


Dominik Schlüter *Mia Viermann* *Rebecca Henkel* *Maike Hagena*

Orientierungsrahmen für Modellierungsaufgaben im inklusiven Mathematikunterricht

Zusammenfassung

Ziel eines kompetenzorientierten inklusiven Mathematikunterrichts ist es, Schülerinnen und Schüler zu befähigen, Mathematik zur Lösung realer Problemstellungen zu nutzen. Dazu ist der Aufbau mathematischer Modellierungskompetenz bedeutsam, der in der Auseinandersetzung mit Modellierungsaufgaben erfolgt. Bislang ist weitestgehend ungeklärt, wie solche Modellierungsaufgaben gestaltet sein müssen, um im Sinne inklusiver Bildungsprozesse allen Schülerinnen und Schülern – insbesondere auch jenen aus vulnerablen Gruppen – zu ermöglichen, ihren individuellen Fähigkeiten entsprechend Modellierungskompetenzen auszubilden. Hier ansetzend leitet der Beitrag theoriebasiert einen Orientierungsrahmen für die Konzeption mathematischer Modellierungsaufgaben für den inklusiven Mathematikunterricht her. Der Orientierungsrahmen enthält sechs Kriterien, die unter Einbezug mathematikdidaktischer sowie sonder-/inklusionspädagogischer Fachdiskurse herausgearbeitet und diskutiert werden.

Ein wesentlicher Anspruch von Mathematikunterricht ist es, dass Schülerinnen und Schüler die Bedeutung von Mathematik für die Beschaffenheit der Welt sowie für die Orientierung in dieser erfahren (Winter, 1995). Grundlegend ist hierfür ein Verständnis von Mathematik, das über die „Fachsystematik […] mathematische[r] Lerninhalte" (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK], 2004, S. 6) hinausgeht und Mathematik vielmehr als strukturgebend für gesellschaftliches Handeln begreift (Heymann, 1996). Diesem Bild von Mathematik folgend soll Mathematikunterricht Räume eröffnen, in denen die Schülerinnen und Schüler mathematische Muster und Strukturen in ihrem Lebensraum erforschen und auf Basis ihrer mathematischen Fähigkeiten durchdringen können (Reiss & Hammer, 2021). Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler nicht nur Rechenoperationen wie das Addieren und Subtrahieren erlernen, sondern auch die gesellschaftliche Realität als Anwendungsfeld dieser Rechenoperationen begreifen. Konkret sollen sie Mathematik als Hilfsmittel zur Orientierung im Alltag kennenlernen (Ruwisch, 2017). Der Mathematikunterricht erfüllt dadurch den Bildungsauftrag der Allgemeinbildung (KMK, 2004), da er die Schülerinnen und Schüler auf ein kritisches Handeln in einer von Mathematik geprägten Gesellschaft vorbereitet (Reiss & Hammer, 2021) und ihre Möglichkeiten zur gesellschaftlichen Teilhabe erhöht (Viermann & Ludes-Adamy, 2022a).

Ein mathematikdidaktischer Ansatz zur Förderung der gesellschaftlichen Teilhabe von Schülerinnen und Schülern ist es, sie – unabhängig ihrer heterogenen Lernvoraussetzungen – dazu zu befähigen, Mathematik zur Lösung realer Problemstellungen zu nutzen. Hier setzt die Idee des „mathematischen Modellierens" an. Die Fähigkeit, realitätsbezogene Fragen und Probleme mit mathematischen Mitteln zu bearbeiten und einer Lösung zuzuführen, wird als „mathematisches Modellieren" bzw. genauer gesagt als „Modellierungskompetenz" beschrieben (Greefrath, 2018; Leiß & Blum, 2010; Niss et al., 2007). Der Aufbau mathematischer Modellierungskompetenz erfolgt im Mathematikunterricht in der Regel durch die Auseinandersetzung mit Aufgaben, sogenannten Modellierungsaufgaben (Greefrath, 2018). Während im mathematikdidaktischen Diskurs bereits eine Reihe an Konzepten zur Gestaltung lernförderlicher Modellierungsaufgaben vorliegt, ist bislang jedoch weitestgehend unerforscht, wie Modellierungsaufgaben gestaltet werden müssen, um im Sinne inklusiver Bildungsprozesse allen Schülerinnen und Schülern – insbesondere auch jenen aus vulnerablen Gruppen – mathematische Lernerfahrungen zu ermöglichen. Der vorliegende Beitrag greift dieses Forschungsdesiderat auf und verfolgt das Ziel, theoriebasiert einen Orientierungsrahmen für die Konzeption mathematischer Modellierungsaufgaben für den inklusiven Mathematikunterricht herzuleiten. Zur Konturierung des theoretischen Hintergrunds wird vorab zunächst das Verständnis inklusiven Mathematikunterrichts erläutert, das diesem Beitrag zugrunde liegt, und anschließend dargestellt, was unter dem Begriff des

Zeitschrift für Heilpädagogik
76., 2025
Seite 514–523

mathematischen Modellierens zu verstehen ist. Anschließend werden Kriterien für einen Orientierungsrahmen zur Gestaltung von Modellierungsaufgaben im inklusiven Mathematikunterricht hergeleitet und diskutiert. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten.

Konzeptioneller Rahmen

Inklusiver Mathematikunterricht

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Verständnis inklusiven Mathematikunterrichts zielt darauf ab, allen Schülerinnen und Schülern unabhängig ihrer heterogenen Vor- und Lernerfahrungen eine fachliche und soziale Teilhabe am mathematischen Lernen im Unterricht zu ermöglichen (Häsel-Weide & Nührenbörger, 2023). Inklusives Mathematiklernen geht damit über das gemeinsame Lernen behinderter und nicht behinderter Schülerinnen und Schüler hinaus. Es sollen unterschiedlichste „Diversitätsaspekte wie z. B. Lernstände, Zugangsweisen, Geschlecht, Migrationshintergrund, Alter, [und] Sprachkompetenzen" (Gemeinsame Kommission Lehrerbildung der GDM, DMV und MNU, 2017, S. 42) und daraus resultierende Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler von Differenzierung- bzw. Diskriminierung bei der Gestaltung von Mathematikunterricht berücksichtigt werden. Lehrkräfte sind dabei im inklusiven Mathematikunterricht mit der spannungsreichen Anforderung konfrontiert, zum einen spezifische Diversitätsmerkmale der Schülerinnen und Schüler nicht gesondert hervorzuheben, um so die (Re-)Produktion dichotomer, stigmatisierender Zuschreibungen zu verhindern (Korff & Neumann, 2021). Zum anderen sollen sie auch die individuellen Lernbedürfnisse der Schülerinnen und Schüler erkennen und ihnen angemessene Aufgabenformate sowie Differenzierungsmaßnahmen bieten, um ihnen bestmögliche Lernchancen zu schaffen. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auch auf Schülerinnen und Schüler aus vulnerablen sowie von Marginalisierung und Ausschluss bedrohten Gruppen (Korff, 2016; Lindmeier & Lütje-Klose, 2019) zu legen, da diese Lernenden stärker der Gefahr sozialer Benachteiligung und damit verbundener Einschränkungen der Teilhabe am Mathematikunterricht ausgesetzt sind. Beispielsweise zeigen Ergebnisse der TIMSS-Studie aus dem Jahr 2023, die die Mathematikleistungen von Viertklässlerinnen und Viertklässlern erhebt, eine Korrelation zwischen dem sozioökonomischen Status der Herkunftsfamilie und den mathematischen Kompetenzen der Viertklässlerinnen und Viertklässler. Besonders betroffen von sozialer Benachteiligung im Mathematikunterricht der Primarstufe sind z. B. Schülerinnen und Schüler, die als armutsgefährdet gelten. Der Lernstand von Schülerinnen und Schülern mit diesen sozialen Disparitäten liegt nach TIMSS 2023 in etwa ein Schuljahr hinter dem von Schülerinnen und Schülern aus nicht armutsgefährdeten Familien. Das Risiko der sozialen Benachteiligung erhöht sich, wenn sie zusätzlich aus Familien mit einem niedrigen Bildungsniveau und/oder mit Migrationsgeschichte stammen (Schwippert et al., 2024; Stubbe et al., 2024). Mit Blick auf Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen kommt die TIMSS-Studie 2023 zudem zu dem Ergebnis, dass die mathematischen Kompetenzen von Mädchen in Deutschland zum Ende der vierten Klasse schwächer ausgebildet sind als die von Jungen (Nonte et al., 2024). Diese Studienergebnisse verdeutlichen prägnant die Notwendigkeit eines inklusiven Mathematikunterrichts, der eine „Nicht-Beachtung von im Schulsystem marginalisierten Gruppen […] überwinde[t]" (Korff, 2016, S. 27), diversitätsbewusst alle Schülerinnen und Schüler mit ihren individuellen Lern- und Vorerfahrungen berücksichtigt und ihnen nachhaltig mathematisches Lernen ermöglicht (Viermann et al., i. E. a; Viermann et al., i. E. b).

