative Daten deuten auf kurz- und langfristige diesbezügliche Veränderungen hin.

Abstract: The productive use of mistakes is an important element for the development of mathematical competency. Against the background of the dominant teaching script in German classrooms, are there possibilities of improving the way how teachers deal with mistakes in their classrooms and which impacts can be expected from corresponding teacher training activities? As part of the evaluation research of a video-based in-service teacher training, this study examines developments of professional knowledge about dealing with mistakes. Quantitative and qualitative findings suggest short-term and long-term changes of professional knowledge in this domain.

1 Theoretischer Hintergrund

Vorstellungen von Mathematiklehrkräften über Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern werden verbreitet als eine wesentliche Komponente professionellen Wissens angesehen (z. B. Baumert & Kunter 2006; Bromme 1997; Stipek et al. 2001; Krauss et al. 2004). Nicht zuletzt weil das Lernen aus Fehlern und der Aufbau so genannten Abgrenzungswissens bzw. „negativen Wissens“ (Oser et al. 1999) einen wesentlichen Stellenwert bei der Entwicklung mathematischer Kompetenz hat, gehören Vorstellungen von Lehrkräften über das Lernen an Fehlern zu einem wichtigen Bereich solchen professionellen Wissens über Wissenserwerbs-

prozesse. Auf das Lernen aus und den Umgang mit Fehlern bezogene Komponenten professionellen Wissens erstrecken sich offenbar sowohl auf pädagogisches Wissen als auch auf „pedagogical content knowledge“ (Shulman 1986b, 1987), da das Lernen aus Fehlern sowohl allgemein auf das Lernen bezogen, als auch in Verbindung mit bestimmten Unterrichtsinhalten gesehen werden kann. Dieses Wissen dürfte auch mit Vorstellungen über Möglichkeiten und Wegen des Umgangs mit Fehlern im Unterrichtsgespräch und entsprechenden handlungsleitenden Kognitionen (vgl. z. B. Blömeke et al. 2003) verknüpft sein.

In diesem Beitrag wird ausgehend von diesen Überlegungen untersucht, inwiefern sich Vorstellungen zum Umgang mit Fehlern im Unterricht durch ein videobasiertes Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungsprojekt bei den teilnehmenden Mathematiklehrkräften weiterentwickelten. Dabei steht weniger eine Evaluation der Fortbildungsmaßnahme im Vordergrund, als vielmehr beschreibende Ansätze zu auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Komponenten professionellen Wissens, mit denen Rückschlüsse auf von der Fortbildung angestoßene Weiterentwicklungen dieser Vorstellungen gezogen werden können. Um in den theoretischen Hintergrund dieser Studie einzuführen, werden in Abschnitt 1.1 zunächst Betrachtungen zum Lernen an Fehlern angestellt und ein Kurzüberblick über unterrichtsbezogene empirische Erkenntnisse zum Umgang mit Fehlern im Unterricht gegeben. Abschnitt 1.2 ordnet Komponenten professionellen Wissens von Mathematiklehrkräften mit Bedeutung für den Umgang mit Fehlern ein, die für Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch Fortbildungsmaßnahmen relevant sind

1.1 Modellvorstellungen zum Lernen an Fehlern, Implikationen für den Umgang mit Fehlern und empirische Erkenntnisse zum Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch

Ein theoretisches Modell zum Lernen an Fehlern wurde von Oser et al. (1999) entwickelt. Ein Fehler ist nach diesem Ansatz ein „von der Norm abweichender Sachverhalt oder Prozess, der es überhaupt erst ermöglicht, den diesem Sachverhalt oder Prozess entgegengesetzten richtigen normbezogenen Sachverhalt in seinen Abgrenzungen zu erkennen“ (Oser & Hascher 1996, zit. nach Rolett 1999 S. 72). Lernen an Fehlern wird also als ein essenzieller Bestandteil von Lernprozessen angesehen, durch den Abgrenzungswissen erst aufgebaut werden kann. Dieses Abgrenzungswissen bezeichnet Oser als „negatives Wissen“, das als Wissen beschrieben wird, „... das darauf verweist, welche Fehler vermieden werden müssen, damit ein Handlungsablauf gelingt“ (Oser 1996, zit. nach Rolett 1999, S. 73).

Aus diesem Grunde wird im Folgenden auf unterschiedliche lerntheoretische Ansätze zur Bedeutung von Fehlern für Lernen und Kompetenzaufbau eingegangen. Insbesondere ist die Theorie des negativen Wissens deutlich abzugrenzen von Vorstellungen behaviouristischer Lerntheorien zur Rolle von Fehlern für Lernprozesse.

Behaviouristische und gemäßigt-konstruktivistische Sichtweisen

Im Gegensatz zur Theorie des negativen Wissens sehen behaviouristische Lerntheorien Fehler als Verhalten, das abgebaut werden sollte, weshalb Fehler im Lernprozess möglichst vermieden werden sollten. Das aufzubauende Verhalten sollte vielmehr schrittweise angenähert werden (Skinner 1958). Wenn Fehler, die als Abweichungen vom Lernziel beschrieben werden können, in Erscheinung treten, könnte ihr Auftauchen dadurch verstärkt werden, dass fehlerhaftes Verhalten erinnert wird. Daher sollten Fehler nach diesen Vorstellungen am besten ignoriert werden. Auch aus der Perspektive des „Instructional Design“ (Gagné et al. 1992) kommt Fehlern eine eher kontraproduktive Bedeutung für Lernprozesse zu, da die intendierten kleinen Lernschritte durch das Auftauchen von Fehlern behindert werden könnten.

Im Unterschied zu diesen Vorstellungen entspricht der Ansatz Oser's einer gemäßigt-konstruktivistischen Sichtweise (vgl. z. B. Reinmann-Rothmeier & Mandl 2001), nach der das Lernen aus Fehlern eine wesentliche Bedeutung hat. Wissensaufbau ist in dieser gemäßigt-konstruktivistischen Perspektive eine aktive Handlung lernender Subjekte, bei der bestehende Wissensstrukturen auf der Basis von Wahrnehmungen der Umgebung weiter ausgebaut oder umgebaut werden (Klein & Oettinger 2000; Hartnett & Gelman 1998).

Lernen an Fehlern und metakognitive Kompetenzen

Für einen lernproduktiven Umgang mit Fehlern von besonderer Bedeutung sind metakognitive Kompetenzen (vgl. z. B. Helmke & Weinert 1997, Schoenfeld 1992; Cohors-Fresenborg & Kaune 2001, Weinert 1999). Eine auf den Umgang mit Fehlern bezogene Förderung von Lernenden im metakognitiven Bereich schlagen Oser et al. (1999) sowie Guldimann und Zutavern (1999) vor. Metakognitive Fähigkeiten, die einen lernproduktiven Umgang mit Fehlern unterstützen, beziehen sich demnach auf die Bereiche Fehlersensibilität (Erkennen von Fehlern und ihren Konsequenzen), Fehleranalyse (Verstehen und Erklären von Fehlern), Fehlerkorrektur (Verbessern von Fehlern), sowie Fähigkeiten der Fehlerprävention (metakognitiv geprägte Strategien der Fehlervermeidung). Diese vier Bereiche metakognitiver Strategien können auch durch unmittelbare Berücksichtigung im Mathematikunterricht zu Eckpunkten einer positiven Fehlerkultur (Guldimann & Zutavern 1999) im Klassenraum gemacht werden.

Motivationale Aspekte des Umgangs mit Fehlern

In Überlegungen zu Desiderata bezüglich des Umgangs mit Fehlern in der Unterrichtspraxis sollten auch Überlegungen zu motivationalen Aspekten des Umgangs mit eigenen und fremden Fehlern einbezogen werden. Denn es ist davon auszugehen, dass der Umgang mit Fehlern immer auch eine motivationale bzw. emotionale Valenz hat (vgl. Oser et al. 1999). Wenn ein Individuum einen Fehler gemacht hat,

kann dies negative Auswirkungen auf dessen Fähigkeitsselbstkonzept haben. Ferner sind auch Auswirkungen auf andere motivationale Variablen zu erwarten. Hier ergibt sich insbesondere die Problematik ungünstiger Attributionsstile (Dweck 1986). Herausfordernde Lernsituationen, die sich aus Sicht der Lernenden durch eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit auszeichnen, können so aufgrund von entsprechenden Vermeidungsstrategien kaum zum Wissensaufbau genutzt werden. Wenn Lehrkräfte Fehler klassenöffentlich ansprechen und diskutieren, könnte dies für Lernende insofern negative motivationale Folgen haben, als diese eine solche Fehlerbesprechung als Bloßstellung oder persönlichen Angriff empfinden könnten (Oser et al. 1999). In ihren Vorschlägen für eine positive Fehlerkultur im Unterricht beziehen Spychiger et al. (1999) diese Gesichtspunkte mit ein: Fehlern im Unterricht sollte nicht nur genügend Raum gegeben werden, sondern das Auftreten von Fehlern sollte darüber hinaus nicht negativ bewertet werden, Schülerinnen und Schüler sollten zum Fehlermachen ermutigt werden, der Umgang mit Fehlern sollte aktiv geübt und Unsicherheiten von Lernenden sollten besprochen, ausdrücklich toleriert und explizit in den Unterricht einbezogen werden. Vorschläge für eine Fehlerkultur im Mathematikunterricht mit Bezug auf die Arbeiten aus der Arbeitsgruppe um Fritz Oser macht auch Wittmann (2007). Er fasst zusammen, dass zur Fehlerkultur auch eine „Vertrauenskultur“ gehört (ebd., S. 177), im Rahmen derer motivationalen Aspekten des Fehlermachens und des Lernens an Fehlern Rechnung getragen werden kann.

Konkret können diese Forderungen und Vorschläge beispielsweise mit dem Konzept des so genannten diskursiven Unterrichts nach Kaune und Cohors-Fresenborg (vgl. Kaune 2001; Cohors-Fresenborg & Kaune 2003) im Unterricht umgesetzt werden. In diesem Ansatz, der auch spezielle Regeln für Interaktionen im Unterricht umfasst, werden unter anderem offene Problemstellungen für einen argumentativen Austausch insbesondere zwischen Schülerinnen und Schülern zu noch unvollkommenen oder fehlerhaften Äußerungen der Lernenden genutzt.

