Konstruktion und empirische Überprüfung der Güte eines Beobachtungsrasters zum Erkennen besonderer mathematischer Begabung im Grundschulalter im Rahmen eines Talentsucheprozesses

KIRSTEN PAMPERIEN, HAMBURG

***Zusammenfassung**: Als ein mögliches Hilfsmittel zur Identifikation besonderer Begabung in Talentsuchen werden Checklisten kritisch diskutiert. Dieser Beitrag handelt von aufgabenspezifischen Checklisten bzw. Beobachtungsrastern, die den Beobachterinnen und Beobachtern Hinweise auf das Vorliegen einer besonderen mathematischen Begabung bei Grundschulkindern geben sollen. Nach einer theoretischen Einführung in den Bereich der mathematischen Begabung und Möglichkeiten der Identifikation im Grundschulalter wird ausgehend von Progressiven Forscheraufgaben die Entwicklung von aufgabenspezifischen Beobachtungsrastern beschrieben. Im Rahmen einer Talentsuche für Drittklässler wird ihre Tauglichkeit überprüft. Es zeigt sich, dass ca. 90 % der teilnehmenden Kinder durch diese Raster so eingeschätzt werden konnten, dass es den weiteren Ergebnissen der Talentsuche entsprach.*

***Abstract**: One possible tool for identifying promising students are checklists. Critical discussions ask whether they are suitable for this task. For this research task specific checklists are used with the aim to give observers hints about heuristics used by mathematical promising students. Firstly, a theoretical introduction into the field of mathematical giftedness and questions about identification of mathematical giftedness at the age of primary grade students is given. Afterwards follows a description of the development of checklists based on progressive research problems. Within the framework of a talent search process for mathematical promising third grade students their suitability is proved. That about 90 % of the students are assessed appropriate supports the assumption that the instrument is suitable as part of an identification process.*

1. Einleitung

In der Hochbegabtenforschung wird für die Talentsuche ein mehrstufiges Verfahren vorgeschlagen, um Fehler bei der Diagnostik so gering wie möglich zu halten (Heller, 2004). Im Rahmen der Maßnahme PriMa[1] an der Universität Hamburg, einem Forschungs- und Förderprojekt für mathematisch begabte Grundschulkinder, werden deshalb besonders begabte Kinder mithilfe einer dreistufigen Talentsuche identifiziert (Nolte, 2004). Der erste Schritt ist ein Probeunterricht mit speziell entwickelten Problemstellungen (Progressive Forscheraufgaben, siehe Kapitel 3.1), die es möglich machen Heuristiken des Problemlösens (Groner & Groner, 1990; Mason, Burton & Stacey, 1992; Polya, 1949) sowie weitere mathematische Techniken wie Hypothesenbildung und deren Überprüfung zu nutzen. Im Anschluss an den Probeunterricht werden ein Intelligenztest sowie ein spezifisch entwickelter Mathematiktest (siehe Kapitel 5.3.3) eingesetzt.

Die im Probeunterricht erzielten Arbeitsergebnisse der Kinder werden mit Hilfe aufgabenspezifischer Kategoriensysteme ausgewertet (siehe Kapitel 3.2). Zusätzlich werden während des Probeunterrichtes Verlaufsprotokolle geschrieben. Diese Informationen werden in Expertengruppen analysiert, so dass zu jedem Kind bereits nach dem Probeunterricht detaillierte Eindrücke dokumentiert vorliegen. Um die Vielfältigkeit der Beobachtungen sowohl für die Protokollierenden als auch die Unterrichtenden auf Hinweise für eine mögliche besondere mathematische Begabung zu fokussieren, werden aufgabenspezifische Beobachtungsraster als Beobachtungshilfen während des Probeunterrichts eingesetzt (Nolte, 2004, 2012c; Nolte & Pamperien, 2017). Diese erwiesen sich als äußerst hilfreich für das Beobachten von mathematischen Tätigkeiten, die ein hohes mathematisches Potenzial bei Grundschulkindern vermuten lassen. Aus diesem Grund wurden diese Raster weiterentwickelt mit der Absicht, sie als ein weiteres Instrument in der Prozessdiagnostik der Talentsuche einzusetzen. Insbesondere könnte sich ein solches Instrument aber auch für einen Einsatz in der Schule eignen, wenn der Umgang mit Heuristiken von Lernenden in Problemlöseprozessen begleitet werden soll. Ein aufgabenspezifisches Beobachtungsraster könnte somit Lehrkräfte darin unterstützen, Potenziale von Kindern besser zu erkennen. Mithilfe eines Aufgabensets, das über einen längeren Zeitraum eingesetzt wird, könnte das Instrument zur systematischen Erfassung der Problemlösefähigkeit von Kindern dienen.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Überprüfung der Eignung dieses Instruments. Es soll festgestellt werden, inwieweit dieses Instrument Hinweise auf eine besondere mathematische Begabung geben kann. In diesem Artikel wird ein Schwerpunkt auf kognitive Aspekte gelegt. Des Weiteren soll die Objektivität des Instruments durch den Vergleich von Übereinstimmungen der Bewertungen von verschiedenen Personen im Sinne der Interrater-Reliabilität überprüft werden.

Nach einem kurzen Überblick über die theoretischen Grundlagen bezogen auf Hochbegabung und insbesondere auf mathematische Begabung im Grundschulalter wird der Frage der Identifikation mathematischer Begabung im Grundschulalter nachgegangen und ein spezifisches Beobachtungsraster entwickelt. Basierend auf der Implementation des Instruments wird seine Güte analysiert und anhand von zwei ausgewählten Aufgaben wird die Eignung des Instruments in einer Gruppe von mathematisch interessierten Kindern im Rahmen des Mathe-Treffs der Maßnahme PriMa (des eingangs erwähnten Probeunterrichts) überprüft und diskutiert.

2. Zum theoretischen Rahmen

2.1 Besondere mathematische Begabung

In der theoretischen Diskussion werden die Bezeichnungen „besonders begabt“ und „hochbegabt“ entweder synonym verwendet oder als unterschiedlich hohe Ausprägungsgrade betrachtet, wobei „besonders begabt“, „hochbegabt“ und sogar „höchstbegabt“ als Steigerungen anzutreffen sind (Feger & Prado, 1998). Diskussionen um Begabung befassen sich mit der Frage nach der Bedeutung von angeborenen Fähigkeiten, der Veränderbarkeit von Begabungen und den Faktoren, die zu einer Entfaltung von Begabungen beitragen. Wesentlich wird die aktuelle Diskussion davon beeinflusst, dass Begabungen und das trifft auch auf mathematische Begabungen zu, als Potenziale betrachtet werden, die entfaltet werden müssen. Dazu bedarf es bestimmter Bedingungen von Seiten der Umwelt sowie entsprechender Aktivitäten aufseiten der Schülerinnen und Schüler. Der Ansatz, dass das, was als besondere Begabung bezeichnet wird nicht statisch ist, sondern einem dynamischen Prozess unterliegt, ist die heute gängige Position in der Begabungsforschung (Neubauer & Stern, 2009), die sich auch in der Entwicklung von Modellierungen von Begabung findet. Ausgehend vom Ansatz von (Renzulli, 1978), der Begabung als Resultat der Wechselwirkung zwischen überdurchschnittlichen Fähigkeiten, Task Commitment und Kreativität beschrieb und damit sich zunächst nur auf das Individuum bezog, wurde in späteren Modellen die Wechselwirkung zwischen Umweltfaktoren und Aktivitäten des Individuums aufgenommen (z. B. Gagné, 2004; Heller, 2000; Mönks & Mason, 1993; Renzulli, 2012). Generell können deshalb die Modelle als Einflussfaktorenmodelle bezeichnet werden, die unterschiedlich differenziert die Wechselwirkung verschiedener Faktoren beschreiben. Dazu zählen ebenfalls intrapersonale Faktoren wie Leistungsmotivation und Ausdauer (siehe z. B. Stoeger, Steinbach, Obergrießer & Matthes, 2014). Mit diesem multidimensionalen Ansatz wird Intelligenz als ein Faktor unter anderen betrachtet. Für einen positiven Verlauf des Entwicklungsprozesses sind deshalb passende Anregungen ebenso wichtig, wie das aktive Aufgreifen dieser Anregungen.

In der mathematikdidaktischen Diskussion wurde die allgemeine Diskussion zur Entwicklung von Begabung aufgegriffen und die Spezifik für die Entwicklung mathematischer Begabung herausgearbeitet. Allerdings ist die Forschung zur besonderen mathematischen Begabung in den alten Bundesländern noch relativ jung. In den 1970er Jahren entwickelte man in den USA unter Julian Stanley an der Johns Hopkins University eine erste Talentsuche für Mittel- und OberstufenschülerInnen. In den 1980ern wurde die Forschung auf jüngere Schülerinnen und Schüler ausgeweitet mit dem Ziel, besonders begabte Kinder in einem Akzelerationsprogramm zu fördern (Brody, 2009). Mit der Weltkonferenz zur besonderen Begabung in Hamburg (1983) konnte die in Westdeutschland bis dahin weit verbreitete Ablehnung der Förderung von Hochbegabten als Eliteförderung abgebaut werden (siehe z. B. Rost & Schilling, 2006). Die Förderung mathematisch begabter Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufen begann in Hamburg 1983 unter der Leitung von Karl Kießwetter (1985). Seine Arbeitsgruppe stand in Diskussion mit der Johns Hopkins University. Heute ist die Förderung von besonders begabten Schülerinnen und Schülern nicht nur akzeptiert, sondern auch gefordert (siehe z. B. United Nations Convention on the Rights of the Child in Article 29, https://www.unicef.org/crc/files/Rights_overview.pdf).

Fragen zur besonderen mathematischen Begabung im Grundschulalter wurden zunächst nicht untersucht, weil die Diagnostik mathematischer Hochbegabung im Grundschulalter bedingt durch den geringeren Kenntnisstand mathematischer Inhalte sowie die im Vergleich zu älteren Schülerinnen und Schülern geringeren sprachlichen Kompetenzen als ausgesprochen anspruchsvoll galt (siehe dazu z. B. Käpnick, 1998). Eine Ausnahme stellen die Studien von Krutetskii (1962, 1976) dar, die nach wie vor international als grundlegend für die Erforschung mathematischer Begabung angesehen werden (siehe auch Fritzlar, 2013b). Wichtig ist der Gedanke eines „mathematical cast of mind“, (Krutetskii, 1976), d. h. einem Hineinwachsen in eine fachspezifische Kultur. Bereits sehr früh kann sich das Interesse an mathematischen Inhalten zu einer Fokussierung auf eben solche Inhalte in der Umgebung richten. Krutetskii definiert mathematische Begabung wie folgt:

> Mathematical giftedness is characterized by generalized curtailed and flexible thinking in the realm of mathematical relationships and number and letter symbols and by a mathematical cast of mind. This peculiarity of mathematical thinking results in an increased speed in processing mathematical information (which is related to a replacement of a large volume of information by a small volume, owing to generalization and curtailment) […]. (Krutetskii, 1976, S. 352)

An Einzelfallstudien zeigte er, dass bereits Grundschulkinder rasch zwischen Operationen wechseln können, Inhalte verallgemeinern und eine Verkürzung von Denkprozessen zeigen (ebd. S. 222 f.).

Im deutschsprachigen Raum hat der Ansatz Kießwetters die Forschung zur mathematischen Begabung nachhaltig beeinflusst. Kießwetter geht mit seinem Ansatz nicht von Charakteristika mathematischer Begabung aus, sondern von der Frage, auf welche Weise die Entwicklung mathematischer Begabung angeregt werden kann. Dazu entwickelte er einen Förderansatz, der Schülerinnen und Schülern reichhaltige Angebote zu mathematischen Tätigkeiten bietet und ebenfalls motivationale Aspekte berücksichtigt. Im Unterschied zu Krutetskii, der mathematische Begabung anhand kürzerer Aufgaben überprüfte, betont Kießwetter die Bedeutung der Komplexität der Problemstellungen. In den achtziger Jahren entwickelte er das Förderkonzept „Hamburger Modell“, in dem Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II Gelegenheiten zu mathematischen Tätigkeiten in komplexen Problemfeldern gegeben werden. Der mathematische Hintergrund der angebotenen Fragestellungen ist so ausgewählt, dass die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig und am Kenntnisstand der jeweiligen Klassenstufe orientiert die Aufgaben bearbeiten können.

> Im Zentrum unserer Bemühungen steht, Vorgaben, Anreize und Anregungen für mathematisches Tun zu liefern. Deshalb versuchen wir im elementarmathematischen Bereich, Situationen zu simulieren, wie sie in der mathematischen Forschung auftreten. So wird insbesondere auch die kreative Komponente mathematischer Begabung gefordert und gefördert. Forschungssituationen sind offen. (Kießwetter, 1988, S. 33)

Auf diese Weise entwickeln die Schülerinnen und Schüler in einigen Problemfeldern sogar eigene kleine mathematische Theorien.

Kießwetter beobachtete, dass in solchen Prozessen bestimmte Handlungsmuster (HM) günstig sind, die er später (auch für mathematisch besonders interessierte Grundschulkinder) beschrieb, diese können als Indikatoren für eine mathematische Begabung dienen. Kießwetter (1988, 2006) bezeichnet diese als einen Katalog mathematischer Denkleistungen:

> Organisieren von Material
>
> Sehen von Mustern und Gesetzen
>
> Erkennen von Problemen, Finden von Anschlußproblemen
>
> Wechseln der Repräsentationsebene (vorhandene Muster/Gesetze in „neuen“ Bereichen erkennen und verwenden)
>
> Strukturen höheren Komplexitätsgrades erfassen und darin arbeiten
>
> Prozesse umkehren (Kießwetter, 1988, S. 29)

Für diese Handlungsmuster finden sich teilweise Parallelen bei Krutetskii:

> […] recognizing patterns and rules and finding related problems–corresponds with Krutetskii’s ability to generalize; changing the representation of the problem and recognizing patterns and rules in this new area–corresponds with Krutetskii’s flexibility of mental processes; reversing process–corresponds with Krutetskii’s reversibility of mental processes (Vilkomir and O’Donoghue 2009, p. 192). (Nolte & Pamperien, 2017, S. 122)

Der Bezug zu mathematischen Tätigkeiten wird allgemein in der Forschung zur besonderen mathematischen Begabung betont „success in insight-based problem solving can serve as an indication of mathematical giftedness among schoolchildren“ (Leikin, Leikin, Paz-Bruch, Waisman & Lev, 2017, S. 110).