In Konsequenz muss im inklusiven Mathematikunterricht auch der eingangs dargelegte Anspruch berücksichtigt werden, dass Schülerinnen und Schüler die Bedeutung von Mathematik für die Beschaffenheit der Welt sowie für die Orientierung in dieser erfahren (Winter, 1995). Mit diesem Anspruch geht ein Allgemeinbildungsauftrag mathematischer Bildung einher, der als ein Faktor gesellschaftlicher Teilhabe gedeutet werden kann (Ainscow & Miles, 2009). Die von Heymann (1996) formulierten Ziele für den allgemeinbildenden Unterricht der Lebensvorbereitung und Weltorientierung konkretisieren diesen Anspruch (siehe auch Reiss & Hammer, 2021). Während Lebensvorbereitung stärker auf den praktischen Nutzen von Mathematik als potentielles „Hilfsmittel zur Lebensbewältigung" (Heymann, 1996, S. 134) abzielt, meint Weltorientierung die Anforderung, dass „[…] im Unterricht das Basiswissen für die Teilhabe an wesentlichen gesellschaftlichen Prozessen zu vermitteln" (Reiss & Hammer, 2021, S. 7) ist. „Insbesondere sollen Schülerinnen und Schüler erfahren, wie mathematisches Wissen und mathematische Erkenntnisse zur Deutung und Modellierung alltäglicher Phänomene […], aber auch zum Verständnis solcher Phänomene beitragen können" (Reiss & Hammer, 2021, S. 7). Wesentlich dafür ist der Aufbau der Kompetenz zum mathematischen Modellieren.

Mathematische Modellierungskompetenz und Modellierungsaufgaben

Die Kompetenz des mathematischen Modellierens beschreibt die Fähigkeit, realitätsbezogene Problemstellungen mit mathematischen Mitteln bearbeiten und lösen zu können (Greefrath, 2018; Maaß, 2010; Niss et al., 2007). Der idealtypischen Bearbeitung solcher Problemstellungen wird in der Regel ein Kreislaufcharakter zugeschrieben, der verschiedene Teilkompetenzen mathematischen Modellierens beinhaltet (hier am Beispiel des Kreislaufs nach Blum & Leiss, 2005; siehe Abb. 1a). Dabei konstruieren die Schülerinnen und Schüler zunächst ein eigenes mentales Modell zur realen Situation (Schritt 1 – Verstehen) und vereinfachen dieses anschließend, u. a. durch das Treffen von Annahmen (Schritt 2 – Vereinfachen/Strukturieren). Nachfolgend übertragen sie relevante Größen und Beziehungen in ein mathematisches Modell (Schritt 3 – Mathematisieren), bearbeiten das Problem mathematisch (Schritt 4 – Mathematisch arbeiten) und beziehen das mathematische Ergebnis zurück auf die reale Situation (Schritt 5 – Interpretieren). Abschließend prüfen sie die gefundene Lösung auf Angemessenheit (Schritt 6 – Validieren) und beantworten die Ausgangsfrage (Schritt 7 – Vermitteln).

Der Erwerb dieser Modellierungskompetenz erfolgt insbesondere durch die Auseinandersetzung mit Modellierungsaufgaben (Greefrath, 2018). Hierbei handelt es sich um solche realitätsbezogenen Mathematikaufgaben, in denen die oben benannten Teilkompetenzen in nennenswertem Umfang zur Lösung erforderlich sind. Kennzeichnend ist, dass ein Problem aus der Umwelt im Vordergrund steht – anders als z. B. bei eingekleideten Textaufgaben, bei denen vorrangig das Üben von Rechenfertigkeiten fokussiert und der Realitätsbezug für die Aufgabenlösung nicht oder kaum benötigt wird (Greefrath, 2018; Niss et al., 2007). In Abb. 1b ist mit der Aufgabe „Jahreskarte fürs Kino" (aus Hagena et al., 2017) eine beispielhafte Modellierungsaufgabe mitsamt einer idealtypischen Bearbeitung entlang des Modellierungskreislaufs und den zu leistenden Übersetzungsprozessen zwischen Realität und Mathematik dargestellt. Weitere in der Mathematikdidaktik etablierte Modellierungsaufgaben sind beispielsweise „Lohnt es sich, von Trier nach Luxemburg zu fahren, um dort günstiger zu tanken?" (Blum & Leiss, 2005) oder „Wie weit ist ein Schiff vom Leuchtturm entfernt, bis es ihn zum ersten Mal sieht?" (Blum, 2006).

Die Förderung der Modellierungskompetenz im Mathematikunterricht leistet einen Beitrag zu den zuvor dargestellten Zieldimensionen eines (inklusiven) allgemeinbildenden Mathematikunterrichts. Dies trifft beispielsweise auf das Ziel der Lebensvorbereitung

