

Fördermöglichkeiten von Motivation, Interesse und Emotionen durch Modellierungsaufgaben

DAVID BEDNORZ, BIELEFELD; JUDITH HUGET, BIELEFELD & MICHAEL KLEINE, BIELEFELD

Zusammenfassung: *Lernen ist nicht nur eine Frage von kognitiven Prozessen. Wer sich an den eigenen Unterricht zurückerinnert, dem bleiben insbesondere die Momente in Erinnerung, die besonders emotional bewegt oder eine besondere Freude bereitet haben. Dieses Potenzial von motivationalen und emotionalen Faktoren von Lernen zu nutzen, ist Ziel dieser Studie. Zur Realisierung eines motivations- und emotionsorientierten Mathematikunterrichts wird eine Intervention durchgeführt, die aufbauend auf den allgemeindidaktischen Grundlagen insbesondere den Einfluss bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben thematisiert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Einfluss von zukunftsorientierten Modellierungsaufgaben insbesondere zum Interesse besteht.*

Abstract: *Learning is not all about cognitive processes. The best lessons you probably had and remembered were those with moments that caught your emotions and feelings. The main aim of this study is to use potentials of motivational and emotional factors of learning to construct a motivational and emotional oriented mathematic lesson. This lesson is the basis for an intervention, which is based on general didactic principles of future-oriented problems. The results suggest that future-oriented education has an impact on interest for mathematics.*

1. Einleitung

Selten war eine junge Generation so involviert in Zukunftsfragen. Ein aktuelles Beispiel hierfür sind die Proteste der Schülerinnen und Schüler im Rahmen der ‚Fridays-for-Future‘-Bewegung. Eine Besonderheit ist, dass Lernende aus Schulen der Sekundarstufe auf die Straßen gehen. Protestiert wird für Fragen der Zukunftsfähigkeit der gesellschaftlichen Praxis des Wirtschaftens und Lebens. Im Mathematikunterricht müssen dabei die Sorgen und die Lebenswirklichkeit als Lernvoraussetzungen in die Entwicklung des Unterrichts mit einbezogen werden. Hierbei sind insbesondere motivationale, interessenbezogene und emotionale Komponenten des Lernens zentrale Kategorien. Die prozessbezogene Kompetenz des Modellierens scheint dafür prädestiniert, die Probleme, insbesondere jene der Zukunft, in den Mathematikunterricht zu integrieren. Hierfür werden Modellierungsaufgaben benötigt, die sich fernab von der bloßen Vermittlung stofflicher Inhalte verstehen. Diese Mo-

dellierungsaufgaben, die die Vermittlung von bildungsbezogenen Inhalten zum Ziel haben und damit auf den subjektiven formalen Teil der Bildung fokussieren, lassen sich insbesondere durch ein hohes Maß an Authentizität des Kontextes einer Aufgabe charakterisieren. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Studie authentische Modellierungsaufgaben auf Basis eines auf allgemeine Bildung bezogenen Rahmens eingesetzt, um die Motivation, das Interesse und die Emotionen der Lernenden positiv zu beeinflussen und damit ein sinnstiftendes und langanhaltendes Lernen zu ermöglichen.

Im Folgenden wird zunächst der theoretische Rahmen in Bezug auf bildungsbezogene Aufgaben mit einem Fokus auf ein fachdidaktisches Verständnis von Modellierungsaufgaben dargestellt. Die Auswahl der hier untersuchten Kontextvariablen wird in Bezug auf ihre Bedeutsamkeit beschrieben. Die Verbindung der fachdidaktischen Anlage mit den Kontextvariablen führt zu den Forschungsfragen dieses Beitrags. Im empirischen Teil wird neben den eingesetzten Testinstrumenten und der Stichprobe insbesondere der Verlauf der Intervention ausführlich dargestellt. Der Ergebnisteil differenziert sich in einen qualitativen und quantitativen Abschnitt zur Beschreibung der Ergebnisse. Der qualitative Teil enthält die von den Lernenden verwendeten Lösungsstrategien. Der quantitative Teil fokussiert die Auswertung der Veränderungen der Motivation, des Interesses und der Emotionen durch die Unterrichtsintervention. Komplementiert werden die Ergebnisse durch eine Diskussion und Schlussfolgerung für die Anlage und Weiterentwicklung der Studie.

2. Theoretischer Rahmen

2.1 Mathematisches Modellieren

Zur Beschreibung der Übertragung der realen Welt in die Mathematik wird der Begriff des Modellierens verwendet. Dies ist zum einen ein Prozess, der alle Aspekte zwischen der Mathematik und der Realität beschreibt (Kaiser, Blum, Borromeo Ferri & Greefrath, 2015). Zum anderen stellt das Modellieren eine Kompetenz dar, die einen hohen Stellenwert in den verschiedenen curricularen Vorgaben im deutschen wie im internationalen Raum einnimmt (Kaiser et al., 2015).

Beim mathematischen Modellieren werden insbesondere die Sachtexte, Sachprobleme und die Vermittlung zwischen realer und mathematischer Welt in den Fokus der Betrachtung gestellt. Typischerweise wird die Modellierung zwischen realer Welt und mathematischer Welt durch einen Kreislauf beschrieben. Eine mögliche Darstellung ist Abbildung 1 nach Blum und Leiß (2005) zu entnehmen. Der Modellierungskreislauf zeigt neben den verschiedenen Situationen bzw. Produkten auch die Prozesse, die notwendig sind, um den Kreislauf zu durchlaufen. Die Darstellung zeigt deutlich, dass die Modellierung komplexe Prozesse von den Lernenden verlangt und dies insbesondere, wenn die Real-Situationen selbst ein komplexes Problem in gegebenenfalls ebenfalls komplexen Texten darstellen. Für die erste Phase müssen Verstehens- und Strukturierungsfähigkeiten verwendet werden, um zu mathematisieren. Das innermathematische Arbeiten ist als Kompetenz dabei deutlich von den zuvor gefragten Kompetenzen zu unterscheiden. Die mathematischen Ergebnisse müssen im letzten Schritt auf die reale Welt rückbezogen werden und das Ergebnis der Mathematisierung muss validiert werden. So entsteht ein vielschichtiger Bereich unterschiedlicher Kompetenzen.

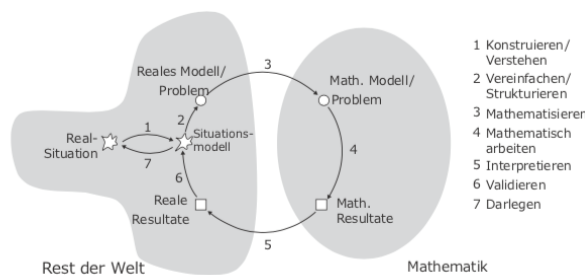


Abb. 1: Prozess der Modellierung nach Blum und Leiß (2005)

Eine bedeutsame Eigenschaft von Modellierungsaufgaben ist Authentizität. Niss (1992) definiert authentische Aufgaben als diejenigen, die als relevant für die im Fachgebiet/Problemfeld Arbeitenden akzeptiert werden und die eine Relevanz im Allgemeinen aufweisen. Durch Authentizität wird eine Aufgabe für Schülerinnen und Schüler glaubwürdig und realistisch. Es gibt ihnen außerdem den Bezug zur Realität der Mathematik, obwohl sie die Anwendungen eventuell (noch) nicht benötigen (Greefrath, Kaiser, Blum & Ferri Borromeo, 2013). Trotzdem sind authentische Modellierungsaufgaben relevant, da Schülerinnen und Schüler die Macht des mathematischen Modellierens, also das Verstehen und das Lösen realer Fragen, erleben können (Kaiser & Schwarz, 2010).

2.2 Bildungsbezogene Aufgaben

Mathematikunterricht hat wie jeder andere stets einen Bildungsauftrag. Rosch (2013) spricht dabei explizit

vom Anspruch einer Bildung für die Lernenden, „die es ihnen ermöglicht, ihre zukünftige Lebenspraxis selbständig zu gestalten“ und außerdem in Kontakt zu kommen mit „Themen oder Probleme[n] der Menschheit“ (Rosch, 2013, S. 225). Um einen bildenden Anspruch im Mathematikunterricht zu realisieren, sollten Schülerinnen und Schüler nach Winter (1995) drei Grunderfahrungen machen: 1) die Fähigkeit, auf spezifische Weise die Welt um uns verstehen zu lernen, 2) die innermathematische Welt in ihren Gesetzmäßigkeiten und Zugängen zu begreifen und zu erlernen und 3) die Fähigkeit des Problemlösens. Im aktuellen mathematikdidaktischen Diskurs sind zentrale Begriffe einer mathematischen Grundbildung stets an eine *mathematical literacy* und eine Kompetenzorientierung geknüpft (Kleine, 2012). Im Fokus steht hier die anwendungsorientierte Verwendung von mathematischen Gegenständen im Kontext des Alltags. In modernen Diskussionen zu den Themenfeldern ‚Kompetenzen und Performanz‘ werden zunehmend das Bildungsprodukt fokussiert und dabei die mit mathematischen Handlungen verbundenen Bildungsprozesse eher vernachlässigt (Vohns, 2013). Die Kritik von Gellert und Jablonka (2008) an einem produktfixierten Unterricht wird exemplarisch an der Entwicklung von Technologien und der Notwendigkeit der kritischen Auseinandersetzung mit Technologien diskutiert. Hingegen forciert eine prozessorientierte Bildung die Orientierung nach einem sinnstiftenden und langfristigen und damit inkorporierenden Lernen. Das Konzept der Allgemeinbildung ist in Abbildung 2 dargestellt und orientiert sich an der Begriffsbeschreibung von Klafki (2007) (Klafki, 2007; Meyer & Meyer, 2007). Grundlegend ist darin eine Unterscheidung zwischen materialer und formaler Bildung. Allgemeinbildung wird als Teil materialer Bildung verstanden, dies im Kontext von allgemeinen Schlüsselproblemen.