Lernproduktiver Umgang mit Fehlern als Merkmal von Unterrichtsqualität

Nicht nur aus Sicht der bereits vorgestellten theoretischen Überlegungen, sondern auch unter dem Blickwinkel von Videostudien, die Ansätzen der Beobachtung von Unterricht aus der Perspektive von Schülerinnen und Schülern (vgl. Gruehn 2000) folgen, wird ein lernproduktiver Umgang mit Fehlern verbreitet als Merkmal von Unterrichtsqualität gesehen. So schlägt sich dies etwa in der Studie von Clausen, Reusser und Klieme (2003) nieder, in der faktorenanalytisch vier so genannte Grunddimensionen von Unterrichtsqualität identifiziert werden. Der lernproduktive bzw. akzeptierende Umgang mit Fehlern im Sinne des Konstrukts „positive Fehlerkultur“ gehört nach dieser Untersuchung zur Grunddimension der *Schülerorientierung*, die darüber hinaus etwa die Merkmale „positive Schülerorientierung“, „diagnostische Kompetenz (Sozialbereich)“, „individuelle Lernunterstützung“,

„individuelle Bezugsnormorientierung“, „Individualisierung“ oder „multiple authentische Kontexte“ umfasst. Die Fehlerkultur eines akzeptierenden Umgangs mit Fehlern kann also als ein Bestandteil eines schülerorientierten Mathematikunterrichts angesehen werden. Als weitere Grunddimension von Unterrichtsqualität kommt der Bereich der kognitiven Aktivierung für einen lernproduktiven Umgang mit Fehlern in Frage. Zu berücksichtigen ist bei den Ergebnissen dieser Videostudie nämlich, dass sie sich auf eher alltäglichen Mathematikunterricht bezieht, der insgesamt häufig dem in Deutschland dominierenden Unterrichtsskript ähneln dürfte. Insofern könnte das kognitive Aktivierungspotenzial, das durch einen lernproduktiven Umgang mit Fehlern erschlossen werden könnte (vgl. etwa Cohors-Fresenborg & Kaune 2003; Kaune 2001), bei der Erhebung von Clausen, Reusser und Klieme (2003) nicht voll zum Tragen gekommen sein.

Empirische Erkenntnisse zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht

Wie gehen Mathematiklehrkräfte im Unterrichtsgespräch mit auftretenden Fehlern um? Auch wenn es noch vergleichsweise wenige Studien zum tatsächlichen Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht gibt, geben einige Untersuchungen eine erste Orientierung: Insgesamt scheint ein lernproduktiver Umgang mit Fehlern unter den Bedingungen des in Deutschland vorherrschenden kleinschrittig fragend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens (vgl. Baumert et al. 1997) erschwert zu werden. Beispielsweise stellten Kuntze, Rechner und Reiss (2004) fest, dass fehlerhafte Antworten von Lernenden auf Aufforderungen oder Fragen von Lehrkräften insgesamt nicht sehr häufig sind und zum Beispiel seltener auftraten als völlig unbeantwortete Aufforderungen bzw. Fragen. Es stellt sich die Frage, ob wechselseitige Rollenerwartungen von Lehrkräften oder Schülerinnen und Schülern oder eine Vermengung von Lern- und Leistungssituationen dazu führen, dass bereits durch eine Nichtbeteiligung am Unterrichtsgespräch klassenöffentliche Fehlersituationen von Lernenden möglicherweise vermieden werden. Auch Handlungsrouninen des Unterrichtsgesprächs wie etwa die von Kuntze und Reiss (2004) untersuchten Figuren der Fragetechnik könnten eine Vermeidungshaltung von Schülerinnen und Schülern in Unterrichtsgesprächssituationen mit höherem Fehlerrisiko etwa dadurch begünstigen, dass die Lernenden eher abwarten, als ein Fehlerrisiko einzugehen. Oser et al. (1998) stellten ebenfalls fest, dass Fehler in dem untersuchten Schweizer Unterricht relativ selten auftraten. Diese Ergebnisse wurden von Heinze (2004) repliziert, der ferner beobachtete, dass die Mathematiklehrerinnen und -lehrer den Behandlungsprozess von Fehlersituationen im Unterrichtsgespräch sehr häufig inhaltlich dominierten und den Lernenden nur eher selten eine aktive Rolle beim Aufarbeiten von Fehlern einräumten. Dies könnte dahingehend interpretiert werden, dass Interaktionen im Unterrichtsgespräch oft lediglich den Charakter einer „Scheimbeteiligung“ der Lernenden in einem von der Lehrkraft vorherbestimmten inhaltlichen Ablauf haben könnten, in dem eventuell auch das Auftauchen von Fehlern eher als Störfaktor eingestuft werden. So wurde von Heinze (2004) beob-

achtet, dass die Lehrkräfte oft ergebnisorientiert reagierten, d. h. dass sie bei der Reaktion auf Fehler im Unterrichtsgespräch vor allem auf das Weiterverfolgen des von ihnen intendierten Unterrichtsverlaufs abzielten.

Immerhin dürften Schülerinnen und Schüler in Deutschland und in der Schweiz nach den Ergebnissen von Spychiger et al. (1999) und Heinze (2005) keine sehr starke Angst davor haben, im Unterricht Fehler zu machen. Die Antworten der Lernenden auf entsprechende Fragen deuten überdies darauf hin, dass das Unterstützungsverhalten durch Lehrkräfte in Fehlersituationen von den Schülerinnen und Schülern als eher positiv gesehen wurde (Heinze 2005). Dieses Ergebnis sollte jedoch vor dem Hintergrund der Befunde von Clausen, Reusser und Klieme (2003) gesehen werden, nach denen solche Wahrnehmungen der Lernenden möglicherweise eher dem Bereich „Schülerorientierung“ zuzuordnen sind, während der Umgang mit Fehlern unter Umständen kaum unter dem Kriterium des kognitiven Aktivierungspotentials bewusst beurteilt worden sein könnte.

Andererseits dürfte die Möglichkeit durchaus bestehen, eine verbesserte Fehlerkultur wirklich im Unterricht umzusetzen und als Lehrkraft zu fördern. Dies legen nicht zuletzt Beobachtungen interkultureller Unterschiede (vgl. Santagata 2005) nahe. Beim Umgang mit Fehlern dürfte es sich sogar um einen der Bereiche handeln, in denen die größten in internationalen Videostudien beobachteten Unterschiedlichkeiten zu verzeichnen sind (Stevenson & Stigler 1992, Stigler & Hiebert 1999, Broadfoot 1999, Broadfoot 1992, Firestone et al. 1999). Diese Beobachtungen könnten mit Unterschieden im professionellen Wissen der Lehrkräfte assoziiert sein, das auch durch Fortbildungsmaßnahmen weiterentwickelt werden könnte.

1.2 Möglichkeiten der Entwicklung auf dem Umgang mit Fehlern bezogener Vorstellungen von Mathematiklehrkräften durch Fortbildungen

Wenn mit Hilfe von Fortbildungsmaßnahmen Weiterentwicklungen beim Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht gefördert werden sollen, spielen Überlegungen und Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung eine wesentliche Rolle. Nach Lipowsky (2004) kann die Wirksamkeit von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung grundsätzlich insbesondere auf den vier Ebenen von

- Rückmeldungen teilnehmender Lehrkräfte,
- Entwicklungen im professionellen Wissen der beteiligten Lehrkräfte,
- Entwicklungen des Handelns und Reagierens der Teilnehmenden im Unterricht sowie
- Auswirkungen auf Variablen der Lernenden wie etwa deren Schulleistung

untersucht werden. In seinem Überblicksartikel zur Wirksamkeit von Fortbildungsaktivitäten folgert Lipowsky (2004) außerdem, dass das Anregen unterrichtsbezogener Reflexionsprozesse eine Voraussetzung für Entwicklungen im professionel-

len Wissen von Lehrkräften ist. Da professionelles Wissen wiederum eine wichtige Grundlage des Handelns und Reagierens im Unterricht darstellt, wird im Folgenden kurz in den diesbezüglichen theoretischen Hintergrund dieser Studie eingeführt, um auf den Umgang mit Fehlern bezogene Vorstellungen und deren Weiterentwicklung einordnen zu können.

Fach- und unterrichtsbezogene Überzeugungen als Komponenten professionellen Lehrerwissens

Die Struktur professionellen Wissens von Mathematiklehrkräften wird insgesamt als recht komplex angenommen (vgl. z. B. Cooney 1999; Shulman 1986a, 1986b; Lerman 2001). So dürfte es etwa unmöglich sein, klar zwischen kognitiven Komponenten von Professionswissen und unterrichtsbezogenen Überzeugungen zu unterscheiden (Leder, Pehkonen & Törner 2002). Daher wird hier ein breites Begriffsverständnis für „professionelles Wissen“ zugrunde gelegt (vgl. Pajares 1992) und fach- oder unterrichtsbezogene Überzeugungen bzw. Beliefs eingeschlossen. Eine Art Grobstrukturierung bietet das Identifizieren verschiedener Komponenten von Professionswissen orientiert an Shulman (1986a, 1986b), Bromme (1992, 1997) und Baumert, Blum und Neubrand (2004), bei der die Gebiete des *allgemeinen pädagogischen Unterrichtswissens*, des *Fachwissens*, des *curricularen Wissens* und des so genannten *Pedagogical Content Knowledge* (Shulman 1986b) jeweils in Form *deklarativen und prozeduralen unterrichtsbezogenen Wissens* einerseits oder *deklarativer und präskriptiver Überzeugungen* andererseits unterschieden werden können.

Leinhardt und Geeno (1986) sowie Bromme (1997) beschreiben, dass Vorstellungen über Mathematikunterricht oft episodisch organisiert und an Unterrichtssituationen gebunden sind. Da es andererseits aber auch sinnvoll ist, situationsübergreifende Konstrukte im professionellen Lehrerwissen zu untersuchen, sollte gleichsam im Sinne einer zusätzlichen Dimension nach dem Grad der Situiertheit professionellen Wissens unterschieden werden. So können nach Törner (2002) unterrichts- und fachbezogene Beliefs nach der Ausprägung ihrer Inhaltsgebundenheit oder Globalität verschiedenen Ebenen zugeordnet werden. So weisen beispielsweise Überzeugungen zu häufig in ähnlicher Weise wiederkehrenden Klassenraumsituationen oder zum Unterrichten spezieller Unterrichtsinhalte einen weitaus höheren Situationsbezug auf als beispielsweise allgemein auf das Lernen an Fehlern bezogene Sichtweisen. Befunde, die für mögliche Verbindungen zwischen situationsbezogenen und übergreifenderen, globaleren Komponenten von Professionswissen aber auch für Unabhängigkeiten zwischen einzelnen Bereichen sprechen, wurden von Lerman (1990) sowie von Kuntze und Reiss (2005) beobachtet.