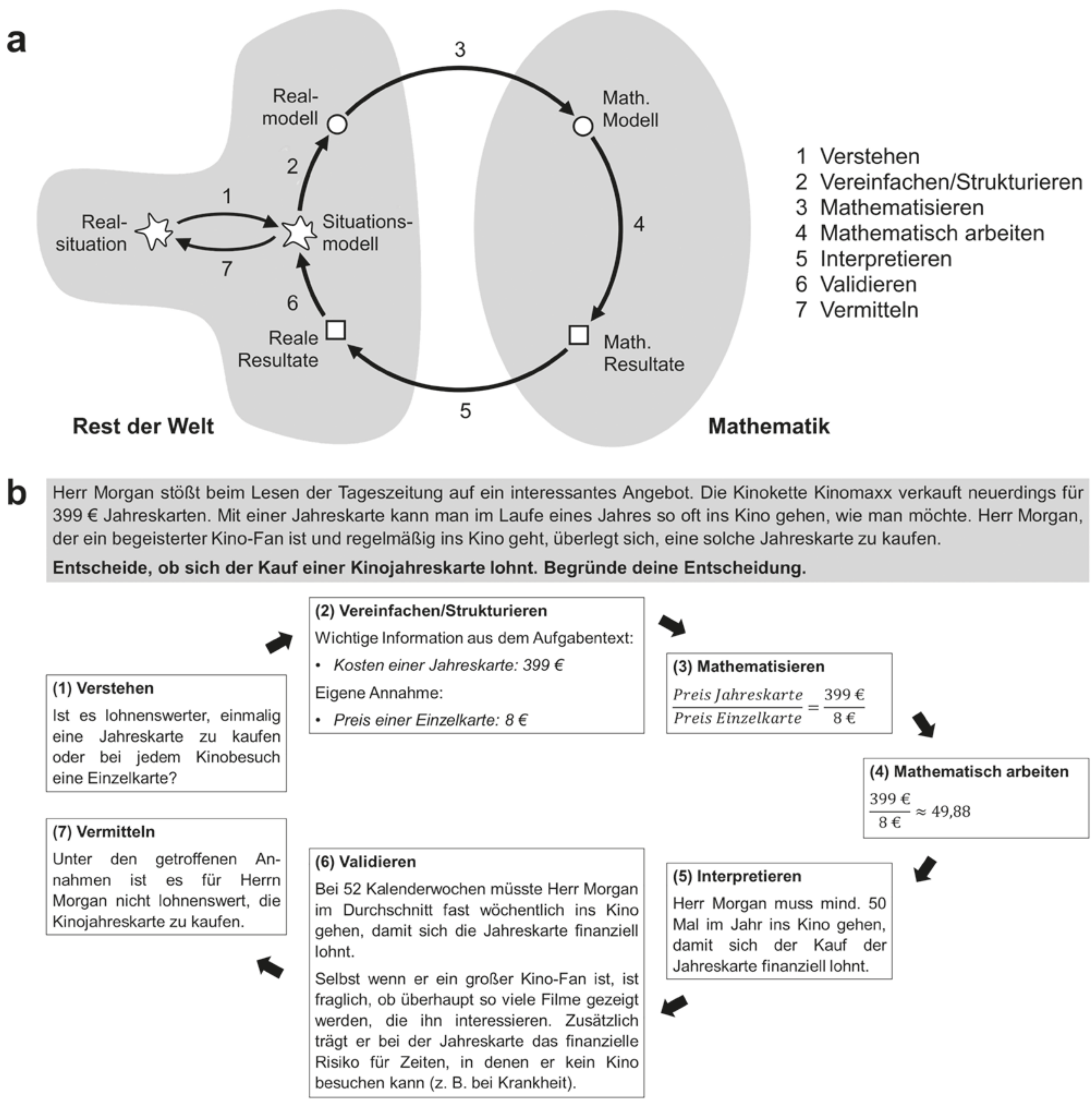

Abb. 1: (a) Modellierungskreislauf nach Blum und Leiss (2005),
(b) Idealtypischer Lösungsprozess der beispielhaften Modellierungsaufgabe „Jahreskarte fürs Kino" (in Anlehnung an Hagena et al., 2017)

im Mathematikunterricht zu, da eine vorhandene Modellierungskompetenz bei der Bewältigung von Alltagsproblemen hilft: „Reicht mein Geld für den geplanten Einkauf aus? Wann muss ich losfahren, um pünktlich vor Ort zu sein? Wie viel Farbe benötige ich zum Streichen meines Zimmers?" Die schulische Orientierung an Teilhabe am gesellschaftlichen sowie beruflichen Leben gelingt hier insbesondere durch den Bezug auf echte, d. h. authentische, Problemstellungen (Mahler et al., 2020). Auf diese Weise wird Schülerinnen und Schülern verdeutlicht, dass mathematische Kompetenzen in ihrem Alltag anwendbar sind, was zusätzlich motivierend wirken kann (B. Werner, 2017). Die Förderung mathematischer Modellierungskompetenz trägt zugleich aber auch zum Ziel der Weltorientierung im Mathematikunterricht bei. In der Realität vorhandene Mathematik wird von den Schülerinnen und Schülern erkannt und beurteilt (Leiß & Blum, 2010). Dies ebnet den Weg zur Teilhabe an mathematikhaltigen gesellschaftlichen Debatten wie Diskussionen über Einkommenssteuermodelle oder Sitzverteilungen in Parlamenten (siehe hierzu Pohlkamp, 2022).

Mathematisches Modellieren im inklusiven Mathematikunterricht

Im nationalen sowie internationalen mathematikdidaktischen Diskurs existieren bereits verschiedene Konzepte zur Gestaltung lernförderlicher mathematischer Modellierungsaufgaben (Geiger, 2017; Greefrath, 2018; Maaß, 2010). Im Rahmen dieser Diskussionen wird grundsätzlich betont, dass Modellierungsaufgaben aufgrund ihres hohen selbstdifferenzierenden Potenzials eine gewinnbringende Möglichkeit für den Umgang mit Heterogenität darstellen können (Borromeo Ferri et al., 2023; Leiss & Tropper, 2014;). Die entsprechenden Forschungen beziehen sich dabei überwiegend auf den Umgang mit Leistungsheterogenität, d. h., dass Modellierungsaufgaben sowohl von leistungsschwächeren als auch von leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden können (Borromeo Ferri et al., 2023). Bislang ist jedoch weitestgehend unerforscht, wie Modellierungsaufgaben gestaltet werden müssen, damit sie im Sinne inklusiver Bildungsprozesse allen Schülerinnen und Schülern mathematische Lernerfahrungen ermöglichen – auch unter Berücksichtigung weiterer Heterogenitätsaspekte. Zwar existieren bereits vereinzelt Überlegungen hierzu (Reilly, 2017), diese gehen jedoch von einem enger gefassten Inklusionsverständnis aus. Erste systematische Übersichtsarbeiten zeigen, dass sich aktuelle Forschungen zu Realitätsbezügen im inklusiven Mathematikunterricht überwiegend auf die Verwendung eingekleideter Textaufgaben beziehen, statt sich mit realitätsbezogenen Problemstellungen, also mathematischen Modellierungsaufgaben, zu befassen (Schmidt et al., 2025). Der vorliegende Beitrag greift dieses Forschungsdesiderat auf und identifiziert im Folgenden normative Kriterien für die Konzeption von Modellierungsaufgaben für den inklusiven Mathematikunterricht.

Orientierungsrahmen für Modellierungsaufgaben im inklusiven Mathematikunterricht

Der nachstehend vorgestellte Orientierungsrahmen zur Konzeption von Modellierungsaufgaben für den inklusiven Mathematikunterricht basiert auf einer umfassenden Literaturrecherche. Dabei wurden die Diskurse über die Förderung mathematischer Modellierungskompetenz sowie über Konzepte zur Gestaltung eines inklusiven (Mathematik-)Unterrichts berücksichtigt. Der Orientierungsrahmen gliedert sich in zwei Abschnitte. Der erste Teil umfasst Kriterien, die Ansprüche an mathematische Modellierungsaufgaben aus mathematikdidaktischer Perspektive formulieren. Im zweiten Teil werden Kriterien aufgeführt, die einzuhalten sind, um die Eignung der Aufgaben für einen inklusiven Unterricht sicherzustellen. Die Trennung in genuin mathematikdidaktische und inklusionsbezogene Ansprüche an die Gestaltung mathematischer Modellierungsaufgaben ist dabei nur als Heuristik zu verstehen, um ihre jeweilige Bedeutung für den Entwicklungsprozess zu verdeutlichen. Grundsätzlich sollten mathematikdidaktische Anforderungen an die Gestaltung mathematischer Lernprozesse immer inklusionsorientiert gedacht und im Planungsprozess diversitätsbewusst die verschiedenen Vor- und Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden, um eine nachhaltige Entwicklung der mathematischen Fähigkeiten aller Schülerinnen und Schüler und ihre Teilhabe am Mathematikunterricht zu gewährleisten. Fachdidaktische und sonder-/ und oder inklusionspädagogische Ansprüche sind, insofern sie teils überhaupt analytisch zu trennen sind, als gleichwertige, sich wechselseitig bedingende Prüfsteine bei der Gestaltung inklusiven Mathematiklernens zu beachten (s. dazu auch Stinken-Rösner & Hofer, 2021).

Kriterien aus genuin mathematikdidaktischer Perspektive

Im mathematikdidaktischen Diskurs findet sich eine Vielzahl an Konzepten zur Definition von Eigenschaften lernförderlicher Modellierungsaufgaben. Die drei im Folgenden genannten Kriterien werden in diesem Zusammenhang immer wieder als bedeutsam hervorgehoben und finden sich in fast allen zentralen Kriterienkatalogen wieder (u. a. Geiger, 2017; Krawitz et al., 2024; Maaß, 2010).

