



– Originalbeitrag –

Der Einsatz gestufter Lernhilfen als Unterstützung für Lernende im Kontext des biologischen Experimentierens

Einfluss auf die Schüler*innen-Motivation im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht

Svea Isabel Kleinert¹, Kris-Stephen Besa² und Matthias Wilde¹

¹Universität Bielefeld,

Biologiedidaktik (Zoologie & Humanbiologie)

²Westfälische Wilhelms-Universität Münster,

Allgemeine Didaktik und Unterrichtsforschung

ZUSAMMENFASSUNG

Experimentieren im Biologieunterricht als komplexer Problemlöseprozess könnte durch den Einsatz gestufter Lernhilfen gefördert werden. Aus lernpsychologischer Sicht unterstützen diese binnendifferenzierenden und selbstständigkeitsfördernden Instrumente die Kompetenzwahrnehmung von Schüler*innen. Gleichzeitig könnte dem Motivations- und Interessesabfall in den Naturwissenschaften begegnet werden. Vor dem Hintergrund fehlender mathematischer Kompetenzen bei der Auswertung eines Experimentes könnten zusätzliche gestufte Lernhilfen im Mathematikunterricht implementiert werden. Diese instruktionalen Unterstützungen könnten gleichzeitig einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Kompetenz und die intrinsische Motivation der Lernenden entfalten. Die vorliegende Studie untersuchte daher den Einfluss gestufter Lernhilfen während der Auswertung eines Experimentes im Biologieunterricht sowie im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Thema Lineare Funktionen im Mathematikunterricht auf die Kompetenzwahrnehmung und die intrinsische Motivation der Schüler*innen. Hierzu wurden 75 Lernende einer Versuchsschule (55,2 % weiblich; $M_{\text{Alter}} = 16.5$ Jahre, $SD_{\text{Alter}} = 0.80$ Jahre) in einer Unterrichtseinheit zum Thema *Osmose* im Naturwissenschaftsunterricht sowie zum Thema *Lineare Funktionen* im Fach Mathematik unterrichtet und Daten zur Kompetenzwahrnehmung und weitere Daten zur intrinsischen Motivation erhoben. Mithilfe von univariaten Kovarianzanalysen wurden für den Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht deutliche deskriptive bzw. signifikante Unterschiede in der wahrgenommenen Kompetenz, zugunsten der Lernenden, die beim biologischen Experimentieren gestufte Lernhilfen nutzten, gefunden; tendenziell signifikante Unterschiede in der intrinsischen Motivation konnten nur für das biologische Experimentieren berichtet werden. Der zusätzliche Einsatz gestufter Lernhilfen im Mathematikunterricht konnte keine Hinweise auf eine erhöhte Motivation der Lernenden hervorbringen.

Schlüsselwörter: Gestufte Lernhilfen, Experimentieren, Mathematik, Intrinsische Motivation, Kompetenzwahrnehmung



– Original Paper –

The use of incremental scaffolds as support for learners in the context of experimenting in biology

Influence on students' intrinsic motivation in science and math classes

Svea Isabel Kleinert¹, Kris-Stephen Besa² und Matthias Wilde¹

¹Universität Bielefeld,

Biologiedidaktik (Zoologie & Humanbiologie)

²Westfälische Wilhelms-Universität Münster,

Allgemeine Didaktik und Unterrichtsforschung

Abstract

Experimenting in biology classes as a complex problem-solving process could require the use of incremental scaffolds. From the perspective of educational psychology, these internal differentiating and independence-promoting instruments could support the students' perception of competence. The decline in motivation and interest in science could also be countered. Against the background of a lack of mathematical skills when evaluating an experiment, additional incremental scaffolds could be implemented in mathematic lessons. These supportive instruments could also have a positive impact on the learners' perceived competence and intrinsic motivation. The present study therefore examines the influence of incremental scaffolds during experimentation in biology lessons as well as during a teaching unit on the subject of linear functions in mathematics lessons on the perception of competence and the intrinsic motivation of the students. For this, 75 students (55,2 % female; $M_{\text{age}} = 16.5$ years, $SD_{\text{age}} = 0.80$ years) were taught *osmosis* and *linear functions* during teaching units in science and mathematics. Data about the competence perception and intrinsic motivation were collected. Regarding science and mathematics lessons, univariate covariance analyses revealed descriptive and significant differences in perceived competence, in favor of the students, who used incremental scaffolds in biological experimentation. Significant differences in the intrinsic motivation could only be reported during the experiment in biology class. The additional use of incremental scaffolds in math lessons could not indicate any increased learners' motivation.