Überzeugungen von Mathematiklehrkräften zum Umgang mit Fehlern

Auch Überzeugungen zum Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch gehören zum professionellen Wissen von Mathematiklehrkräften. So beschreiben Barnett

und Sather (1992) in ihrer interviewgestützten Studie mit 20 US-amerikanischen Primar- und Mittelstufenlehrkräften Vorstellungen dieser Lehrkräfte zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht. Sie ordnen diese Vorstellungen den folgenden drei Kategorien bzw. Typen zu (ebd., S. 11ff):

- *„Conceal errors and only acknowledge the ‚right‘ way“*: Lehrkräfte, die diesem Typ von Vorstellungen zugerechnet wurden, befürworteten oft, nicht korrekte Lösungsmethoden von Schülerinnen und Schülern zu übergehen, was mit Befürchtungen korrespondiert, dass Lernende sich an den falschen Weg genauso wie an den richtigen Weg erinnern könnten und dass ein klassenöffentliches Ansprechen von Fehlern negative Folgen für das Fähigkeitsselbstbild der Lernenden haben könnte. Die Annahme, dass vernünftige Überlegungen hinter Schülerfehlern verborgen sein könnten, wurde von Lehrkräften dieses Vorstellungstyps nicht geteilt, weswegen die Schülerinnen und Schüler in der Regel nicht nach Erklärungen für ihre Gedanken gefragt wurden.
- *„Expose errors and fix them“*: Lehrkräfte dieses Vorstellungstyps befürworteten, dass Schülerinnen und Schüler ihre fehlerhaften Gedankengänge erklären sollten, damit Fehler genauer lokalisiert werden können. Diesen Lehrkräften lag jedoch offenbar daran, Fehlersituationen zeiteffektiv durch lehrkraftzentrierte Erklärungen korrekter Vorgehensweisen aufzuarbeiten. Rationalität in den Gedanken der Lernenden wurde von diesen Lehrkräften akzeptiert, aber offenbar nur teilweise für diskursiven mathematikbezogenen Wissensaufbau genutzt.
- *„Expose errors for inquiry and debate“*: Lehrerinnen und Lehrer, die diesem Typ von Vorstellungen über den Umgang mit Fehlern zugeordnet wurden, strebten es an, dass mehrere Lernende ihre Vorstellungen äußern. Überlegungen von Schülerinnen und Schülern wurden also als Anlass für Argumentationen im Unterrichtsgespräch angesehen. Um dies zu ermöglichen und herauszufordern, vermieden es diese Lehrkräfte, die Korrektheit von Äußerungen der Lernenden sofort zu beurteilen. Sie fassten Fehler als Lerngelegenheiten und Gelegenheiten für kritisches Denken auf und gaben oft sogar an, Fehlersituationen in ihrem Unterricht zu „planen“.

Wirkungen von auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Fortbildungen von Mathematiklehrkräften

In der Studie von Barnett und Sather (1992) wurde untersucht, inwiefern eine längerfristige, fallbasierte Intervention Auswirkungen auf die Überzeugungen der teilnehmenden Lehrkräfte hatte. In der Tat zeigte sich eine Verschiebung der Typen-Zugehörigkeit weg vom ersten und hin zum dritten Typ.

Über eine Studie, bei der vor allem Auswirkungen auf Schulleistung und Unterrichtswahrnehmungen durch Schülerinnen und Schüler in den Blick genommen wurden, berichten Reiss et al. (2006). In dieser Studie wurden fehlerbezogene

Überzeugungen von Lehrkräften lediglich vor der Intervention erhoben, so dass bezüglich dieser Ebene (vgl. Lipowsky 2004) keine Aussage über Entwicklungen im fehlerbezogenen professionellen Wissen gemacht werden konnte.

In der genannten Studie von Reiss et al. (2006) nahmen einige der beteiligten Lehrkräfte unter anderem an einem kurzfristigen, auf Formen lernproduktiven Umgangs mit Fehlern abzielenden Fortbildungsmodul teil, während eine andere Teilgruppe der Lehrkräfte ohne speziellen Bezug zum Umgang mit Fehlern im Unterricht fortgebildet wurde. Bei den Schülerinnen und Schülern, deren Lehrkräfte ein fehlerbezogenes Training erhalten hatten, zeigte sich eine etwas überdurchschnittliche Leistungsentwicklung (Reiss et al. 2006). Dass dieser Befund mit einem im Sinne eines lernproduktiven Umgangs mit Fehlern verbesserten Unterrichtshandeln und -reagieren der Lehrkräfte erklärt werden könnte, wird durch Auswertungsergebnisse zur Wahrnehmung des Umgangs mit Fehlern durch Schülerinnen und Schüler gestützt, die mit einer adaptierten Version des Fragebogens von Spychiger et al. (1998; vgl. Heinze 2005) erhoben wurden. Aus dieser zusätzlichen Erhebung gehen bei den fehlerspezifisch fortgebildeten Lehrkräften signifikante Unterschiede der Unterrichtswahrnehmung durch die Lernenden hervor. Diese Ergebnisse werfen eine Reihe von Fragen auf, da ein längerfristiger Fortbildungszeitraum sich oft als Voraussetzung für substantielle Änderungen im Handeln von Lehrerinnen und Lehrern erwiesen hat und es sich in der Studie von Reiss et al. (2006) lediglich um eine kurzfristige Fortbildungsintervention gehandelt hatte: So liegt es nahe, zu vermuten, dass die betreffenden Lehrkräfte bereits über notwendiges professionelles Wissen, Überzeugungen und Handlungsstrategien eines akzeptierenden Umgangs mit Fehlern verfügten. Diese Dispositionen mussten möglicherweise zum Zeitpunkt der Intervention lediglich noch aktiviert werden, so dass auch eine vergleichsweise punktuelle Fortbildungsintervention bereits Wirkungen auf der Ebene der Lernenden zeigen konnte. Zu dieser Interpretation passt, dass Änderungen in der Unterrichtswahrnehmung der Lernenden sich eher auf (motivational geprägte) Bereiche des Unterstützungsverhaltens bezogen und weniger auf das individuelle Lernen aus Fehlern im metakognitiven Bereich. Da ferner zumindest ein größerer Teil des in der Studie betrachteten Unterrichtszeitraumes durch eine lernendenzentrierte Lernumgebung geprägt war, stellt sich zusätzlich die Frage, ob es den fortgebildeten Lehrkräften auch im Rahmen des alltäglichen, vermutlich stärker lehrerzentrierten Unterrichts gelungen ist, den Umgang mit Fehlern kurz- oder längerfristig zu verbessern.

Die Befragung von fortgebildeten Lehrkräften selbst zu ihrer individuellen Sicht auf Wirkungen des Fortbildungsmoduls kann grundsätzlich zusätzlichen Einblick geben (Lipowsky 2004). Eine differenzierte Erhebung verschiedener Bereiche von Professionswissen könnte es ferner ermöglichen, verschiedene beteiligte Komponenten professionellen Wissens in ihrem möglichen Zusammenwirken zu beobach-

ten, und damit einen Einblick in die Struktur professionellen Wissens zum Umgang mit Fehlern und in diesbezügliche Entwicklungen zu gewinnen.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass zur Untersuchung von durch Fortbildungsmaßnahmen angeregten Entwicklungen auf dem Umgang mit Fehlern bezogener Vorstellungen von Mathematiklehrkräften Einschätzungen der Lehrkräfte zu selbst berichteten Wirkungen einerseits und zu Entwicklungen im professionellen Wissen andererseits gehören sollten. Die Erhebungen zu unterrichtsbezogenen Überzeugungen sollten ferner auch situationsbezogene Komponenten mit einbeziehen. Dies kann Ergebnisse insbesondere dadurch absichern, dass globales professionelles Wissen gleichsam auf seine Situierbarkeit hin geprüft werden kann (Transfer auf konkrete Situationen). Zusätzlich und in gewissem Sinne gegenläufig stellt sich die Frage der Globalität insofern, als fortgebildete Lehrkräfte ihr professionelles Wissen nicht nur situationsbezogen sondern auch situationsübergreifend entwickeln könnten (Transfer auf andere Situationen und auf zugrunde liegende Prinzipien). Die Frage nach der Langfristigkeit der mit dem Umgang mit Fehlern verbundenen Entwicklungen tritt hinzu.

Am Beispiel eines Fortbildungsprojekts, das in Abschnitt 3 näher vorgestellt wird, wird untersucht, inwiefern Vorstellungen von Mathematiklehrkräften in Verbindung zum Umgang mit Fehlern weiterentwickelt werden können.