Allgemeinbildung bedeutet in dieser Hinsicht, ein geschichtlich vermitteltes Bewusstsein von zentralen Problemen der Gegenwart und – soweit voraussehbar – der Zukunft zu gewinnen, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken. Abkürzend kann man von der Konzentration auf epochaltypische Schlüsselprobleme unserer Gegenwart und der vermutlichen Zukunft sprechen (Klafki, 2007, S. 56)

Klafki (2007) leitet diese epochaltypischen Schlüsselprobleme aus seiner Beschreibung von Bildung ab. Diese beschreibt er auf drei qualitativen Ebenen. Die erste Dimension ist die im Bereich der Selbstbestimmungsfähigkeit im sozialen Raum aus individueller und gemeinschaftlicher Perspektive. Die zweite ist die der Möglichkeit der Partizipation. Die letzte Dimension ist die der Solidarisierung, d. h. einer reflexiven Haltung unter Einbezug des Wechselspiels

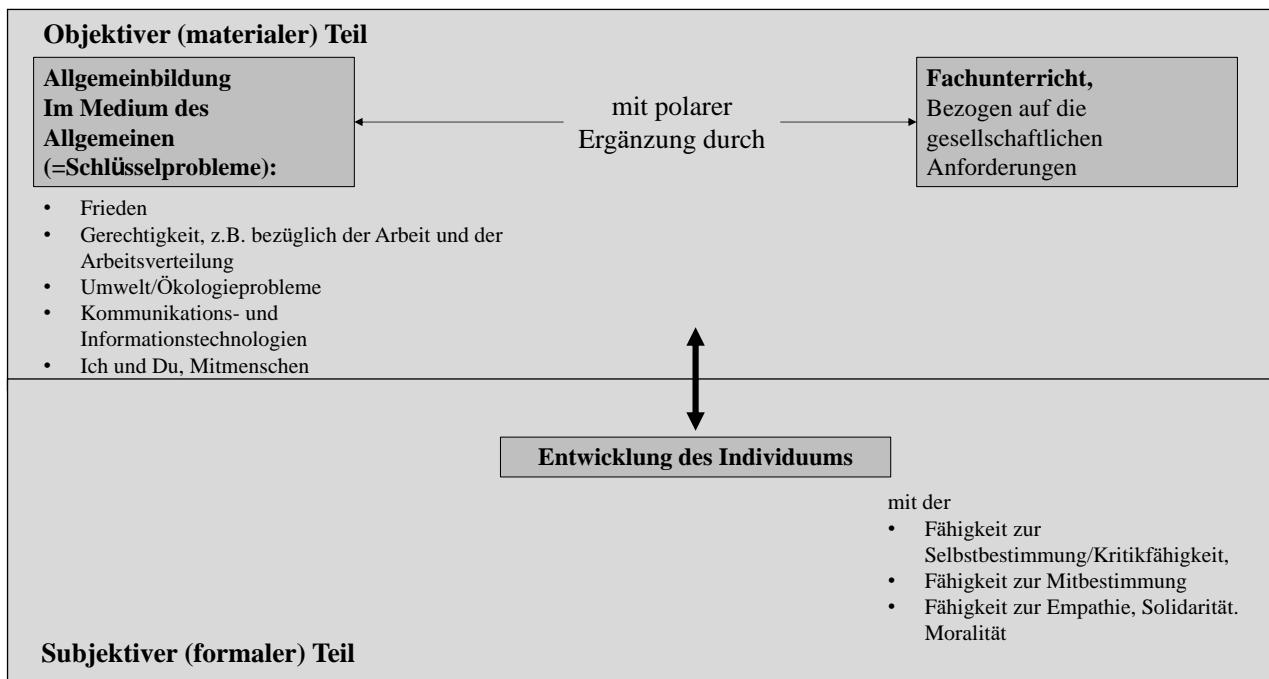


Abb. 2: Allgemeinbildungskonzept in Anlehnung an Klafki nach Meyer und Meyer (2007)

zwischen den ersten zwei Dimensionen (Meyer & Meyer, 2007).

Jedoch zeigen sich zwischen bildungsbezogenen Erwartungen und dem Alltag im Unterricht deutliche Diskrepanzen. Alltagsbezüge, die außerhalb eines konstruierten Rahmens im Mathematikunterricht vorkommen, werden nur in Ansätzen behandelt (Rosch, 2013). Häufig fokussiert der Mathematikunterricht inhaltliche Fähigkeiten, bei denen prozessbezogene Kompetenzen über methodische Geschicke in das inhaltliche Lernen integriert werden.

An Möglichkeiten, bildungsbezogene Inhalte in den Mathematikunterricht zu integrieren, mangelt es nicht. So zeigt sich das im ersten Abschnitt des Theorieteils beschriebene Modellieren als sinnvolle Möglichkeit, sich aus „Routiniertheit und Verfahrensorrientierung [im Mathematikunterricht] herauszulösen“ (Vohns, 2013, S. 330). Vohns (2013) betont dabei die individuelle Erfahrungswelt des Subjekts als zentrales Element bei der Beantwortung eines in der Aufgabe gestalteten Problems. Damit steht die Problemlösefähigkeit im Fokus, die laut Fischer (2013) im Mathematikunterricht zwar Gegenstand ist, aber selten Probleme innerhalb der nachschulischen Praxis löst. Aus dieser Perspektive dienen Modellierungsaufgaben, die nach bildungsbezogenen Gesichtspunkten konstruiert sind, dazu, die Emanzipativität und Partizipativität des Subjekts zu stärken, auf Basis mathematischer Problemlösefähigkeiten, die direkt auf die nachschulische Lebenswirklichkeit der Lernenden fokussiert. Dabei wird durch das Modellieren die Ebene der argumentativen Basis objektiviert. Lernende lernen durch das Modellieren nicht nur die

Kompetenz des Modellierens und der assoziierten Kompetenzen, sondern die Mathematisierung des Diskurses, unabhängig von individuellen Meinungen. Die objektive Argumentation und das *Sich-nicht-Gemeinmachen* mit der Argumentation ist Basis der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Themen und Problematiken des Zusammenlebens.

Von besonderer Relevanz sind für den Mathematikunterricht die Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien, beispielsweise im Bereich der Datenwirtschaft (Meyer & Meyer, 2007). Hier können über die Grundkenntnisse von Daten und Datenmanagement auch Fragen assoziiert werden, die den Umgang mit den eigenen Daten in Sozialnetzwerken betreffen. Außerdem ist das Thema ‚Umwelt‘ von besonderem Interesse (Meyer & Meyer, 2007): Fragen über fossile und regenerative Verbräuche von Energie und die Möglichkeit, fossile Energieträger zu kompensieren. Daneben sind Fragen der Mobilität und des Ressourcenverbrauchs naheliegend, die über mathematische Modellierung auf einer argumentativen Basis im Klassenplenum diskutiert werden können. Dies schult Kompetenzen, besonders im Bereich von Medien. Ein weiteres Problem ist die gesellschaftlich erzeugte Ungleichheit als eine humanethische Fragestellung. Hier können Problematiken modelliert werden, die über die Produktion von Kleidungsstücken oder Lohngerechtigkeit, immer im Sinne des Modellierungskreislaufs, rückbezogen sind, was eine direkte Verbindung der Mathematisierung mit der Lebenswirklichkeit der Lernenden darstellt. Dabei lassen sich Aufgaben, die die zukünftige

Lebenspraxis der Lernenden thematisieren, als besonders authentische Aufgaben interpretieren.

Diese Beispiele sollen das Potenzial von Aufgaben aufzeigen, die grundlegend bildungsbezogen konstruiert sind. In den gegebenen Beispielen können viele Argumentationen über eine mathematische Modellierung in einen Zustand versetzt werden, über die dann zukunftsbezogen diskutiert werden kann. Neben allgemeingültigen Prinzipien stellt sich die Frage, ob sich der Einbezug von kritischen und bildungsbezogenen Grundlagen auf die Qualität von Unterricht messbar auswirkt, sowohl auf die Leistungsentwicklung als auch auf nicht kognitive Merkmale. Dabei steht in der vorliegenden Arbeit die Untersuchung nicht kognitiver Schülermerkmale im Zentrum des Interesses.

2.3 Motivation, Interesse und Emotionen

Mathematische Leistungen werden zu einem erheblichen Teil durch kognitive Faktoren bestimmt. Neben fachspezifischen Faktoren wie Vorwissen, mathematischen Kompetenzen und Strategienutzungen sind auch überfachliche Anforderungen, wie sprachliche Darbietung bzw. Darlegungen, Faktoren für den Lernerfolg. Daneben beeinflussen affektive und motivationale Merkmale das Lernen von mathematischen Inhalten (Götz et al., 2004; Pekrun et al., 2006). Dies impliziert für ein erfolgreiches Unterrichtssetting nicht nur eine fachliche Fokussierung, sondern auch eine auf nicht kognitive Schülermerkmale (Schukajlow, Rakoczy & Pekrun, 2017). Dabei sollte von einer Generalisierung des Effekts motivationaler und emotionaler Komponenten abgesehen werden und jene spezifischen Rahmenbedingungen sollten analysiert werden, bei denen von einer Förderung der Komponenten gesprochen werden kann (Schiefele & Streblow, 2006). Im Folgenden sollen die hier untersuchten Kontextfaktoren betrachtet werden.