Kriterium 1: Substanzielle Modellierungsanforderungen

Ein essenzielles Kriterium mathematischer Modellierungsaufgaben ist es, dass die Aufgabe substanzielle Modellierungsanforderungen stellt (Blum & Borromeo Ferri, 2009). Dies bezieht sich auf den oben beschriebenen Punkt, dass die für das Modellieren charakteristischen Übersetzungsprozesse von der Realität in die Mathematik und vice versa auch tatsächlich geleistet werden müssen. Konkret bedeutet dies für die Aufgabenentwicklung, dass die zuvor vorgestellten Teilkompetenzen des mathematischen Modellierens (insbesondere die Schritte Vereinfachen/Strukturieren, Mathematisieren, Interpretieren, Validieren) in nennenswertem Umfang zur Aufgabenbearbeitung benötigt werden (Blum, 2007). Bei der in Abbildung 1 dargelegten Modellierungsaufgabe werden beispielsweise die für die Bearbeitung der Aufgabe erforderlichen Teilkompetenzen veranschaulicht.

Kriterium 2: Authentizität

Authentizität gilt als ein weiteres wesentliches Merkmal mathematischer Modellierungsaufgaben (Geiger, 2017; Greefrath, 2018).

Kerngedanke des Kriteriums ist es, dass die in der Aufgabe dargestellten Realitätsbezüge nicht künstlich konstruiert werden, sondern aus der Realität entnommen werden sollen (Vos, 2018). Hinter dieser Forderung steht der normative Gedanke, dass Schülerinnen und Schüler durch die Auseinandersetzung mit Modellierungsaufgaben dazu befähigt werden, Mathematik in realen Kontexten anzuwenden. Dafür sollen die Realitätsbezüge in diesen Aufgaben dann auch der „realen Welt" entsprechen. Die Berücksichtigung von Authentizität ist daher ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von Modellierungsaufgaben und sollte sich auf zentrale realitätsbezogene Aufgabenaspekte beziehen. Hierzu zählen insbesondere die Aspekte Geschehnisse, Fragestellung sowie Mathematiknutzung (Palm, 2009; Schlüter & Besser, 2024). Konkret bedeutet dies für die Aufgabenentwicklung, dass die beschriebenen Geschehnisse „echten" Geschehnissen entsprechen, wie sie Menschen im jeweiligen Kontext erleben, und dass diese sich die entsprechende Fragestellung auch stellen würden. Zudem sollten im „echten" Kontext tatsächlich auch mathematisches Wissen und mathematische Fertigkeiten zur Beantwortung der Fragestellung erforderlich sein. In Bezug auf die in Abb. 1 vorgestellte Modellierungsaufgabe „Jahreskarte fürs Kino" zeigt sich eine Umsetzung des Kriteriums für die genannten Aspekte. Das Geschehen (Eine Kinokette bietet eine Jahreskarte an.), die Fragestellung (Lohnt sich der Kauf?) und die Mathematiknutzung (mathematische Ermittlung notwendiger Besuche) wurden nicht künstlich für die Aufgabe konstruiert, sondern einer realen Situation entnommen (siehe S. Werner, 2017).

Kriterium 3: Offenheit

Das Kriterium der Offenheit beschreibt, dass bei der Bearbeitung mathematischer Modellierungsaufgaben individuelle Herangehensweisen und unterschiedliche Bearbeitungswege möglich sind (Geiger, 2017; Siller & Greefrath, 2020). Diese Anforderung wird für Modellierungsaufgaben u. a. deswegen herangezogen, um den Schülerinnen und Schülern eigene Zugänge zur Problemstellung zu ermöglichen und eine höhere Flexibilität bei der Auswahl und Anwendung mathematischen Wissens und mathematischer Fertigkeiten zu bieten (Wess, 2021). Es gibt drei Arten von Offenheit (Schukajlow et al., 2023): Die Offenheit der Anfangssituation (wesentliche Informationen und Daten für die Aufgabenbearbeitung fehlen oder sind vage), die Offenheit der Transformation (notwendige mathematische Modelle oder Verfahren sind nicht vorgegeben) sowie die Offenheit der Endsituation (die Fragestellung ist vage und muss spezifiziert werden). Für die konkrete Entwicklung von Modellierungsaufgaben ergibt sich daraus, dass es nicht nur einen „richtigen" Bearbeitungsweg geben darf, sondern dass gewisse Freiheitsgrade bei der Aufgabenbearbeitung gewährleistet werden müssen, die durch verschiedene Arten der Öffnung erreicht werden. Eine Umsetzung dieses Kriteriums zeigt sich beispielsweise in der in Abbildung 1 vorgestellten Modellierungsaufgabe „Jahreskarte fürs Kino", da für die Bearbeitung der Aufgabe eigene Annahmen getroffen, unterschiedliche mathematische Verfahren genutzt sowie zur Beantwortung der Fragestellung finanzielle, ökologische oder aufwandsbezogene Aspekte einbezogen werden können.

Kriterien aus inklusiver Perspektive

Im Sinne eines inklusiven Bildungsverständnisses ist es das Ziel, Lernaufgaben so zu gestalten, dass alle Schülerinnen und Schüler unter einer diversitätsbewussten Berücksichtigung ihrer Lern- und Vorerfahrungen fachspezifische Lernzuwächse erzielen (Stinken-Rösner & Hofer, 2021; Viermann et al., i. E. a; Viermann et al., i. E. b, Jung et al., i. E.). Nach Stinken-Rösner & Hofer (2021) bilden die drei Aspekte „acknowledging diversity", „recognizing barriers" und „enabling participation" (Stinken-Rösner & Hofer, 2021) einen Dreiklang, den es bei der Gestaltung inklusiver Lernumgebungen zu berücksichtigen gilt. Diese Aspekte werden daher nachfolgend als Grundlage für die Entwicklung mathematischer Modellierungsaufgaben für einen inklusiven Mathematikunterricht herangezogen und um Erkenntnisse aus sonder-, inklusions- und schulpädagogischen Diskursen um Inklusion ergänzt.

Kriterium 4: Berücksichtigung von Differenz

Unter dem Punkt „acknowledging diversity" verbinden Stinken-Rösner und Hofer (2021) die Forderung, die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler sowie ihrer individuellen Lern- und Vorerfahrungen bei der didaktischen Planung von Lehr-Lernprozessen zu berücksichtigen und anzuerkennen. Diese Forderung bezieht sich im Sinne des im Beitrag skizzierten Verständnisses inklusiven Mathematikunterrichts explizit nicht nur auf die Berücksichtigung von Leistungsheterogenität, sondern auf eine intersektionale Betrachtung verschiedener Dimensionen von Differenz (s. dazu Viermann et al., i. E. a; Viermann et al., i. E. b & Jung et al., i. E.). Hierbei gilt es insbesondere Schülerinnen und Schüler in den Blick zu nehmen, die von Marginalisierung und Ausgrenzung bedroht sind und/oder besondere Lernunterstützung benötigen (Ainscow & Miles, 2009; Lindmeier & Lütje-Klose, 2015), um ihre „Nicht-Beachtung […] zu überwinden" (Korff, 2016, S. 27). Mit der sich daraus oben bereits angedeuteten Spannung zwischen der Notwendigkeit, bestimmte Gruppen von Schülerinnen und Schülern besonders zu berücksichtigen, und dem Risiko, sie dadurch als grundlegend anders zu stigmatisieren, muss reflektiert umgegangen werden (Lindmeier & Lütje-Klose, 2015; Viermann et al., i. E. a; Viermann et al., i. E. b).