2 Forschungsfragen

Vor dem Hintergrund der Überlegungen in Abschnitt 1 sind insbesondere Weiterentwicklungen bei fehlerbezogenen Vorstellungen von Mathematiklehrkräften in den folgenden Bereichen von Interesse:

- *Situationsbezogene Komponenten professionellen Wissens* können wie oben angesprochen Aufschluss über den „Transfer“ globaler, auf den Umgang mit Fehlern bezogener Überzeugungen von Lehrkräften geben. Situationsbezogene Einschätzungen können etwa aufgrund ihrer anzunehmenden größeren Nähe zu Unterrichtssituationen und damit vermutlich auch zum Handeln von Mathematiklehrkräften in diesen Situationen eine erste Abschätzung zur möglichen Handlungsrelevanz beobachteter Entwicklungen erlauben.
- Solche situationsbezogenen Komponenten professionellen Wissens können mit Einschätzungen zur fehlerbezogenen Unterrichtsqualität auf einer etwas situationsübergreifenderen Ebene korrespondieren. Da Unterrichtsqualität von externen Beobachtern und Lehrkräften sehr unterschiedlich beurteilt werden kann (Clausen 2002), ist von Interesse, ob Mathematiklehrerinnen und -lehrer einen produktiven Umgang mit Fehlern als Unterrichtsqualitätsmerkmal wahrnehmen oder ob sie sich vordringlich auf andere Kriterien konzentrieren. *Vorstellungen über Unterrichtsqualitätskriterien* könnten von Lehrkräften nämlich als Refe-

renzwissen für das Handeln und Reagieren im Unterricht herangezogen werden (vgl. Kuntze & Rudolph-Albert 2009) und für unterrichtsbezogene Entscheidungen von Bedeutung sein. Selbst wenn Vorstellungen zum Umgang mit Fehlern als Unterrichtsqualitätskriterium auch weitgehend situationsunabhängig erhoben werden können, erscheint es im Hinblick auf die Validität der Daten als sinnvoll, einen gewissen Situationsbezug solcher Unterrichtsqualitätskriterien herzustellen. Dies kann dadurch bewerkstelligt werden, dass konkrete Unterrichtssituationen beobachtet werden sollen: So dürfte bei der Erhebung gleichsam eine größere „Nähe“ geäußerter Unterrichtsqualitätskriterien zu Situationen erzielt werden können, in denen Lehrkräfte typischerweise handeln. Überzeugungen, inwiefern ein lernproduktiver Umgang mit Fehlern ein wesentlicher Bestandteil „guten“ Unterrichts ist, könnten zentral für ein Bewusstsein von Lehrkräften sein, das einer wirklichen „Fehlerkultur“ (Guldimann & Zutavern 1999) entspricht.

- *Berichte der Lehrkräfte über ihre Sicht auf von der Fortbildung angeregte, kurzfristige oder langfristige Entwicklungen* können flankierend zusätzlichen Aufschluss geben. In diesem Zusammenhang sind auch Angaben zu eigenen Implementationsaktivitäten der Lehrkräfte von Interesse.

Diese Studie konzentriert sich daher auf die folgenden Forschungsfragen:

Im Bereich von kurzfristigen Entwicklungen bei situationsbezogenem und übergreifenderem professionellem Wissen wird den folgenden Fragen nachgegangen:

1. Gibt es Weiterentwicklungen professionellen Wissens dergestalt, dass ein lernproduktiver Umgang mit Fehlern von den Lehrkräften als Unterrichtsqualitätskriterium verstärkt wahrgenommen wird?
2. Wie beurteilen Mathematiklehrkräfte vor und nach der Fortbildung auf den Umgang mit Fehlern bezogene Merkmale von Unterrichtsqualität in konkreten Unterrichtssituationen?

Kurzfristige und auch längerfristige Entwicklungen im professionellen Wissen könnten mit Implementationsaktivitäten der teilnehmenden Lehrkräfte in Verbindung stehen. Es stellt sich also mit Blick auf von der Fortbildung angeregte kurzfristige und längerfristige Entwicklungen die Frage:

3. Welche auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Implementationsaktivitäten entwickeln die teilnehmenden Lehrkräfte?

Im Hinblick auf kurz- und langfristige Entwicklungen des Fortbildungsprojekts kann ein Fokus auf von den Teilnehmenden selbst berichtete Wirkungen vertiefende Einblicke in die Qualität solcher Entwicklungen ermöglichen:

4. Inwiefern nehmen teilnehmende Lehrkräfte kurz- und längerfristige, auf den Umgang mit Fehlern bezogene Auswirkungen des Fortbildungsprojekts wahr?

Welchen Stellenwert haben auf den Umgang mit Fehlern bezogene Wirkungen bei der allgemeinen Beschreibung von Wirkungen des Fortbildungsprojekts durch die Teilnehmenden?

3 Untersuchungsdesign

Diese Studie stützt sich auf Daten der Begleitforschung des Fortbildungsprojekts, das im Folgenden kurz beschrieben wird (vgl. Kuntze 2004).

Informationen zum untersuchten Fortbildungsprojekt

Im Sinne der Überlegungen von Abschnitt 1.2 sollte zu den Zielen von Fortbildungsmaßnahmen, die auf einen produktiven Umgang mit Fehlern ausgerichtet sind, gehören, dass Mathematiklehrkräfte diesbezüglich über Unterricht reflektieren und Verbesserungsmöglichkeiten in ihrem eigenen unterrichtsbezogenen Handeln und Reagieren erproben. Um im Rahmen der Fortbildung Situationsbezüge zu stärken und Reflexionsprozesse anzuregen, wurden Unterrichtsvideos genutzt. Das Fortbildungsprojekt wurde dabei außerdem so angelegt, dass längere Zeiträume für Implementationsaktivitäten der Lehrkräfte im eigenen Unterricht zur Verfügung standen. Dabei wurde ein Bottom-Up-Implementationsansatz gewählt, um eine aktive Rolle der Lehrkräfte in Professionalisierungsprozessen zu stärken.

Diese allgemeinen Gesichtspunkte spielten für die Gestaltung der Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungsintervention eine Rolle, wie auch aus den detaillierteren Informationen in Kuntze (2004) hervorgeht. Die Fortbildung beinhaltete einen videobasierten Strang des Reflektierens und Diskutierens zum Handeln und Reagieren im Unterricht und einen auf die Erstellung und Erprobung von Unterrichtsmaterialien ausgerichteten Strang. Relevant für den Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch war in erster Linie der videobasierte Teil der Fortbildung. Für diese videobasierten Reflexionen und Diskussionen sowie auch für die diesbezüglichen Implementationsphasen konzentrierten sich die inhaltlichen Angebote der Fortbildung auf die drei Fokusbereiche „kognitive Aktivierung“, „argumentativer Austausch im Unterrichtsgespräch“ und „lernproduktiver Umgang mit Fehlern“. Fehlerbezogene Überlegungen waren also als Unterbereich in diese Trias an Aspekten eingebettet. Entsprechend des Bottom-Up-Implementationsansatzes wurde gemeinsam mit den teilnehmenden Lehrkräften überlegt, wie Lerngelegenheiten in Unterrichtssituationen und Interaktionen im Klassenraum strukturiert sind und welche Verbesserungspotentiale im Hinblick auf die Fokusbereiche die Teilnehmenden sahen. Diese Diskussionen betrafen oft Sichtweisen zu den Unterrichtssituationen, die auch Kriterien für Unterrichtsqualität mit einschlossen, Handlungsmöglichkeiten von Lehrkräften oder auch eigene Erfahrungen der teilnehmenden Mathematiklehrerinnen und -lehrer. Direkte inhaltliche Inputs im Sinne einer Instruktion der Teilnehmenden über erwünschte Verhaltensweisen im Unterrichtsgespräch gehör-

gibt ebenfalls Abbildung 1. Da nicht alle Lehrkräfte an allen Befragungen teilnahmen, ergeben sich für die Untersuchungen in 4.1 und 4.2 Stichprobengrößen von 33 bzw. 34 deutschen Lehrkräften.

Die in Abbildung 1 dargestellten und für diese Studie wesentlichen Befragungen der teilnehmenden Lehrkräfte bestanden einerseits in einer auf den Umgang mit Fehlern fokussierten Erhebung zu individuellen Unterrichtsqualitätskriterien und in der Beurteilung von videografierten Unterrichtssituationen im Hinblick auf den Umgang mit Fehlern zu Beginn und gegen Ende der Fortbildung. Andererseits werden Befragungen zu eigenen Implementationsaktivitäten jeweils gegen Ende der Implementationsphasen und zum Zeitpunkt der ersten Langzeitnachbefragung, sowie qualitative Daten zur Wahrnehmung der Lehrkräfte zu Wirkungen des Fortbildungsprojekts einbezogen und auf dem Umgang mit Fehlern hin ausgewertet. Wie auch aus der Darstellung der Ergebnisse hervorgehen wird, kamen offene und geschlossene Frageformate, sowie qualitative und quantitative Auswertungsmethoden zum Einsatz: So wurden für die Auswertung der individuellen Unterrichtsqualitätskriterien qualitativ orientierte Bottom-Up-Analysen durchgeführt, bei denen Codes von zwei Ratern sukzessive zu Sinnbereichen für die Nennungen der Lehrkräfte verdichtet wurden. Die Beurteilungen zu Unterrichtssituationen und die Rückmeldungen zu eigenen Implementationsaktivitäten wurden standardisiert erhoben und mit statistischen Methoden analysiert. Die Auswertungen zu den in einem offenen Format erhobenen eigenen Wahrnehmungen zu Wirkungen des Fortbildungsprojekts folgten wiederum einem qualitativen Auswertungsparadigma, so dass sich insgesamt verschiedene Erkenntnisquellen ergänzen können (für nähere Informationen zu diesem Teil der Begleituntersuchung und zur verwendeten Methodik vgl. Kuntze & Rudolph-Albert 2009).

4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden Ergebnisse zu den in Abschnitt 2 abgeleiteten Forschungsfragen berichtet. In 4.1 werden Ergebnisse zu von den Lehrkräften wahrgenommenen Kriterien für Unterrichtsqualität zum Zeitpunkt vor und nach der Fortbildung besprochen, in 4.2 werden Vergleiche zu auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Einschätzungen videografierteter Unterrichtssituationen vorgestellt. Während Abschnitt 4.3 Ergebnisse zu Implementationsaktivitäten der beteiligten Lehrkräfte enthält, werden in Abschnitt 4.4 exemplarisch qualitative Daten zur individuellen Wahrnehmung von längerfristigen Auswirkungen der Fortbildung in den Blick genommen.

4.1 Lernproduktiver Umgang mit Fehlern als Unterrichtsqualitätskriterium

Dieser Abschnitt widmet sich Auswertungen zur ersten Forschungsfrage, die sich auf mögliche Wirkungen im Bereich wahrgenommener Kriterien für Unterrichts-

qualität bezieht. Für die von den Lehrkräften angesprochenen Unterrichtsqualitätskriterien wurde die bereits angesprochene Bottom-Up-Analyse durchgeführt (vgl. Kuntze & Rudolph-Albert 2009), die über alle derartigen Befragungen hinweg zu 16 Sinnbereichen für die von den befragten Lehrkräften geäußerten Kriterien für Unterrichtsqualität führten. Auffällig war, dass zu Beginn der Fortbildung keine der befragten Lehrkräfte ein Kriterium äußerte, das dem Sinnbereich Lernen an Fehlern/UMgang mit Fehlern zugeordnet werden hätte können.