Motivation Hierbei zeigen sich in bisherigen Studien zum Teil nur geringe korrelative Abhängigkeiten zum Lernerfolg. Die Bedeutsamkeit liegt jedoch bei unterschiedlich motivierten Lernenden im Wahlverhalten im Verlauf ihrer Bildungsbiografie (Wigfield, Eccles, Roeser & Schiefele, 2008). Diese empirischen Erkenntnisse stützt das Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie, in der die wechselseitige Beziehung zwischen Person mit individuellem Motiv und Situation als potentieller Anreizgeber als aktuelle Motivation verstanden wird, die zu einem spezifischen Verhalten führt (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2000). Motivation wird in Anlehnung an Rheinberg (2004, S. 17) als die „aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiven bewerteten Zielzustand“ definiert (Rhein-

berg, 2010). In der Literatur wird zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation differenziert (Schiefele & Streblow, 2006; Wigfield et al., 2008). Intrinsisch motivierte Lernende führen Handlungen zur Steigerung der eigenen Erlebnisqualität durch. Dies kann auf einer tätigkeitszentrierten oder gegenstandscentrierten Ebene stattfinden. Es bedeutet dementsprechend, dass die zu erreichenden Zielzustände in der Handlung selbst liegen. Extrinsisch motivierte Handlungen sind instrumentelle Handlungen, mit denen das Ziel verfolgt wird, positive Konsequenzen aus der Aktivität zu ziehen, so beispielsweise das Lob von Lehrkräften und Eltern oder die Belohnung durch Geschenke, aber auch die Vermeidung von negativen Konsequenzen. Dabei sollte die intrinsische und extrinsische Motivation nicht bipolar betrachtet werden. Vielmehr fungieren beide Konstrukte in einem Kontinuum, das sich je nach unterschiedlichen situativen Voraussetzungen in anderer Weise ausdrückt (Wigfield et al., 2008). Für die Entwicklung motivationaler Komponenten im schulischen Lernen ist es sinnvoll, das allgemeine Konstrukt der Motivation spezifisch für das Lernen zu betrachten und von Lernmotivation zu sprechen. Hierunter wird „die Bereitschaft der Person, bestimmte Aktivitäten vornehmlich deshalb auszuführen, weil sie sich davon einen Lernzuwachs verspricht“ verstanden (Rheinberg, 2002, S. 309). Dabei ist es zielführend, für die Betrachtung von Förderungsmöglichkeiten, insbesondere die intrinsische Lernmotivation als Kernelement zu analysieren, da es sich hierbei um „die Bereitschaft eines Menschen [handelt], sich aktiv, mehr oder weniger dauerhaft und wirkungsvoll mit bestimmten Inhaltsbereichen zu befassen, um Wissen aufzubauen und die eigenen Fertigkeiten zu verbessern“ (Müller, 2006, S. 49). Es ist auch dann von intrinsischer Motivation auszugehen, wenn der Lerngegenstand von außen an die Person herangetragen wird. Entscheidend ist dabei, dass die „Lernaktivität als selbstbestimmt erlebt wird, weil man sich mit dem Lerngegenstand identifiziert“ (Rheinberg, 2010, S. 335). Die intrinsische Lernmotivation ist aus mathematikdidaktischer Perspektive auch deshalb bedeutend, da sich darunter absichtsvolles und zielorientiertes Lernen unter eigener Aktivität subsumieren lässt (Müller, 2006). Dies eröffnet didaktische Potenziale zur Konstruktion von Lehr- und Lernarrangements, die das nachhaltige und sinnstiftende Lernen ermöglichen.

Interesse Oftmals wird das Konstrukt ‚Interesse‘ analog zum Begriff der intrinsischen Lernmotivation verwendet. Zur Abgrenzung definieren es Schiefele, Köller und Schaffner (2018) insbesondere über den Gegenstandsbezug. So kann Interesse als gegenstandscentrierte intrinsische Motivation verstanden

nahme auf Schüleremotionen und Schülerinnenemotionen wie Freude und eine Abnahme von Ärger und Langeweile (Bieg et al., 2017). Außerdem ergeben sich für den Mathematikunterricht unterschiedliche Einflüsse von affektiven und motivationalen Merkmalen von Lernenden durch geschlossene oder offene Aufgabenformate. Hieraus sind Potenziale der positiven Beeinflussung von Lernenden durch eine innovative Unterrichtsentwicklung ableitbar (Pekrun et al., 2006). Neben den genannten Aspekten zeigen sich ebenfalls für die Entwicklung des Interesses Veränderungspotenziale durch die Konzeption unterschiedlicher didaktischer Angebote (Rheinberg, 2002; Waldis, 2012).

Während der Einfluss von Lernmotivation, Interesse und Emotionen relativ umfassend beforscht ist, wurde die empirische Untersuchung im Rahmen des Einflusses unterschiedlicher mathematischer Kompetenzen sowohl auf prozessbezogener als auch auf inhaltsbezogener Ebene bisher vernachlässigt. Durch die nicht zu generalisierenden Ergebnisse des Einflusses von Lernmotivationen, Interesse und Emotionen, die sich je nach Kontext unterschiedlich gestalten, stellt sich die Frage, inwieweit ein bildungsbezogenes Aufgabensetting im dargelegten Verständnis zur Beeinflussung der Motivation, des Interesses und der Emotionen beitragen kann. Damit ist das Forschungsfeld umschrieben, das in der vorliegenden Studie bearbeitet werden soll. Insbesondere ist das Ziel, den Blick von Modellierungsaufgaben als authentische Aufgaben zu erweitern und diese im Hinblick auf den allgemeinbildenden Gehalt zu betrachten. Diese Fokusverschiebung dient der Observierung von Aufgaben und deren Subjektbezug. Sie sollten eine Relevanz für die nachschulische Praxis aufweisen.

Unter dem allgemeinbildenden Aspekt der Modellierungsaufgaben wird somit auch sinnstiftendes und langanhaltendes Lernen verstanden, was hier mit den Konstrukten ‚Motivation‘, ‚Interesse‘ und ‚Emotionen‘ in Verbindung gebracht werden soll. Die Beziehung zwischen allgemeinbildenden Modellierungsaufgaben und motivationalen und emotionalen Schülermerkmalen ist ein weiteres Ziel der Studie und der anschließenden Forschungsfragen.

3. Fragestellung

In der Studie soll untersucht werden, welche Wirkungen Modellierungsaufgaben, die auf Basis eines bildungsbezogenen Inhaltes konstruiert wurden, auf die Motivation, das Interesse und auf Emotionen der Lernenden zeigen. Zwei Phasen werden umfasst.

Die zugrunde liegende Hypothese wird verfolgt, wonach die Unterrichtsintervention aufgrund der didak-

tischen Aufbereitung eines zukunftsbezogenen Sachverhaltes in Modellierungsaufgaben einen positiven Einfluss auf die fokussierten Kontextvariablen hat. Grundlage sind dabei insbesondere die in der Theorie beschriebenen Facetten der Genese der intrinsischen Motivation und des Interesses, die sich als didaktisch und methodisch beeinflussbar darstellen. Durch die Konstruktion von Modellierungsaufgaben auf Grundlage von bildungsbezogenen Inhalten kommt es im Sinne der intrinsischen Motivationstheorie zu einer direkten Identifizierung mit dem Lerngegenstand; dies insbesondere aufgrund der Fokussierung auf Problemlösefähigkeiten in der nachschulischen Lebenswirklichkeit. Für das Interesse lassen sich die Problematisierung als Catch-Komponenten verstehen und die Identifizierung, Beschreibung und Diskussion als Hold-Komponente formulieren.

Das Ziel der ersten Phase ist es, relevante motivationale und emotionale Komponenten zu erfassen, die sich als sensitiv gegenüber einer Intervention mit Modellierungsaufgaben darstellen. Damit soll festgestellt werden, auf welchen Skalen ein Einfluss des Unterrichtsettings zu verzeichnen ist, um aufbauend die Hauptstudie nur mit besonders relevanten Skalen weiterzuführen. Außerdem werden die Indizien der Pilotierung verwendet, um das theoretische Modell zu konkretisieren und weiter aufzubauen.

Die Fragestellung, die sich für diese Studie ableitet, ist: Welchen Einfluss haben allgemeinbildende Modellierungsaufgaben auf die Motivation, das Interesse und die Emotionen von Lernenden? Daraus können folgende sekundäre Forschungsfragen abgeleitet werden: 1) Welche Möglichkeiten der Förderung ergeben sich aufgrund des Problematisierungsgehaltes der Aufgabe für das fachliche Interesse und die intrinsische Motivation? 2) Wie werden die mit Lernmotivation und Interesse verbundenen emotionalen Aspekte beeinflusst?

Zielsetzung dieses Beitrags ist die Feststellung und Beschreibung von relevanten Skalen, die sich als beeinflussbar gegenüber der in der Studie angestrebten Intervention darstellen.

4. Methode

4.1 Stichprobe

Die Untersuchung wurde an zwei Schulen im Bielefelder Umland durchgeführt, die aufgrund einer Praxiskoooperation für die Untersuchung zugänglich war. An jeder Schule wurde eine Schulklasse untersucht, wobei die Jahrgangsstufen 8 und 10 abgedeckt wurden. Beide Schulklassen hatten im vorangegangenen Unterricht das Thema ‚proportionale Zusammenhänge‘ thematisiert. In den Schulklassen nahmen ins-

gesamt $N=43$ Schülerinnen und Schüler an der Intervention teil. Nach der Datenaufbereitung reduzierte sich der Stichprobenumfang durch Ausfälle auf $N=36$ Schülerinnen und Schüler ($w=24$, $m=12$). Die 10. Klasse besuchten $N=19$ Schülerinnen und Schüler und $N=17$ aus der 8. Klasse. Das durchschnittliche Alter der Lernenden lag bei 14,58 Jahren ($SD=1,16$). Das durchschnittliche Alter der Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse betrug 15,54 Jahre ($SD=0,67$), das der Schülerinnen und Schüler der achten Klasse lag bei 13,57 Jahren ($SD=0,51$). Der sozioökonomische Status, operationalisiert durch Angabe der Anzahl der im Haushalt vorhandenen Bücher, wurde von den Schülern mit 3,28 ($SD=1,07$) angegeben, wobei keine Bücher mit einem und mehr als zweihundert Büchern mit 5 kodiert wurde. Es bestehen keine relevanten Unterschiede bezüglich des sozioökonomischen Status' zwischen den beiden Jahrgangsstufen. Die durchschnittliche Note der letzten Klassenarbeit in Mathematik lag bei den Schülerinnen und Schülern der 10. Klasse bei 2,53 ($SD=0,95$); bei Lernenden der 8. Klasse bei 2,74 ($SD=0,73$). Noch deutlichere Unterschiede in den mathematischen Leistungen zeigen sich bei der durchschnittlichen Note der letzten Klassenarbeit in Mathematik. Diese lag bei den Lernenden der 10. Klasse bei 2,90 ($SD=1,26$) und bei den Lernenden der 8. Klasse bei 3,68 ($SD=1,20$). Damit ergibt sich für die Note in der letzten Mathematikarbeit ein Notenunterschied von durchschnittlich 0,78 Notenpunkten. Dies bestätigt die Annahme, dass die 10. Klasse im Durchschnitt eine höhere Leistung im Mathematikunterricht erbringt.