Die Relevanz einer (diversitäts-)bewussten Reflexion der nicht ausschließlich leistungsbedingten Heterogenität der Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung von Modellierungsaufgaben lässt sich besonders gut am Bespiel der Vertrautheit des Kontextes veranschaulichen. Wie aus den genuin mathematikdidaktischen Kriterien des hier vorgestellten Orientierungsrahmens für die Konzeption mathematischer Modellierungsaufgaben für einen inklusiven Mathematikunterricht hervorgeht, sollen Modellierungsaufgaben möglichst authentische Realitätsbezüge eröffnen. Für ein Verständnis der Aufgabenstellung sowie u. a. auch für die Bearbeitungsqualität (siehe Häsel, 2001; Häsel-Weide, 2015) ist es von Bedeutung, ob die Schülerinnen und Schüler mit dem aufgemachten Sachkontext vertraut sind (Bierbrauer, 2022) bzw. welches Vorwissen sie zu der realen Problemstellung haben. Der Begriff des Vorwissens bezieht sich hier nicht nur auf mathematisches Vorwissen, sondern auch auf das, was als habituelles Wissen bezeichnet wird und u. a. durch die Sozialisation der Schülerinnen und Schüler bedingt ist. Auch zeigen Forschungsergebnisse von Häsel (2001), dass Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischen Unterstützungsbedarf im Schwerpunkt Lernen über weniger Allgemeinwissen zu bestimmten Kontexten verfügen als Schülerinnen und Schüler ohne Bedarf an sonderpädagogischer Unterstützung. Dies ist unter anderem auch damit erklärbar, dass Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischen Unterstützungsbedarf im Schwerpunkt Lernen tendenziell häufiger aus sozioökonomisch schwächeren Familien stammen (B. Werner, 2019). So ist es denkbar, dass Schülerinnen und Schüler den Kauf einer Kino-Jahreskarte, wie in Abbildung 1 dargestellt, nur schwer einordnen können, wenn ihnen entsprechende eigene Erfahrungen fehlen. Vor diesem Hintergrund bieten Kontexte wie „Wir fliegen in den Urlaub" zwar reichhaltiges mathematischem Potenzial, laufen jedoch Gefahr, an der Lebensrealität von Schülerinnen und Schülern vorbeizugehen. Damit würden diese Kontexte das gesetzte Ziel, die Vorerfahrungen aller Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen, nicht erfüllen. Auch wenn es kein Patentrezept für Kontexte gibt, mit denen alle Schülerinnen und Schüler vertraut sind, sollte bei der Auswahl von Aufgabenkontexten geprüft werden, inwieweit Heterogenität in der Vertrautheit vorliegen könnte und inwieweit durch einseitige Schwerpunktsetzung auf bestimmte Kontexte die Gefahr einer systematischen Ausgrenzung von Schülerinnen und Schülern droht. In Anlehnung an B. Werner (2019) sind potenziell geeignete Kontexte, die alltags- und berufsrelevante Situationen für alle Lernenden in den Mittelpunkt stellen wie beispielsweise Schulausflüge, Finanzierungsmodelle zur Alltagsbewältigung oder die Einrichtung der eigenen Wohnung.

Kriterium 5: Zugänglichkeit

Anknüpfend an das (An-)Erkennen von Differenz im Hinblick auf die individuellen Vor- und Lernerfahrungen von Schülerinnen und Schülern (Kriterium 4) müssen bei der Erstellung mathematischer Modellierungsaufgaben mögliche Barrieren bei deren Bearbeitung identifiziert („recognizing barriers") sowie geeignete Unterstützungs- und Differenzierungsangebote zur Überwindung dieser entwickelt werden („enabling participation"), um die konzipierten Aufgaben für alle Schülerinnen und Schüler zugänglich zu gestalten (Stinken-Rösner & Hofer, 2021). Dafür ist zum einen eine fachdidaktische Sachanalyse des Lerngegenstands erforderlich, bei der auch zu ermitteln ist, an welchen Stellen eine fachliche Unterstützung bzw. Differenzierung sinnvoll ist, um eine fachliche Entleerung der Aufgabe zu vermeiden (Häsel-Weide, 2017; Viermann et al., i. E. a; Viermann et al., i. E. b). Zum anderen bedarf es einer Diagnose der individuellen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (Gheyssenset al., 2020; Jung et al., i. E.).

Das bedeutet, dass die Modellierungsaufgaben so konzipiert werden müssen, dass verschiedenste Unterstützungen- und Differenzierungsangebote gut in die Bearbeitung der Aufgabe integriert werden können. Zur Erhöhung der Zugänglichkeit mathematischer Modellierungsaufgaben wäre beispielsweise der Einsatz sprachlicher, kognitiver und kommunikativer Unterstützungs- sowie Differenzierungsangebote denkbar. So sollten Modellierungsaufgaben im besten Fall nicht ausschließlich über eine Repräsentationsform (z. B. einen komplexen Text), sondern über verschiedene Zugänge, wie auch über digitale Medien (Viermann & Ludes-Adamy, 2022a, 2022b), bearbeitbar sein. Entsprechend könnte in der Beispielaufgabe aus Abbildung 1 u. a. der Text eingesprochen werden oder es könnten Kinoflyer als Unterstützungsmöglichkeiten bereitgestellt werden.

Kriterium 6: Teilhabe und Lernzuwachs

Hintergrund dieses Kriteriums ist der Kerngedanke, dass sich Inklusion nicht lediglich in einer „großzügigen Geste der Beteiligung" (Heimlich & Tippelt, 2020) erschöpfen darf. Es geht also nicht nur darum, dass alle Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung einer mathematischen Modellierungsaufgabe am Mathematikunterricht teilnehmen. Vielmehr sollen sie durch die Bearbeitung mathematischer Modellierungsaufgaben ihre individuellen mathematischen Kompetenzen im Allgemeinen bzw. ihre mathematischen Modellierungskompetenzen im Besonderen nachhaltig weiterentwickeln (Ainscow & Miles, 2009). Die Bedeutung des Erwerbs mathematischer Modellierungskompetenz für ausnahmslos alle Schülerinnen und Schüler zeigt sich vor dem Hintergrund des einleitend dargelegten Verständnisses von Mathematik und seiner strukturgebenden Bedeutung für gesellschaftliches Handeln. So ist der Erwerb mathematischer Modellierungskompetenz essenziell für die gegenwärtige und zukünftige Orientierung in einer durch Mathematik strukturierten Welt und damit von zentraler Bedeutung für die gesellschaftliche Teilhabe aller Schülerinnen und Schüler. Folglich sollten lernförderliche Modellierungsaufgaben für den inklusiven Unterricht so gestaltet sein, dass sie das Erreichen unterschiedlicher Lernziele auf verschiedenen Entwicklungsniveaus ermöglichen. Bezüglich der in Abbildung 1 dargelegten Aufgabe ließen sich in Anlehnung an die Teilkompetenzen mathematischen Modellierens als unterschiedliche Lernziele das Verstehen der Aufgabenstellung oder das Mathematisieren der Realsituation formulieren.

Fachdidaktische Perspektive	(1)	Substanzielle Modellierungsanforderungen	Teilkompetenzen mathematischen Modellierens sind zur Bearbeitung erforderlich
	(2)	Authentizität	Zentrale Aufgabenaspekte werden nicht künstlich konstruiert, sondern wahrheitsgetreu dargestellt
	(3)	Offenheit	Raum für unterschiedliche Aufgabenbearbeitungen
Inklusive Perspektive	(4)	Berücksichtigung von Differenz	Berücksichtigung der individuellen Vor- und Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler
	(5)	Zugänglichkeit	Vielfältige Zugänge sind möglich
	(6)	Teilhabe und Lernzuwachs	Die Bearbeitung ermöglicht das Erreichen fachlicher Lernziele, die auf die Schülerinnen und Schüler abgestimmt sind.