Key words: incremental scaffolds, experimenting, mathematics, intrinsic motivation, perceived competence

1 Einleitung

Die jüngsten PISA-Studien beschreiben einen Interessen- und Motivationsabfall von Schüler*innen in Deutschland in den Fächern Naturwissenschaften und Mathematik (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019; Schiepe-Tiska, Rönnebeck et al., 2016; Schiepe-Tiska et al., 2013). Zur Motivations- und Interessenförderung im Naturwissenschaftsunterricht fordern Schiepe-Tiska, Simm und Schmidtner (2016) und Schiepe-Tiska et al. (2019) eine Integration von Experimenten sowie eine damit einhergehende veränderte Aufgabenkultur. So könnten strukturierte Experimentierprozesse aus lernpsychologischer Sicht zu einem effektiven Lernprozess sowie einer Motivationsförderung beitragen (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Eine instruktionale Unterstützung und Strukturierung des biologischen Experimentierprozesses könnte der Einsatz gestufter Lernhilfen gewährleisten. Diese könnten den Schwierigkeiten der Schüler*innen bezüglich der Bearbeitung von offenen biologischen Experimentieraufgaben (Hamann & Prenzel, 2008) durch ihren binnendifferenzierenden Charakter entgegenwirken (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel, 2010). Vor dem Hintergrund der heterogenen Schülerschaft in der Eingangsphase einer Versuchsschule spielen diese binnendifferenzierenden Maßnahmen eine bedeutende Rolle (Hahn, Stiller, Stockey & Wilde, 2013). Darüber hinaus wiesen Studien Schüler*innen fehlende mathematische Kompetenzen zur Auswertung von naturwissenschaftlichen Experimenten nach (Wellnitz & Mayer, 2013). Um dieser Problemstellung zu begegnen, könnte auch im Mathematikunterricht auf entsprechende gestufte Lernhilfen zurückgegriffen werden (Labudde, 2014), um so die mathematischen Erfordernisse besser bereitzustellen. Auf diese Weise könnte gleichzeitig zu einer verbesserten Anwendungsorientierung des Mathematikunterrichtes beigetragen werden. In den jüngsten PISA-Studien wurde für Mathematikunterricht die Relevanz mathematischer Kompetenzen betont und der Interessen- und Motivationsförderung eine wesentliche Rolle zugeschrieben (Schiepe-Tiska et al., 2013). Ziel der vorliegenden Studie ist demnach die Untersuchung des Einflusses gestufter Lernhilfen während der Auswertung eines biologischen Experimentes sowie im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Thema Lineare Funktionen im Mathematikunterricht auf die Motivation der Schüler*innen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Der schmale Grat angemessener Strukturierung des Experimentierens im Biologieunterricht

Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung stellen einen wesentlichen Teil naturwissenschaftlicher Grundbildung (*Scientific Literacy*) dar (Mayer, 2018). Das biologische Experiment als fachgemäße Arbeitsweise in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kann als komplexer Problemlöseprozess beschrieben werden und folgt einer hypothetisch-deduktiven Erkenntnislogik (Abd-El-Khalick et al., 2004; Popper, 1984). Der Grad der Strukturierung komplexer Experimente im Biologieunterricht spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Zur Entwicklung eines Verständnisses der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sollten offene Experimentieraufgaben im Biologieunterricht implementiert werden (Mayer, 2018). Jedoch wiesen zahlreiche Untersuchungen Schüler*innen Schwierigkeiten beim offenen Experimentieren nach (Arnold, Kremer & Mayer, 2013, 2014; Schiepe-Tiska, Rönnebeck et al., 2016). Neben den experimentellen Teilkompetenzen des Aufstellens von Hypothesen sowie dem Planen und Durchführen von Experimenten bereiten Lernenden insbesondere die Datenauswertung und -interpretation Schwierigkeiten (Arnold et al., 2014; de Jong & van Joolingen 1998; Germann, Aram & Bruke, 1996). Während den Schüler*innen mathematische Kompetenzen zur Auswertung der Experimente im Biologieunterricht fehlen (Wellnitz & Mayer, 2013), weisen sie weiterhin Defizite in der Erklärung experimenteller Ergebnisse auf (Germann et al., 1996). Im Hinblick auf die fehlenden mathematischen Kompetenzen der Schüler*innen, die auch die jüngsten PISA-Studien beschreiben, schlagen Schiepe-Tiska et al. (2013) authentische Aufgabenkontexte vor. Durch fächerübergreifende Konzeptionen zwischen Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht könnten eine solche Anwendungsorientierung sowie die Relevanz mathematischer Fachinhalte verdeutlicht werden (Labudde, 2014; Schiepe-Tiska et al., 2013). Solche authentischen Lernkontexte könnten biologische Experimente liefern (Gropengießer, 2018). Mathematische Fachinhalte könnten in die Auswertung dieser Experimente im Biologieunterricht eingebettet werden. Durch diese Kontextualisierung des erworbenen Wissens können die lebensweltliche Relevanz sowie der Nutzen der Anwendung der Inhalte sichtbar werden; einem ausschließlichen Denken in schulischen Fächergrenzen wird entgegengewirkt (Labudde, 2014).

Lernende könnten dadurch ihre Alltagswirklichkeit besser verstehen und sich damit wirksamer und kompetenter fühlen (Ryan & Deci, 2017). Walker (2017) stellte in einer Untersuchung zu den angelsächsischen STEM-Konzepten (Kelley & Knowles, 2016) heraus, dass durch die authentischen Kontexte verbesserte Lernergebnisse der Lernenden erzielt wurden.

Neben den Schwierigkeiten der Lernenden im Hinblick auf experimentelle Teilkompetenzen weisen Lernende Defizite in der Verwendung adäquater Problemlösestrategien für das eigenständige Experimentieren zu komplexen, lebensweltlich orientierten Problemstellungen aus der Biologie auf (Kirschner et al., 2006). Studien zeigten in diesem Zusammenhang, dass offenes Experimentieren im Vergleich zu direkten Experimentieranleitungen zu einem erhöhten *Cognitive Load* bei Lernenden führen könnte und somit als wenig wirksam beschrieben werden kann (Kirschner et al., 2006; Klahr & Nigam, 2004).

Zur Gewährleistung des Aufbaus von Fachwissen werden Experimentieraufgaben aus diesem Grund häufig stark vorstrukturiert. Direkte Experimentierinstruktionen stehen jedoch im Widerspruch zu konstruktivistischen Ansätzen und mindern den authentischen Charakter des Experimentierens (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Vor diesem Hintergrund könnten während des biologischen Experimentierens Unterstützungs- und Strukturierungsmaßnahmen erforderlich sein, um das Durchführen gewünschter komplexer naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse zu gewährleisten (Arnold, Kremer & Mayer, 2017; Blanchard et al., 2010; de Jong, 2019).

2.2 Die Gestaltung gestufter Lernhilfen

Um komplexe biologische Fragestellungen mit einer heterogenen Lerngruppe bearbeiten zu können, bedarf es Unterstützungs- und Strukturierungsmaßnahmen für die Lernenden. Diese Maßnahmen könnten gestufte Lernhilfen darstellen. Sie bieten die Möglichkeit der instruktionalen Anleitung bei gleichzeitiger Förderung der Selbstständigkeit von Lernenden, um komplexe Aufgaben- und Problemstellungen zu bearbeiten (Hänze et al., 2010). Eine komplexe Aufgabenstellung, die mit gestuften Lernhilfen bearbeitet werden soll, sollte in Teilaufgaben untergliedert werden können. Gestufte Lernhilfen sind zweistufig aufgebaut. Die Unterstützung zu jeder Teilaufgabe wird zunächst durch lernstrategische oder inhaltliche Hinweise gewährleistet (Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008). Auf

diese Weise werden das eigenständige Denken und Handeln der Lernenden gefördert. Nach einer selbstständigen (Teil-)Aufgabenbearbeitung können die Schüler*innen eine Musterlösung für die (Teil-)Aufgabe erhalten. Die Denk- und Handlungsimpulse beinhalten hierbei Strategien des Lernens und Problemlösens, u.a. *Paraphrasieren, Elaborieren von Unterzielen und Aktivierung von Vorwissen* (Schmidt-Weigand et al., 2008).