Wie in der Forschung zur allgemeinen Hochbegabung wird auch im Grundschulbereich mathematische Begabung vornehmlich unter einer dynamischen Perspektive, der Perspektive des Potenzials, betrachtet, so dass das amerikanische National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) von „promising children“ spricht (siehe auch Sheffield, 1999a, 1999b; Singer, Sheffield, Freiman & Brandl, 2016). Wesentlichen Einfluss auf die mathematikdidaktische Diskussion in Deutschland hat eine Studie von Käpnick (1998), in der er spezifische Merkmale von Dritt- und Viertklässlern mit einer potenziellen mathematischen Begabung beschreibt, die neben begabungsstützenden Persönlichkeitseigenschaften u. a. ebenfalls Fähigkeiten zum Umkehren von Gedankengängen, den Umgang mit Mustern und Strukturen und den Wechsel der Repräsentationsebenen umfasst. In verschiedenen Studien wird ebenfalls bestätigt, dass die von Kießwetter beschriebenen Handlungsmuster auch bereits von jüngeren Kindern gezeigt werden können (z. B. Nolte & Pamperien, 2006; Aßmus, 2017).

Die Entwicklung dieser Fähigkeiten wird inzwischen in den Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich (KMK, 2005) für alle Schülerinnen und Schüler als Ziel formuliert, allerdings zeigen die Beispiele, dass die Aufgaben eine deutlich geringere Komplexität als diejenigen, die in der Förderung für mathematisch besonders begabte Schülerinnen und Schüler genutzt werden. Deshalb verweist u. a. Nolte (2012c) darauf, dass die Merkmale im Kontext anspruchsvoller Aufgaben beobachtet werden sollen. Inzwischen hat sich die Forschungslage zur mathematischen Begabung im Grundschulalter deutlich erweitert, so auch bezüglich eines multidimensionalen und dynamischen Ansatzes, der sich in verschiedenen Modellen zur mathematischen Begabung widerspiegelt (vgl. Fritzlar, 2013a, S. 53; Fuchs, 2006, S. 67; Heinze, 2005, S. 39; Käpnick, 2006, 2014; Nolte, 2012c, S. 2 f.). Es kann festgestellt werden, dass mathematische Begabung in der mathematikdidaktischen Forschung gemeinhin als Potenzial beschrieben wird, welches zu seiner Entfaltung sowohl auf günstige Umweltfaktoren als auch auf Aktivitäten von Seiten des Kindes angewiesen ist. Die Entfaltung dieser Begabung lässt sich als ein Prozess bezeichnen, für den ein Kind Interesse an mathematischen Inhalten zeigen muss, der aber auch eine Umgebung braucht, in der dem Kind herausfordernde Angebote gemacht werden. In diesem Sinne folgen wir in unserem Projekt der Definition Noltes (2012d):

> We define children as mathematically gifted when they are able to work on complex problems. In this learning environment they recognize patterns and structures. They are able to exploit these patterns and structures while working the problem. They can work on a high level of abstraction. They construct superordinate structures and grasp coherences. They are able to generalize their findings. So when children show special patterns of action in challenging and complex fields of problems we suppose high mathematical talent. (Nolte, 2012d, S. 157)

2.2 Fragen zur Identifikation mathematischer Begabung

Im Sinne der bisherigen Ausführungen soll also eine Identifikation besonderer mathematischer Begabung anhand von Merkmalen, wie sie in der Literatur beschrieben werden (siehe z. B. Aßmus, 2018; Käpnick, 1998; Krutetskii, 1976), erfolgen. Um die Fehlerrate so gering wie möglich zu halten, schlägt Heller (2000, S. 252, in Bardy, 2007, S. 99) ein mehrstufiges Identifikationsverfahren vor, an dessen Anfang ein Screeningverfahren mit Checklisten steht, gefolgt von Begabungstests. Sukzessive wird die Anzahl der ausgewählten Schülerinnen und Schüler reduziert, bis am Ende des Verfahrens die Identifikation der besonders begabten Kinder steht.

Ein mehrstufiges Verfahren wird deshalb auch in der Talentsuche des PriMa-Projekts vorgenommen. Im ersten Teil, dem Probeunterricht der Talentsuche (zu dem unter dem Namen Mathe-Treff für Mathe-Fans eingeladen wird), werden immer wieder Kinder mit einem hohen Potenzial entdeckt, die später aufgrund der beschränkten Anzahl der für die Förderung zur Verfügung stehenden Plätze nicht in die universitäre Förderung aufgenommen werden können. In Hamburg haben diese Kinder zwar die Möglichkeit an einem der vielen schulischen Mathe-Zirkel teilzunehmen, allerdings verweisen Beobachtungen aus der Talentsuche darauf, dass neben der Förderung in speziell zusammengestellten Gruppen die Förderung im Rahmen des Schulunterrichts eine besondere Bedeutung gewinnt. Wie bereits in der Einleitung angesprochen, könnte hier den Beobachtungsrastern zur gezielten Beobachtung der mathematischen Tätigkeiten der Kinder eine besondere Rolle zukommen. Insbesondere unter der Perspektive eines breiten Inklusionsbegriffs ist es für Lehrkräfte wichtig, besondere Begabungen erkennen und darauf reagieren zu können. Wie weit Lehrkräfte dazu in der Lage sind, wird immer wieder diskutiert (Hany, 1998). In den letzten Jahren werden allgemeine Dimensionen des professionellen Lehrerhandelns verstärkt diskutiert (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008). Auch wenn es inzwischen mehr Studien zum Lehrerprofessionswissen im Kontext besonderer mathematischer Begabung gibt, sind für das Erkennen und Fördern besonderer mathematischer Begabung viele Fragen noch offen (siehe z. B. Singer, Sheffield, Freiman & Brandl, 2016). Eine entscheidende Rolle spielt das Wahrnehmen (Noticing) und das Deuten von Ereignissen im Unterricht (Es & Sherin, 2002), das im Kontext besonderer mathematischer Begabung u. a. eine hohe mathematische Kompetenz und eine Balance zwischen dem verlangt, was in einer leistungsheterogenen Gruppe als angemessene Herausforderung bezeichnet werden kann.

Hier soll zunächst die Rolle von geeigneten Maßnahmen für das Erkennen einer Begabung diskutiert werden. Einen ersten Ansatz stellen günstige substanzielle Aufgabenformate dar, die in der Grundschule auch unter der dem Stichwort „natürliche Differenzierung“ (siehe z. B. Krauthausen & Scherer, 2007) zu finden sind und die sich u. a. dadurch auszeichnen, dass Kinder unterschiedlich tief in einen mathematischen Kontext eindringen können. Damit bieten diese Aufgaben erste Möglichkeiten, Hinweise für ein besonderes Potenzial zu finden.

Wenn sich aber trotz differenzierender Angebote besondere Begabungen nicht in den Leistungen der Schülerinnen und Schüler zeigen, fällt es Lehrkräften schwer, eine besondere mathematische Begabung im Unterricht zu erkennen. Preckel (2010) schlägt vor, weitere Daten zu erheben, z. B. Schulleistungsdaten.

Es zeigt sich jedoch immer wieder, dass es problematisch ist, Schulleistungen als Ausgangspunkt für die Erfassung eines Potenzials zu nehmen. Dies machen z. B. die Diskussionen um Underachiever deutlich (siehe z. B. Hanses & Rost, 1998).

Obwohl allgemein anerkannt ist, dass Intelligenztests sich dazu eignen, den Schulerfolg zu prognostizieren (Preckel, 2010; Rost, 2000), ist zu fragen, ob damit eine besondere mathematische Begabung erfasst werden kann.

Nolte (2011, 2012b) zum Beispiel konnte anhand von mehr als 1600 Schülerinnen und Schülern zeigen, dass die Ergebnisse eines Intelligenztests während der Talentsuche nur schwach mit den Ergebnissen eines Mathematiktests, der für die Talentsuche im Rahmen von PriMa entwickelt wurde, korrelieren. Dies stimmt mit Aussagen von Preckel (2010) überein.

> Intelligenztests alleine können damit lediglich nur ein, wenn auch zentraler Baustein in der Hochbegabungsdiagnostik sein. (Preckel, 2010, S. 40)

Anhand von Checklisten wurde versucht, Lehrkräften und Eltern eine Hilfestellung zum Erkennen eines besonderen Potenzials zu geben. Um deren Einsatz zur Nominierung von besonders begabten Kindern besteht bereits seit vielen Jahren eine breite Diskussion (Cao, Jung & Lee, 2017; Feger & Prado, 1998). Diskutiert wird der Nutzen von Checklisten als Ergänzung zu anderen Verfahren und zwar vor allem deshalb, weil sich für Checklisten

> […] die prinzipielle Frage nach deren Gültigkeit (Validität) und somit auch der Zuverlässigkeit dieser Ratings im Vergleich zu objektiven Testurteilen stellt. (Heller, Reimann & Senfter, 2005, S. 19)

Preckel und Vock (2013) sehen den alleinigen Einsatz von Checklisten zum Erkennen von besonderer Begabung kritisch.

> Checklisten verbessern die Güte von Lehrer- oder Elternnominationen offensichtlich nicht, können jedoch für Merkmale sensibilisieren und in Kombination mit einem systematischen Training zu einer Verbesserung des Erkennens Hochbegabter beitragen. (Preckel & Vock, 2013, S. 135)

Allerdings stimmen sie mit Heller et al. (2005) überein, dass Checklisten eine „wertvolle Ergänzung“ innerhalb eines Verfahrens sein können (Preckel & Vock, 2013, S. 135).

Preckel und Vock (2013) kritisieren, ebenso wie Urban (1990), dass die in Checklisten aufgeführten Merkmale in der Regel sehr allgemein gehalten sind und die vagen Formulierungen keine eindeutigen Aussagen über besondere Begabungen zulassen, denn überwiegend gehen sie nicht differenziert genug auf kognitive Komponenten des Problemlösens ein. In der Mathematikdidaktik finden sich interessante Ansätze zur Kategorisierung anhand verschiedener Aufgaben (siehe z. B. Günther, 2018, S. 68 f.; Nolte & Pamperien, 2017). Wenn sie unter der Perspektive des Erkennens eines besonderen Potenzials eingesetzt werden sollen, ist jedoch zu unterstreichen, dass sie zwar Hinweise geben können, aber keine Diagnose durch eine Expertin oder einen Experten ersetzen (Perleth, 2010). Für den Unterricht betonen Heller et al. (2005) und Hany (1994) die besondere Funktion von Checklisten im Unterschied zu einer ausführlichen Diagnostik unter Verwendung verschiedener Tests:

> Die Identifizierung besonders befähigter Schülerinnen und Schüler sollte vorrangig dazu dienen, die individuellen Lernbedürfnisse zu erfassen, um darauf aufbauend geeignete Fördermaßnahmen innerhalb und / oder außerhalb des Regelunterrichts ergreifen zu können. (Heller et al., 2005, S. 102)

Unter der oben beschriebenen Perspektive bieten bereits Checklisten „Hinweise für die genaue Abstimmung zwischen Entwicklungsverlauf und Umweltangeboten“ (Hany, 1994, S. 4).

Checklisten, die im Sinne eines Screeningverfahrens zum Erkennen mathematischer Begabung eingesetzt werden, sollten sich an dem orientieren, was besondere mathematische Begabung kennzeichnet. Im Umgang mit herausfordernden Problemstellungen zeigen die Kinder, wie sie mit abstrakten und komplexen Inhalten umgehen können. Darüber hinaus ist es notwendig, spezifischere Kompetenzen, die in anspruchsvollen mathematischen Lernprozessen wirksam werden, zu betrachten. Allgemeine Checklisten zur Unterrichtsbeobachtung und auch zu spezifischem mathematischem Wissen wurden z. B. im Projekt PIKAS vom DZLM (2010) vorgeschlagen und finden sich auch in verschiedenen Schulbüchern oder Handreichungen wie „Beobachtung des Lösungsweges beim Rechnen in der Grundschule“ (2003). Diese Checklisten sind häufig sehr allgemein gehalten oder beziehen sich in der Regel nur auf Einzelbeobachtungen. Eine genaue Auseinandersetzung mit der Vielfältigkeit von Checklisten würde den Rahmen dieses Artikels sprengen.

Diese Überlegungen verweisen auf die Problematik, die mit der Identifikation einer besonderen Begabung verbunden ist. Sie zeigen, dass eine Verknüpfung verschiedener Maßnahmen notwendig ist. Da Anforderungen im Regelunterricht oft einen Deckeneffekt aufweisen, wenn es um das Zeigen eines hohen mathematischen Potenzials geht, ist es sinnvoll, Schülerinnen und Schülern Lernumgebungen anzubieten, die ein Arbeiten an komplexen Problemstellungen ermöglichen (siehe z. B. Kießwetter, 1988, 2006). Auf diesem Ansatz basiert die Entwicklung des im Folgenden dargestellten Beobachtungsrasters.

3. Beschreibung des Beobachtungsrasters

3.1 Progressive Forscheraufgaben

In Fallstudien wurde der Einsatz von komplexen Aufgabenstellungen, die sich für die Förderung mathematisch besonders begabter Grundschulkinder eignen und die sich an den Kießwetter`schen Handlungsmustern orientieren, auch im Schulunterricht bzw. in Einzelarbeit überprüft (Nolte & Kießwetter, 1996; Nolte & Pamperien, 2006; Nolte & Pamperien, 2017; Pamperien, 2008). Für die Förderung mathematisch besonders begabter Kinder wurden im PriMa-Projekt an der Universität Hamburg sogenannte Progressive Forscheraufgaben (ProFa) entwickelt. Diese Art von Aufgaben, an denen die Kinder etwa zwei Schulstunden ein Problem bearbeiten, bieten die Möglichkeit, Muster und Strukturen zu erkennen, zu argumentieren, zu verallgemeinern, Analogien zu erkennen und Transfer vorzunehmen. Dies alles sind Aspekte, die in mathematischen Problemlöseprozessen entscheidend zum Erfolg beitragen. Gleichzeitig erfordern die ProFa keine Vorkenntnisse, die über die Klassenstufe hinausgehen und können auf sehr einfache Weise, z. B. durch Zählen, aber auch durch anspruchsvollere mathematische Denkweisen, wie das Nutzen von Mustern und Strukturen, bearbeitet werden. Wesentlich für den Erfolg der ProFa ist die Art des Umgangs damit, getragen vom Spannungsfeld zwischen Selbständigkeit und Unterstützung, aber auch in Verbindung mit dem gemeinsamen Austausch über Herangehensweisen und Entdeckungen während der Plenumsphasen (Nolte & Pamperien, 2010).

Mit dem Einsatz dieser ProFa in seinen Fördergruppen folgt PriMa dem Ansatz des maßgeblich von Kießwetter entwickelten „Hamburger Modells“ zur Begabtenförderung (Kießwetter, 1988). Dieser unterscheidet sich von Ansätzen der systematischen Heranführung an Problemlösekompetenzen (siehe z. B. Bruder, 2014), da er im Kießwetter`schen Sinne implizit durch die Bearbeitung der Problemfelder die Anwendung von Heurismen ermöglicht und Handlungsmuster gezeigt, ggf. erweitert aber auch erworben werden können. Fallstudien zeigen, dass Schülerinnen und Schüler mit zunehmender Erfahrung in solchen Problemfeldern die Verfügbarkeit über Heurismen und Handlungsmuster weiterentwickeln (Nolte & Pamperien, 2014). Für die Grundschule muss es einige Eingrenzungen geben, aber die Grundidee des propädeutischen forschenden Lernens wird auch hier verfolgt (Nolte & Pamperien, 2010).