4.2 Erhobene Konstrukte

Entsprechend der Konzeption der Studie wurden die Kontextvariablen erhoben. Hierfür wurden die Fragebögen von Pekrun et al. (2006) verwendet. Für die Pilotierung wird die Veränderung der Intervention an den folgenden sechs Skalen untersucht:

Interesse (8)¹, Motivation (5), Freude (8), Angst (9), Ärger (6) und Langeweile (6). Für alle Skalen wurde eine gute bis sehr gute Reliabilitätswerte (Interesse $\alpha = 0,81$, Motivation $\alpha = 0,85$, Freude $\alpha = 0,89$, Angst $\alpha = 0,92$, Ärger $\alpha = 0,92$, Langeweile $\alpha = 0,93$).

Beispielitems für die einzelnen Konstrukte:

Interesse: Was wir in Mathematik lernen, interessiert mich.

Motivation: In Mathematik tue ich etwas, weil ich gute Noten bekommen möchte.

Freude: Ich freue mich auf die Mathe-Stunde.

Angst: Wenn ich an den Mathematikunterricht denke, bin ich beunruhigt.

Ärger: Im Mathematikunterricht bin ich genervt.

Langeweile: Schon beim Gedanken daran, dass ich Hausaufgaben in Mathe machen muss, langweile ich mich.

Die Kodierung erfolgte mit einer fünfstufigen Likert-Skala mit den Ausprägungen: stimmt gar nicht (1), stimmt nicht (2), weder noch (3), stimmt (4), stimmt genau (5).

Des Weiteren wurde ein personenbezogener Fragebogen ausgeteilt, um schulische, demografische und soziale Grundinformationen über die Probanden zu erhalten. Diese werden für die Auswertung von Gruppenunterschieden verwendet.

Ziel dabei ist die Selektion von Konstrukten, die signifikant auf die Intervention reagieren und eine mittlere bis hohe Effektstärke vorweisen können.

4.3 Konzeption der Untersuchung

Im Mittelpunkt der fachdidaktischen Modellierung steht die Idee der Linearisierung komplexer Probleme. Diese wird in verschiedenen Anwendungsfelder für die Mathematik verwendet, wie in der Physik oder der Statistik. Ein Beispiel für eine lineare Sichtweise auf einen mathematischen Gegenstand ist die Betrachtung der Ableitung als eine lokale Linearisierung (Greefrath, Oldenburg, Siller, Ulm & Weigand, 2016). Für die Sekundarstufe I scheint diese Art der Mathematisierung interessant zu sein, so beispielsweise lineare Approximationen im Bereich der Proportionalität wie dem mittleren Verbrauch von PKWs. Hier wird approximativ der Mittelwert des Verbrauchs auf einer bestimmten gefahrenen Strecke verwendet, um damit über angenommene proportionale Zusammenhänge gestellte Probleme zu lösen. Eine prototypische mathematische Sachaufgabe wäre beispielsweise, die Angabe des Durchschnittsverbrauchs eines Fahrzeugs auf 100 km, der Angabe der Größe des Tanks und der Frage, wie weit das Fahrzeug mit vollem Tank fahren kann, ohne noch einmal aufzutanken.

Aus dieser Perspektive hat das funktionale Denken einen hohen Stellenwert dabei, authentische Kontexte mit Realbezug herzustellen, und es bieten sich unterschiedliche inhaltliche Ausprägungen dafür an. Aufgrund dessen ist es im Sinne einer mathematischen Grundbildung elementar, dass Lernende den Umgang funktionaler Zusammenhänge im realen Kontext erfahren und dafür die nötigen Grundvorstellungen aufbauen und festigen (Greefrath et al., 2016).

Im Unterrichtssetting wird die Entwicklung der Mobilität von morgen entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf der Technik der Elektromobilität und den Akkus. Insbesondere soll thematisiert werden, welche Folgen diese technische Lösung generiert. Zusätzlich

soll auch die Entwicklung der Batterietechnik durch ein Diagramm dargestellt werden. Die Lernenden sollten im Unterricht dabei in der ersten Phase Probleme der aktuellen Mobilität kennenlernen. Hierfür wurden Fotos von Städten in Smog und Zeitungsartikel über die Dieselpolitik präsentiert, wie in Abbildung 4 beispielhaft illustriert. Dieser Unterrichtseinstieg diente insbesondere der Bewusstmachung des Problems der Umweltverschmutzung und gesundheitlichen Gefährdung durch den Individualverkehr.



Abb. 4: Beispielfoto für den Unterrichtseinstieg.²

Hierauf aufbauend wurden das Elektroauto als potenzielle technische Lösung für die lokale Umweltverschmutzung vorgestellt und anschließend die nachfolgende Aufgabe bearbeitet.

Interventionseinstieg und erste Aufgabe des Schülerbogens:

Akkus und Batterien speichern Energie. Oft wird bei Elektroautos ein Wert in Wattstunden (Wh) bzw. Kilowattstunden (kWh) angegeben.

Aufgabe 1:

In Abbildung 2 (Seite 5) siehst du 3 verschiedene Akkus von unterschiedlichen Smartphones und in Abbildung 1 (Seite 4) siehst du 3 unterschiedliche Autotypen von Elektroautos.

- Berechne, wie viele Smartphone-Akku-Ladungen du benötigst, um eines der Elektrofahrzeuge vollständig zu laden (runde die Zahlen auf oder ab!)
- Berechne, wie viele Smartphone-Akku-Ladungen du benötigst, um 100 km zu fahren (runde die Zahlen auf oder ab!).

Die Lernenden sollten proportionale Zusammenhänge zwischen kWh und der Reichweite des Fahrzeuges und gegebenenfalls weitere proportionale Zusammenhänge entdecken, die sie über verschiedene Abbildungen ableiten sollten.

Eine Herausforderung dabei ist, dass die Lernenden die Daten zur Berechnung selbst recherchieren, wie in Abbildung 5 und Abbildung 6 exemplarisch dargestellt wird. Dieses Vorgehen sollte das selbstständige Recherchieren simulieren und die Autonomie

und das Kompetenzerleben der Lernenden stärken. Damit es zu einem zielgerichteten Vorgehen kommt und die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe nicht als zu komplex wahrnehmen, wurden Hilfekarten vorbereitet, die sie verwenden konnten.

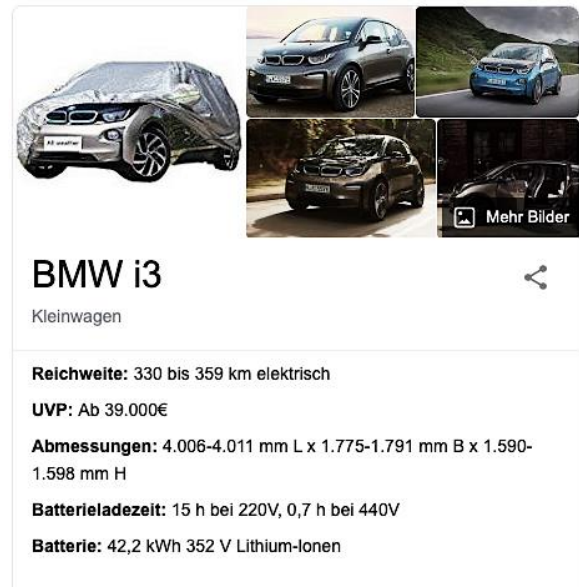


Abb. 5: Beispiel für eine Abbildung eines Elektroautos zur Gewinnung notwendiger Daten für die Berechnung.³



Abb. 6: Beispiel für einen Smartphone-Akku zur Gewinnung der Daten für die Berechnung.⁴

In der darauffolgenden Phase sollten die Lernenden einen neuen und einen alten Smartphone-Akku in einem Diagramm vergleichen, wie nachfolgend präsentiert und in Abbildung 7 dargestellt wird.

Aufgabe 2 der Intervention zum grafischen Vergleich eines alten und neuen Smartphone-Akkus:

Ein alter Handy-Akku hat eine Leistung von ca. 0,003 kWh. Ein neues Smartphone hat eine Leistung von ca. 0,010 kWh.

Die untenstehende Grafik zeigt, wie viele Akkus eines älteren Handys im Vergleich zu einem neuen Smartphone für den Betrieb eines Elektrofahrzeugs benötigt werden.

- Erkläre die untenstehende Grafik.
- Beschreibe die Bedeutung der technischen Entwicklung von Akkus für zukünftige Elektroautos.