Von der beschriebenen Abstufung der Lernhilfen profitieren Schüler*innen unterschiedlicher Lernausgangslagen. Während diese für leistungsschwächere Lernende das Abbrechen der Aufgabenbearbeitung bei Frustrationserlebnissen reduzieren, erlauben sie leistungsstärkeren Lernenden zur Kontrolle den Abgleich mit den Musterlösungen (Hänze et al., 2010; Schmidt-Weigand et al., 2008). Untersuchungen konnten in diesem Zusammenhang bereits den binnendifferenzierenden Charakter der gestuften Lernhilfen im Biologie- und Naturwissenschaftsunterricht verdeutlichen. So zeigten diese Studien, dass Schüler*innen unterschiedlicher Lernausgangslagen von den gestuften Lernhilfen im Biologieunterricht im Hinblick auf ihren Wissenserwerb profitieren können (Arnold et al., 2017; Großmann & Wilde, 2019; Stiller & Wilde, 2021).

2.3 Gestufte Lernhilfen und Motivation

Studien wiesen für die Nutzung gestufter Lernhilfen einen positiven Einfluss auf die Motivation von Schüler*innen in unterrichtlichen Lernumgebungen aus. Hänze et al. (2010) führen dies auf den selbstständigkeitsunterstützenden Charakter gestufter Lernhilfen zurück.

Lernende, die während der gesamten Aufgabenbearbeitung Schwierigkeiten aufweisen, können sich mithilfe der einzelnen Lernhilfen schrittweise zur Lösung der Aufgaben führen lassen. Die Hinweise und Impulse der gestuften Lernhilfen gewährleisten hierbei die eigenständige Aufgabenbearbeitung der Schüler*innen (Hänze et al., 2010). Zudem können einzelne Hinweise im Verlaufe der Aufgabenbearbeitung von Lernenden genutzt werden, die bei entsprechenden Aufgabenteilen Hilfe benötigen. Die weiteren Teilschritte der Gesamtaufgabe können die Schüler*innen wieder ohne Unterstützung der Hilfen bestreiten (Hänze et al., 2010). Schüler*innen, die den Lösungsweg vollständig alleine meistern, können die Musterlösung der letzten Lernhilfe mit ihrer eigenen Lösung abgleichen, um sich der richtigen Lösung zu versichern (Hänze et al., 2010).

Dies kann in einer Förderung des Kompetenz- und Autonomieerlebens resultieren (Hänze et al., 2010). Gemäß der *Selbstbestimmungstheorie der Motivation (SBT)* nach Ryan und Deci (2017) können *Kompetenz* und *Autonomie* neben *sozialer Eingebundenheit* als angeborene psychologische Grundbedürfnisse beschrieben werden. Das Bedürfnis nach Kompetenz umfasst den Wunsch der Wahrnehmung eigener Handlungsfähigkeit und -effektivität sowie der Erweiterung der eigenen Fähigkeiten (Ryan & Deci, 2017). Bezüglich des Grundbedürfnisses nach Autonomie unterscheidet Reeve (2002) drei unterschiedliche Qualitäten: Wahlmöglichkeiten (*choice*), Volition (*volition*) und den Ort der Handlungsverursachung (*locus of causality*). Das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit kann durch den Wunsch nach Interaktion mit bedeutsamen Individuen sowie nach sozialer Gemeinschaft definiert werden (Ryan & Deci, 2017). Die Befriedigung dieser Grundbedürfnisse weist einen Einfluss auf die intrinsische Motivationsqualität von Lernenden auf, die unmittelbar mit der Ausbildung der Lernmotivation einhergeht (Ryan & Deci, 2017). Im Rahmen einer explorativen Untersuchung bestätigten Stäudel, Franke-Braun und Schmidt-Weigand (2007) diese Befunde. Schmidt-Borcherding, Hänze, Wodzinski und Rincke (2013) verglichen den Einsatz gestufter Lernhilfen mit der Nutzung eines Versuchsskriptes sowie einer offenen Experimentieranleitung. Die Ergebnisse zeigten höhere Ausprägungen intrinsischer Motivation der Lernenden, die während des Experimentierprozesses die instruktionalen Hilfestellungen der gestuften Lernhilfen nutzten (Schmidt-Borcherding et al., 2013). Eine ähnliche Studie von Schmidt-Weigand, Hänze und Wodzinski (2009) bestätigte diese Erkenntnisse.