Im regulären Unterricht bieten ProFa eine Chance, erfolgreich und selbständig an einem innermathematischen Problem zu arbeiten. Damit unterstützen sie die Entwicklung allgemeiner mathematischer Kompetenzen, wie sie z. B. im Hamburger Bildungsplan Mathematik (2011) oder den Bildungsstandards (2005) aufgeführt werden, zu denen auch das Problemlösen gehört. Die Forderung, derartige Aufgaben im Unterricht zu behandeln, ist nicht neu (Bauersfeld, 2000; Winter, 1984; Wittmann & Müller, 1990, 1992). Allerdings unterscheiden sich die ProFa hinsichtlich ihrer Komplexität und der Möglichkeit, mit weiterführenden Fragen tiefer in den mathematischen Kontext einzudringen. Das übergeordnete Lernziel der Progressiven Forscheraufgaben ist nicht nur das Lösen eines bestimmten Problems, sondern vielmehr liegt es in der langfristig zu erzeugenden Haltung des eigenen mathematischen Denkens, welche als ein Aspekt des „mathematical cast of mind“ nach Krutetskii (1976) aufgefasst werden kann.

Die Bearbeitung von ProFa in Regelklassen ist ähnlich dem Einsatz von Lernumgebungen basierend auf natürlicher Differenzierung (Krauthausen & Scherer, 2014; Hengartner, Hirt & Wälti, 2006) auf unterschiedlichen Niveaus möglich. Damit können diese Art von Aufgaben auch von Kindern mit Lernstörungen bearbeitet werden (Scherer 1995, 1996) und fordern gleichzeitig besonders interessierte und leistungsfähige Schülerinnen und Schüler heraus. Es hat sich gezeigt, dass auf diese Weise nicht nur die Entwicklung von Problemlösekompetenzen gefördert wird, sondern dass Kinder auch Handlungsmuster zeigen können, die auf ein besonderes mathematisches Potenzial hinweisen (Nolte & Pamperien, 2017; Pamperien, 2008).

Bedingt durch die Eigenschaft der ProFa unterschiedliche Zugänge zu den Fragen zu ermöglichen und Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu geben unterschiedlich tief in den mathematischen Kontext einzudringen, kommt der gemeinsamen Besprechung von Vorgehensweisen und Ergebnissen eine besondere Bedeutung zu. Sowohl im Regelunterricht als auch in den Fördergruppen ist es deshalb wichtig zu wissen, was die Kinder bereits herausgefunden haben, wie weit sie gekommen sind und welche Wege sie genommen haben. Es bietet sich an, den Problembearbeitungsprozess durch ein Beobachtungsraster zu begleiten (Nolte, 2012a). Dieses enthält Beschreibungen spezifizierte Handlungsmuster nach Kießwetter sowie prozessbezogene Kompetenzen, wie z. B. das Begründen. Im Sinne von möglichen kindlichen Lösungsräumen (siehe dazu Leikin, 2007) benötigt man für die Entwicklung des Rasters ein Wissen um verschiedene Vorgehensweisen, Lösungen und deren Bewertung hinsichtlich einer effizienten Arbeit im Sinne Krutetskiis und Kießwetters.

3.2 Entwicklung des Beobachtungsrasters

3.2.1 Zu den Beobachtungen im Probeunterricht in der Talentsuche des PriMa-Projekts

Im Probeunterricht werden die Kinder mit den oben beschriebenen ProFa konfrontiert. Ziel ist es, durch eine prozessbegleitende und auf kognitive Komponenten des Problemlösens fokussierte Beobachtung der Kinder im Bearbeitungsprozess erste Hinweise auf ein besonderes mathematisches Potenzial zu erhalten.

Die Leistungen der Kinder zu beurteilen, kann nicht allein ergebnisorientiert erfolgen, da für die Qualität der Leistung die Problemlösestrategien der Kinder entscheidend sind. Vor allem die Berücksichtigung der Vielfalt an möglichen Lösungswegen ist eine besondere Herausforderung für Lehrkräfte ebenso wie die damit verbundene prozessbezogene Bewertung dieser Leistungen der Kinder. Anspruchsvoll wird diese Bewertung durch die Komplexität der Problemstellungen und eben der daraus resultierenden Vielfalt an Herangehensweisen. Es ist nicht immer einfach, die Verbalisierungen der Kinder zu verstehen und Fragen und Vorgehensweisen einordnen zu können. Die Begleitung der Kinder in diesem Prozess erfordert besondere Expertise, da diese auf dem Durchdringen des kindlichen Lösungsraums basiert, der nicht immer eindeutig zu interpretieren ist. Es ist zudem erforderlich, mit dem mathematischen Kontext, in dem die Aufgabe eingebettet ist, vertraut zu sein. Da viele der ProFa sich für einen Einsatz über die Grundschule hinweg eignen (siehe z. B. Kießwetter, 2006), geht auch der mathematische Hintergrund über den in der Grundschule üblichen hinaus. Im Kontext der TEDS-FU Studie zeigte sich, dass die mathematische Kompetenz von Lehrkräften einen starken Einfluss auf die Qualität des Unterrichts hat – insbesondere auf die Begleitung der Lösungsprozesse.

> Based on the description of the competence levels in Sect. 3, it can be assumed that teachers with MCK at the lowest and average competence levels will not be able to recognize or understand creative students' solutions and will not be able to support these students' mathematical learning processes. In addition, teachers who reach only the lower competence level in MPCK will not be able to offer learning opportunities for high-achieving and creative students, to develop different representations for a mathematical problem or choose different teaching strategies for their heterogeneous student body. (Hoth, Kaiser, Busse, Döhrmann & Blömeke, 2017, S. 115)

Daher ist es wichtig, dass sich auch die Lehrenden des Mathe-Treffs intensiv mit den Aufgaben auseinandersetzen und Hilfestellungen erhalten, um die Qualität des Screeningverfahrens zu sichern. So wurden für die Auswertung der Arbeit der Kinder zum einen Auswertungsraster für die schriftlichen Dokumente und zum anderen Beobachtungsleitfäden als Hilfsmittel für die Protokollantinnen und Protokollanten sowie die Unterrichtenden entwickelt, die operationalisiert die wesentlichen aufgabenspezifischen Komponenten in den Problemlöseprozessen erfassen.

Aus diesen Instrumenten wurden aufgabenspezifische Beobachtungsraster entwickelt, die als Checklisten während des Unterrichtsgeschehens eingesetzt werden.

Die Entwicklung der Raster erfolgte in einem mehrschrittigen Verfahren und war theoriegeleitet. In einem ersten Schritt wurde durch eine Expertengruppe eine Kategorisierung theoretisch erwarteter Denkleistungen, die in Form einer Sachanalyse durchgeführt wurde, vorgenommen. Mit dem so entstandenen Kategoriensystem wurde zunächst im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) anhand der schriftlichen Bearbeitungen der Kinder überprüft, inwieweit das deduktiv hergeleitete Kategoriensystem induktiv erweitert werden musste. Zeitgleich wurden die einzelnen Kategorien unter Rückgriff auf die Kriterien nach Kießwetter daraufhin untersucht, wieweit sie Hinweise auf eine besondere Begabung geben können. Die Ergebnisse dieser beiden Analyseschritte führten zu weiteren Anpassungen des Kategorienschemas, so dass die ausgewählten Kategorien sich daran orientieren, ob ihr Auftreten bei der Bearbeitung der ProFa Hinweise auf eine mathematische Begabung geben kann. Im Hinblick auf die Anforderungsbereiche aus den Bildungsstandards der KMK (2005) sind die Kategorien unterschiedlich gewichtet. So werden einfache Anwendungen des Wissens anders gewichtet als Begründungen. Wesentlich ist, dass diese Kategorien zum einen Hinweise auf ein besonderes mathematisches Potenzial geben, zum anderen den Problemlöseprozess eines jeden Kindes beschreibbar machen können. Weiterhin ist das Instrument nicht statisch, sondern kann an bestimmte Fragestellungen der Lehrkraft angepasst werden, z. B. ob Kinder zum Transfer einer Idee in der Lage sind oder auch um Verhaltensweisen wie Partizipation im Unterricht ergänzt werden. Am Beispiel der Dreiecksaufgabe (Pamperien, 2004), die im Mathe-Treff der Talentsuche eingesetzt wurde und vielfältige Muster bei der Bearbeitung zulässt, wurden erste Vergleiche zwischen ausgesuchten Kriterien und den Ergebnissen der weiteren Testungen (siehe Kapitel 5.3) durchgeführt und daraus geschlossen, dass sich diese dazu eignen, eine erste Prognose über ein mathematisches Potenzial abzugeben. Diese Vermutungen wurden für weitere aufgabenspezifische Beobachtungen erhärtet. Allerdings ist die Beobachtung der Bearbeitung einer Aufgabe allein nicht aussagekräftig genug. Erst über ein Set von Aufgaben lässt sich eine Prognose treffen. Im Mathe-Treff bearbeiten die Kinder insgesamt drei Aufgaben. Die Ergebnisse dieser ersten Beobachtungen lassen erwarten, dass anhand bestimmter Kriterien entwickelte Beobachtungsraster den Talentsucheprozess ergänzen können und bei entsprechender Validität auch in anderen Settings wie z. B. im Mathematikunterricht der Grundschule zur Identifikation mathematisch begabter Schüler und Schülerinnen erprobt werden könnten. Wieweit sich das Instrument dazu eignet, valide Aussagen zu machen, soll in dieser Studie zunächst anhand von zwei Aufgaben als erster Hinweis auf Validität überprüft werden.

3.2.2 Das Beobachtungsraster zum NIM-Spiel

Wie oben beschrieben, ist es für die Entwicklung eines Beobachtungsrasters für ProFa wesentlich, zunächst eine Sachanalyse durchzuführen. Hieraus ergibt sich ein zu erwartender kindlicher Lösungsraum, der durch Beobachtungen im Bearbeitungsprozess ergänzt wird. Es werden daraus aufgabenspezifische Handlungsmuster abgeleitet, die im Beobachtungsraster festgehalten werden.

Die Sachanalyse des NIM-Spiels (s. Abb. 1) in der vorliegenden Form ergibt Folgendes:

Da es sich hierbei um eine vereinfachte Variante des bereits 1902 auf mögliche Gewinnstrategien von Bouton untersuchten Problemfeldes handelt, ist bekannt, dass dies ein strategisches Spiel ist, d. h. es erfüllt u. a. folgende Eigenschaften (vgl. Berlekamp, Conway & Guy, 1985, S. 16 und S. 48):

Das NIM-Spiel:

Aufgabe 1

Du siehst hier einen Spielplan mit 10 Feldern. Man darf abwechselnd von links beginnend und jeweils direkt anschließend 1 oder 2 Felder durch ein Kreuz bzw. einen Kreis markieren. Gewinner ist, wer das letzte Feld markieren kann.

Gibt es eine Möglichkeit, wie man immer gewinnen kann?
Erkläre uns deine Vermutung:

Abb. 1: Aufgabenblatt zum NIM-Spiel in der Version von 2004

- Das Spiel wird von zwei Personen gespielt (Schwarz/Weiß).
- Beide Personen verfolgen völlig konträre Interessen (Nullsummenspiel), d. h. der Gewinn der einen ist gleich dem Verlust der anderen Person.
- Endloses Spielen ist ausgeschlossen.
- Es wird stets abwechselnd nach festen Spielregeln gezogen und es gibt keinen Zufallseinfluss.
- Es liegen stets die vollständigen Informationen über den aktuellen Spielstand vor, d. h. es gibt keine verborgenen Informationen.
- Durch die Aufgabenvorgabe ergibt sich, dass die Positionen alle bestimmt sind, d. h.:
- Schwarz kann unabhängig von den Zügen von Weiß gewinnen (Gewinnposition für Schwarz).
- Weiß kann unabhängig von den Zügen von Schwarz gewinnen (Gewinnposition für Weiß).

Somit müssen die Spieler einer bestimmten Strategie folgen, um sicher gewinnen zu können (vgl. Gnirk, Homann & Lubeseder, 1970, S. 50 ff.; Müller & Wittmann, 1977, S. 230 ff.; Scherer, 1999, S. 154).

Diese Strategie bezieht sich hier auf das vorgegebene Intervall von 1-2, d. h. es dürfen ein oder zwei Felder markiert werden und die Zielzahl $z = 10$, d. h. das zehnte Feld soll erreicht werden (vgl. Abb. 1). Der Rest bei der Division von 10 durch 3 beträgt 1. Es sind 10 und 1 kongruent modulo 3. Daraus ergibt sich für Aufgabe eins die Notwendigkeit, mit einem Feld zu beginnen und im weiteren Verlauf des Spiels stets den Zug des Gegenspielers zu drei zu ergänzen. Somit ist das erste Spielfeld in diesem Fall auch das erste Siegerfeld. Der Abstand zwischen den Siegerfeldern beträgt jeweils drei. Dies ergibt sich aus dem vorgegebenen Intervall (1-2). Die weiteren Siegerfelder sind die Felder 4,7 und 10. Es wird also die Länge des Spielfeldes betrachtet und diese Zahl wird durch die Summe der ersten und der letzten Zahl des Intervalls dividiert, daraus ergibt sich das erste Siegerfeld. Ist der Rest der Division 0, darf man nicht beginnen. In allen Aufgaben wird im weiteren Verlauf zunächst nur eine Dimension verändert, um die Kinder zum Erkennen weiterer Strategien oder zu Verallgemeinerungen zu führen.

Als feste Vorgabe bleibt bei dieser Aufgabe zunächst die Anzahl der möglichen Markierungen. Die Dimension der Veränderung ist die Länge des Spielfeldes. Je nach Anzahl der Felder insgesamt und nach der Anzahl der bei einem Zug zu besetzenden Felder, die eine weitere Veränderung darstellen könnte, kann die erste Strategie vollständig weiterverwendet oder an die neue Situation angepasst werden. Die erste Frage bezieht sich auf mögliche Siegerfelder. Der Grad der Herausforderung dieser Aufgabenstellung ergibt sich vor allem daraus, ob und inwieweit die Kinder in diesem Prozess angeleitet werden. Darüber hinaus ermöglichen Dimensionen der Veränderung eine Hinführung zur Verallgemeinerung. Diese ist nur möglich, wenn die Kinder bestimmte Strukturen, in diesem Fall die Gruppierung von drei aufeinanderfolgenden Feldern, erkannt haben. Zudem spielt das Erkennen der Bedeutung des Anfangs eine Rolle. Da 1 das erste Siegerfeld ist, ist es notwendig zu beginnen. Wäre hingegen die Länge des Feldes durch 3 ohne Rest teilbar, sollte man nicht beginnen. Weitere mögliche Dimensionen der Veränderung wären z. B. eine Veränderung des vorgegebenen Intervalls sowie der Form des Spielfeldes. Daraus wird ersichtlich, dass sich innerhalb einer Problemstellung verschiedene Fragestellungen ergeben, die aus einer Ausgangssituation die Entwicklung eines Problemfeldes ermöglichen. Dies ist ein besonderes Charakteristikum der ProFa. Verbunden mit der Möglichkeit immer wieder Zwischenerfolge zu erfahren, stabilisiert sich so die Prozessmotivation. Dies ist wichtig, da die Aufgabenbearbeitung ein für die Schule ungewöhnliches Durchhaltevermögen erfordert (vgl. Pamperien, 2008).