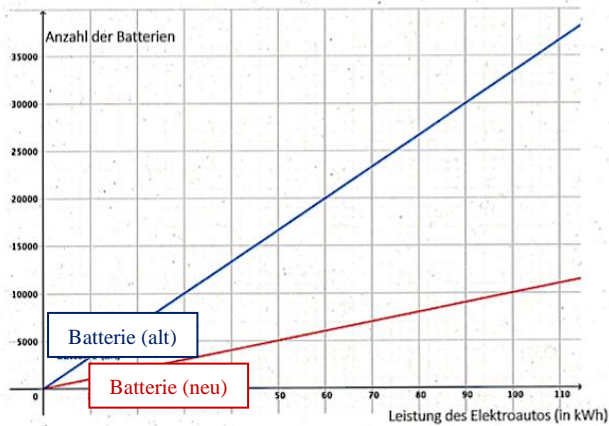


Abb. 7: Grafik der Aufgabe 2

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung bieten neue Akkus eine höhere Leistung, damit werden in der Summe hypothetisch auch weniger für den Betrieb eines Elektrofahrzeuges benötigt. Die Aufgabe dient dazu, diese Aspekte festzustellen und zu diskutieren, zum Beispiel unter der Fragestellung, inwieweit eine solche technische Weiterentwicklung fortgeführt werden kann.

In der abschließenden Aufgabe zur Intervention diskutierten die Lernenden den Materialverbrauch von Akkus.

Letzter Aufgabenteil der Intervention zur Integration der gewonnenen Erkenntnisse der vorherigen Modellierung:

- Im Vergleich zu normalen Benzin- und Dieselmotoren entstehen bei Elektrofahrzeugen keine Abgase durch Verbrennungsprozesse. Welche weiteren Vorteile könnten Elektrofahrzeuge haben?
- Wie in der obenstehenden Grafik zu sehen, benötigen Elektrofahrzeuge viele kleine Batterien für den Betrieb. Welche weiteren Nachteile könnten Elektrofahrzeuge haben?

Diese Aufgabe enthält die Aspekte ‚Technikfolgen‘ und ‚Umwelt‘, wie im Beispiel dargestellt. Ziel war es, dass die Lernenden in dieser Phase die durch die Modellierung gewonnenen Erkenntnisse in einen diskursiven Zusammenhang bringen.

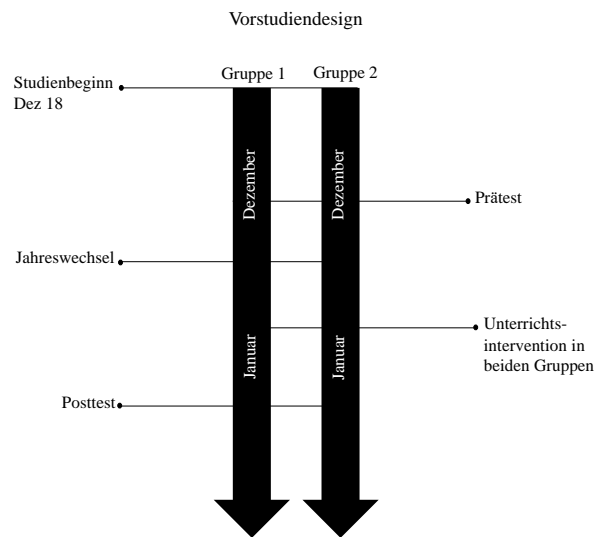


Abb. 8: Studiendesign für die Interventionsstudie

Abbildung 8 stellt das grundlegende Forschungsdesign dieser Interventionsstudie dar. Aufgrund der zeitlichen Vorgaben musste die Intervention in einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden. Außerdem wurde keine Kontrollgruppe verwendet, da es nicht das Ziel der Vorstudie war, kausale Schlussfolgerungen zu ziehen, sondern die Ergebnisse dieser Interventionsstudie zu verwenden, um das Design für eine sich anschließende Hauptstudie zu schärfen. Für diese ist eine Kontrollgruppe geplant.

5. Ergebnisse

5.1 Dokumentation von Aufgabenlösungen

Um den Einfluss der Intervention auf die Motivation, das Interesse und die Emotionen zu untersuchen, sollen zunächst Aufgabenlösungen dokumentiert und im Hinblick auf den bildungstheoretischen Teil dieser Studie eingeordnet werden.

Bei der Bearbeitung der Aufgaben wurden häufig Angaben markiert, insbesondere vermeintlich unbekannte Einheiten wie kWh bzw. Wh. Die Markierung wurde nicht als Tipp vorgeschlagen, sodass die meisten Lernenden dieses Vorgehen zum Erschließen unbekannter Wissensbestandteile aus dem Mathematikunterricht oder anderen Settings adaptiert haben.

Beim mathematischen Vorgehen für die erste Aufgabe gibt es ebenfalls eine Heterogenität an Lösungen. Für die bearbeiteten Aufgaben lassen sich grundsätzlich drei Arten von Lösungen unterscheiden. Der erste Typ von Lernenden geht rechnerisch vor und löst die Aufgaben durch eine Divisionsstrategie, wie in der Schülerlösung 1 dargestellt. Das rein rechnerische Verfahren ist insbesondere für den zweiten Bearbeitungsschritt aufwendiger und basiert auf einem quasi-proportionalen Vorgehen.

Neben der rein rechnerischen Lösung gibt es auch Lösungstypen, die sowohl rechnerische als auch proportionale Zusammenhänge zur Lösung nutzen, wie in Schülerlösung 2 illustriert. Der dritte Typ, zu denen die meisten Schülerinnen und Schüler der Intervention zählten, verwendet ein rein proportionales Vorgehen, um die Aufgaben zu lösen (Schülerlösung 3).

Schülerlösung 1 – rein rechnerisches Vorgehen bei der ersten Aufgabe:

- 1 a) Samsung Akkuladung: 11,5 Wh
- Tesla Model S: 75 Wh
- $11,5 \text{ Wh} : 1000 = 0,0115 \text{ kWh}$
- $75 : 0,0115 \text{ kWh}$
- 6521,739

A: Man braucht ca. 6521 Akkuladungen, um das Auto vollständig aufzuladen.

- 1 b) 490 km bei voller Ladung → 75 kWh

$$490 : 75 = 6,5\bar{3}$$

$$6,5\bar{3} \text{ für } 1 \text{ km}$$

$$6,5\bar{3} \cdot 100 = 643,3$$

$$643,3 : 0,0115 =$$

A: Man braucht ca. 653,3 Akkuladungen, um 100 km zu fahren

Schülerlösung 2 – rechnerisches und proportionales Vorgehen bei der ersten Aufgabe:

- 1 a) Volkswagen e-Golf und Huawei:
- Gegeben: 35,8 kWh und 12,76 Wh
- $12,76 : 1000 = 0,01276 \text{ kWh}$
- $35,8 : 0,01276 = 2805,6425 \text{ kWh}$

Antwort: Man benötigt 1805,6425 Huawei-Batterien, um das Elektroauto vollständig aufzuladen, für eine Reichweite von 300 km.

- 1 b) Gegeben: Volkswagen = 300 km

	Km	kWh	
:300	300	1805,6425	:300
	1	9,3520	
•100	100	935,2142	•100

Schülerlösung 3 – rein proportionales Vorgehen bei der ersten Aufgabe:

- 1 a) Geg.: Handy-Akku (Huawei) = 12,76 Wh = 0,01276 kWh
- Auto-Batterie = 75 kWh = 75.000 Wh

	Ladungen	Wh	
·5877,7	1	12,76	:5877,7
42947	5877,742947	75.000	:42947

Antwort: Der Tesla bräuchte 5877,742947 Huawei-Akku-Ladungen, damit der ‚Tank‘ voll ist bzw. das Auto aufgeladen ist. Zahl aufgerundet: 5878 Akku-Ladungen.

- 1 b) Geg.: Reichweite = 490 km
- Volles Auto = 5878 Handy-Ladungen

	Handy-Ladungen	km	
:4,9	5878	490	:4,9
	1199,5 ≈ 1200	100	

Antwort: Für 100 km braucht man ca. 1200 Handy-Ladungen.

Auch für die zweite Aufgabe der Intervention zeigt sich ein Spektrum an Lösungsverhalten. Bei den Lernenden in der Schülerlösung 4 wird das Erklären der Grafik wortwörtlich verstanden. Die Antwort in Aufgabenteil b) lässt darauf schließen, dass der Lernende im Bereich ‚Funktionen‘ noch kein adäquates Verständnis der Funktion als Ganzes und der Interpretation von Graphen entwickelt hat. Andere Lernende interpretieren die Grafik erwartungsgemäß und können Ableitungen zwischen der Verwendung von neuen und alten Akkus treffen (Schülerlösung 5).

Schülerlösung 4 – inhaltlich schwache Aufgabenlösung eines Lernenden für die Aufgabe 2:

- 2 a) Es ist in einem Koordinatensystem abgebildet mit Anzahl der Batterien bei der y-Achse und Leistung des Elektroautos auf der x-Achse.
- 2 b) Es gibt eine Gerade mit einer alten Batterie und eine mit einer neuen Batterie; und für die Zukunft werden die alten Batterien mehr für die Elektroautos und die alten sind nicht so viele wie bei den alten.

Schülerlösung 5 – substanzielle Beschreibung der Grafik eines Lernenden für die Aufgabe 2:

- 2 a) Da die neuen Akkus eine höhere Leistung haben, muss man sie nicht so oft laden wie einen alten Akku, um die gleiche Leistung zu erreichen.
- 2 b) Das ist sehr wichtig, da, wenn die Akkus mehr Leistung haben, man weiter mit ihnen fahren kann.

Positiv ist anzusehen, dass viele Schülerinnen und Schüler, die die erste Aufgabe nicht gelöst haben,

trotzdem die nachfolgenden Aufgaben bearbeitet haben. Insbesondere schien dabei die letzte Aufgabe, die prinzipiell kein weiteres mathematisches Vorgehen verlangte, von vielen auch leistungsschwachen Lernenden gelöst zu werden, bei zum Teil guten Argumentationen und Beschreibungen.

In Schülerlösung 6 ist eine Lösung eines Lernenden für die dritte Aufgabe der Intervention dargestellt. Der Lernende konnte die erste Aufgabe gar nicht und die zweite Aufgabe nur falsch lösen. Trotz dessen zeigen sich für die letzte Aufgabe sinnvolle Argumentationsstränge. In Schülerlösung 6 ist die erste Argumentation dargestellt, die vermutlich aus dem Einstieg abgeleitet wurde. Die zweite Argumentation in Schülerlösung 6 zeigt eine andere argumentative Basis, die wahrscheinlich aus öffentlichen Diskussionen bezüglich Elektromobilität stammt, da hier explizit fossile Energieträger genannt werden.