Bottom-Up-Analyse zu Unterrichtsqualitätskriterien, Anteile „nennender“ Lehrkräfte

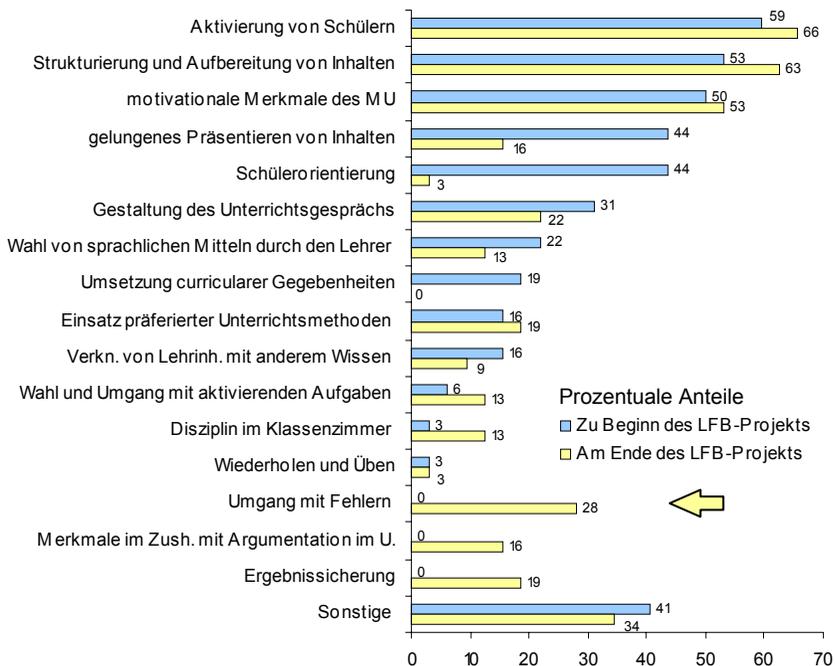


Abb. 2: Individuelle Unterrichtsqualitätskriterien bei der Beurteilung von Unterrichtssituationen vor Beginn und am Ende des Fortbildungsprojekts

Am Ende der Fortbildung wurden Qualitätskriterien aus diesem Bereich von etwas weniger als einem Drittel der Befragten genannt. Dies kann Abbildung 2 an der markierten Stelle entnommen werden. Die Nennungen zu Kriterien des Umgangs mit Fehlern bildeten am Ende des Fortbildungsprojekts die vierthäufigst vorkommende Kategorie.

4.2 Beurteilungen von Unterrichtssituationen bezüglich des Umgangs mit Fehlern

Die zweite Forschungsfrage betrifft mögliche Entwicklungen in unterrichtssituationsbezogenen Komponenten professionellen Wissens. Die teilnehmenden Lehrkräfte wurden jeweils zu Beginn und am Ende der Fortbildung zu zwei videografierten Unterrichtssituationen gebeten, anhand einer vorgegebenen Skala (Cronbach's α jeweils mindestens 0,8) zu beurteilen, wie produktiv mit Fehlern in diesen Unterrichtssituationen umgegangen worden war. Während die erste Unterrichtssituation („Video A“) eine Unterrichtssituation mit Elementen einer vergleichsweise diskursiven Aufarbeitung von Fehlersituationen zeigte, entsprach die zweite Unterrichtssituation („Video B“) eher einem kleinschrittig fragend-entwickelnden Interaktionsmuster. Die Videos zeigten beide auch mehrere Situationen, in denen Lernende Fehler machten und die diesbezüglichen Reaktionen der Lehrkräfte. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, war Video A zu Beginn der Fortbildung von den teilnehmenden Mathematiklehrerinnen und -lehrern negativ, Video B dagegen etwas positiver beurteilt worden. In einer zweiten Befragung zu diesen Unterrichtssituationen mehr als ein halbes Jahr später wurde Video A im Hinblick auf den Umgang mit Fehlern hoch signifikant positiver eingeschätzt ($T = 3,119$; $df = 32$; $p < 0,01$; $d = 0,65$), während sich bei Video B keine signifikante Veränderung abzeichnete. Dies entspricht einer Veränderung in der Größenordnung eines mittleren Effekts.

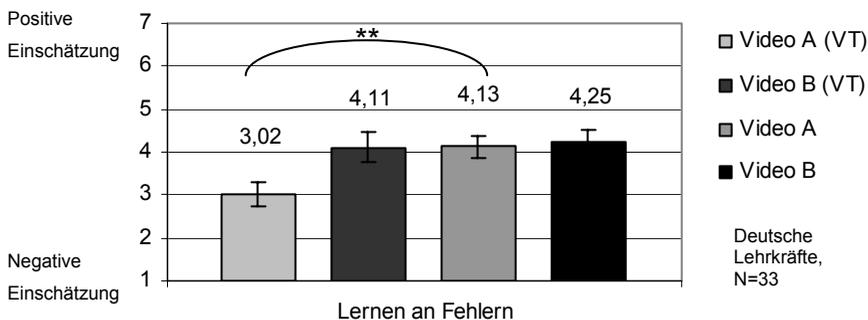


Abb. 3: Beurteilungen zum lernproduktiven Umgang mit Fehlern in den Unterrichtssituationen von Video A und B (Befragungen zu Beginn (VT) und am Ende der Fortbildung)

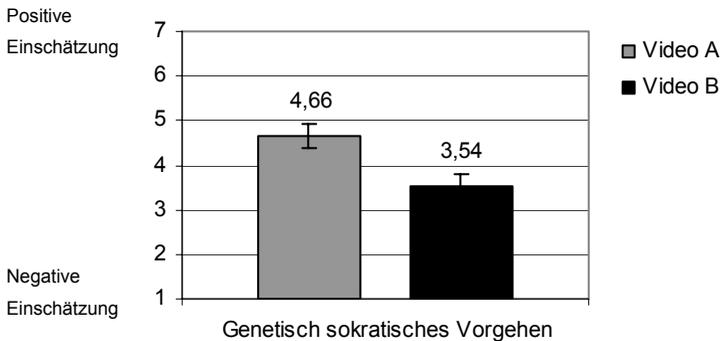


Abb. 4: Auf den Umgang mit Fehlern bezogene Beurteilungen des Unterrichts in Video A und B (Skala „genetisch-sokratisches Vorgehen bei der Fehlerbehandlung“, nur im Nachttest enthalten)

Der Umgang mit Fehlern in Video B wurde am Ende des Fortbildungsprojekts nicht in jeder Hinsicht als ähnlich lernproduktiv eingeschätzt wie der in Video A, wie die unterschiedliche Beurteilung bezüglich des Kriteriums „genetisch-sokratisches Vorgehen bei der Fehlerbehandlung“ (Abb. 4) nahe legt. Während Video A hier leicht positiv beurteilt wurde, schätzten die Lehrkräfte die diesbezügliche Unterrichtsqualität in Video B im Mittel leicht negativ ein. Auch wenn diese Skala in der Befragung zu Beginn des Fortbildungsprojekts noch nicht erhoben worden war, ergibt sich ein Hinweis auf eine differentielle Struktur der Wahrnehmungen der Lehrkräfte, die Interpretationsmöglichkeiten bei der Deutung der in Abbildung 3 gezeigten Veränderung eröffnen.

4.3 Eigene Implementationsaktivitäten zum Umgang mit Fehlern

Im Hinblick auf mögliche Weiterentwicklungen in der Unterrichtspraxis der beteiligten Lehrkräfte, die mit Entwicklungen bei Vorstellungen über den Umgang mit Fehlern in Zusammenhang stehen könnten, wurden Wahrnehmungen der Lehrkräfte zu den beiden Implementationsphasen erhoben. Während dieser Implementationsphasen sollten die Lehrkräfte ihr Handeln und Reagieren im Unterrichtsgespräch auch im Hinblick auf fehlerbezogene Lernmöglichkeiten bewusst beobachten und in diesem Bereich mit eigenen Verbesserungsideen experimentieren.

Die fehlerbezogenen Items der Implementationsfragebögen wurden den Lehrkräften parallelisiert auch nochmals im Rahmen der Langzeitnachbefragung nach einem Jahr vorgelegt. Da die drei Items leicht verschiedene Aspekte eigener Implementationsaktivitäten betreffen, wird in Abbildung 5 eine auf diese drei Items einzeln bezogene Auswertung wiedergegeben.

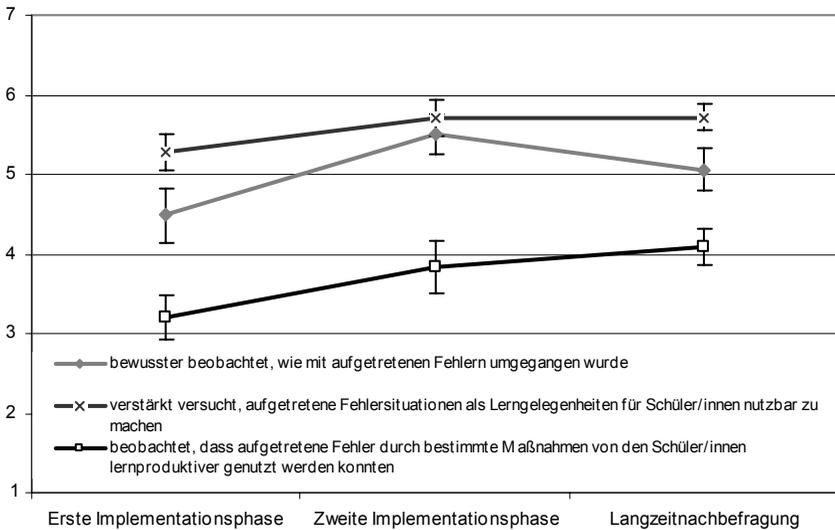


Abb. 5: Berichtete Implementationsaktivität bezüglich des Umgangs mit Fehlern (N = 32)

Die Ergebnisse zeigen signifikante Steigerungen im Vergleich zur Befragung am Ende der ersten Implementationsphase in der Größenordnung kleiner und mittlerer Effekte sogar im direkten Vergleich der entsprechenden Items. Ein zweiter wesentlicher Befund besteht darin, dass die Implementationsaktivität bezüglich des Umgangs mit Fehlern zum Zeitpunkt der Langzeitnachbefragung nicht signifikant rückläufig war. Während bei der Selbstbeobachtung eine nicht signifikante Tendenz einer Abnahme zu beobachten ist, scheint die Wahrnehmung positiver Wirkungen eigener Maßnahmen mit dem Ziel eines produktiveren Umgangs mit Fehlern sogar ein Jahr nach der Fortbildung eine (nicht signifikante) positive Tendenz aufzuweisen.