Hier eine Auswahl der Beobachtungen, die an der Universität bei den Kindern in der Fördergruppe gemacht werden konnten:

- Rekursives Vorgehen
- Organisation von Material, z. B. durch Spielfeldverkürzung
- Erkennen der Bedeutung des Anfangs
- Nutzen von Mustern und Strukturen, z. B. Dreiergruppierungen
- Bewusstes Ergänzen zu drei (Superzeichenbildung)
- Erkennen von Siegerfeldern
- Belegen der Siegerfelder mit Zahlen
- Begründung von Teilstrategien
- Vollständige Begründung des Lösungsweges
- Analogiebildungen
- Betrachtung von Fallunterscheidungen
- Eigenständige Erweiterung des Suchraumes, z. B. längere Spielfelder
- Zurückgreifen auf bisherige Informationen
- Nutzen von Tabellen

Beispiele für Beobachtungen, die sich auf die Mitarbeit im Unterricht und auf intrapersonale Variablen beziehen, die zusätzlich notiert werden können:

- Aktive Mitarbeit im Plenum
- Bezugnahme auf die Äußerungen anderer Kinder
- Anregung durch Musterlösungen
- Motivation
- Annahme von Hilfe
- Durchhaltevermögen
- Arbeitsverhalten

Hieraus ergab sich ein anfänglich sehr komplexes Kategoriensystem, welches mittels Expertenberatung auf die wesentlichen Punkte reduziert wurde. Diese werden in Abgrenzung von Verhaltensbeobachtungen alle als Handlungsmuster (HM) bezeichnet. Sie wurden in Anlehnung an die Bildungsstandards (KMK, 2005) und entsprechend eines Expertenratings unterschiedlich gewichtet. Handlungsmuster, die dem Anforderungsbereich II entsprechen, werden mit vier Punkten bewertet, hierzu gehört das Erkennen von lokalen Mustern und Strukturen, so z. B. das Erkennen von Siegerfeldern und Gruppierungen. Anforderungen aus dem Bereich III werden mit acht Punkten bewertet. Weniger Punkte werden für Beobachtungen gegeben, die zu den höheren Anforderungsbereichen hinführen.

Es ergab sich das in Abb. 2 dargestellte Beobachtungsraster:

	Name 1	Name 2
HM1: Arbeitet rekursiv (von hinten abzählend) **1 P**		
HM2: Verwendet 3er Gruppierungen **1P**		
HM3: Superzeichen (3er Muster) **8P**		
HM4: Erkennt die Bedeutung des Anfangs **4P**		
HM5: Erkennt Siegerfelder, jeweils **1P**		
HM6: Begründet Teilstrategie **4P**		
HM7: Kann seine richtige Lösungsstrategie vollständig erklären **8P**		

Abb. 2: Beobachtungsraster zum NIM-Spiel

Im Folgenden werden die kognitiven Komponenten in Bezug zu den Merkmalen, die man für die Identifikation von mathematisch potenziell begabten Kindern im Grundschulalter heranzieht, näher erläutert. Diese Erläuterungen sollen das Erkennen der spezifischen Handlungsmuster (HM) unterstützen.

HM 1: Arbeitet rekursiv (von hinten abzählend) (1P)

Prozesse umkehren

Mögliche Vorgehensweisen: Zunächst spielen die Kinder, d. h. sie versuchen, die Aufgabe von vorn zu lösen. Diese Vorgehensweise kann sich im Bearbeitungsprozess verändern. Zu beobachten, dass sich die Strategie verändert, kann für eine detaillierte Prozessanalyse relevant sein, aber zunächst geht es nur um die Beobachtung, ob das Kind zu irgendeinem Zeitpunkt eine rekursive Herangehensweise zeigt.

HM 2: Verwendet Dreier-Gruppierungen (1P)

Muster und Strukturen

Mögliche Vorgehensweisen: Um sich das Feld zu strukturieren, kann man sich Teilbereiche des Spielfeldes ansehen. Diese Einteilungen können den Beobachtern zunächst nicht zielgerichtet oder zufällig erscheinen, z. B. die Teilung des Spielfeldes in zwei Hälften. Auch hier verändert sich häufig die Vorgehensweise. Mit dem Erkennen des dritten Siegerfeldes betrachten die Kinder häufig die letzten vier Felder, markieren diese als Einheit und versuchen, diese Struktur auf das 10er-Feld zu übertragen. Nach weiteren Spielzügen kann man häufig beobachten, dass das Feld in Dreiergruppierungen unterteilt wird, z. B. weil man ein oder zwei Felder besetzen darf. Diese Beobachtung kann zur Superzeichenbildung führen, ist aber nicht gleichbedeutend mit dem Erkennen eines Superzeichens. Die Dreier-Gruppe fällt also in den Bereich Muster und Strukturen. Die Dreiergruppierung kann aber auch zufällig geschehen.

HM 3: Superzeichen (3er Muster) (8P)

Superzeichen (übergeordnetes Muster)

Mögliche Vorgehensweisen: Die Ergänzung zu drei wird explizit genannt, ist so markiert, dass diese Interpretation wahrscheinlich ist oder es ist möglich zu erkennen, dass dieser Strategie folgend gespielt wurde. Es wurde also bewusst zu drei ergänzt. Das Erkennen eines Superzeichens ist ein deutlicher Hinweis auf ein mathematisches Potenzial. Superzeichen werden aus einzelnen Einheiten gebildet und bewusst genutzt, um zur Lösung zu gelangen. In diesem Fall ist es die Ergänzung zu drei, die als Zug gemacht werden muss, um das Spiel sicher zu gewinnen.

HM 4: Erkennt die Bedeutung des Anfangs (4P)

Muster und Strukturen

Mögliche Vorgehensweisen: Durch wiederholtes Spielen kann den Kindern auffallen, dass der Spieler, der beginnt, stets gewinnt. Wenn Kinder erkennen, dass man anfangen muss, um zu gewinnen, heißt dies noch nicht, dass sie auch die Bedeutung, d. h. den Bezug zur Spielfeldlänge erkannt haben. Zur vollständigen Durchdringung der Gewinnstrategie ist es notwendig, die Bedeutung des Anfangs zu verstehen und dessen Abhängigkeit zur Spielfeldlänge herzustellen. Eine besondere Leistung stellt es dar, wenn die Kinder über den Bezug zum 10er-Feld die Bedeutung des Anfangs erkannt haben.

HM 5: Erkennt Siegerfelder (max. 4P)

Muster und Strukturen

Mögliche Vorgehensweisen: Nach einigen Spielen erkennen die meisten Kinder, dass man das siebte Feld besetzen muss, um zu gewinnen. Diese partielle Einsicht führt noch nicht automatisch zum Erkennen der weiteren Siegerfelder. Durch Strukturierungen oder auch das Belegen der Felder mit Zahlen kann es gelingen, das vierte Feld als Siegerfeld zu erkennen und evtl. auch die gesamte Struktur zu erfassen.

HM 6: Richtige Begründung für eine Teilstrategie (4P)

Muster und Strukturen, Kommunizieren und Argumentieren

Erklärungen auf der beschreibenden Ebene können Begründungen für Teilstrategien sein. Es fällt Kindern dieser Altersgruppe häufig noch schwer, ihre Gedanken gut nachvollziehbar zu formulieren. Der Versuch des Kommunizierens und des Argumentierens in für sie komplexen Problemstellungen sollte auf jeden Fall positiv bewertet werden. Es genügt nicht, wenn das Kind die Beobachtung nennt, dass man die drei letzten Felder genau betrachten muss. In diesem Beispiel wäre zur Begründung eine Fallunterscheidung notwendig. Die Erklärung der Vorgehensweise an sich ist für ein Grundschulkind schon eine besondere Leistung. Die richtige, vollständige Erklärung der Gewinnstrategie ist ein wichtiger Hinweis auf eine mathematische Begabung. Aber auch der Ansatz, etwa im Sinne eines Strategiekeimes (Stein, 1996), kann einen Hinweis auf ein besonderes mathematisches Potenzial geben, da Grundschulkinder, insbesondere auch aus Risikogruppen, nicht immer in der Lage sind, ihre Gedanken verständlich zu versprachlichen.

HM 7: Formuliert richtige Begründung für die Lösungsstrategie (8P)

Vgl. HM 6

Die anderen Beobachtungskriterien wurden vernachlässigt, weil das Raster zunächst nur auf die für mathematische Begabung wesentlichen kognitiven Komponenten des Problemlösens abzielen sollte, da in einem Screeningverfahren nur begrenzte Anzahlen von Informationen zu verarbeiten sind. Zusätzliche Informationen zur Mitarbeit oder zu intrapersonalen Variablen (Käpnick, 1998) werden frei notiert.

3.2.3 Das Beobachtungsraster zur Zahlenzauberei

Das folgende Problemfeld orientiert sich an einer Aufgabenstellung von Fielker (1997), welches er „Puzzles and Problems“ nennt (Fielker, 1997, S. 86 ff.). Es geht darum, die Zahlen von 1 bis 9 in einen Haken einzutragen, so dass die Summe der einzelnen Reihen gleich ist[2] (vgl. Abb. 3):

Bildet man die Gesamtsumme der Zahlen 1 bis 9, so erhält man 45. Da die Zahl in der Ecke in die beiden Summen beider Reihen eingeht, müssen die Summen beider Reihen ohne die Eckzahl gleich sein. Der Wert ist jeweils die Hälfte von (45 minus Eckzahl)[3]. Hieraus folgt, dass die Eckzahl ungerade sein muss. 1, 3, 5, 7 und 9 sind also die möglichen Eckzahlen, woraus sich die möglichen Summen: 23, 24, 25, 26, 27 ergeben.

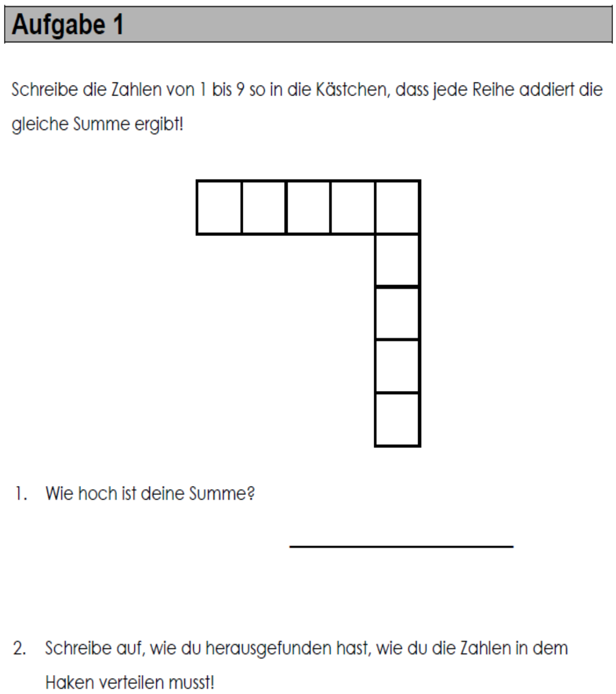

Abb. 3: Aufgabenblatt zur Zahlenzauberei (Haken) in der Version von 1999, nach Fielker, 1997, S. 86

Die erste Frage auf dem Aufgabenblatt bezieht sich auf eine beliebige Lösung. Im weiteren Verlauf sollen die Kinder so viele verschiedene Summen wie möglich finden und der Fokus der Fragestellung liegt bewusst nicht auf der Eckzahl. Dies wäre schon eine Hinführung zur allgemeinen Lösung. Es geht also um das Finden einer günstigen Strategie zur Lösung der Aufgabe. Häufig werden Strategien wie das Bilden von Paaren oder auch das ausgleichende Arbeiten beobachtet. Das Bilden von Paaren ist für das Finden unterschiedlicher Lösungen zielführend, insbesondere dann, wenn sich das Kind vom 10er-Paar bei der Eckzahl fünf lösen kann. Ausgleichend zu arbeiten, bedeutet ebenfalls, Paare zu bilden, nur mit einem anderen Fokus. Diese Vorgehensweisen können zum einen zu mehreren Lösungen und zum anderen im Prozess zu der Einsicht führen, dass die Eckzahl immer ungerade sein muss. Diese Erkenntnis kann zur Gesamtsummenbildung führen. Einige Kinder beginnen jedoch sofort ohne eine Probierphase, aus der Gesamtsumme die Notwendigkeit der ungeraden Eckzahl abzuleiten und dann die Schenkel probierend oder basierend auf ausgleichendem Arbeiten oder Paarbildungen auszufüllen. Das Bilden der Gesamtsumme zur Lösungsfindung ist ein sehr strukturiertes übergeordnetes Vorgehen, das zumindest die implizite Durchdringung der Struktur des Hakens voraussetzt.

Diese ProFa lässt sich durch die Veränderung der Figur oder des Zahlenraumes ebenfalls zum Problemfeld erweitern.

Wieder konnten bei der Bearbeitung dieser Aufgabe mehr kognitive Komponenten beobachtet werden, als im eingesetzten Raster dokumentiert werden konnten, s. Abb. 4.

	Name 1	Name 2
HM1: Richtiger Haken **5P**		
HM2: Sinnvoller Austausch von Zahlen (nach fertigem falschen Haken) **1P**		
HM3: Ausgleichend gearbeitet **10P**		
HM4: Gesamtsummenbildung zur Lösungsfindung genutzt **8P**		
HM5: Richtige Begründung für Vorgehensweise **4P**		
HM6: Beginnt immer mit ungerader Eckzahl **8P**		

Abb.4: Beobachtungsraster zur Zahlenzauberei

HM 1: Richtiger Haken (max. 5P)

Richtige Lösungen

Auch wenn diese Beobachtung noch keine qualitative Aussage zulässt, hat sich aber in den Gruppen gezeigt, dass das Finden einer richtigen Lösung vielen Kindern bereits Probleme bereitet. Daher ist es bei dieser Aufgabe wichtig, auch die Anzahl der richtigen Haken mit einzubeziehen, da der richtigen Lösung implizit eine richtige Idee zugrunde liegen kann.

HM 2: Sinnvoller Austausch von Zahlen (nach fertigem falschen Haken) (1P)

Organisation von Material

Nach einer Probierphase sind die Kinder meistens in der Lage, sich in ihrem Haken so zu orientieren, dass sie zu einer richtigen Lösung gelangen – dies kann als Organisation von Material verstanden werden und ist damit ein wichtiger Schritt zur Strategiefindung.