Schülerlösung 6 – Aufgabenlösung eines Lernenden für den ersten Teil der dritten Aufgabe:

3 a) Elektroautos haben einen Vorteil, indem die nicht nur keine Abgase machen, sondern auch keine fossilen Energietreiber benutzen.

Bei der Gegenargumentation zeigt sich noch deutlicher der Transfer von Vorwissen und Erfahrungen aus der Lebenswirklichkeit des Lernenden auf die Aufgabenstellung. So ist Kerngegenstand der Gegenargumente der Bezug des Stromes (Schülerlösung 7 und 8).

Schülerlösung 7 – Aufgabenlösung eines Lernenden für den ersten Teil der dritten Aufgabe:

3 a) Elektroautos haben einen Vorteil, indem die nicht nur keine Abgase machen, sondern auch keine fossilen Energietreiber benutzen.

Dabei wird eine kritische Position des Lernenden deutlich, indem er von „anderen angeblichen umweltschützenden Energieanbieter[n]“ spricht (Schülerlösung 8).

Schülerlösung 8 – Aufgabenlösung eines Lernenden für den zweiten Teil der dritten Aufgabe:

3 b) Ein Nachteil von Elektroautos ist, dass die öfters viel Strom verbrauchen, ~~weshalb der~~ und die Frage ist woher der Strom kommt. Denn der Strom ~~kann~~ muss entweder von einem Kraftwerk oder von einen anderen angeblichen umweltschützenden Energieanbieter.

Insgesamt lässt sich im Hinblick auf das Potenzial der Aufgaben darstellen, dass die Lernenden die Aufgabe auf unterschiedliche Weisen lösen konnten. Dies ist ein Indiz für die Eignung der Modellierungsaufgaben als authentisches Unterrichtssetting, sodass Schülerinnen und Schüler ihre Zugänglichkeit zum The-

menfeld individuell realisieren können. Die Dominanz rein proportionalen Vorgehens (vgl. Schülerlösung 3) kann damit erklärt werden, dass die proportionale Zuordnung in der vorangegangenen Unterrichtseinheit beider Klassen der fachliche Inhalt war. Als besonders positiv im Hinblick auf die kommende Auswertung der Kontextvariablen ist bereits anzumerken, dass Lernende selbst bei Nichtbearbeitung des ersten und/oder zweiten Aufgabenteils den dritten Aufgabenteil bearbeitet haben. Allerdings ist anzumerken, dass sich in der Bearbeitung der Aufgaben zum Teil gravierende mathematische Schwächen selbst bei Lernenden der 10. Klasse zeigten, die keinen Lösungsansatz für die erste und zweite Aufgabe entwickeln konnten.

5.2 Ergebnisse hinsichtlich des Interesses, der Lernemotionen und der Motivation

Für die Studie wurde die Hypothese angenommen, dass die Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, die im Sinne des dargelegten allgemeinbildenden Anspruchs konstruiert wurden, zu positiven Einflüssen auf die Erlebensweisen hinsichtlich der Motivation, des Interesses und des emotionalen Erlebens führt. Zur Untersuchung der Unterschiedshypothese wird ein abhängiger t-Test verwendet, um den Stichprobenmittelwert der Skalen für die Erhebung vor und nach der Intervention miteinander zu vergleichen. Zur Überprüfung von Gruppeneffekten wird zusätzlich eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Geprüft werden soll insbesondere, ob gruppenspezifischen Unterschiede zwischen den Skalen existieren.

Die Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest der positiven Schülermerkmale ist in Abbildung 9 über die Box Plots der Skalen dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Intervention nur zu leichten Veränderungen geführt hat. Entgegen den Erwartungen ist ein minimaler Rückgang des Durchschnitts für die auf den Skalen positiv ausgerichteten Schülermerkmale ‚Interesse‘, ‚Motivation‘ und ‚Freude‘ zu erkennen.

In Abbildung 10 ist die Veränderung der auf den Skalen negativ ausgerichteten Schülermerkmale ‚Angst‘, ‚Ärger‘ und ‚Langeweile‘ über die Box Plots der Skalen abgebildet. Für diese zeigt sich kaum eine Änderung des Skalendurchschnitts durch die Intervention. In der Tendenz ist aber eine geringe positive Entwicklung bezüglich des Mittels zu erkennen.

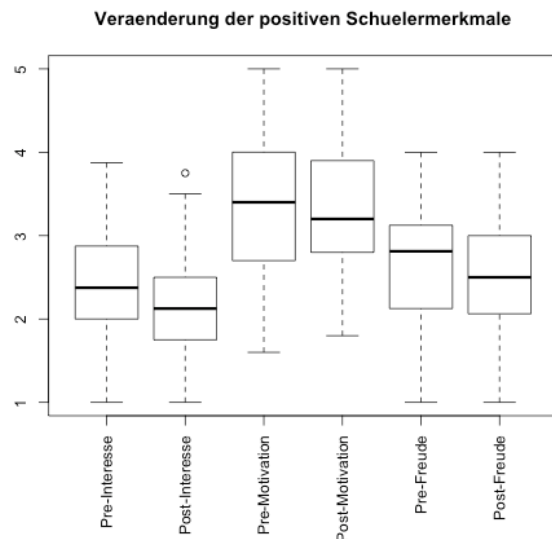


Abb. 9: Veränderung der positiven gerichteten Schülermerkmale ‚Interesse‘, ‚Motivation‘, ‚Freude‘ durch die Unterrichtsintervention

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse des Mittelwertvergleichs dargestellt, um zu prüfen, ob sich die in Abbildung 9 und 10 gezeigten Veränderungen statistisch verifizieren lassen. In Anbetracht des Stichprobenumfangs ist zufriedenstellend, dass die positiv ausgerichteten Schülermerkmale generell höhere Mittelwerte der Skalen aufweisen als die Skalen der negativ ausgerichteten. Im Post-Test sind ähnliche Tendenzen zu erkennen, jedoch führt die Reduktion des Mittelwertes des Interesses dazu, dass das Konstrukt ‚Langeweile‘ von den Lernenden im Mittel höher eingestuft wurde.

Die Testwerte der Lernenden vor und nach der Unterrichtsstunde unterschieden sich nur im Bereich von ‚Interesse‘ bedeutsam voneinander ($t[36] = 4,44$, zweiseitig, $p < .001$) mit einer mittleren Effektstärke (Cohen's $d = 0,68$ für abhängige Stichproben).

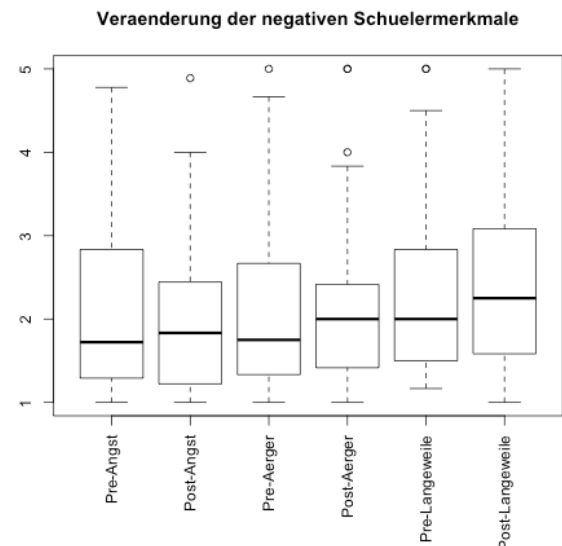


Abb. 10: Veränderung der negativen gerichteten Schülermerkmale Angst, Ärger und Langeweile durch die Unterrichtsintervention

Die Unterschiede der Daten der anderen Skalen zeigen keine signifikanten Veränderungen zwischen den beiden Messzeitpunkten. Die Motivation verhält sich unter den drei positiv assoziierten Skalen zwischen Vor- und Nacherhebung am stabilsten. Dies kann als theoretisch erwartungskonform interpretiert werden. Werden die Mittelwertunterschiede zwischen den Klassen pro Messzeitpunkt beachtet, unterscheiden sich die beiden Gruppen statistisch signifikant voneinander, dies für alle gemessenen Skalen (Tabelle 2).

Werden die Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse getrennt von denen der 8. Klasse betrachtet, so ist eine statistisch signifikant höhere mittlere Zustimmung zu den positiv gerichteten Schülermerkmalen zu erkennen und eine geringere Zustimmung zu den negativ ausgerichteten. Die Effektstärken liegen im mittleren bis hohen Bereich.