Tab. 1: Orientierungsrahmen für Modellierungsaufgaben im inklusiven Mathematikunterricht

Zusammenspiel der Kriterien

Eine Übersicht der hergeleiteten Kriterien des Orientierungsrahmens findet sich in Tabelle 1. Die hier vorgenommene Zusammenführung von fachdidaktischer und sonder- und/oder inklusionspädagogischer Perspektive kann nicht als bloße Addition isoliert voneinander erfolgen, sondern führt sowohl zu gegenseitiger Bereicherung als auch zu Spannungsverhältnissen. Symbiotische Effekte zeigen sich exemplarisch an den Kriterien Authentizität sowie Offenheit. Während Authentizität (Kriterium 2) als zentrales Kriterium mathematischer Modellierungsaufgaben zunächst aus fachdidaktischer Perspektive Einzug in den Orientierungsrahmen erhält, ist die Forderung unmittelbar anschlussfähig an Forderungen aus der inklusionsorientierten Pädagogik nach der Berücksichtigung der heterogenen Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler (Kriterium 4). Mahler und Kolleginnen (2020) führen ergänzend dazu aus, dass insbesondere die Authentizität von Aufgaben dafür sorgt, dass diese zur Teilhabe beitragen, da hierdurch Kindern und Jugendlichen die Bedeutung mathematischer Fertigkeiten im Alltag verdeutlicht wird. Ähnliches zeigt sich beim Kriterium der Offenheit (Kriterium 3). Während die Offenheit zunächst nur die Ermöglichung verschiedener Bearbeitungswege beschreibt, kann das Kriterium als Wegbereiter zur Eröffnung der Zugänglichkeit (Kriterium 5) durch das Zulassen verschiedener Bearbeitungswege und damit auch zur Förderung des Erreichens unterschiedlicher mathematischer Lernziele (Kriterium 6) innerhalb einer Aufgabe betrachtet werden (siehe hierzu exemplarisch Borromeo Ferri et al., 2023).

Spannungen bei der Zusammenführung von fachdidaktischer sowie sonder- und/oder inklusionspädagogischer Perspektiven innerhalb des Orientierungsrahmens lassen sich exemplarisch ebenfalls anhand der Kriterien Authentizität und Offenheit aufzeigen. So kann die Authentizität (Kriterium 2) bestimmter Aufgabenaspekte, wie die wahrheitsgetreue Darstellung von Geschehnissen, Daten oder aufgeworfener Fragen, zu Barrieren in der Aufgabenbearbeitung durch Schülerinnen und Schüler führen. Während diese Barrieren aus fachdidaktischer Sicht wünschenswert sind (Schülerinnen und Schüler sollen mit echten statt mit künstlich konstruierten Problemstellungen konfrontiert werden), können sie die Umsetzung des Kriteriums Öffnung des Zugangs (Kriterium 5) einschränken, da die Überwindung dieser Barrieren für Schülerinnen und Schüler mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sein kann. Auch beim Kriterium der Offenheit (Kriterium 3) ist es bekannt, dass das Kriterium selbst kognitive Barrieren mit sich bringen kann wie beispielsweise die Schwierigkeit des eigenständigen Treffens numerischer Annahmen (Schukajlow et al., 2023). Auch wenn Schukajlow sowie Kolleginnen und Kollegen (2023) Möglichkeiten aufweisen, diese Barrieren zu überwinden, zeigt sich, dass es sich um ein Spannungsfeld handelt, dessen man sich bewusst sein und das aufgabenspezifisch ausbalanciert werden muss.

Schlüsselwörter

Inklusiver Mathematikunterricht, Mathematisches Modellieren, Mathematische Modellierungsaufgaben, Realitätsbezüge, inklusionsorientierte Aufgabengestaltung

Abstract

A goal of competence-oriented inclusive mathematics teaching is to enable students to use mathematics to solve real-world problems. To this end, it is important to foster mathematical modelling competence, which is achieved by engaging with modelling tasks. However, it is still largely unclear how such modelling tasks should be designed in order to enable all students – especially those from vulnerable groups – to develop modelling competence in line with their individual abilities in terms of inclusive educational processes. Starting from this point, the article derives a theory-based framework for designing mathematical modelling tasks for inclusive mathematics education. The framework contains six criteria, which are presented and discussed using discourses on mathematics didactics and special/inclusive education.

Keywords

Inclusive mathematics education, mathematical modelling, mathematical modelling tasks, references to reality, inclusion-oriented task design

Fazit und Ausblick

Ausgangspunkt des Beitrags war die Fragestellung, wie mathematische Modellierungsaufgaben so gestaltet werden können, dass sie im Sinne inklusiver Bildungsprozesse allen Schülerinnen und Schülern – insbesondere auch vulnerabler Gruppen – zugänglich sind und diesen mathematische Lernerfahrungen im inklusiven Mathematikunterricht ermöglichen. Das bedeutet nicht, dass bisherige Überlegungen und Konzepte im Bereich des mathematischen Modellierens ungeeignet für den inklusiven Mathematikunterricht seien. Der vorliegende Beitrag führt jedoch in interdisziplinärer Zusammenarbeit bisherige mathematikdidaktische Ideen zum Modellieren explizit mit den Grundideen inklusiver Bildung zusammen und nimmt hierbei auch die Teilhabe und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern aus vulnerablen Gruppen in den Blick. Dazu werden theoriebasiert Kriterien für einen praxisorientierten Orientierungsrahmen für die Konzeption inklusiver mathematischer Modellierungsaufgaben herausgearbeitet und vorgestellt. Zudem werden resultierende gegenseitige Bereicherungen und Spannungsverhältnisse aufgezeigt und diskutiert. Der Orientierungsrahmen kann als Grundlage für die Bewertung, Anpassung oder Neuentwicklung von Aufgaben und Lernumgebungen zum Aufbau mathematischer Modellierungskompetenz in einem inklusiven Mathematikunterricht genutzt werden. Dabei ist hervorzuheben, dass die Kriterien des Orientierungsrahmens nicht als additive Liste voneinander unabhängiger Punkte verstanden werden sollten, sondern als kohärentes Gefüge, dessen Kriterien ausbalanciert werden müssen. Darüber hinaus stellt die Konzeption geeigneter Aufgaben lediglich einen von mehreren Faktoren zum Gelingen vom Modellieren im inklusiven Mathematikunterricht dar. Von zentraler Bedeutung ist es, dass Lehrkräfte durch gezielte Professionalisierungsmaßnahmen dazu befähigt werden, inklusive Modellierungsaufgaben gewinnbringend in den Unterricht implementieren zu können. Zunächst erscheint es perspektivisch notwendig, Aufgaben zu entwickeln, die den Kriterien des Orientierungsrahmens genügen. Anschließend sollten dann der Orientierungsrahmen bzw. die entwickelten Aufgaben empirisch auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft werden. Insbesondere sollte dabei untersucht werden, wie Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen mit diesen Aufgaben umgehen bzw. diese wahrnehmen.

Literatur

Ainscow, M. & Miles, S. (2009). *Developing inclusive education systems: how can we move policies forward?* https://pdfs.semanticscholar.org/e849/cf5de98a03304867093fff0a5d8265a6e20e.pdf.

Bierbrauer, C. (2022). *Sachrechnen mit digitalen Medien im Förderschwerpunkt Lernen.* Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36683-4

Blum, W. (2006). Modellierungsaufgaben im Mathematikunterricht – Herausforderung für Schüler und Lehrer. In A. Büchter, H. Humenberger, S. Hußmann & S. Prediger (Hrsg.), *Realitätsnaher Mathematikunterricht – vom Fach aus und für die Praxis* (S. 8–23). Franzbecker.