HM 3: Ausgleichend gearbeitet (max. 10P)

Muster und Strukturen

Unter „ausgleichend gearbeitet" fassen wir sowohl die Paarbildung, z. B. Zehnerpaare, als auch das gegensinnige Verändern zusammen. Diese Vorgehensweise ist, besonders schwer zu beobachten, weil eine Bewertung nur im Prozess möglich ist. Einzelne Paare können auch als Superzeichen benutzt werden, z. B. an gegenüberliegenden Schenkeln. Um der Vielfältigkeit dieser Kategorie gerecht zu werden, erhält das Kind pro richtigem Haken zwei Punkte, wenn eine dieser Strategien beobachtet wird.

HM 4: Gesamtsummenbildung zur Lösungsfindung genutzt (8P)
Muster und Strukturen/Wechsel der Repräsentationsebene

Diese Lösungsstrategie ist, auf einer anderen Ebene, als die zuvor beschriebenen HM zu betrachten. Das Kind löst sich von der probierenden Haltung und verknüpft die Vorgabe der Figur mit der arithmetischen Vorgehensweise. Dies ist eine besondere Denkleistung. Durch die Gesamtsummenbildung ist es möglich, die Bedeutung der Eckzahl zu erkennen, aber allein der Ansatz, die Gesamtsumme zu bilden, ist schon eine weiterführende Herangehensweise. Das Kind bewegt sich nicht wirklich auf einer anderen Repräsentationsebene, arbeitet aber in einem anderen Komplexitätsgrad. Dieses Vorgehen kann zu einer allgemeinen Lösung des Problems führen.

HM 5: Richtige Begründung für Vorgehensweise (4P)

Wie auch beim NIM-Spiel ist die Versprachlichung von Begründungen für Kinder schwierig, aber die Durchdringung des Problems kann zu einer Versprachlichung führen, die sich nicht in ausgefeilten Formulierungen zeigen muss (vgl. NIM-Spiel – HM 7).

HM 6: Beginnt immer mit ungerader Eckzahl (8 P)

Muster und Strukturen

Diese Vorgehensweise kann zunächst zufällig sein. Wenn das Kind jedoch im weiteren Verlauf der Bearbeitung immer eine ungerade Zahl in die Ecke setzt, kann davon ausgegangen werden, dass es eine richtige Strategie zur Lösungsfindung nutzt.

4. Forschungsfragen

Erste Erfahrungen mit dem Beobachtungsraster lassen vermuten, dass dieses Instrument eine Unterstützung für die Identifikation eines besonderen mathematischen Potenzials sein kann. Daher befasst sich diese Studie mit den Fragen:

Ist das Beobachtungsraster im Sinne einer operationalisierten Checkliste ein geeignetes Instrument, um Kinder mit einer besonderen mathematischen Begabung zu identifizieren? Inwieweit ist die inhaltliche Validität gegeben?

Kommen unterschiedliche Beobachter und Beobachterinnen zu übereinstimmenden Ergebnissen? Inwieweit liegt eine hohe Interrater-Reliabilität vor?

5. Methodisches Vorgehen im Rahmen der empirischen Studie

5.1 Ablauf der Studie

Die Daten für diese Studie wurden im Rahmen des Probeunterrichts (Mathe-Treff) der Talentsuche im Programm PriMa erhoben und ausgewertet. Der Probeunterricht fand im November 2017 statt. Insgesamt wurden an vier Wochenenden Daten erhoben, wobei jedes Kind nur an einem Wochenende teilnimmt. Es wurden jeweils zwei Progressive Forscheraufgaben eingesetzt, bei deren Bearbeitung die Schülerinnen und Schüler von den Unterrichtenden beobachtet wurden. In den 16 Gruppen der vier Mathe-Treffs wurden die aufgabenspezifischen Beobachtungsraster von geschulten Beobachterinnen und Beobachtern eingesetzt. Die Anzahl der beobachteten Kinder unterlag verschiedenen Einschränkungen. In der Regel waren die Beobachterinnen und Beobachter auch die Unterrichtenden und konnten nur in Abhängigkeit von der Gruppensituation agieren, wie es auch im Regelunterricht der Fall ist. Insgesamt konnten zwar alle Kinder bei zumindest einer Aufgabe beobachtet werden, aber um einen Hinweis auf ein mathematisches Potenzial zu erhalten, bedarf es der Beobachtung bei mehreren Aufgaben wie in Kapitel 3 beschrieben.

Zur Vorbereitung der Beobachtung wurden die Unterrichtenden in zwei Phasen geschult: zum einen auf den mathematischen Inhalt der ProFa, zum anderen fand eine Einführung in das Instrument statt.

5.1.1 Beobachterschulung

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, mussten als erster Schritt die Beobachterinnen und Beobachter geschult werden, um möglichen Beobachterfehlern entgegenzuwirken (vgl. Cranach & Frenz, 1969):

Zunächst wurden die Beobachterinnen und Beobachter über das Ziel der Studie informiert.

Vor der Beobachtung stand die eigene Auseinandersetzung mit den Problemstellungen.

Im nächsten Schritt wurden die Kinder bei der Bearbeitung der Aufgaben in den Fördergruppen beobachtet, allerdings noch ohne festes Raster.

Anschließend wurden die kognitiven Komponenten der Problemstellung, die sich aus der Sachanalyse ergeben, diskutiert. Das Raster stellt eine Fokussierung der Ergebnisse der Sachanalyse hinsichtlich der Frage dar, welche Leistungen von den Kindern voraussichtlich erbracht werden und welche davon beobachtet werden können.

Daraufhin wurden Videovignetten, die zeigten, wie jeweils zwei Kinder die Aufgaben bearbeiteten, eingesetzt. Die Beobachterinnen und Beobachter mussten anhand dieser Videovignetten das Beobachtungsraster ausfüllen und diese Tätigkeit reflektieren.

Sich ergebende Fragen wurden aufgenommen und die Instruktionen wurden noch weiter ausgeschärft.

Die Beobachtung entspricht für beide Fragestellungen einer strukturierten Beobachtung in einer natürlichen Beobachtungssituation (Schnell, Hill & Esser, 1999).

5.2 Stichproben

Es haben von anfänglich 460 angemeldeten Kindern 265 Kinder die gesamte Talentsuche bis zum Ende durchlaufen. Für die Überprüfung der Interrater-Reliabilität wurden insgesamt 116 Kinder während der Mathe-Treffs des PriMa-Projektes in mehreren Gruppen von jeweils einem Beobachterpaar beobachtet. Für das NIM-Spiel wurden Daten von insgesamt 57 Kindern über vier Treffs von vier Beobachterpaaren erhoben. Für die Zahlenzauberei wurden 79 Beobachtungen wiederum über vier Treffs von vier Beobachterpaaren ausgewertet.

Für das Überprüfen der inhaltlichen Validität war es notwendig die Ergebnisse der Kinder zu überprüfen, die während der Bearbeitung beider Aufgaben beobachtet werden konnten und die Talentsuche bis zum Ende durchlaufen haben. Da die Untersuchung keine Laborsituation war, ergaben sich für diese Stichprobe die Unterlagen von 133 Kindern. Von dieser Anzahl an Kindern liegt ein vollständiger Datensatz vor.

5.3 Instrumente und deren Auswertung

5.3.1 Das Beobachtungsraster

Die Grundlage der Beobachtungsraster bildet die Analyse des mathematischen Hintergrunds der Aufgabe bezogen auf die Klassenstufe. Somit handelt es sich um eine strukturierte Beobachtung. Wie oben beschrieben wurden beide Aufgaben bereits mehrfach in der Förderung eingesetzt und dort mit einem Beobachtungsraster ausgewertet. Nach jedem Einsatz wurden diese dann im PriMa-Projekt von einer Expertengruppe evaluiert und ggf. verändert. D. h. für die Entwicklung des Instruments wurden der rationale Ansatz und der empirische Ansatz kombiniert, wie es Schnell et al. (1999, S. 364) als gängige Technik für die Praxis beschreiben.

Die Beobachtungsraster werden in der vorliegenden Studie dazu benutzt, die Unterrichtsmitarbeit in der Arbeitsphase während der Mathe-Treffs zu dokumentieren, um die von den Kindern genutzten Handlungsmuster zu erfassen. In dem Beobachtungsraster werden die beobachteten kognitiven Komponenten für die einzelnen Kinder notiert und mit einer dichotomen Likertskala kodiert. Somit kann für jedes Kind eine genaue Analyse der Kriterien vorgenommen werden, die Hinweise auf die genutzten Problemlösestrategien gibt. Außerdem sind die Kategorien in Anlehnung an die Anforderungsbereiche der Bildungsstandards gewichtet, so dass es möglich ist, Punktzahlen zuzuordnen und damit eine Rangfolge innerhalb der Gruppe zu erstellen. Dieser Wert lässt eine Aussage über ein mögliches mathematisches Potenzial zu.

5.3.2 Der Intelligenztest

Es wurde ein Intelligenztest (CFT 20 R) durchgeführt, um die allgemeine Intelligenz der Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Studie zu erfassen. Der CFT 20 R ist ein Gruppenintelligenztest, der eine hohe Korrelation mit mathematischen Schulleistungen aufweist (0,49 laut Preckel & Brüll, 2008, S. 74). Als Gruppenintelligenztest eignet er sich für einen Einsatz in der Talentsuche und wird hier regelhaft benutzt. Er wurde von Mitarbeiterinnen der Beratungsstelle besondere Begabungen[4] durchgeführt und ausgewertet.

5.3.3 Der Mathematik-Test

Im Rahmen der Talentsuche wird ein eigens dafür in einer universitätsübergreifenden Arbeitsgruppe der William-Stern-Gesellschaft entwickelter Mathematiktest durchgeführt, der aus vier Aufgabenbereichen besteht. Für die Bearbeitung dieses Tests dienen die Aufgaben des Mathe-Treffs als Vorbereitung. Die Auswertung erfolgt über ein Benotungssystem. Ähnlich wie in der Schule gibt es sechs Werte, wobei 6 die höchste Punktzahl ist.

5.3.4 Zu der Auswertung im Rahmen der Talentsuche

Die Auswahl der Kinder für das universitäre Förderprogramm erfolgt durch eine Expertengruppe. Es werden die Ergebnisse des Mathematiktests, der zwei Untertests des CFT 20 sowie der Gesamt-IQ und der Zahlenfolgen-IQ skaliert und dann addiert. Die Punkte des Mathematiktests werden in sechs Bereiche geteilt und jedem Bereich wird eine Punktzahl von 1 bis 6 zugeordnet. 6 ist der beste Wert. Diese Werte werden dann mit 4 multipliziert, um die Gewichtung im Verhältnis zu den vier IQ-Werten herzustellen, die ausgehend von dem IQ-Wert 130 in Standardabweichungen nach oben und unten ebenfalls skaliert und dann summiert werden. Aus diesen Klassifizierungen wird die Gesamtsumme gebildet, deren maximaler Wert 48 beträgt.

Für die Gruppenzusammenstellung werden die schriftlichen Ergebnisse des Mathe-Treffs sowie die Protokollaufzeichnungen aus den einzelnen Gruppen des Mathe-Treffs mit in die Bewertung einbezogen. Als weitere Informationsquelle liegt noch das Zeugnis des Kindes vor.

5.3.5 Zusammenführung der Daten

Die Beobachtungen der einzelnen Kategorien im Beobachtungsraster wurden gewichtet (siehe Kapitel 3), so dass für jede Aufgabe eine Ergebniszahl berechnet werden konnte. Da die Aufgaben als Set eingesetzt wurden, wurde eine Gesamtpunktzahl für die beiden Raster festgelegt. Ein Punktwert größer gleich 15 wurde als Indikator für ein mathematisches Potenzial festgesetzt. Dieser ergibt sich aus den Expertenratings, wonach bestimmte Komponenten des Problemlösens beim Einsatz von ProFa auf ein mathematisches Potenzial hinweisen.

Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Mathematik-Tests und des Intelligenz-Tests mit den Ergebnissen der Beobachtung verglichen und daraufhin analysiert, ob bei allen 32 in die Fördergruppe aufgenommenen Kindern kognitive Komponenten mit Hilfe des Beobachtungsrasters erkannt wurden, die auf ein hohes mathematisches Potenzial schließen lassen. Auch die Ergebnisse der nicht aufgenommenen Kinder wurden unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der Beobachtungsraster untersucht. Es wurde überprüft, ob es zu Alpha- bzw. Beta-Fehlern gekommen ist und welche Ursache diese haben könnten.

5.3.6 Erhebung der Interrater-Reliabilität

Wenn das Instrument in der Prozessdiagnostik zum Erkennen eines besonderen mathematischen Potenzials eingesetzt werden soll, so muss die Interrater-Reliabilität hoch sein, d. h. es gilt zu untersuchen, ob die Einschätzung eines jeden einzelnen Raters zuverlässig ist (vgl. Wirtz & Caspar, 2002). Um zu überprüfen, ob beim Einsatz des Instrumentes verschiedene Beobachterinnen und Beobachter zu einer hohen Übereinstimmung kommen, wurden Paare gebildet.

Die erhobenen Daten wurden dann mithilfe des Cohen Kappa auf Interrater-Reliabilität überprüft. Wichtig dabei ist, dass die einfache prozentuale Übereinstimmung nicht das zufallskorrigierte Übereinstimmungsmaß miteinschließt. Dieses Quantifizierungsmaß ist ein für Kategoriensysteme zulässiges Übereinstimmungsmaß, das für zwei Rater berechnet werden kann (vgl. ebd.).

6. Ergebnisse der empirischen Studie

6.1 Kann man mit Hilfe des Beobachtungsrasters Hinweise auf mathematische Begabung erhalten? – Inhaltliche Validität

6.1.1 Ergebnisse

Von den 133 Kindern, die bei der Bearbeitung beider Aufgaben beobachtet werden konnten, sind 91 Jungen und 42 Mädchen. Diese Zahlen entsprechen der prozentualen Verteilung der Geschlechter aller an der Talentsuche teilnehmenden Kinder. 32 dieser Kinder wurden in die Fördergruppe der Universität aufgenommen, darunter elf Mädchen und 21 Jungen.

Für die gesamte Stichprobe ergibt sich zunächst, dass mit Hilfe des Beobachtungsrasters 31 Kinder als besonders begabt erkannt wurden und 102 Kinder nicht.

Von diesen 31 als mathematisch potenziell begabt erkannten Kindern stimmten bei 22 Kindern die Beobachtungen mit der Gesamtauswertung der Talentsuche überein. Von den 102 Kindern stimmten bei 92 Kindern die Beobachtungen überein, d. h. von den 133 beobachteten Kindern wurden 114 Kinder eindeutig „richtig“ erkannt. Das sind 85,75 %.