	Messzeitpunkt 1	Messzeitpunkt 2			
	$M (SD)$	$M (SD)$	t	p	Cohen's d
Interesse	2,44 (0,66)	2,19 (0,63)	4,44	,000	0,68
Motivation	3,39 (0,85)	3,31 (0,80)	1,11	,272	-
Freude	2,64 (0,73)	2,52 (0,75)	1,58	,122	-
Angst	2,16 (0,98)	2,05 (0,95)	1,34	,191	-
Ärger	2,05 (1,01)	2,07 (1,00)	-0,36	,720	-
Langeweile	2,36 (1,03)	2,47 (1,03)	-0,83	,411	-

Tab. 1: Veränderungen des Skalendurchschnitts durch die Intervention

	8. Klasse M (SD)	10. Klasse M (SD)		
Interesse (MZP1)	2,25 (0,72)	2,56 (0,68)	-72,97	,000
Interesse (MZP2)	2,03 (0,69)	2,30 (0,66)	-71,45	,000
Motivation (MZP1)	2,93 (0,84)	3,85 (0,69)	-92,6	,000
Motivation (MZP2)	3,06 (0,82)	3,61 (0,78)	-79,79	,000
Freude (MZP1)	2,37 (0,80)	2,99 (0,56)	-84,33	,000
Freude (MZP2)	2,29 (0,82)	2,82 (0,66)	-77,57	,000
Angst (MZP1)	2,3 (1,07)	1,96 (0,95)	-50,60	,000
Angst (MZP2)	2,14 (0,86)	1,94 (1,03)	-53,27	,000
Ärger (MZP1)	2,21 (1,25)	1,96 (0,90)	-50,13	,000
Ärger (MZP2)	2,26 (1,19)	2,00 (0,93)	-50,53	,000
Langeweile (MZP1)	2,73 (1,29)	2,03 (0,78)	-46,613	,000
Langeweile (MZP2)	2,65 (1,24)	2,34 (0,93)	-50,89	,000

Tab. 2: Mittelwertunterschiede zwischen den Klassen pro Messzeitpunkt

Im Rahmen der Untersuchung wird ergänzend zum Mittelwertvergleich der Skalen geprüft, in welchem Maße die Gruppenzugehörigkeit die Entwicklung der Schülermerkmale der Lernenden bestimmt. Besonders relevant sind dabei die Gruppenzugehörigkeiten ‚Klasse‘ und ‚Geschlecht‘. Die Varianzanalyse ergab für den Messzeitpunkt einen statistisch signifikanten Effekt für das Interesse ($F(1,36) = 20,008$, $p < .001$, bei mittlerer Effektstärke; $\text{par. } \eta^2 = .35$).

Für das Interesse zeigten sich keine weiteren signifikanten gruppenbezogene Effekte. Für die weiteren Skalen sind weder der Messzeitpunkt noch die betrachteten Gruppen als signifikant zu bewerten. Ebenfalls erweisen sich mögliche gruppenbezogene Effekte als nicht relevant, wenn für das Modell zusätzlich der Interaktionseffekt berücksichtigt wird. Für die Stichprobe sind keinerlei gruppenbezogene Effekte bezüglich der Veränderung der Skalen zwischen den Messzeitpunkten zu verzeichnen.

6. Diskussion

In diesem Beitrag sollte untersucht werden, welche Wirkungen Modellierungsaufgaben, die in einem zukunftsbezogenen authentischen Kontext dargeboten werden, auf die Motivation, das Interesse und die Emotionen haben. Zu diesem Zweck wurde eine kurze Interventionsstudie zum Thema ‚Mobilität von

morgen‘ durchgeführt. Die Bearbeitungen der dargebotenen Aufgabenserien von Schülerinnen und Schülern zeigen unterschiedliche Lösungs- und Strukturierungswege. Die Lösungsansätze werden als ein Zeichen der Authentizität betrachtet, da es unterschiedliche fachliche Bearbeitungsweisen der Aufgaben gibt. Überraschend waren die zum Teil erheblichen Schwierigkeiten der Lernenden, eine Lösung oder Lösungsansätze insbesondere für die erste Aufgabe zu finden, da es sich hierbei um eine einfach proportionale Zuordnung handelt.

Es kann angenommen werden, dass die eigentlichen Schwierigkeiten der Aufgabe nicht im mathematischen Gegenstand selbst lagen, sondern darin, die Daten für die Berechnung zusammenzustellen. Das Anliegen der Studie, die Wahlfreiheit der Daten und damit das Erleben von Autonomie, scheint bei Aufgaben ein weiterer Schwierigkeitsfaktor zu sein. Fachdidaktisch relevant sind besonders die Bewertungs- und Argumentationsaufgaben, die wenigstens zum Teil nicht von mathematischer Stringenz beherrscht sind und so gegebenenfalls einen Ansatzpunkt bieten, Lernenden Aufgabenlösungen zu bieten, die mit ihrer Mathematisierung nicht erfolgreich waren.

Erwartet wurde, dass sich das verwendete Unterrichtsetting auf die Motivation, das Interesse und die Emotionen von Lernenden auswirkt. Dieses lässt sich so allgemein nicht bestätigen. Im Hinblick auf die sekundären Forschungsfragen ist festzustellen, dass sich in dieser Stichprobe (1) die Förderung des fachlichen Interesses und der intrinsischen Motivation aufgrund des Problematisierungsgehalts der Aufgaben nicht fördern ließ.

Für die Skala ‚Interesse‘ kam es zu einer signifikanten Reduktion des mittleren Interesses. Damit lässt sich schließen, dass Interesse ein sensitiver Prädiktor des Einflusses von Modellierungsaufgaben ist. (2) Ebenso ergaben sich keine nachweisbaren Einflüsse auf das emotionale Erleben der Schülerinnen und Schüler.

Diese auf den ersten Blick ernüchternden Ergebnisse lassen sich aus fachdidaktischer Sicht auf verschiedenen Ebenen diskutieren: Bei der ersten steht die Komplexität der Modellierung im Fokus. Die Lernenden mussten durch die Unterrichtsstunde in besonderem Maße prozessbezogene Kompetenzen zeigen, die über das ‚reguläre‘ unterrichtliche Setting hinausgehen. Ebenfalls war der mathematische Gegenstand der Proportionalität für die Lernenden zwar bekannt, keineswegs kann aber davon ausgegangen werden, dass sie den Gegenstand sicher im Sinne einer Linearisierung beherrschten. Diese Einflussfaktoren könnten negative Rückkopplungseffekte erzeugen und so dazu führen, dass sich die Erwartungen nicht erfüllen. Mit einer stärkeren Sequenzierung könnte künftig dafür Sorge getragen werden, dass die komplexe Modellierung von Lernenden nicht als Überforderung empfunden wird. In einer Hauptstudie sollte außerdem die Validierung bzw. die Diskussion der Ergebnisse stärker fokussiert auf die eigene Lebenswelt untersucht werden. Ebenso ist die sprachliche Komplexität der Aufgaben zu betrachten: Die Elektromobilität enthält viele unbekannte Größen wie kWh. Diese mussten in der Modellierung aus Bildern von Akkus selbstständig abgelesen werden. An dieser Stelle wurden multimodale Fähigkeiten verlangt, die zur Steigerung der Komplexität der sprachlichen Struktur beigetragen haben.

Die zweite Ebene stellt den Bereich der Subjektorientierung dar: Zwar bietet die Mobilität von morgen und insbesondere Elektromobilität einen zukunftsorientierten Kontext, jedoch ist dieser nicht zwangsläufig auch bedeutsam für die Lernenden. Die Relevanz könnte insoweit verändert werden, dass sie in einem näheren Lebensbezug zu den Lernenden steht. Der Einbezug des Smartphones scheint hier ein richtiger Schritt. Der Fokus sollte dementsprechend stärker im

Bereich des Verbrauches von Akkus liegen, um damit den Umweltaspekt des Kontextes zu schärfen.

Insgesamt zeigt sich in der Interventionsstudie, dass das Vorhaben eine teilweise Komplexreduktion benötigt und eine stärkere Fokussierung auf Aspekte, die Relevanz und Subjektorientierung verbinden. Das Konstrukt ‚Interesse‘ und der Einfluss von authentischen Modellierungsaufgaben sollten insbesondere untersucht werden. Jedoch werden weitere Konstrukte für eine Erhebung nicht ausgeschlossen, da es deutliche Gruppendifferenzen gab. Dabei bleibt die Frage offen, aus welchem Grund Skalenergebnisse zwischen den Gruppen existieren. Positiv hervorzuheben ist, dass trotz der Schwierigkeiten auf den verschiedenen Ebenen, die untersuchten Konstrukte stabil bleiben. Ein bedeutsamer Abfall kann insgesamt nicht festgestellt werden. Dieses spricht bei den Kontextvariablen ‚Interesse‘ und ‚Motivation‘ für die relative Stabilität der Konstrukte. Im Fall der Emotionen kann hingegen eine Veränderung antizipiert werden, dies möglicherweise bei einer längeren Intervention, die über mehrere Schulstunden verläuft. Durch eine zeitlich intensive Auseinandersetzung mit dem Thema ist ein Effekt auf die Emotionen denkbar.

Schlussfolgerung

Trotz der zum Teil unerwarteten Ergebnisse der Vorstudie ist die Relevanz authentischer Modellierungen, die nach allgemeinbildenden Kriterien konstruiert sind, erheblich; insbesondere für einen sinnstiftenden Mathematikunterricht, in dem nicht nur die inhaltlichen Belange ernst genommen werden, sondern auch die kontextuellen Grundlagen der Aufgabenstellungen. Damit bietet die Problemlösefähigkeit das Potential, Lernenden darzustellen das Mathematik auch für die außerschulische Praxis relevant ist. Damit ist nicht nur sinnstiftendes, sondern ein langanhaltendes Lernen möglich. Die Rückmeldung der Lernenden, unabhängig von der statistischen Datelage, deutete im persönlichen Gespräch darauf hin, dass es zu einer höheren Diskussionswürdigkeit der Ergebnisse kam, indem besonders auch leistungsschwache Schülerinnen und Schüler einen Beitrag leisten können. Das legt nahe, dass durch eine verbesserte Ausgestaltung der Aufgaben, die Fokussierung auf relevante Konstrukte und ein verbessertes Design eine positive Veränderung der Motivation, des Interesses und der Emotionen möglich wird. Aus diesem Grund ist die Interventionsstudie Ausgangspunkt für weitere Forschungen im Bereich des Themenfeldes authentischer Modellierungsaufgaben zur Förderung von Motivation, Interesse und Emotionen.

Anmerkungen

¹ In Klammern ist die Anzahl der verwendeten Items pro Skala angegeben.