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung des Einflusses gestufter Lernhilfen als Mittel der Binnendifferenzierung während des biologischen Experimentierens im Naturwissenschaftsunterricht sowie eines zusätzlichen Einsatzes gestufter Lernhilfen im Mathematikunterricht auf die Motivation der heterogenen Schülerschaft der Versuchsschule.

3 Fragestellung und Hypothesen

Laut jüngsten PISA-Studien zeigen deutsche Schüler*innen ein eher unterdurchschnittlich ausgeprägtes Interesse an Naturwissenschaften und Mathematik (Schiepe-Tiska et al., 2019; Schiepe-Tiska, Rönnebeck

et al., 2016; Schiepe-Tiska & Schmidtner, 2013). Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht sollte demnach die Motivation und das Interesse der Lernenden besser fördern. Das Experimentieren kann zu dieser Interessen- und Motivationsförderung beitragen (Schiepe-Tiska et al., 2019). Experimentieren im Biologieunterricht als komplexer Problemlöseprozess könnte den Einsatz binnendifferenzierender Maßnahmen erfordern. Zur instruktionalen Unterstützung im Experimentierprozess können die beschriebenen gestuften Lernhilfen eingesetzt werden. Gestufte Lernhilfen als binnendifferenzierende Maßnahme könnten von Lernenden auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden (Hänze et al., 2010). Dieser Bedarfscharakter spielt insbesondere für eine leistungsheterogene Schülerschaft eine Rolle. Durch das selbstständige Experimentieren können Autonomie und wahrgenommene Kompetenz der Lernenden gefördert werden (Hänze et al., 2010), die einen wesentlichen Einfluss auf die Motivation haben können (Ryan & Deci, 2017). Die erste Hypothese lautet:

*H1: Schüler*innen, die während der Auswertung eines biologischen Experimentes gestufte Lernhilfen verwenden, weisen eine höhere Kompetenzwahrnehmung und selbstberichtete intrinsische Motivation in den Unterrichtseinheiten im Naturwissenschafts- (H1a) und im Mathematikunterricht (H1b) auf, als Schüler*innen, die nicht auf gestufte Lernhilfen zurückgreifen können.*

Zusätzliche gestufte Lernhilfen im Mathematikunterricht könnten der Lösung mathematischer „Stolpersteine“ (vgl. Wellnitz & Mayer, 2013) bei dem biologischen Experiment zuträglich sein. Die Lernenden könnten sich dadurch v.a. bei der Auswertung des Experiments kompetenter wahrnehmen, weil ihnen die mathematischen Operationen präsenter sein könnten. Das könnte ihrer Motivationsqualität in dem Naturwissenschaftskurs zuträglich sein (Ryan & Deci, 2017). Durch den instruktional unterstützenden Charakter der gestuften Lernhilfen könnten sich die Lernenden auch im Mathematikunterricht kompetenter wahrnehmen (Hänze et al., 2010). Die Motivation der Lernenden im Fach Mathematik könnte dadurch ebenfalls gefördert werden (Ryan & Deci, 2017). Die zweite Hypothese lautet:

*H2: Schüler*innen, die während der Auswertung eines biologischen Experimentes gestufte Lernhilfen verwenden und zusätzlich im Mathematikunterricht gestufte Lernhilfen zur Thematik Lineare Funktionen nutzen,*

weisen eine höhere Kompetenzwahrnehmung und selbstberichtete intrinsische Motivation in den Unterrichtseinheiten im Naturwissenschafts- (H2a) und im Mathematikunterricht (H2b) auf, als Schüler*innen, die nicht auf zusätzliche Lernhilfen im Mathematikunterricht zurückgreifen können.