Da die Fragestellung sich mit der Identifikation des mathematischen Potenzials befasst, betrachten wir zunächst die 32 Kinder, die in die Fördergruppen aufgenommen wurden, davon wurden 22 Kinder im Mathe-Treff mit Hilfe des Beobachtungsrasters als besonders begabt identifiziert, das sind 69 % der aufgenommenen Kinder. 31 % der in der Gesamtauswertung als mathematisch besonders begabt identifizierten Kinder wurden durch das Beobachtungsraster nicht erkannt (vgl. Abb. 5).

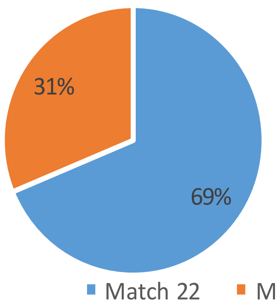

Abb. 5: Übereinstimmungswerte der in die Fördergruppe aufgenommenen Kinder und der durch die Beobachtungsraster als mathematisch besonders begabt identifizierten Kinder

Umgekehrt wurden anhand des Beobachtungsrasters neun Kinder, d. h. 7 % der gesamten Gruppe (133 Kinder) als mathematisch besonders begabt erkannt, die jedoch nicht in die Fördergruppe aufgenommen wurden. Insgesamt wurden also knapp 86 % der Kinder der gesamten Gruppe eindeutig identifiziert und 14 % nicht (vgl. Abb. 6).

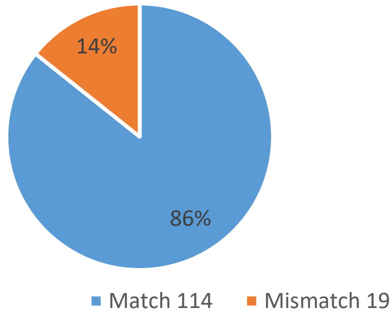

Abb. 6: Übereinstimmungswerte aller in der Talentsuche beobachteten Kinder und der Einschätzungen zur mathematischen Begabung aller Kinder durch das Nutzen der Beobachtungsraster

6.1.2 Interpretation

Dass bei 69 % der Kinder anhand des Instruments ein mathematisches Potenzial identifiziert werden konnte, das auch durch die anderen Instrumente bei der Talentsuche bestätigt wurde, weist auf die Eignung des Instruments im Rahmen der Talentsuche hin. Allerdings trifft dies für 31 % der in die Fördergruppe aufgenommenen Kinder nicht zu. Des Weiteren wurde bei neun Kindern ein hohes mathematisches Potenzial mittels der Beobachtungsraster identifiziert, die nicht in die universitäre Fördergruppe aufgenommen wurden. Diese beiden Gruppen sollen nun im Detail analysiert werden.

Diese zunächst hoch erscheinende Anzahl an Fehleinschätzungen wird nachvollziehbar, wenn man bedenkt, dass der Probeunterricht zum Ziel hat, Kinder an die besondere Art der Aufgabenstellungen im PriMa-Projekt heranzuführen und nicht alle Kinder Erfahrungen mit Problemstellungen dieser Art im Regelunterricht haben.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, dessen man sich bewusst sein muss, sind die Risikogruppen. Zu Risikogruppen, die in Talentsuchen leichter übersehen werden, gehören Menschen mit Behinderungen, sogenannte twice exceptional students, Kinder mit Migrationshintergrund, Kinder aus bildungsfernen Elternhäusern, aber auch Mädchen (Fels, 1999; Nolte, 2018; Stamm, 2009; Silverman, 2009; Reichenberg & Landau, 2009)

Eine Analyse der Ergebnisse zeigt, dass unter den zehn Kindern, die durch das Beobachtungsraster nicht identifiziert werden konnten, drei Mädchen sind und zwei Kinder einen Migrationshintergrund aufweisen (vgl. Abb. 7). Die Analyse der Aufgabenblätter der Mädchen lässt erkennen, dass sie kaum etwas verschriftlicht haben und somit eine ausführliche Kommunikation nötig gewesen wäre, um über ihre Bearbeitungsprozesse mehr zu erfahren. Dem Protokoll kann man entnehmen, dass alle drei Mädchen sehr still waren und sich auch am Unterrichtsgespräch nicht beteiligt haben. Alle drei Mädchen haben allerdings im Mathe-Test keine Probleme gehabt, ihre Lösungswege zu notieren und kommen so zu guten Ergebnissen. Es liegt die Vermutung nahe, dass sie sich erst an die Aufgaben gewöhnen mussten und vielleicht auch in der ungewohnten Gruppe beim Mathe-Treff eher unsicher waren, wohingegen das alleinige Arbeiten beim Test nicht zu einem direkten Vergleich führt und sie sich auf ihre Stärken verlassen können. Die beiden Jungen mit Migrationshintergrund haben ebenfalls im Mathe-Treff kaum schriftliche Ergebnisse erzielt. Es hat sich in Fallstudien gezeigt, dass bei den Kindern mit Migrationshintergrund eine große Unsicherheit im Umgang mit für sie neuen Aufgaben zu beobachten ist, wobei das Aufgabenverständnis in der Regel kein Problem darstellt (Nolte & Pamperien, 2014). Deshalb ist es wichtig, dass die Personen, die das Raster einsetzen, nicht nur mit dem mathematischen Hintergrund vertraut sind, sondern auch mit Barrieren bei der Identifikation von besonderer Begabung, die sich aus unterschiedlichen Gründen zeigen können (vgl. z.B. Stamm, 2009).

Als wesentlich für das Erkennen von Begabung in Screeningverfahren werden ebenfalls intrapersonale Variablen genannt (Heller et al., 2005). Unter den verbleibenden fünf Kindern schienen zwei Kinder laut Protokollmitschrift nicht motiviert, sie haben die Gruppe gestört und sich den Aufgaben verweigert. Erst nach wiederholten Gesprächen ist es gelungen, diese Kinder zur Mitarbeit zu motivieren, wobei nach einer Experteneinschätzung dem störenden Verhalten eine große Unsicherheit zugrunde lag.

Drei weitere Kinder wurden als unsicher beschrieben und waren nicht bereit, mit den Beobachterinnen und Beobachtern zu kommunizieren. Es ist zu vermuten, dass sie von der ungewohnten Situation überfordert waren und daher im Unterricht nur wenig mitgearbeitet haben, wobei hier noch eine größere Bereitschaft festzustellen war, die Bearbeitungsprozesse zu verschriftlichen. Insgesamt lässt sich daher feststellen, dass diese Fehleinschätzungen durch mehr Zeit, eine ausführlichere Kommunikation und ein besseres Kennen der Kinder wahrscheinlich hätten vermieden werden können. Die Rahmenbedingungen einer Talentsuche erschweren diesen Zugang zu den Kindern. In der Schule sollte diese Art Fehler vermieden werden können.

Kind	Gesamtsumme Talentsuche (TS) (max. 48P)	Summe Beobachtungsraster (BR)	Mögliche Erklärung für das Nicht-Erkennen
1	40	9	Migration
2	39	7	Mädchen
3	37	10	unsicher
4	37	8	Motivation
5	36	12	unsicher
6	35	6	Motivation
7	34	5	Migration
8	32	4	Mädchen
9	32	12	unsicher
10	31	7	Mädchen

Abb. 7: Im Mathe-Treff durch das BR nicht identifizierte mathematisch begabte Kinder

- Gesamtsumme Talentsuche größer gleich 30 Punkte: Aufnahme in die universitäre Fördergruppe, d. h. als mathematisch begabt identifiziert

- Summe Beobachtungsraster größer gleich 15 lässt mathematisches Potenzial vermuten

Neun Kinder wurden als potenziell begabt beobachtet und nicht in die Fördergruppe aufgenommen. Hierbei handelt es sich um acht Jungen und ein Mädchen (vgl. Abb. 8). Bei zwei Kindern, darunter ist auch das Mädchen, kann man feststellen, dass diese in den Tests sehr gut waren und dass sich das im Beobachtungsraster festgestellte hohe Potenzial bestätigt, aber andere der aufgenommenen Kinder noch bessere Ergebnisse erzielten, daher wurden diese Kinder nicht in die Fördergruppe aufgenommen. Die Anzahl der Förderplätze ist auf 50 begrenzt.[5]

So verbleiben noch sieben Kinder, deren Beobachtungssumme größer als 15 ist, deren Gesamtsumme in der Talentsuche aber unter 30 liegt.

Zwei dieser Kinder (6/8) erhielten ihre Punkte in den Beobachtungsrastern ausschließlich im NIM-Spiel. Es sind verschiedene Interpretationen möglich, so kann es sein, dass diese Kinder das NIM-Spiel bereits kannten. Da das NIM-Spiel in Partnerarbeit gespielt wird, liegt die Vermutung nahe, dass diese Kinder stark von der Partnerarbeit profitiert haben, dass sie entweder die Ergebnisse ihres Partners aufgeschrieben haben oder angeregt durch die Interaktion zu eigenen Lösungen gekommen sind. Die Bearbeitung des Hakens, d. h. der Zahlenzauberei, fand als Hinführung auf den Test in Einzelarbeit statt und dort haben diese Kinder wesentlich schlechtere Leistungen erreicht. Dies ist ein Beispiel dafür, dass ausschließlich eine Aufgabe allein nicht für das Erkennen einer mathematischen Begabung genutzt werden sollte.

Kind	Gesamtsumme Talentsuche (TS) (max. 48 P)	Summe Beobachtungsraster (BR)	Interpretation
3	25	15	Potenzial, andere Kinder waren besser
4	22	32	Potenzial, hoher IQ, Schwierigkeiten beim Mathe-Test
5	21	17	Potenzial, hoher IQ, Schwierigkeiten beim Mathe-Test
6	19	19	BR Summe nur aus NIM
7	17	17	Beobachtungsfehler
8	13	16	BR Summe nur aus NIM
9	10	16	Beobachtungsfehler

Abb. 8: Im Mathe-Treff durch das BR fälschlicherweise identifizierte Kinder

- Gesamtsumme Talentsuche (TS) größer gleich 30 Punkte: Aufnahme in die universitäre Fördergruppe, d. h. als mathematisch begabt identifiziert

- Summe Beobachtungsraster (BR) größer gleich 15 lässt mathematisches Potenzial vermuten

Ein Kind (3) liegt sowohl beim Mathe-Test als auch beim IQ-Test im mittleren Bereich, d. h. es ist richtig, dass es Hinweise auf ein mathematisches Potenzial gibt, das jedoch nicht eindeutig als identifiziert bezeichnet werden kann. Zwei Kinder (4/5) haben jeweils niedrige Punktzahlen im Mathe-Test erreicht: Sie liegen auf den Rängen (120 und 144). Der IQ-Wert liegt knapp über 130, wobei gemeinhin ein Kind mit einem IQ-Wert ab 130 als hochbegabt bezeichnet wird. Hier ist es möglich, dass die Kinder im Mathe-Treff eine höhere Motivation hatten als beim Test, insbesondere das Kind mit 32 Punkten aus den Beobachtungen ist beim Treff sehr positiv aufgefallen. Warum das Kind beim Test schlecht abgeschnitten hat, kann vielfältige Ursachen haben, z. B. die ungewohnte Testsituation, Probleme mit dem Aufgabenverständnis, Schwierigkeiten beim Aufschreiben der Lösungswege, aber auch die Verfassung am Testtag kann eine Rolle spielen.

Die genaue Analyse der Unterlagen der Kinder 7 und 9 hat bestätigt, dass es sich hier um einen Fehler seitens der Beobachterinnen oder Beobachter handelt, im Sinne der Alpha- bzw. Beta-Fehler. Diese beiden Jungen haben wenig schriftliche Bearbeitungsprozesse notiert und haben laut Protokollmitschrift auch von ihren Nachbarn profitiert. Um diese Prozesse in der Gruppe zu erfassen, bedarf es eines Gesamtüberblicks, der auch für geübte Lehrende nicht immer möglich ist. Dies unterstreicht die Bedeutung einer Schulung der Beobachterinnen und Beobachter insbesondere bezogen auf Fehler bei der Identifikation, die häufig bei Risikogruppen zu beobachten sind (Silverman, 2009).

Insgesamt zeigt sich so, dass von den 133 beobachteten Kindern 22 (16,54 %) zu Recht als besonders begabt erkannt und zehn (7,51 % von allen) nicht erkannt wurden, bei 92 Kindern (69,18 %) zu Recht ein geringeres Potenzial beobachtet wurde, bei sieben von 101 (ca. 7 %) ein Potenzial, das jedoch unter dem der aufgenommenen Kinder lag und bei zwei Kindern Beobachtungsfehler vorlagen. Richtig beobachtet, bezogen auf ihr mathematisches Potenzial wurden 22+7+92 = 121 Kinder (ca. 91 %) (vgl. Abb. 9).

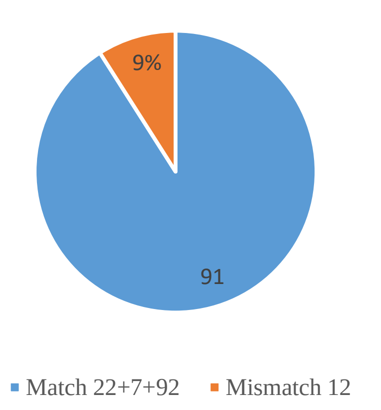

Abb. 9.: Übereinstimmungswerte aller in der Talentsuche beobachteten Kinder und der Einschätzungen zur mathematischen Begabung aller Kinder durch das Nutzen der Beobachtungsraster nach abschließender Analyse

Diese Ergebnisse bestätigen, dass sich das Beobachtungsraster als Screeningverfahren einsetzen lässt. Es ist jedoch nötig, wie in der Literatur beschrieben (Fels, 1999; Heller, 2001; Heller et. al., 2005; Perleth, 2010; Stamm, 2009), noch genauer darauf zu achten, die Beobachterinnen und Beobachter für Risikogruppen zu sensibilisieren. Insbesondere in der Talentsuche ist dies ein wesentlicher Aspekt, da die Lehrenden keine zusätzlichen Informationen über die zu beobachtenden Kinder haben.

6.2 Interrater-Reliabilität

6.2.1 Ergebnisse

Im Rahmen der Mathe-Treffs beobachteten Paare die Kinder beim Bearbeiten der Problemstellungen. Aus der Tatsache, dass für diese Beobachtungen keine künstlichen Situationen geschaffen wurden, ergaben sich Einschränkungen:

Im laufenden Unterricht entschieden sich die Beobachterinnen und Beobachter, welche und wie viele Kinder sie beobachten konnten bzw. wollten. Dies ist der Realsituation geschuldet, da die Entscheidung abhängig von der konkreten Situation im Probeunterricht erfolgen musste. Da zu diesem Zeitpunkt auch nicht sicher war, welches Kind später an der weiteren Talentsuche teilnehmen würde, wurden pro Tag der Talentsuche etwa 30 Kinder durch Beobachterpaare beobachtet. Die erhobenen Daten wurden dann mithilfe des Cohen Kappa auf Interrater-Reliabilität überprüft.

Für das NIM-Spiel wurde die Interrater-Reliabilität für 3 Paare überprüft, s. Abb. 10.