Fasst man die Items zu einer Skala zusammen (Cronbach's α für die verschiedenen Messzeitpunkte zwischen 0,62 und 0,78), so ist die auf den Umgang mit Fehlern bezogene berichtete Implementationsaktivität im Vergleich mit der ersten Befragung jeweils hoch signifikant erhöht ($T = 4,323$; $df = 31$; $p < 0,001$; $d = 0,57$ bzw. $T = 3,561$; $df = 31$; $p < 0,001$; $d = 0,56$). Dies entspricht jeweils einem mittleren Effekt.

Zusätzlich zu den standardisierten Items zur Wahrnehmung eigener Implementationsaktivitäten wurden die Lehrkräfte in einem offenen Item gefragt, mit welchen Maßnahmen sie in ihrem Unterricht zur Verbesserung des Lernens an Fehlern experimentiert hatten. Zu diesen im eigenen Unterricht erprobten Verbesserungsmaßnahmen wurde von den Lehrkräften beispielsweise genannt:

- „Schüler Fehler erklären lassen“
- „Analyse von Fehlern durch die Klasse“
- „Ursachenanalyse für den Fehler und „Richtigstellen“ der Sichtweise“
- „Um Erläuterungen bitten, andere auffordern Fehler zu suchen bzw. Richtigkeit der Äußerung zu beurteilen“
- „Fehler auf den Grund gehen“
- „Klar stellen, dass Fehler auch positive Eigenschaften haben“
- „Aufgaben-Lösungen mit Fehlern untersuchen lassen“
- „Falsche Wege nicht zu früh abbrechen“
- „Nicht gleich sagen falsch/richtig, sondern die Schüler gefragt: „Stimmt dies?““
- „Fehler nicht sofort selbst korrigieren“
- „Zur gegenseitigen Kritik auffordern“
- „Produktive Aufgabensets im Anschluss an Fehler“
- „Schüler, der Fehler gemacht hat, nicht übergehen (nicht sofort andere aufrufen, die es richtig wissen)“
- „Schülermeldungen durch Mitschüler bewerten lassen ohne sofortige Bewertung seitens des Lehrers“

Eine Reihe dieser geäußerten Maßnahmen deutet auf eine möglicherweise verstärkte Tendenz in Richtung eines diskursiveren Umgangs mit Fehlern im Unterrichtsgespräch und eines bewussteren Einbeziehens von fehlerbezogenen Lerngelegenheiten hin. Aufgrund der Formulierung der Frage in dem entsprechenden Fragbogeninstrument liegt bei aller notwendigen Vorsicht nahe, dass sich diese Äußerungen meist auf subjektiv empfundene Neuerungen im eigenen Unterrichten bezogen.

4.4 Sichtweisen zu fehlerbezogenen Wirkungen des Fortbildungsprojekts

Neben den bereits vorgestellten Ergebnissen, die als Anzeichen für Weiterentwicklungen im professionellen Wissen der beteiligten Lehrkräfte interpretiert werden können, können entsprechend der Ebenen von Evaluationsmöglichkeiten nach Lipowsky (2004) auch Wahrnehmungen der Lehrerinnen und Lehrer zu selbst berichteten Wirkungen der Fortbildung in den Blick genommen werden. So bezeichneten die teilnehmenden Lehrkräfte in einem Feedbackfragebogen am Ende des Projekts die Anregungen des Fortbildungsprojekts zum Bereich „sinnvolles und verständnisvolles Lernen an Fehlern“ überwiegend als gewinnbringend (Kuntze et al. 2005).

Eine vertiefte Befragung teilnehmender Lehrkräfte fand im Rahmen eines Folgeprojekts statt, in dessen Rahmen unter anderem auf Auswirkungen videobasierter Fortbildung fokussiert wurde (vgl. Lipowsky, Krammer & Kuntze 2006). Die gewonnenen, in erster Linie qualitativen Daten ermöglichen es, aus der Sicht einer Langzeitnachbefragung zwei Jahre nach Ende des Fortbildungsprojekts die Wahrnehmung beteiligter Lehrkräfte zu Auswirkungen der Fortbildung auszuwerten.

Im Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf professionelles Wissen zum Umgang mit Fehlern interessiert einerseits, inwiefern derartige Auswirkungen überhaupt berichtet werden, andererseits, welchen Stellenwert solche Auswirkungen auch im Vergleich zu weiteren berichteten Auswirkungen aus Sicht der fortgebildeten Lehrkräfte hatten. Darüber hinaus ist von explorativem Interesse, wie fehlerbezogene Entwicklungen im professionellen Wissen beschrieben werden.

In Tabelle 1 sind die Antworten dreier Teilnehmender auf einen Teil eines offenen Fragebogens zusammengestellt, die illustrieren können, welche Wirkungen des Fortbildungsprojekts teilnehmende Lehrkräfte berichteten, inwiefern sie diese Wirkungen auf das Fortbildungsprojekt zurückführen und wie diese Wirkungen von diesen Lehrkräften gesehen werden. Es sei daran erinnert, dass hierbei nicht die Evaluation des Fortbildungsprojekts im Vordergrund steht, sondern Beispiele, wie Lehrkräfte ihre Professionalisierungsprozesse sehen. Dies kann Orientierung darüber geben, was aus Sicht von Lehrkräften in Fortbildungsprojekten (zumindest) erreicht werden kann. Inhaltlich können die in Tabelle 1 ausgewählten Fälle das Spektrum der Äußerungen von Lehrkräften recht gut repräsentieren.

Während Tamara fehlerbezogene Entwicklungen lediglich indirekt und kumulativ mit „auf den MuBiL-Tagungen besprochenen Schwerpunkte[n]“ anspricht und Aspekte wie Unterrichtsgespräch, argumentativen Austausch und „Experimentierfreudigkeit“ in den Vordergrund rückt, scheint der Umgang mit Fehlern bei Frank und Ursula etwas stärker im Vordergrund gestanden zu haben bzw. zu stehen. Aus den Äußerungen geht auch hervor, dass die von diesen Lehrkräften berichteten Auswirkungen sich gewissermaßen simultan auf diskursive Unterrichtsgesprächselemente und einen produktiven Umgang mit Fehlern erstrecken. Der Fokus auf Aktivität der Lernenden und deren Lernprozesse tritt hinzu.

Insgesamt äußerten sich in dieser Langzeitnachbefragung etwa 70% der beteiligten Lehrkräfte dergestalt, dass ein Profitieren hinsichtlich des Umgangs mit Fehlern angesprochen wird. In einer anderen Gruppe von Lehrkräften, die ebenfalls in das Follow-Up-Projekt einbezogen waren (Lipowsky, Krammer & Kuntze 2006) und die videobasiert über einen vergleichbaren Zeitraum hinweg mit Hauptfokus auf kognitive Aktivierung fortgebildet worden waren, erwähnten 25% der Lehrkräfte den Umgang mit Fehlern als Bereich, in dem sie von der betreffenden Fortbildung profitiert hatten.

Tamara	Frank	Ursula
<p><i>Welche Wirkungen hatte die Fortbildung <u>kurzfristig</u> und <u>langfristig</u> auf Deinen Unterricht (Unterrichtsvorbereitung, Unterrichtsdurchführung, Unterrichtsreflexion)?</i></p> <p><i>Kurzfristige Wirkungen (auf meinen Unterricht in den ersten Wochen nach der Fortbildung)</i></p>		
<p>Ich habe <u>sehr</u> kritisch meinen Unterricht hinsichtlich der auf den MuBiL-Tagungen besprochenen Schwerpunkte unter die Lupe genommen – und war oft unzufrieden mit mir. Weit mehr als früher</p>	<p><u>Kurzfristig:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – stärkere Aktivierung der Schüler – Verstärkter Umgang mit Fehlern (bewusster Einbau) <p>UR-Reflexion: „Wie lang haben die Schüler selbständig oder in Gruppen gearbeitet?“</p>	<ul style="list-style-type: none"> – sehr viel gründlichere Selbstbeobachtung <u>im</u> Unterricht – zum Teil auch Gespräche mit Schülern über vorteilhaftes oder weniger vorteilhaftes Lehrerverhalten – Vorbereitung in bestimmte Richtungen wie z. B. Umgang mit Fehlern
<p><i>Langfristige Wirkungen (auf meinen heutigen Unterricht)</i></p>		
<p>Ein kleinschrittiges Frage-Antwort-Spiel kann ich heute weitgehend vermeiden; ich bemühe mich auch weit aus intensiver als früher, die Schüler/innen durch interessante Fragestellungen zu aktivieren</p>	<p><u>langfristig:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Lernen an Fehlern – Diskussionen einbauen – Anregungsgehalt der Fragen steigern 	<p>Ich kann wesentlich länger als früher auf Schülerergebnisse (positiv oder negativ) warten und habe diese nicht nur ab</p> <p>Häufig kann ich mittlerweile Schülerantworten „zum Gespräch in der Klasse freigeben“</p>
<p><i>Hast Du aus der Fortbildung neue Erkenntnisse mitgenommen? Beschreibe diese bitte ggf.!</i></p>		
<p>Ja, dass ich mich weitaus mehr zurücknehmen kann, wenn es mir gelungen ist, meine Klasse erst mal zu aktivieren</p> <p>In Unter- und Oberstufe gelingt das häufig sehr gut, in der Mittelstufe endet der Austausch v. Argumenten leider immer wieder in großer Unruhe (Klassenstärke!)</p>	<p>Die Diskussion über mathematische Inhalte, besonders über Fehler, scheint mir enorm wichtig. Außerdem bin ich, glaube ich, in meiner Unterrichtsdurchführung flexibler geworden.</p>	<p>ja – sehr viele Wichtig(er) als zuvor ist mir persönlich jede Förderung von Eigenaktivität der Schüler</p> <p>Unterricht läuft jetzt immer langsamer ab als früher</p>
<p><i>Gibt es darüber hinaus Veränderungen in deinem beruflichen Denken und Handeln, die du auf die Fortbildung zurückführst?</i></p>		
<p>Ich bin sehr „experimentierfreudig“ geworden, weil ich herausgefunden habe, dass lehrerzentrierter Frontalunterricht meist inaktivierend wirkt</p>	<p>Nein.</p>	

Tab. 1: Sichtweisen dreier beteiligter Lehrkräfte (Langzeitnachbefragung)

5 Diskussion

Im Folgenden werden die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Ergebnisse interpretiert, wobei die Gliederung von Abschnitt 4 zugrunde gelegt wird. Insgesamt sollten die Daten nicht zuletzt aufgrund der anzunehmenden Selbst-Selektivität der Stichprobe und möglichen Effekten der sozialen Erwünschtheit vorsichtig interpretiert werden.