4 Methodik

4.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 75 Schüler*innen (55,2 % weiblich; $M_{\text{Alter}} = 16.5$ Jahre, $SD_{\text{Alter}} = 0.80$ Jahre) der elften Jahrgangsstufe einer gymnasialen Versuchsschule teil. Das Konzept der Schule ist auf eine heterogene Schülerschaft ausgerichtet. Aus diesem Grund werden auch Schüler*innen aufgenommen, die keinen Qualifikationsvermerk für die gymnasiale Oberstufe aufweisen (ca. 30 % der Lernenden in der Eingangsphase). Zur Adressierung der beschriebenen Heterogenität sowie für den fachlichen Anschluss im Übergang in die Qualifikationsphase werden in den zentralen Fächern Basiskurse angeboten (Hahn, Stiller, Stockey & Wilde, 2013). Zu diesen grundlegenden Kursen zählen der *Basiskurs Naturwissenschaften* (BaNa) und der *Basiskurs Mathematik* (BaMat). Der Basiskurs Naturwissenschaften als fächerübergreifender Kurs vermittelt Kompetenzen in den Fächern Biologie, Chemie sowie Physik und ist stark experimentell und anwendungsbezogen ausgerichtet (Hahn, Stockey & Wilde, 2011). Der Basiskurs Mathematik wiederum strebt ebenfalls eine solche verstärkte Anwendungsorientierung zur Situierung der theoretischen Inhalte und Kompetenzen an. Alle Befragten nahmen sowohl am Basiskurs Naturwissenschaften als auch am Basiskurs Mathematik teil. Während der *Experimentalgruppe I*

(EG I; mit gestuften Lernhilfen im Naturwissenschaftsunterricht) 23 Schüler*innen aus drei Basiskursen Naturwissenschaften bzw. Mathematik zugeordnet werden konnten, zählten 26 Schüler*innen zur *Experimentalgruppe II* (EG II; mit gestuften Lernhilfen im Naturwissenschafts- und im Mathematikunterricht) und ebenfalls 26 Schüler*innen zur *Kontrollgruppe* (KG; ohne gestufte Lernhilfen). Die Experimentalgruppe II und die Kontrollgruppe setzte sich jeweils aus Lernenden aus zwei Basiskursen Naturwissenschaften und Mathematik zusammen. Um Einflüsse der Lehrkräfte zu vermeiden, wurden in allen Treatments die gleichen Lehrenden eingesetzt. In Bezug auf die Geschlechterverteilung ($\chi^2(4,67) = 1.57$, $p = .814$) sowie die Altersverteilung ($F(2,71) = 2.17$, $p = .122$) unterschieden sich die drei Untersuchungsgruppen nicht signifikant.

4.2 Erhebungsinstrumente

4.2.1 Dispositionale motivationale Voraussetzungen im Naturwissenschafts- und im Mathematikunterricht. Dispositionale motivationale Voraussetzungen der Schüler*innen im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht wurden mithilfe der *Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen* (SMR-L) erfasst (Thomas & Müller, 2015). Dieser standardisierte Fragebogen bestand aus vier Subskalen, die die Regulationstypen *intrinsisch* (drei Items), *identifiziert* (drei Items), *introjiert* (vier Items) sowie *external* (drei Items) abbildeten. Die eingesetzten Items wurden entsprechend für den Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht angepasst und auf einer fünfstufigen Ratingskala (0 = *trifft gar nicht zu* bis 4 = *trifft völlig zu*) abgefragt. Die Reliabilitäten der Subskalen wiesen Cronbachs α -Werte im zufriedenstellenden bis guten Bereich auf (vgl. Tab. 1; Moosbrugger & Kelava, 2012).

Tabelle 1

Reliabilitäten der vier Subskalen (*intrinsisch*, *identifiziert*, *introjiert*, *external*) der Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen (Thomas & Müller, 2015)

Subskala	Beispielitem	Cronbachs Alpha, Naturwissenschaften	Cronbachs Alpha, Mathematik
<i>intrinsisch</i>	... weil ich gerne über das Fach nachdenke.	.82	.87
<i>identifiziert</i>	... weil ich dazulernen möchte.	.74	.80
<i>introjiert</i>	... weil es peinlich ist, nichts zu wissen.	.77	.79
<i>external</i>	... weil ich sonst zu Hause Ärger bekomme.	.65	.71

Mithilfe der Mittelwerte der vier Subskalen des SMR-Ls konnte für jeden Lernenden der *Selbstbestimmungsindex* (SDI) gemäß der folgenden Formel berechnet werden: $(2 \times \text{intrinsisch} + \text{integriert}) - (\text{introjiert} + 2 \times \text{external})$ (Vallerand, 1997). Der SDI beschreibt auf diese Weise den Regulationstyp der Schüler*innen und kann Werte zwischen -12 und +12 annehmen. Je höher die Ausprägung des Wertes, desto selbstbestimmter kann die motivationale Disposition des Lernenden in der jeweiligen Domäne beschrieben werden (Ryan & Connell, 1989).