Paar 1	Paar 2	Paar 3
15 Kinder	22 Kinder	20 Kinder

Abb. 10: Gruppengrößen zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität

Aufgrund der Rahmenbedingungen des Mathe-Treffs konnten nicht mehr Kinder in die Auswertung mit einbezogen werden.

Für die sieben Kategorien finden sich die in Abb. 11 aufgelisteten Interrater-Reliabilitäten.

Nach Landis & Koch (1977) liegt eine ausreichende Übereinstimmung bei Kappa-Werten zwischen 0,41-0,60 vor, eine mittelmäßige Übereinstimmung bei 0,61 bis 0,80 und eine beachtliche Übereinstimmung bei Werten über 0,80. Wirtz & Caspar (2002) diskutieren, dass es in der Literatur unterschiedliche Grenzbereiche gibt, gemeinhin wird ein Kappa von 0,75 als ein sehr guter Wert bezeichnet, allerdings ist der Wert auch von den zu ratenden Merkmalen abhängig. Für ein schwer zu erfassendes Merkmal kann ein Kappa von 0,5 schon ein zufriedenstellender Wert sein.

	Paar 1	Paar 2	Paar 3
HM1: Rekursives Arbeiten	0,71	0,82	0,70
HM2: 3er-Gruppierungen	1	0,73	0,70
HM3: Superzeichen	1	1	0,90
HM4: Bedeutung Anfang	0,87	0,87	0,70
HM5: Siegerfelder	0,87	1	0,80
HM6: Teilstrategie Begründung	0,73	0,55	1
HM7: Vollständige Erklärung	1	1	0,80

Abb. 11: Interrater-Reliabilität NIM-Spiel

Für das erste Beobachterpaar ergaben sich fünf Items mit sehr hoher Übereinstimmung und zwei Items mit mittlerer Übereinstimmung. Das zweite Paar hatte fünf Items mit hoher Übereinstimmung, ein Item mit mittlerer Übereinstimmung und ein Item mit ausreichender Übereinstimmung. Das dritte Beobachterpaar hatte vier Items mit hoher Übereinstimmung und drei Items mit mittlerer Übereinstimmung.

Für die Zahlenzauberei wurde die Interrater-Reliabilität für vier Paare überprüft. Die Gruppengrößen waren sehr unterschiedlich, s. Abb. 12.

Paar 1	Paar 2	Paar 3	Paar 4
19 Kinder	28 Kinder	23 Kinder	9 Kinder

Abb.12: Gruppengrößen zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität

In den in Abb. 13 dargestellten Interrater-Reliabilitäten lassen sich die folgenden Übereinstimmungen erkennen.

Für das erste Beobachterpaar ergaben sich drei Items mit sehr hoher Übereinstimmung und drei Items mit mittlerer Übereinstimmung. Das zweite Paar hatte zwei Items mit hoher Übereinstimmung, drei Items mit mittlerer Übereinstimmung und ein Item mit ausreichender Übereinstimmung. Das dritte Beobachterpaar hatte fünf Items mit hoher Übereinstimmung und ein Item mit mittlerer Übereinstimmung. Das vierte Paar hatte wie das erste Paar drei Items mit sehr hoher Übereinstimmung und drei Items mit mittlerer Übereinstimmung.

	Paar 1	Paar 2	Paar 3	Paar 4
HM1: Richtige Haken	0,80	0,91	0,62	0,84
HM2: Sinnvoller Austausch von Zahlen (nach fertigem falschen Haken)	0,68	0,64	0,83	0,75
HM3: Ausgleichend gearbeitet	0,68	0,57	0,83	0,75
HM4: Gesamtsummenbildung zur Lösungsfindung genutzt	0,89	1	0,91	1
HM5: Richtige Begründung für Vorgehensweise	0,89	0,64	1	0,75
HM6: Beginnt immer mit ungerader Eckzahl	0,79	0,71	1	1

Abb.13: Interrater-Reliabilität Zahlenzauberei

6.2.2 Interpretation

Bei der Betrachtung der Werte für das NIM-Spiel ist erkennbar, dass die Beobachtung des Superzeichens, welches ein sehr starkes Kriterium für eine besondere Begabung ist, ein sehr gutes Kappa hat. Die Kategorie bezieht sich auf eindeutig zu beobachtende Merkmale (vgl. Kapitel 3.2.2) Ein nur ausreichendes Kappa zeigt sich bei dem Erkennen von Begründungen von Teilstrategien. Es ist zu fragen, warum der Kappa-Wert für die Kategorie „Teilstrategie-Begründung“ bei einem Paar nur im ausreichenden Bereich liegt. Dafür gibt es unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten. Hier spielt anscheinend die Bewertung der Versprachlichungen von Begründungen eine erschwerende Rolle. Denn dieses Item erfordert eine Übereinstimmung der Deutung der Begründungen und hat damit also ein höheres interpretatives Potenzial. Gleichzeitig ist auch eine größere Subjektivität in der Bewertung möglich. Genauso ist es möglich, dass die beiden Beobachterinnen oder Beobachter zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Teilbegründungen gefragt haben, so dass sie zu unterschiedlichen Bewertungen gelangten.

Da jedoch dieses der einzige Wert ist, der unter 0,60 liegt, kann dieses Ergebnis bei einer solch kleinen Gruppengröße als zufriedenstellend gewertet werden.

Bei der Zahlenzauberei gibt es ebenfalls einen Wert unter 0,60, der zwar als ausreichend gilt, aber auf den besonderen Anspruch an die Beobachtung für diese Kategorie verweist. Ausgleichendes Arbeiten ergibt sich teilweise erst im Prozess des Probierens. So wurden im Beobachtungsraster auch die Paarbildung und das gegensinnige Verändern unter dieser Kategorie zusammengefasst. Es ergibt sich hieraus die generelle Überlegung, ob man die Kategorie „ausgleichend gearbeitet“ doch differenzierter abfragen sollte.

Deutlich wird hier, dass die Aussagen des Beobachtungsrasters durch Kommunikationsprozesse erhärtet werden sollten. Auf diese Weise können Unsicherheiten in der Deutung der Arbeitsweise und der Bewertung und Deutung von Denkprozessen begegnet werden.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse – Grenzen der Studie und Ausblick

In dieser Studie wurde die Entwicklung eines Beobachtungsrasters vorgestellt, sowie überprüft, ob verschiedene Beobachterinnen und Beobachter zu vergleichbaren Ergebnissen kommen. Diese Untersuchung wurde mit der Überprüfung der Interrater-Reliabilität vorgenommen. Darüber hinaus wurde überprüft, ob sich das Instrument für ein Screeningverfahren zur Identifikation einer besonderen mathematischen Begabung im Grundschulbereich eignet.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass dies der Fall ist. Es kam zwar zu den bekannten Alpha- und Beta-Fehlern, allerdings sind die Ergebnisse über die gesamte Gruppe überwiegend aussagekräftig, da ca. 91 % der Kinder richtig eingeschätzt wurden.

Die Interrater-Reliabilität wurde für diese Aufgaben in diesem Setting ebenfalls bestätigt. Man sollte nach Wirtz & Caspar (2002) den Einsatz mehrfach wiederholen, um eine gesicherte Aussage treffen zu können. Es ist geplant, diese Beobachtungsraster in der nächsten Talentsuche erneut einzusetzen, um die Studie zu erweitern.

Diese Studie bezieht sich auf zwei Aufgaben. Da sich das Instrument bereits bei diesen zwei Aufgaben als tragfähig erweist, bestätigt sich seine Hinweisfunktion auf eine besondere mathematische Begabung. Wie oben schon angesprochen sollte diese Hinweisfunktion auf eine besondere mathematische Begabung durch einen wiederholten Einsatz erhärtet werden. Des Weiteren ist es anzustreben, weitere ProFa zu analysieren und Beobachtungen zu deren Handlungsmustern in operationalisierten Checklisten vorzunehmen.

Im Hinblick auf den Einsatz dieses Instruments im Schulunterricht scheint es möglich zu sein, eine Lernumgebung zu schaffen, die den Einsatz dieses Rasters als ein Instrument zur Erfassung der Entwicklung des heuristischen Wissens der Kinder ermöglicht. Damit würden im Sinne einer Prozessdiagnostik Hinweise auf die Entwicklung des mathematischen Potenzials der Kinder gewonnen. Unter Berücksichtigung der Fehlerquote scheint es sinnvoll zu sein, Beobachtungsraster regelmäßig und über einen längeren Zeitraum im Unterricht einzusetzen. Für den fachgerechten Einsatz ist es notwendig, die Lehrkräfte zu schulen und für mögliche Fehleinschätzungen, insbesondere bezüglich der Risikogruppen, zu sensibilisieren.

Anmerkungen

[1] PriMa ist eine Maßnahme der Behörde für Schule und Berufsbildung (BSB), die einerseits zur Steigerung der Effizienz des Mathematikunterrichts in der Grundschule beitragen und andererseits mathematisch interessierte und begabte Schülerinnen und Schüler (ab der 3. Klasse) fördern soll. PriMa besteht aus verschiedenen Teilmaßnahmen. Kooperationspartner sind die Fakultät für Erziehungswissenschaft der Universität Hamburg, die William-Stern-Gesellschaft und die Beratungsstelle besondere Begabungen der Behörde für Schule und Berufsbildung/Landesinstitut Hamburg.

[2] Die Formulierung der Aufgabenstellung steht im Spannungsfeld zwischen dem Verständnis der Kinder sowie der mathematischen Korrektheit. Über die Jahre hat sich so z. B. die Bezeichnung „Reihe" für einen Schenkel als sinnvoll erwiesen.

[3] Oder 45 plus Eckzahl.

[4] Die Beratungsstelle besondere Begabungen (BbB) wurde 1996 in Hamburg von der Behörde für Schule und Berufsbildung zur Unterstützung bei Fragen zu besonderen Begabungen für Schulen, Eltern, Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern eingerichtet.

[5] Durch die vorgegebenen Rahmenbedingungen ist die Anzahl der Förderplätze im PriMa-Projekt auf 50 begrenzt.

Danksagung

Ich danke dem gesamten PriMa-Team unter der Leitung von Prof. Dr. M. Nolte, die diese Studie überhaupt erst ermöglicht hat, für die Unterstützung und die vielen anregenden Diskussionen. Außerdem danke ich den gutachtenden Personen für die hilfreichen und konstruktiven Anmerkungen und Kommentare.

Literatur

Aßmus, D. (2017). *Mathematische Begabung im frühen Grundschulalter unter besonderer Berücksichtigung kognitiver Merkmale.* Münster: WTM.

Aßmus, D. (2018). Characteristics of Mathematical Giftedness in Early Primary School Age. In F. M. Singer (Hrsg.), *Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness* (S. 145-167). New York: Springer.

Bardy, P. (2007). *Mathematisch begabte Grundschulkinder Diagnostik und Förderung*. Heiderlberg: Spektrum.

Bauersfeld, H. (2000). Fachübergreifende Reformideen - diskutiert am Beispiel des Mathematikunterrichts. In W. Köhnlein & H. Schreier (Hrsg.), *Innovation Sachunterricht* (S. 65-84). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Berlekamp, E. R., Conway, J. H., Guy, R. K. (1985). *Gewinnen Strategien für mathematische Spiele*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann.

Brody, L. E. (2009). The Johns Hopkins Talent Search Model for Identifying and Developing Exceptional Mathematical and Verbal Activities. In L. V. Shavinina (Hrsg.), *International Handbook on Giftedness* (S. 999-1015). Berlin: Springer.

Bruder, R. (2014). Fachdidaktisch und lerntheoretisch begründete Modelle zum Lehren und Erlernen von Heurismen im Mathematikunterricht. In F. Heinrich & S. Juskowiak (Hrsg.), *Mathematische Probleme lösen lernen* (S. 31-46). Münster: WTM.

Cao, T. H., Jung, J.Y. & Lee, J. (2017). Assessment in Gifted Education: A Review of the Literature From 2005 to 2016. *Journal of Advanced Academics, 28*, 163-203.

Cranach, M. & Frenz, H.-G. (1969). Systematische Beobachtung. In C. F. Graumann (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie: Sozialpsychologie* (S. 269-330). Göttingen: Hogrefe.

Es, E. A. V. & Sherin, M. G. (2002). Learning to Notice: Scaffolding New Teachers' Interpretations of Classroom Interactions. *Journal of Technology and Teacher Education, 10*(4), 571-596.

Feger, B. & Prado, T. M. (1998). *Hochbegabung. Die normalste Sache der Welt*. Darmstadt: Primus Verlag.

Fels, C. (1999). *Identifizierung und Förderung Hochbegabter in den Schulen der Bundesrepublik Deutschland*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

Fielker, D. (1997). *Extending Mathematical Ability. Through whole Interactive Class Teaching*. London: Hodder & Stoughten.

Freie und Hansestadt Hamburg (Hrsg.) (2011). *Bildungsplan Grundschule Mathematik*. Hamburg.

Behörde für Bildung und Sport, Amt für Bildung, Hamburg (Hrsg.) (2003). *Beobachtung des Lösungsweges beim Rechnen in der Grundschule.* Hamburg.

Fritzlar, T. (2013a). Robert – Zur Entwicklung mathematischer Expertise bei Kindern und Jugendlichen. In T. Fritzlar & F. Käpnick (Hrsg.), *Mathematische Begabungen. Denkansätze zu einem komplexen Themenfeld aus verschiedenen Perspektiven* (S. 41–59). Münster: WTM.

Fritzlar, T. (2013b). *Mathematische Begabungen (im jungen Schulalter).* Vortrag gehalten auf der 47. Tagung für Didaktik der Mathematik, Münster. Online verfügbar unter: http://www.mathematik.uni-dortmund.de/ieem/bzmu2013/Hauptvortraege/BzMU13-Fritzlar.pdf

Fuchs, M. (2006). *Vorgehensweisen mathematisch potentiell begabter Dritt- und Viertklässler beim Problemlösen - Empirische Untersuchungen zur Typisierung spezifischer Problembearbeitungsstile*. Münster: LIT.

Gagné, F. (2004). Transforming gifts into talents: the DMGT as a developmental theory. *High Ability Studies*, *15* (2) 119-148.

Gnirk, H., Homann, G. & Lubeseder, U. (1970). *Strategiespiele für die Grundschule*. Hannover: Schroedel Verlag.

Groner, R. & Groner, M. T. (1990). Heuristische versus algorithmische Orientierung als Dimension des individuellen kognitiven Stils. In K. Grawe, R. Hänni, N. Semmer & F. Tschan (Hrsg.), *Über die richtige Art, Psychologie zu betreiben* (S. 315-330). Göttingen: Hogrefe.

Günther, C. (2018). *Strategien mathematisch begabter Grundschulkinder beim Problemlösen.* Münster: WTM.

Hanses, P. & Rost, D. H. (1998). Das „Drama" der hochbegabten Underachiever – „Gewöhnliche" oder „außergewöhnliche" Underachiever? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 12,* 53-71.