5.1 Lernproduktiver Umgang mit Fehlern als Unterrichtsqualitätskriterium

Unterrichtsqualitätskriterien zum Umgang mit Fehlern wurden am Ende der Fortbildung vermehrt geäußert, während dieser Bereich für Unterrichtsqualität zu Beginn der Fortbildung für die teilnehmenden Lehrkräfte offenbar kaum eine Rolle spielte. Dies dürfte einem zumindest kurzfristigen Fortbildungseffekt entsprechen. Nicht zuletzt weil das Frageformat so gestaltet war, dass jeweils die gleiche videografierte Unterrichtssituation anhand der selbst geäußerten Kriterien beurteilt werden sollte, liegt es nahe, diese Befunde auf von der Fortbildung angeregte Veränderungen in Vorstellungen der beteiligten Lehrkräfte zurückzuführen. Insgesamt sollten die Ergebnisse jedoch vorsichtig interpretiert werden, da beispielsweise das Fehlen fehlerbezogener Äußerungen zu Beginn der Fortbildung auch mit einer selektiven Aufmerksamkeit der Lehrkräfte erklärt werden könnte. In diesem Falle wäre der beobachtete Befund als eine Art „Aufmerksamkeitsverschiebung“ zu interpretieren, was ebenfalls auf Entwicklungen im professionellen Wissen verweist. Zur Orientierung sei diesbezüglich auch der Befund der Studie von Kuntze und Rudolph-Albert (2009) angesprochen, dass die Sinnbereiche und auch die Anzahl an Nennungen in den jeweiligen Bereichen sich unter Variation des Erhebungsformats als relativ stabil erwiesen.

Die Frage, warum dennoch lediglich weniger als ein Drittel der Lehrkräfte am Ende der Fortbildung Kriterien zum Umgang mit Fehlern nannte, korrespondiert mit weiterem Forschungsbedarf: Möglicherweise gehört professionelles Wissen zum Umgang mit Fehlern zu einem Bereich, der leicht durch anderes Wissen oder andere Überzeugungen gleichsam „zurückgedrängt“ oder „überdeckt“ werden und so in der Unterrichtspraxis auch nicht immer zum Tragen kommen könnte. Andererseits könnte dieses Ergebnis einfach auch dadurch zustande gekommen sein, dass sich die Fortbildung nicht ausschließlich auf den Umgang mit Fehlern konzentrierte sondern viele andere Bereiche mit einbezog, die sich in Nennungen anderer Qualitätskriterien niederschlugen.

5.2 Beurteilungen von Unterrichtssituationen bezüglich des Umgangs mit Fehlern

Die Veränderung in der fehlerbezogenen Beurteilung bei Video A deutet auf Veränderungen in diesbezüglichen Sichtweisen der beteiligten Lehrkräfte hin. Auch

wenn prinzipiell offen bleiben muss, inwiefern auch fehlerbezogene situationsübergreifende Orientierungen ähnlichen Verschiebungen unterworfen waren, geben die Befunde gerade auch in der Zusammenschau mit den anderen Daten einen ersten Hinweis in diese Richtung. Wie bereits in 4.2 beschrieben, waren die beiden videografierten Unterrichtssituationen von Video A und B recht unterschiedlich (für Transkriptauszüge s. Kuntze 2008). Dass die recht kleinschrittige Unterrichtssituation von Video B nach der Fortbildung ähnlich positiv beurteilt wurde wie die Situation von Video A, könnte auf der einen Seite mit der nach wie vor hohen Affinität der teilnehmenden Lehrkräfte mit dem für den Mathematikunterricht in Deutschland typischen kleinschrittig fragend-entwickelnden Unterricht erklärt werden. Auf der anderen Seite könnte die veränderte Beurteilung der Situation von Video A, die diskursivere Unterrichtselemente und Schüler(in)-Schüler(in)-Interaktionen aufwies, mit einem Wissenszuwachs zu Möglichkeiten der Aufarbeitung von Fehlern in Zusammenhang gebracht werden. Unterschiede wie die zwischen Video A und B beobachteten unterstreichen den Bedarf an vertiefenden Untersuchungen in diesem Bereich. Hier könnten vor allem auch Interviews zusätzlichen Aufschluss geben.

5.3 Eigene Implementationsaktivitäten zum Umgang mit Fehlern

Die Daten in diesem Bereich sprechen für eine auch längerfristig andauernde Implementationsaktivität der befragten Lehrkräfte, die sich insbesondere ab der zweiten Implementationsphase entwickelt zu haben scheint. Dies ist ein Hinweis darauf, dass es sich hier um längerfristige Prozesse handeln könnte. Das berichtete Anhalten der Auswirkungen der Fortbildung könnte auf Seiten der Lehrkräfte auch dadurch erleichtert werden, dass Verbesserungen im Bereich des Umgangs mit Fehlern offenbar keinen übermäßig großen Aufwand in der täglichen Unterrichtspraxis erfordern.

Die Äußerungen konkreter Maßnahmen der Implementation scheinen den Eindruck einer Weiterentwicklung der eigenen Unterrichtspraxis „in kleinen Schritten“ zu vermitteln. Dies entspräche auch der Arbeitsweise des Fortbildungsprojekts, bei dem ausgehend von Diskussionen videografiert Unterrichtssituationen in einer Bottom-Up-Herangehensweise Verbesserungsvorschläge für den eigenen Unterricht von den Lehrkräften entwickelt worden waren. Die genannten Verbesserungsmaßnahmen, mit denen die beteiligten Lehrkräfte nach ihren Angaben im eigenen Unterricht experimentiert hatten, sind im Wesentlichen konform mit Vorschlägen für eine lernproduktive Fehlerkultur, wie sie etwa auch von Oser et al. (1999) formuliert wurden.

5.4 Sichtweisen zu fehlerbezogenen Wirkungen des Fortbildungsprojekts

Die individuellen Sichtweisen von Teilnehmenden zu Auswirkungen der Fortbildung können illustrieren, dass auf den Umgang mit Fehlern bezogene Vorstellungen

gen im Verbund mit anderen, oft inhaltlich benachbarten Vorstellungen entwickelt werden können, wie etwa Vorstellungen zu diskursiv ausgerichteten Unterrichtselementen. Auswirkungen mit Bezug zum Umgang mit Fehlern hatten aus Sicht der Lehrkräfte offenbar eine wesentliche Bedeutung.

Die Äußerungen können ferner dahingehend interpretiert werden, dass die Verknüpfung zwischen Praxiserfahrungen, eigenen Implementationsleistungen und damit verbundenen unterrichtsbezogenen Vorstellungen gerade für die berichteten Weiterentwicklungen von zentraler Bedeutung gewesen sein könnte.

5.5 Allgemeine Gesichtspunkte und Anschlussfragen

In dieser Untersuchung wurde mit unterschiedlichen Indikatoren und Instrumenten der Frage nach Weiterentwicklungen in Vorstellungen zu einem lernproduktiven Umgang mit Fehlern nachgegangen. Die Befunde sprechen durchweg für moderate diesbezügliche Weiterentwicklungen bei den fortgebildeten Lehrkräften. Damit scheint es grundsätzlich möglich, solche Vorstellungen auch unter den Bedingungen des deutschen Alltagsunterrichts längerfristig weiterzuentwickeln. Die Ergebnisse ermutigen insofern zu weiteren Anstrengungen, eine lernproduktive Fehlerkultur über den Weg von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung zu fördern.

Eine wesentliche Einschränkung der Aussagekraft der hier vorgestellten Daten besteht allerdings darin, dass Auswirkungen auf unterrichtliches Handeln, wie es von externen Beobachtern oder auch Schülerinnen und Schülern beobachtet werden könnte, sowie Auswirkungen auf lernendenbezogene Variablen in dieser Studie aufgrund des Designs ausgeblendet waren. Auch für die Untersuchung professionellen Wissens von Lehrkräften und insbesondere von möglichen Auswirkungen seiner Weiterentwicklung auf Unterricht und Kompetenzentwicklung wären Untersuchungen äußerst wünschenswert, die Daten der Lernenden-Ebene einbeziehen.

Ein weiterer Fragenkomplex betrifft die Art und Weise, *wie* die beobachteten Veränderungen in auf den Umgang mit Fehlern bezogenen Vorstellungen angestoßen wurden. Hier könnten etwa Interviews während der Fortbildung Aufschluss über die Bedeutung einzelner Phasen der Fortbildung geben. Andererseits müsste der Problematik, dass solche vertiefenden Interviews ernstzunehmende Reflexionsgelegenheiten für die beteiligten Lehrkräfte und dadurch möglicherweise selbst Interventionen sein könnten, forschungsmethodisch Rechnung getragen werden. Diese Problematik dürfte bei der hier verwendeten, eher aus Einzelbefunden interpolierenden Herangehensweise eine weniger große Rolle gespielt haben.