Blum W. (2007). Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2007, 3–12.*

Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1 (1), 45-58.*

Blum, W. & Leiß, D. (2005). Modellieren mit der „Tanken"-Aufgabe. *Mathematik lehren, 128, 18-21.*

Borromeo Ferri, R., Kaiser, G. & Paquet, M. (2023). Meeting the Challenge of Heterogeneity Through the Self-Differentiation Potential of Mathematical Modeling Problems. In Leikin, R. (Hrsg.), *Mathematical Challenges For All* (S. 409-429). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18868-8_22

Geiger, V. (2017). Designing for Mathematical Applications and Modelling Tasks in Technology Rich Environments. In A. Leung & A. Baccaglini-Frank (Hrsg.), *Digital Technologies in Designing Mathematics Education Tasks – Potentials and Pitfalls* (S. 285–301). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43423-0_14

Gemeinsame Kommission Lehrerbildung der GDM, DMV und MNU. (2017). Fachdidaktik für den inklusiven Mathematikunterricht – Orientierungen und Bemerkungen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, 103, 42-46.*

Gheyssens, E., Coubergs, C., Griful-Freixenet, J., Engels, N. & Struyven, K. (2020). Differentiated instruction: the diversity of teachers' philosophy and praxis to adapt teaching to students' interests, readiness and learning profiles. *International Journal of Inclusive Education, 26 (14), 1383-1400.* https://doi.org/10.1080/13603116.2020.1812739

Greefrath, G. (2018). *Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht – Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe* (2. Aufl.). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57680-9

Hagena, M., Leiss, D. & Schwippert, K. (2017). Using Reading Strategy Training to Foster Students' Mathematical Modelling Competencies: Results of a Quasi- Experimental Control Trial. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13 (7b), 4057-4085.*

Häsel, U. (2001). *Sachaufgaben im Mathematikunterricht der Schule für Lernbehinderte – Theoretische Analyse und empirische Studien.* Franzbecker.

Häsel-Weide, U. (2015). Sachrechnen. In U. Heimlich & F. B. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen* (3. Aufl., S. 275–288). Kohlhammer.

Häsel-Weide, U. (2017). Inklusiven Mathematikunterricht gestalten. In J. Leuders, T. Leuders, S. Prediger & S. Ruwisch (Hrsg.), *Mit Heterogenität im Mathematikunterricht umgehen lernen – Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik.* Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16903-9_2

Häsel-Weide, U. & Nührenbörger, M. (2023). Inklusive Praktiken unterrichtsintegrierter Förderung im Mathematikunterricht. *Mathematica Didactica, 46, 1-19.* https://doi.org/10.18716/ojs/md/2023.1670

Heimlich, U. & Tippelt, R. (2020). *Inklusive Bildung – Zwischen Teilhabe, Teilgabe und Teilsein.* Kohlhammer. https://doi.org/10.17433/978-3-17-025228-8

Heymann, H. W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik.* Beltz.

Jung, J., Viermann, M. & Schütte, M. (i. E.). Potenziale und Herausforderungen der „Verbindung" einer interaktionistischen und differenztheoretischen Perspektive für die Analyse mathematischer Lehr-Lern-Prozesse. In M. Viermann & M. Schütte (Hrsg.), *Differenz als Spannungspol inklusiver mathematischer Bildung. Waxmann.*

Korff, N. (2016). „…und dann kommst du aber in eine Klasse, die gewohnt ist nur Arbeitsblätter zu bearbeiten." – Herausforderungen der Lehrer*innenbildung für inklusiven Unterricht. In A. S. Steinweg (Hrsg.), *Inklusiver Mathematikunterricht – Mathematiklernen in ausgewählten Förderschwerpunkten – Tagungsband des AK Grundschule in der GDM 2016* (S. 25–40). University of Bamberg Press.

Korff, N. & Neumann, P. (2021). Unterricht und Inklusion. In T. Hascher, W. Helsper & T.-S. Idel (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 1–24). Springer VS.

Krawitz, J., Hartmann, L. & Schukajlow, S. (2024). Do task variables of self-generated problems influence interest? Authenticity, openness, complexity, and students' interest in solving self-generated modelling problems. *The Journal of Mathematical Behavior, 73, Artikel 101129.* https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2024.101129

Leiss, D. & Tropper, N. (2014). *Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht – Adaptives Lehrerhandeln beim Modellieren.* Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45109-6

Leiß, D. & Blum, W. (2010). Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen. In W. Blum, C. Drüke-Noe, R. Hartung & O. Köller (Hrsg.), *Die Bildungsstandards Mathematik: konkret – Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen* (4. Aufl, S. 33–50). Cornelsen Scriptor.

Lindmeier, C. & Lütje-Klose, B. (2015). Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft. *Erziehungswissenschaft, 26 (51), 7-16.* https://doi.org/10.3224/ezw.v26i2.21065

Lindmeier, C. & Lütje-Klose, B. (2019). Inklusion. In M. Harring, C. Rohlfs & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Handbuch Schulpädagogik* (S. 586–596). Waxmann.

Maaß, K. (2010). Classification Scheme for Modelling Tasks. *Journal für Mathematik-Didaktik, 31, 285-311.* https://doi.org/10.1007/s13138-010-0010-2

Mahler, N., Kölm, J. & Werner, B. (2020). Entwicklung von Mathematiktestaufgaben für Schüler*innen mit einem sonderpädagogischen Förderbedarf im Lernen – Konzeption und empirische Ergebnisse. In C. Gresch, P. Kuhl, M. Grosche, C. Sälzer & P. Stanat (Hrsg.), *Schülerinnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Schulleistungserhebungen – Einblicke und Entwicklungen* (S. 109–146). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27608-9_5

Niss, M., Blum, W. & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn & M. Niss (Hrsg.), *Modelling and Applications in Mathematics Education – The 14th ICMI Study* (S. 3–32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_1

Nonte, S., Grommé, E. & Scholz, L. A. (2024). Geschlechterunterschiede in mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen. In K. Schwippert, D. Kasper, B. Eickelmann, F. Goldhammer, O. Köller, C. Selter & M. Steffensky (Hrsg.), *TIMSS 2023. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 197–231). Waxmann.

Palm, T. (2009). Theory of Authentic Task Situations. In L. Verschaffel, B. Greer, W. Van Dooren & S. Mukhopadhyay (Hrsg.), *Words and Worlds – Modeling Verbal Descriptions of Situations* (S. 1-19). Brill. https://doi.org/10.1163/9789087909383_002

Pohlkamp, S. (2022). *Normative Modellierung im Mathematikunterricht.* WTM-Verlag.

Reilly, E. (2017). Developing a Mathematical Modelling Task for All Students. In G. A. Stillman, W. Blum, G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematical Modelling and Applications – Crossing and Researching Boundaries in Mathematics Education* (S. 443–453). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_37

Reiss, K. & Hammer, C. (2021). *Grundlagen der Mathematikdidaktik – Eine Einführung für den Unterricht in der Sekundarstufe* (2. Aufl.). Birkhäuser. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65429-0

Ruwisch, S. (2017). Alltagsorientierung im Mathematikunterricht. *Grundschule Mathematik, (54).*

Schlüter, D. & Besser, M. (2024). Assessing authenticity in modelling test items: deriving a theoretical model. *Frontiers in Education, 9, Artikel 1343510.* https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1343510

Schmidt, L., Krawitz, J. & Schnepel, S. (im Druck). Real-World Connections in Mathematics Education for Students with Intellectual Disabilities – A Systematic Literature Review. In C. Cornejo et al. (Hrsg.), *Proceedings of the 48th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education: Research Reports, Vol. 2* (S. 259–266). PME.

Schukajlow, S., Krawitz, J., Kanefke, J., Blum, W. & Rakoczy, K. (2023). Open modelling problems: Cognitive barriers and instructional prompts. *Educational Studies in Mathematics, 114, 417-438.* https://doi.org/10.1007/s10649-023-10265-6

Schwippert, K., Jusufi, D., Lott, M. & Stubbe, T. C. (2024). Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Schüler:innen mit und ohne Migrationshintergrund. In K. Schwippert, D. Kasper, B. Eickelmann, F. Goldhammer, O. Köller, C. Selter, M. Steffensky (Hrsg.), *TIMSS 2023 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 259–276). Waxmann.

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss – Beschluss vom 4.12.2003*. Luchterhand.