² Quelle: https://www.huffpost.com/entry/dont-breathe-easy_b_5a008a43e4b0d467d4c226eb

³ <https://www.google.de>

⁴ <https://shop.kaputt.de/p/huawei-mate-10-lite-akku>

Literatur

- Ahmed, W., Kuyper, H., van der Werf, M., & Minnaert, A. (2013). Emotions, self-regulated learning, and achievement in mathematics: A growth curve analysis. *Journal of Educational Psychology, 105*(1), 150-161.
- Bieg, M., Götz, T., Sticca, F., Brunner, E., Becker, E., Morger, V., & Hubbard, K. (2017). Teaching methods and their impact on students' emotions in mathematics: an experience-sampling approach. *ZDM Mathematics Education, 49*, 411-422.
- Blum, W., & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *Mathematik lehren, 128*, 18-21.
- Carmichael, C., Callingham, R., & Watt, H. (2017). Classroom motivational environment influences on emotional and cognitive dimensions of student interest in mathematics. *ZDM Mathematics Education, 49*, 449-460.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik, 39*(2), 223-238.
- Fischer, R. (2013). Entscheidungs-Bildung und Mathematik. In M. Rathgeb, M. Helmerich, R. Krömer, K. Lengnink & G. Nickel (Hrsg.), *Mathematik im Prozess. Philosophische, Historische und Didaktische Perspektiven* (S. 335-345). Wiesbaden: Springer.
- Gellert, U., & Jablonka, E. (2008). The demathematizing effect of technology. Calling for critical competence. In P. Clarkson & N. C. Presmeg (Hrsg.), *Critical issues in mathematics education*. Berlin: Springer.
- Götz, T., Pekrun, R., Zirngibl, A., Jullien, S., Kleine, M., vom Hofe, R., & Blum, W. (2004). Leistung und emotionales Erleben im Fach Mathematik. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 18*(3-4), 201-212.
- Greefrath, G., Kaiser, G., Blum, W., & Ferri Borromeo, R. (2013). Mathematisches Modellieren – eine Einführung in theoretische und didaktische Hintergründe. In R. Borromeo Ferri, G. Greefrath, & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule – theoretische und didaktische Hintergründe* (S. 11-37). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Greefrath, G., Oldenburg, R., Siller, H.-S., Ulm, V., & Weigand, H.-G. (2016). *Didaktik der Analysis. Aspekte und Grundvorstellungen zentraler Begriffe*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R. & Greefrath, G. (2015). Anwendungen und Modellieren. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kaiser, G. & Schwarz, B. (2010). Authentic modelling problems in mathematics education – examples and experiences. *Journal für Mathematik-Didaktik, 31*(1), 51-76.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Kleine, A., & Vogt, H. (2003). Einfluss der didaktisch-methodischen Ausgestaltung des Unterrichts auf die Interessiertheit der Kinder bezüglich eines unbeliebten Unterrichtsgegenstandes des Sachunterrichtes. In R. Klee, H. Bayrhuber, & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 9-18). Salzburg: Studienverlag.
- Kleine, M. (2012). Lernen fördern: Mathematik. Unterricht in der Sekundarstufe I. Seelze: Kallmeyer-Klett.
- Knollmann, M., & Wild, E. (2007). Alltägliche Lernemotio-nen im Fach Mathematik: Die Bedeutung von emotionalen Regulationsstrategien, Lernmotivation und Instruktionsqualität. *Unterrichtswissenschaft, 35*, 334-354.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik, 5*, 747-770.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interesse im Unterricht. *Psychologie, Erziehung, Unterricht, 44*, 185-201.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse. Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. *Zeitschrift für Pädagogik, 45*(3), 387-406.
- Meyer, M. A. & Meyer, H. (2007). *Wolfgang Klafki. Eine Didaktik für das 21. Jahrhundert?* Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Müller, F. H. (2006). Interesse und Lernen. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung, 29*(1), 48-62.
- Niss, M. (1992). *Applications and modelling in school mathematics – directions for future development*. Roskilde: IMFUFA Roskilde Universitetscenter.
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review, 18*, 315-341.
- Pekrun, R., vom Hofe, R., Blum, W., Götz, T., Wartha, S., Frenzel, A. & Jullien, S. (2006). Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik (PALMA). Entwicklungsverläufe, Schülervoraussetzungen und Kontextbedingungen von Mathematikleistungen in der Sekundarstufe I. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 21-53). Münster: Waxmann.
- Rheinberg, F. (2002). Veränderung der Lernmotivation in Mathematik: Eine Komponentenanalyse auf der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Pädagogik, 45*, 308-320.
- Rheinberg, F. (2004). Motivational competence and flow-experience. *Paper presented at the 2nd European Conference of Positive Psychology*, Verbania, Italy.
- Rheinberg, F. (2010). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation und Handeln* (S. 365-388). Berlin: Springer.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2000). Motivation and self-regulated learning. In J. Heckhausen (Hrsg.), *Motivational Psychology of Human Development* (S. 81-108). North Holland: Elsevier.
- Rosch, J. (2013). Bildungsprobleme im Mathematikunterricht. Eine Fallstudie zum Lernen von Algebra. In M. Rathgeb, M. Helmerich, R. Krömer, K. Lengnink, & G. Nickel (Hrsg.), *Mathematik im Prozess. Philosophische, Historische und Didaktische Perspektiven* (S. 225-238). Wiesbaden: Springer.

- Schiefele, U., Köller, O., & Schaffner, E. (2018). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D. H. Rost & J. R. Sparfeldt (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (Vol. 5, S. 309-319). Weinheim, Basel: Beltz.
- Schiefele, U., & Streblov, L. (2006). Motivations- und Emotionsstrategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 232-247). Göttingen: Hogrefe.
- Schukajlow, S., Blum, W., Pekrun, R., Leiß, D. & Müller, M. (2009). Unterrichtsformen, erlebte Selbständigkeit, Emotionen und Anstrengung als Prädiktoren von Schülerleistungen bei anspruchsvollen mathematischen Modellierungsaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 37(2), 164-186.
- Schukajlow, S., Rakoczy, K., & Pekrun, R. (2017). Emotions and motivation in mathematics education: theoretical considerations and empirical contributions. *ZDM Mathematics Education*, 49, 307-322.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Vogt, H. (2001). *Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern. Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG*. Berliner Institut für Didaktik der Biologie, 10, 17-31.
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Vohns, A. (2013). Zur Bedeutung mathematischer Handlungen im Bildungsprozess und als Bildungsprodukte. In M. Rathgeb, M. Helmerich, R. Krömer, K. Lengnink, & G. Nickel (Eds.), *Mathematik im Prozess* (S. 319-333). Wiesbaden: Springer.
- Waldis, M. (2012). *Interesse an Mathematik. Zum Einfluss des Unterrichts auf das Interesse von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Wigfield, A., Eccles, J., Roeser, R., & Schiefele, U. (2008). Development of achievement motivation. In W. Damon & R. M. Lerner (Hrsg.), *Child and adolescent development. An advanced course* (S. 406-436). New Jersey: Wiley.
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37-46.

Anschrift der Verfasser

David Bednorz
 Universität Bielefeld
 Institut für Didaktik der Mathematik
 Universitätsstraße 25
 33615 Bielefeld
david.bednorz@uni-bielefeld.de

Judith Huget
 Universität Bielefeld
 Fakultät für Didaktik der Mathematik
 Universitätsstraße 25
 33615 Bielefeld
judith.huget@uni-bielefeld.de

Michael Kleine
 Universität Bielefeld
 Fakultät für Didaktik der Mathematik
 Universitätsstraße 25
 33615 Bielefeld
michael.kleine@uni-bielefeld.de

Anhang

<p>1a) Samsung Akku-Ladung 11,5Wh Tesla Model S : 75 Wh $11,5\text{Wh} : 1000 = 0,0115\text{kWh}$ $75 : 0,0115\text{kWh}$ 6 521,739</p> <p>A: Man braucht ca. 6 521 Akkuladungen um das Auto vollständig aufzuladen.</p>
<p>b) 490 bei voller Ladung $\rightarrow 75\text{kWh}$ $490 : 75 = 6,5\bar{3}$ 6,5$\bar{3}$ für 1 km $6,5\bar{3} \cdot 100 = 653,3\bar{3}$ 653,3 $653,3 : 0,0115 =$</p> <p>A: Man braucht ca. 653,3 Akkuladungen um 100km zu fahren.</p>

(Huawei)

a) geg.: Handy-Akku = $12,76 \text{ Wh} = 0,01276 \text{ kWh}$
 Auto-Batterie = $75 \text{ kWh} = 75.000 \text{ Wh}$

Ladung	Wh	
1	12,76	} $\cdot 5877,742947$
5877,742947	75.000	

$\cdot 5877,742947$

Antwort: Das Tesla bräuhchte 5877,742947 Huawei-Akku-Ladungen, damit der „Tank“ voll ist bzw. das Auto aufgeladen ist.
 Zahl aufrundet: 5878 Akku-Ladungen

b) geg.: Reichweite = 490 km
 Volles Auto = 5878 Handy-Ladungen

Handy-Ladungen	km	
5878	490	} $\cdot 4,9$
118,5	100	

$\cdot 4,9$

Antwort: Für 100km braucht man ca. 1200 Handy-Ladungen.

Aufgabe 2:

a) Es ist in einem Koordinatensystem abgebildet mit Anzahl der Batterien bei der y Achse und Leistung des Elektroautos auf der x Achse.

b) Es gibt eine Gerade mit einer alten Batterie und eine Gerade mit einer neuen Batterie und für die Zukunft werden die alten Batterien mehr für die Elektroautos und die alten sind nicht so viele wie bei den alten.

2)

a) Da die neuen Akkus eine höhere Leistung haben, muss man sie nicht so oft laden, wie einen alten Akku, um die gleiche Leistung zu erreichen.

b) Das ist sehr wichtig, das wenn die Akkus mehr Leistung haben, man weiter mit ihnen fahren kann.

a) Ein Nachteil von Elektroautos ist, dass die oft nie 1 Strom verbrauchen, weshalb das und die Frage ist woher der Strom kommt. Denn der Strom ~~kommt~~ muss entweder von einem Kraftwerk oder von einer anderen angebotenen umweltfreundlichen Energie kommen.