Literatur

- Barnett, C. & Sather, S. (1992). Using case discussions to promote changes in beliefs among mathematics teachers. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), S. 469–520.
- Baumert, J., Lehmann, R. et al. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Blum, W. & Neubrand, M. (2004). [Vortrag zum COACTIV-Projekt im Rahmen des 7. BIQUA-Rundgesprächs. Augsburg, 07.05.2004].
- Blömeke, S., Eichler, D. & Müller, C. (2003). Rekonstruktion kognitiver Strukturen von Lehrpersonen als Herausforderung für die empirische Unterrichtsforschung. Theoretische und methodologische Überlegungen zu Chancen und Grenzen von Videostudien. In: *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), S. 103–121.
- Broadfoot, P. (1992). Assessment Developments in French Education. In: *Educational Review*, 44(3), S. 309–326.
- Broadfoot, P. (1999). Comparative Research on Pupil Achievement: in Search of Validity, Reliability and Utility. In: R. Alexander, P. Broadfoot & D. Phillips (Hrsg.). *Learning from Comparing*. Vol. 1. Contexts, Classrooms and Outcomes. Oxford: Symposium Books.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern: Hans Huber.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In: F. Weinert (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule*. Göttingen: Hogrefe, S. 177–212.
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.
- Clausen, M., Reusser, K. & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hochinferenter Unterrichtsbeurteilungen: Ein Vergleich zwischen Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz. In: *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), S. 122–141.
- Cohors-Fresenborg, E. & Kaune, C. (2003). Unterrichtsqualität: Die Rolle von Diskursivität für „guten“ gymnasialen Mathematikunterricht. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2003*, S. 173–180.
- Cohors-Fresenborg, E. & Kaune, C. (2001). Mechanisms of the Taking Effect of Metacognition in Understanding Processes in Mathematics Teaching. In: G. Törner et al. (Hrsg.). *Developments in Mathematics Education in German-speaking Countries. Selected Papers from the Annual Conference on Didactics of Mathematics* Göttingen: Staats- und Universitätsbibliothek, S. 29–38.
- Cooney, T. (1999). Conceptualizing teachers' way of knowing. In: D. Tirosh (Hrsg.). *Forms of mathematical knowledge. Learning and Teaching with Understanding*. Dordrecht: Kluwer, S. 67–84.
- Dweck, C. (1986). Motivational Processes Affecting Learning. In: *American Psychologist*, 41(10), S. 1040–1048.
- Firestone, W., Fitz, J. & Broadfoot, P. (1999). Power, Learning and Legitimization: Assessment Implementation across Levels in the United States and the United Kingdom. In: *American Educational Research Journal*, 36(4), S. 759–793.
- Gagné, R., Briggs, L. & Wager, W. (1992). *Principles of Instructional Design*. Orlando, FL: Harcourt Brace Jovanovich Publishers.

- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Guldimann, T. & Zutavern, M. (1999). „Das passiert uns nicht noch einmal!“ Schülerinnen und Schüler lernen gemeinsam den bewussten Umgang mit Fehlern. In: W. Althof (Hrsg.). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern*. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Fritz Oser. Opladen: Leske + Budrich, S. 233–258.
- Hartnett, P. & Gelman, R. (1998). Early understanding of numbers: Paths or barriers to the construction of new understanding? In: *Learning and Instruction*, 8, S. 341–374.
- Heinze, A. (2004). Zum Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch der Sekundarstufe I. In: *Journal für Mathematik-Didaktik*, 25(3/4), S. 221–244.
- Heinze, A. (2005). Mistake-Handling Activities in the Mathematics Classroom. In: H. L. Chick & J. L. Vincent (Hrsg.). *Proceedings of the 29th Conference of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education (PME)*. Vol. 3. Melbourne: University, S. 105–112.
- Helmke, A. & Weinert, F. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In: F. Weinert (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie*. Band 3. *Psychologie des Unterrichts und der Schule*. Göttingen: Hogrefe, S. 71–176.
- Kaune, C. (2001). Merkmale eines konstruktivistischen Unterrichtsskripts und eine Analyse dazugehöriger Lehr- und Lernprozesse. In: *Der Mathematikunterricht*, 47(1), S. 14–34.
- Klein, K. & Oettinger, U. (2000). *Konstruktivismus*. Hohengehren: Schneider.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.). *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 31–53.
- Kuntze, S. (2004). Das binationale und videobasierte Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungsprojekt „MuBiL“. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 79, S. 112–118.
- Kuntze, S. (2008). Zusammenhänge zwischen allgemeinen und situiert erhobenen unterrichtsbezogenen Kognitionen und Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In: *Unterrichtswissenschaft*, 36(2), S. 167–192.
- Kuntze, S., Hölzl, R., Reiss, K. & Rudolph, F. (2005). Das binationale und videobasierte Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungsprojekt „MuBiL“. [Abschlussbericht an die Robert-Bosch-Stiftung].
- Kuntze, S., Rechner, M. & Reiss, K. (2004). Inhaltliche Elemente und Anforderungsniveau des Unterrichtsgesprächs beim geometrischen Beweisen. Eine Analyse videografiert Unterrichtsstunden. In: *mathematica didactica*, 27(1), S. 3–22.
- Kuntze, S. & Reiss, K. (2004). Unterschiede zwischen Klassen hinsichtlich inhaltlicher Elemente und Anforderungsniveaus im Unterrichtsgespräch beim Erarbeiten von Beweisen – Ergebnisse einer Videoanalyse. In: *Unterrichtswissenschaft*, 32(4), S. 357–379.
- Kuntze, S. & Reiss, K. (2005). Situation-specific and generalized components of professional knowledge of mathematics teachers – Research on a video-based in-service teacher learning program. In: H. L. Chick & J. L. Vincent (Hrsg.). *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME)*. Vol. 3. Melbourne: University, S. 225–232.

- Kuntze, S. & Rudolph-Albert, F. (2009). What is „good“ mathematics instruction? – Mathematics teachers' individual criteria for instructional quality and attributions for instructional success. In: J. Cai, G. Kaiser, B. Perry & N.-Y. Wong (Hrsg.). *Effective Mathematics Teaching from Teachers' Perspectives: National and Cross-National Studies*. Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers, S. 71–92.
- Leder, G., Pehkonen, E. & Törner, G. (2002) (Hrsg.). *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* Dordrecht: Kluwer.
- Leinhardt, G., & Greeno, J. (1986). The cognitive skill of teaching. In: *Journal of Educational Psychology*, 78, S. 75–95.
- Lerman, S. (1990). Alternative perspectives of the nature of mathematics and their influence on the teaching of mathematics. In: *British Educational Research Journal*, 16(1), S. 53–61.
- Lerman, S. (2001). A Review of Research Perspectives on Mathematics Teacher Education. In: F.-L. Lin & T. J. Cooney (Hrsg.). *Making Sense of Mathematics Teacher Education*. Dordrecht: Kluwer, S. 33–52.
- Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. In: *Die Deutsche Schule*, 96(4), S. 1–20.
- Lipowsky, F., Krammer, K. & Kuntze, S. (2006). Mathematikunterricht entwickeln und verbessern – Was leisten videobasierte Lehrerfortbildungen? In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 82, S. 55–57.
- Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In: W. Althof (Hrsg.). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Fritz Oser*. Opladen: Leske + Budrich, S. 11–41.
- Oser, F., Spychiger, M., Mahler, F., Gut, K., Hascher, T., Büeler, U. & Müller, V. (1998). Lernen Menschen aus Fehlern? Zur Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule. Wissenschaftlicher Zwischenbericht (2) an den Schweizerischen Nationalfond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Abteilung I: Geistes- und Sozialwissenschaften.
- Pajares, F. M. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. In: *Review of Educational Research*, 62(3), S. 307–332.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S. 601–646.
- Reiss, K., Heinze, A., Kuntze, S., Kessler, S., Rudolph-Albert, F. & Renkl, A. (2006). Mathematiklernen mit heuristischen Lösungsbeispielen. In: M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. Münster: Waxmann, S. 194–208.
- Rolett, B. (1999). Auf dem Weg zu einer Fehlerkultur. Anmerkungen zur Fehlertheorie von Fritz Oser. In: W. Althof (Hrsg.). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem internationalen Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Fritz Oser*. Opladen: Leske + Budrich, S. 71–88
- Santagata, R. (2005). Practices and Beliefs in Mistake-Handling Activities. A video Study of Italian and US Mathematics Lessons. In: *Teaching and Teacher Education*, 21, S. 491–508.

- Schoenfeld, A. H. (1992): Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In: D. A. Grouws (Hrsg.). *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan, S. 334–370.
- Shulman, L. (1986a). Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. In: M. Wittrock (Hrsg.). *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan, S. 3–36.
- Shulman, L. (1986b). Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: *Educational Researcher*, 15(2), S. 4–14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new Reform. In: *Harvard Educational Review*, 57(1), S. 1–22.
- Skinner, B. (1958). Teaching machines. In: *Science*, 128, S. 969–977.
- Spychiger, M., Mahler, F., Hascher, T. & Oser, F. (1998). Fehlerkultur aus der Sicht von Schülerinnen und Schülern. Der Fragebogen S-UFS: Entwicklungen und erste Ergebnisse. Pädagogisches Institut der Universität Fribourg.
- Spychiger, M., Oser, F., Hascher, T. & Mahler, F. (1999). Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule. In: W. Althof (Hrsg.). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Fritz Oser*. Opladen: Leske + Budrich, S. 11–41.
- Stevenson, H. W. & Stigler, J. W. (1992). *The Learning Gap: Why Our Schools are Failing and What We Can Learn from Japanese and Chinese Education*. New York: Touchstone.
- Stigler, J. W. & Hiebert, J. (1999). *The Teaching Gap: Best Ideas from the World's Teachers for Improving Education in the Classroom*. New York: Free Press.
- Stipek, D., Givvin, K., Salmon, J. & MacGyvers, V. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics instruction. In: *Teaching and Teacher Education*, 17, S. 213–226.
- Törner, G. (2002). Mathematical Beliefs – A Search for a Common Ground: Some Theoretical Considerations on Structuring Beliefs, some Research Questions, and some Phenomenological Observations. In: G. Leder, E. Pehkonen & G. Törner (Hrsg.). *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* Dordrecht: Kluwer, S. 73–94.
- Weinert, F. (1999). Aus Fehlern lernen und Fehler vermeiden lernen. In: W. Althof (Hrsg.). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Fritz Oser*. Opladen: Leske + Budrich, S. 101–110.
- Wittmann, G. (2007). Von Fehleranalysen zur Fehlerkultur. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2007*, S. 175–178.

Anschrift des Verfassers

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

Eingang Manuskript: 30.08.2008 (überarbeitetes Manuskript: 28.07.2009)