Hany, E. A. (1994). *Zur Interdependenz von Diagnostik und Beratung in der Hochbegabtenförderung.* Vortrag gehalten auf dem Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Hamburg.

Hany, E. A. (1998). *Gifted children in the classroom: Which diagnostic skills do teachers need?* European Council for High Ability, Oxford UK.

Heller, K. A. (2000). Begabungsdefinition, Begabungserkennung und Begabtenförderung im Schulalter. Begabung und Leistung in der Schule. In H. Wagner (Hrsg.), *Modelle der Begabtenförderung in Theorie und Praxis* (S. 39-70). Bad Honnef: Verlag Karl Heinrich Bock.

Heller, K. A. (2001). Projektziele, Untersuchungsergebnisse und praktische Konsquenzen. In K. A. Heller (Hrsg.), *Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter* (2., überarb. und erw. Aufl.) (S. 22-40). Göttingen: Hogrefe.

Heller, K. A. (2004). Identification of Gifted and Talented Students. *Psychology Science, 46,* 302-323.

Heller, K. A., Reimann, R. & Senfter, A. (2005). *Hochbegabung im Grundschulalter. Erkennen und Fördern*. Münster: LIT.

Heller, K. A. (2014). Aktivierung der Begabungsreserven (hidden talents) – Regionalstudie B.-W. (1965-1968). In F. J. Mönks & K. A. Heller (Hrsg.), Begabungsforschung und Begabtenförderung: der lange Weg zur Anerkennung (S. 67-102). Münster: LIT.

Hengartner, E., Hirt, U. & Wälti, B. (2006). *Lernumgebungen für Rechenschwäche bis Hochbegabte*. Zug: Klett und Balmer.

Heinze, A. (2005). *Lösungsverhalten mathematisch begabter Grundschulkinder - aufgezeigt an ausgewählten Problemstellungen*. Münster: LIT.

Hoth, J., Kaiser, G., Busse, A., Döhrmann, M. & Blömeke, S. (2017). Professional competences of teachers for fostering creativity and supporting high-achieving students. *ZDM Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 49,* 107-120.

Käpnick, F. (1998). *Mathematisch begabte Kinder*. Frankfurt a.M.: Peter Lang.

Käpnick, F. (2006). Problembearbeitungsstile mathematisch begabter Grundschulkinder. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2006* (S. 59–60). Hildesheim: Franzbecker.

Käpnick, F. (2014). *Mathematiklernen in der Grundschule, Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Kießwetter, K. (1985). Die Förderung von mathematisch besonders begabten und interessierten Schülern - ein bislang vernachlässigtes sonderpädagogisches Problem. *Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht*, *38* (5), 300-306.

Kießwetter, K. (Hrsg.) (1988). *Berichte aus der Forschung Heft 2, Das Hamburger Modell zur Identifizierung und Förderung von mathematisch besonders befähigten Schülern.* Hamburg: Universität Hamburg.

Kießwetter, K. (2006). Können Grundschüler schon im eigentlichen Sinne mathematisch agieren - und was kann man von mathematisch besonders begabten Grundschülern erwarten, und was noch nicht?. In H. Bauersfeld & K. Kießwetter (Hrsg.), *Wie fördert man mathematisch besonders befähigte Kinder? - Ein Buch aus der Praxis für die Praxis* (S 128-153). Offenburg: Mildenberger Verlag**.**

KMK (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich.* München: Luchterhand.

Krauthausen, G. & Scherer, P. (2007). *Einführung in die Mathematikdidaktik.* München: Elsevier GmbH.

Krauthausen, G. & Scherer, P. (2014). *Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht. Konzepte und Praxisbeispiele aus der Grundschule.* Seelze: Friedrich Verlag.

Krutetskii, V. A. (1962). An Experimental Analysis of Pupils Mathematical Abilities. In J. Kilpatrick & I. Wirszup (Hrsg.), *Soviet Studies in the Psychology of Learning and Teaching Mathematics.* Chicago: Standford Un, Un. of Chicago.

Krutetskii, V. A. (1976). An Investigation of Mathematical Abilities in Schoolchildren. In J. Kilpatrick & I. Wirzup *Soviet Studies in the Psychology of Learning and Teaching Mathematics.* Chicago: Stanford University, University of Chicago.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. München: Luchterhand.

Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33,* 159-174.

Leikin, R. (2007). Habits of mind associated with advanced mathematical thinking and solution spaces of mathematical tasks. *CERME*, *5*, 2330-2339.

Leikin, R., Leikin, M., Paz-Baruch, N., Waisman, I. & Lev, M. (2017). On the four types of characteristics of super mathematically gifted students. *High Ability Studies, 28*(1), 107-125.

Mason, J., Burton, L. & Stacey, K. (1992). *Hexeneinmaleins: kreativ mathematisch denken*. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.

Mönks, F. J. & Mason, E. J. (1993). Developmental Theories and Giftedness. In K. A. Heller, F. A. Mönks & A. H. Passow (Hrsg.), *International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talent* (S. 89-102). Oxford: Pergamon Press.

Müller, G. & Wittmann, E. (1977). *Der Mathematikunterricht in der Primarstufe*. Braunschweig: Vieweg.

Neubauer, A. & Stern E. (2009). *Lernen macht intelligent. Warum Begabung gefördert werden muss*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.

Nolte, M. (2004). Die Talentsuche im Grundschulprojekt. In M. Nolte (Hrsg.), *Der Mathe-Treff für Mathe-Fans* (S. 69-84). Hildesheim: Franzbecker.

Nolte, M. (2009). Hochbegabte Kinder im Mathematikunterricht. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht* (S. 103-114). Münster: Waxmann Verlag.

Nolte, M. (2011). „Ein hoher IQ garantiert eine hohe mathematische Begabung! Stimmt das?“ – Ergebnisse aus neun Jahren Talentsuche im PriMa-Projekt. In R. Haug & L. Holzäpfel (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011*, (S. 611-614). Münster: WTM Verlag.

Nolte, M. (2012a). Das Beobachtungsraster. Ein vielfältig nutzbares Instrument im Spannungsfeld von curricularem, planungsbezogenem und interaktionsbezogenem Wissen. In W. Blum, R. B. Ferri, & K. Maaß (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrerprofessionalität* (S. 325-333). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Nolte, M. (2012b). *"High IQ and High Mathemarical Taltent!“ Results from Nine Years Talent Search in the PriMa-Project Hamburg*. Paper presented at the 12th International Congress on Mathematical Education, 8 July – 15 July, 2012, COEX, Seoul, Korea.

Nolte, M. (2012c). *Challenging math problems for mathematically gifted children.* The 7th Mathematically Creativity and Giftedness International Conference, Busan, Südkorea.

Nolte, M. (2012d). Mathematically gifted young children - questions about the development of mathematical giftedness. In H. Stöger, A. Aljughaiman and B. Harder (Hrsg.), *Talent development and excellence* (S. 155-176). Berlin: Lit Verlag.

Nolte, M. (2018). Twice-Exceptional Students: Students with Special Needs and a High Mathematical Potential. In F. M. Singer (Hrsg.), *Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness. Enhancing Creative Capacities in Mathematically Promising Students* (S. 199-225). Cham: Springer International Publishing.

Nolte, M. (Hrsg.) (2004). *Der Mathe-Treff für Mathe-Fans. Fragen zur Talentsuche im Rahmen eines Forschungs- und Förderprojekts zu besonderen mathematischen Begabungen im Grundschulalter.* Hildesheim: Franzbecker.

Nolte, M. & Kießwetter, K. (1996). Können und sollen mathematisch befähigte Schüler schon in der Grundschule identifiziert und gefördert werden? Ein Bericht über einschlägige Überlegungen und erste Erfahrungen. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 5*, 143-157.

Nolte, M. & Pamperien, K. (2006). Besondere mathematische Begabung im Grundschulalter - ein Forschungs- und Förderprojekt. In H. Bauersfeld & K. Kießwetter (Hrsg.), *Wie fördert man mathematisch besonders befähigte Kinder? Ein Buch aus der Praxis für die Praxis* (S. 60-72). Offenburg: Mildenberger Verlag.

Nolte, M. & Pamperien, K. (2010). Bausteine zur Konzeption eines Förderkonzepts - Aufgabengestaltung und Anregungen zum propädeutischen forschenden Lernen. In M. Nolte (Hrsg.), *Was macht Mathematik aus? Nachhaltige paradigmatische Ansätze für die Förderung mathematische besonders begabter Schüler* (S. 67-78). Münster: WTM.

Nolte, M. & Pamperien, K. (2014). Conditions of success of mathematical gifted young children with migration background in a talent search process. Paper presented at the The 8th Conference of MCG. Interantional Group of Creativity and Giftedness. 28, 29, 30 of July, 2014. University of Denver. MCG Conference, Denver.

Nolte, M. & Pamperien, K. (2017). Challenging problems in aregular classroom setting and in aspecial foster programme. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 49,* 121-136.

Pamperien, K. (2004). Strukturerkennung am Dreiecksschema. In M. Nolte (Hrsg.), *Der Mathe-Treff für Mathe-Fans. Fragen zur Talentsuche im Rahmen eines Forschungs- und Förderprojekts zu besonderen mathematischen Begabungen im Grundschulalter* (S. 117-147). Hildesheim: Franzbecker.

Pamperien, K. (2008). Herausfordernde und fördernde Aufgaben für alle? Teil 2. Erfahrungen mit Aufgaben zur Förderung besonders begabter Kinder in einer Regelklasse. In M. Fuchs & F. Käpnick (Hrsg.), *Mathematisch begabte Kinder. Eine Herausforderung für Schule und Wissenschaft* (S. 162-172). Berlin: LIT.

Perleth, C. (2010). Checklisten in der Hochbegabungsdiagnostik. In F. Preckel, W. Schneider & H. Holling (Hrsg.), *Diagnostik von Hochbegabung. Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik. Tests und Trends.* (*Bd. 8)* (S. 65-87). Göttingen: Hogrefe.

Pólya, G. (1949). *Schule des Denkens*. Tübingen: Franke Verlag.

Preckel, F. (2010). Intelligenztests in der Hochbegabtendiagnostik. In F. Preckel, W. Schneider & H. Holling (Hrsg.), *Diagnostik von Hochbegabung. Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik. Tests und Trends (Bd. 8)* (S. 19-43). Göttingen: Hogrefe.

Preckel, F. & Brüll, M. (2008). *Intelligenztests.* München: Ernst Reinhardt.

Preckel, F. & Vock, M. (2013). *Hochbegabung -Ein Lehrbuch zu Grundlagen, Diagnostik und Fördermöglichkeiten.* Göttingen: Hogrefe.

Reichenberg, A. & Landau, E. (2009). Families of Gifted Children. In L. V. Shavinina (Hrsg.), *International Handbook on Giftedness* (S. 873-883). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.

Renzulli, J. S. (1978). What Makes Giftedness? Reexamining a Definition. *Phi Delta Kappan, 60*, 180-184.

Renzulli, J. S. (2012). Reexamining the Role of Gifted Education and Talent Development for the 21st Century: A Four-Part Theoretical Approach. *Gifted Child Quarterly, 56*(3), 150-159.

Rost, D. H. (2000). *Hochbegabte und hochleistende Jugendliche*. Münster: Waxmann.

Rost, D. H. & Schilling, S. R. (2006) Hochbegabung. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 233-245.). Weinheim: Beltz Verlag.

Scherer, P. (1995). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht der Schule für Lernbehinderte. Theoretische Grundlegung und evaluierte unterrichtspraktische Erprobung*. Heidelberg: Universitätsverlag C. Winter.

Scherer, P. (1996). Das NIM-Spiel: Mathematisches Denken auch für Lernbehinderte? In W. Baudisch & D. Schmetz (Hrsg.), *Mathematik und Sachunterricht im Primar- und Sekundarbereich - Beispiele sonderpädagogischer Förderung* (*Bd. IV)* (S. 88-98). Frankfurt. a. M.: Diesterweg.

Scherer, P. (1999). *Produktives Lernen für Kinder mit Lernschwächen. Fördern durch Fordern*. Leipzig: Klett-Grundschulverlag.

Schnell, R., Hill, P. & Esser, E. (1999). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. München: R. Oldenbourg Verlag.

Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Sheffield, L. J. (1999a). Serving the Needs of the Mathematically Promising. In L. J. Sheffield (Hrsg.), *Developing Mathematically Promising Students* (S. 43-55.). Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Sheffield, L. J. (1999b). When the problem is solved the creativity has just begun. In H. Meissner, M. Grassmann & S. Müller-Philipp (Hrsg.), *Proceedings of the International Conference: Creativity and Mathematics Education* (S. 51-56). Münster: Westfaelische Wilhelms-Universität Muenster.

Silverman, L. K. (2009). The Measurement of Giftedness. In L. V. Shavinina (Hrsg.), *International Handbook on Giftedness* (S. 947-970). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.

Singer, F. M., Sheffield L. J., Freiman, V. & Brandl, M. (2016). *Research On and Activities For Mathematically Gifted Students*. Berlin: Springer Nature.

Stamm, M. (2009). *Begabte Minoritäten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Stein, M. (1996). Elementare Bausteine der Problemlösefähigkeit: Problemlösetechniken. *Journal für Mathematikdidaktik, 17*(2), 123-146.

Stoeger, H., Steinbach, J., Obergriesser, S. & Matthes, B. (2014). What is more important for fourth-grade primary school students for transforming their potential into achievement: the individual or the environmental box in multidimensional conceptions of giftedness? *High Ability Studies, 25*(1), 5-21.

Urban, K. (1990). *Besonders begabte Kinder im Vorschulalter. Grundlagen und Ergebnisse pädagogisch-psychologischer Arbeit*. Heidelberg: HVA Edition Schindele

Vilkomir, T. & O'Donoghue, J. (2009). Using components of mathematical ability for initial development and identification of mathematically promising students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 40*(2), 183-199.

Waldmann, M. & Weinert, F. E. (1990). *Intelligenz und Denken. Perspektiven der Hochbegabungsforschung.* Göttingen: Hogrefe.

Winter, H. (1984). Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. *Grundschule*, *16*, 24-29.

Wittmann, E. C. & Müller, G. N. (1990). *Handbuch produktiver Rechenübungen. Band 1: Vom Einspluseins zum Einmaleins.* Stuttgart: Klett.

Wittmann, E. C. & Müller, G. (1992). *Handbuch produktiver Rechenübungen Band 2: Vom halbschriftlichen zum schriftlichen Rechnen.* Stuttgart: Klett.

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität.* Göttingen: Hogrefe.

Ziegler, A. & Phillipson, S. N. (2012). Towards a systemic theory of gifted education. *High Ability Studies, 23*(1), 3-30.

Anschrift der Verfasserin

Kirsten Pamperien
Universität Hamburg
Fakultät für Erziehungswissenschaft
Fachbereich 5: Didaktik der gesellschaftswissenschaftlichen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer
Von Melle-Park 8
21049 Hamburg
kirsten.pamperien@uni-hamburg.de