Siller, H.-S. & Greefrath, G. (2020). Modelling Tasks in Central Examinations Based on the Example of Austria. In G. A. Stillman, G. Kaiser & C. E. Lampen (Hrsg.), *Mathematical Modelling Education and Sense-making* (S. 383–392). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_33

Stinken-Rösner, L. & Hofer, E. (2021). Research-Based Report of Practice – Re-Thinking Tasks in Inclusive Science Education – New Approaches to Enable Participation. *Progress in Science Education, 5 (1), 33-46*. https://doi.org/10.25321/prise.2022.1317

Stubbe, T. C., Schulz, L. & Beese C. (2024). Soziale Disparitäten in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Viertklässler:innen. In K. Schwippert, D. Kasper, B. Eickelmann, F. Goldhammer, O. Köller, C. Selter, M. Steffensky (Hrsg.), *TIMSS 2023 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 233–258). Waxmann.

Viermann, M. & Ludes-Adamy, P. (2022a). Der Einsatz von Lernumgebungen zur Realisierung inklusiven Mathematikunterrichts unter der Bedingung von Digitalität. In J. Bonow, T. Dexel, R. Rink, C. Schreiber & D. Walter (Hrsg.), *Digitale Medien und Heterogenität. Chancen und Herausforderungen für die Mathematikdidaktik* (S. 133–148). WTM.

Viermann, M. & Ludes-Adamy, P. (2022b). Fachunterricht unter den Bedingungen von Inklusion und Digitalität. In M. Jungwirth, N. Harsch, Y. Noltensmeier, M. Stein & N. Willenberg (Hrsg.), *Diversität Digital Denken – The Wider View* (S. 93–102). WTM. https://doi.org/10.37626/ga9783959871785.0.08

Viermann, M., Tewes, A.-K. & Schütte, M. (i. E. a). Diversitätsbewusste mathematische Bildung im Spannungsfeld von Universalität, Individualisierung und dem Umgang mit Differenz. Eine empirische Analyse von Fördersituationen aus dem inklusiven Mathematikunterricht der Primarstufe. In M. Viermann & M. Schütte (Hrsg.), *Differenz als Spannungspol inklusiver mathematischer Bildung.* Waxmann.

Viermann, M., Tewes, A.-K., Schütte, M. & Tewes. A.-K. (i. E. b). Die Bedeutung von Differenzkonstruktionen für die fachliche Förderung im inklusiven Mathematikunterricht – Ungewissheit bei der Bearbeitung des Spannungsverhältnisses schulischer Praxis. In B. Brandt, J. Jung, T. Kuzu & M. Schütte (Hrsg.), *Mathematiklernen aus Interpretativer Perspektive III.* Waxmann.

Vos, P. (2018). "How Real People Really Need Mathematics in the Real World"—Authenticity in Mathematics Education. *Education Sciences, 8 (4), Artikel 195.* https://doi.org/10.3390/educsci8040195

Werner, B. (2017). Inklusiver Mathematikunterricht aus sonderpädagogischer Perspektive – Konsequenzen für die Lehrerbildung. In J. Leuders, T. Leuders, S. Prediger, S. Ruwisch (Hrsg.), *Mit Heterogenität im Mathematikunterricht umgehen lernen. Konzepte und Perspektiven für eine zentrale Anforderung an die Lehrerbildung.* (S. 211-220). Wiesbaden: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16903-9_18

Werner, B. (2019). *Mathematik inklusive – Grundriss einer inklusiven Fachdidaktik.* Kohlhammer. https://doi.org/10.17433/978-3-17-033865-4

Werner, S. (2017, 21. September). *Kino-Flatrate: Lohnt sich eine Kino-Jahreskarte? Kino.de* https://www.kino.de/film/casablanca-1942/news/kino-flatrate-lohnt-sich-eine-kino-jahreskarte/

Wess, R. (2021). Modellierungsaufgaben kriteriengeleitet entwickeln und analysieren. In U. Schürmann & G. Greefrath (Hrsg.), *Modellieren im Mathematikunterricht. Fachdidaktische Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für die Sekundarstufe I und II* (S. 17–34). wbv Publikation.

Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, 61, 37-46*

Dominik Schlüter
Leibniz Universität Hannover
Institut für Sonderpädagogik
Schloßwender Straße 1
30159 Hannover
dominik.schlueter@ifs.uni-hannover.de

Dr. Mia Viermann
Universität Hamburg
Fakultät für Erziehungswissenschaft
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
mia.viermann@uni-hamburg.de

Rebecca Henkel
Leibniz Universität Hannover
Institut für Sonderpädagogik
Schloßwender Straße 1
30159 Hannover
rebecca.henkel@ifs.uni-hannover.de

Prof. Dr. Maike Hagena
Leibniz Universität Hannover
Institut für Sonderpädagogik
Schloßwender Straße 1
30159 Hannover
maike.hagena@ifs.uni-hannover.de

Autorenfotos Seite 514
Die Fotos zeigen von links die Gesichter von Dominik Schlüter, Dr. Mia Viermann, Rebecca Henkel und Prof. Dr. Maike Hagena.

Alternativtext für Abbildung 1, Seite 516:

Die Abbildung 1 gliedert sich in drei Bereiche. Im oberen Teil der Abbildung ist der Modellierungskreislauf mit den im Fließtext beschriebenen Teilschritten visualisiert. Direkt darunter wird im zweiten Teil der Abbildung eine Beispielaufgabe mit dem Titel „Jahreskarte fürs Kino" abgebildet. Der Aufgabentext lautet: „Herr Morgan stößt beim Lesen der Tageszeitung auf ein interessantes Angebot. Die Kinokette Kinomaxx verkauft neuerdings für 399 € Jahreskarten. Mit einer Jahreskarte kann man im Laufe eines Jahres so oft ins Kino gehen, wie man möchte. Herr Morgan, der ein begeisterter Kino-Fan ist und regelmäßig ins Kino geht, überlegt sich, eine solche Jahreskarte zu kaufen. Entscheide, ob sich der Kauf einer Kinojahreskarte lohnt. Begründe deine Entscheidung."

Im untersten, dritten Teil der Abbildung wird anhand der Beispielaufgabe eine idealtypische Bearbeitung entlang des Modellierungskreislaufs dargestellt.

Die Teilschritte sind wie folgt dargestellt: Der Schritt Verstehen beinhaltet zu verstehen, ob es lohnenswerter ist, einmalig eine Jahreskarte zu kaufen oder bei jedem Kinobesuch eine Einzelkarte. Der Schritt Vereinfachen/Strukturieren umfasst, wichtige Informationen aus dem Aufgabentext zu identifizieren (also die Kosten einer Jahreskarte von 399 €) sowie eigene Annahmen zu treffen (also den Preis einer Einzelkarte von z.B. 8 €). Der Schritt Mathematisieren beinhaltet, ein mathematisches Modell aufzustellen, in diesem Falle wird der Preis der Jahreskarte durch den Preis der Einzelkarte geteilt, also 399 € durch 8 €. Im Schritt Mathematisch arbeiten wird die Rechnung durchgeführt, das Ergebnis lautet ca. 49,88. Der Schritt Interpretieren wird geschlussfolgert, dass Herr Morgan also mind. 50 Mal im Jahr ins Kino gehen muss, damit sich der Kauf der Jahreskarte finanziell lohnt. Der Schritt Validieren beinhaltet die Überlegung, dass bei 52 Kalenderwochen Herr Morgan im Durchschnitt fast wöchentlich ins Kino gehen müsste, damit sich die Jahreskarte finanziell lohnt. Selbst wenn er ein großer Kino-Fan ist, ist fraglich, ob überhaupt so viele Filme gezeigt werden, die ihn interessieren. Zusätzlich trägt er bei der Jahreskarte das finanzielle Risiko für Zeiten, in denen er kein Kino besuchen kann (z.B. bei Krankheit). Der Schritt Vermitteln umfasst die Antwort, dass es unter den getroffenen Annahmen für Herrn Morgan nicht lohnenswert ist, die Kinojahreskarte zu kaufen.