4.2.2 Intrinsische Motivation im Naturwissenschafts- und im Mathematikunterricht. Gestufte Lernhilfen sowie fächerübergreifender Unterricht können in einer erhöhten Kompetenzwahrnehmung sowie intrinsischen Motivation der Lernenden resultieren (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Hänze et al., 2010; Labudde, 2014; Schmidt-Borcherding et al., 2013). Aus diesem Grund wurden zur Erhebung im Naturwissenschafts- und im Mathematikunterricht die Subskalen *Wahrgenommene Kompetenz* sowie *Interesse/Vergnügen* der *Kurzskala Intrinsischer Motivation* (KIM; Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009) verwendet. Die zwei Subskalen umfassten insgesamt sechs Items. Diese wurden auf einer fünfstufigen Ratingskala (0 = trifft gar nicht zu bis 4 = trifft völlig zu) erhoben. Die Reliabilitäten der Subskalen lagen in einem zufriedenstellenden bis guten Bereich (Moosbrugger & Kelava, 2012) und werden in Tabelle 2 dargestellt.

4.3 Untersuchungsdesign und Ablauf der Studie

Die vorliegende Untersuchung wurde als quasiexperimentelle Studie durchgeführt. Vor der unterrichtlichen Intervention wurde die *motivationale Regulation* der Lernenden im Naturwissenschafts- und Mathematikun-

terricht im Pretest erhoben (vgl. Abb. 1). Die unterrichtliche Intervention wurde folgend mit drei verschiedenen Testgruppen durchgeführt. Die Schüler*innen aller Testgruppen wurden in einer fächerverbindenden Unterrichtseinheit zwischen dem Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht unterrichtet. Die Kontrollgruppe wurde hierbei nach der gängigen Praxis und somit ohne gestufte Lernhilfen unterrichtet. Während die Experimentalgruppe I unter Bezugnahme gestufter Lernhilfen im Basiskurs Naturwissenschaften binnendifferenziert unterrichtet wurde, erfolgte für die Experimentalgruppe II der Einsatz gestufter Lernhilfen in beiden Fachdisziplinen, also im Naturwissenschafts- sowie im Mathematikunterricht (vgl. Abb. 1).

In einem Posttest, der vier Wochen nach der Intervention stattfand, wurden die Lernenden zu ihrer *Kompetenzwahrnehmung* und ihrer selbstberichteten intrinsischen Motivation (*Interesse/Vergnügen*) im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht befragt (vgl. Abb. 1).

4.4 Unterrichtliche Operationalisierung

Die beschriebene Studie war in eine fächerübergreifende Unterrichtssequenz aus den drei Elementen „*BaMat Element I* (mathematische Vorbereitung) – *BaNa Element II* (Durchführung und Auswertung eines biologischen Experiments) – *BaMat Element III* (mathematische Anwendung)“, die in Kooperation der Naturwissenschafts- und Mathematiklehrenden durchgeführt wurde, integriert (Kleinert et al., 2020).

Die Unterrichtseinheit des Basiskurses Naturwissenschaften beinhaltete die Konzeption, Durchführung und Auswertung des biologischen Experimentes „Die osmotische Wirkung von Kochsalz – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration bei

Tabelle 2

Reliabilitäten der zwei Skalen (Wahrgenommene Kompetenz, Interesse/Vergnügen) aus der Kurzskala Intrinsischer Motivation (Wilde et al., 2009)

Skala	Beispielitem	Cronbachs Alpha, Naturwissenschaften	Cronbachs Alpha, Mathematik
<i>Wahrgenommene Kompetenz</i>	Mit meiner Leistung in der Unterrichtseinheit bin ich zufrieden.	.83	.89
<i>Interesse / Vergnügen</i>	Die Tätigkeit in der Unterrichtseinheit hat mir Spaß gemacht.	.87	.91

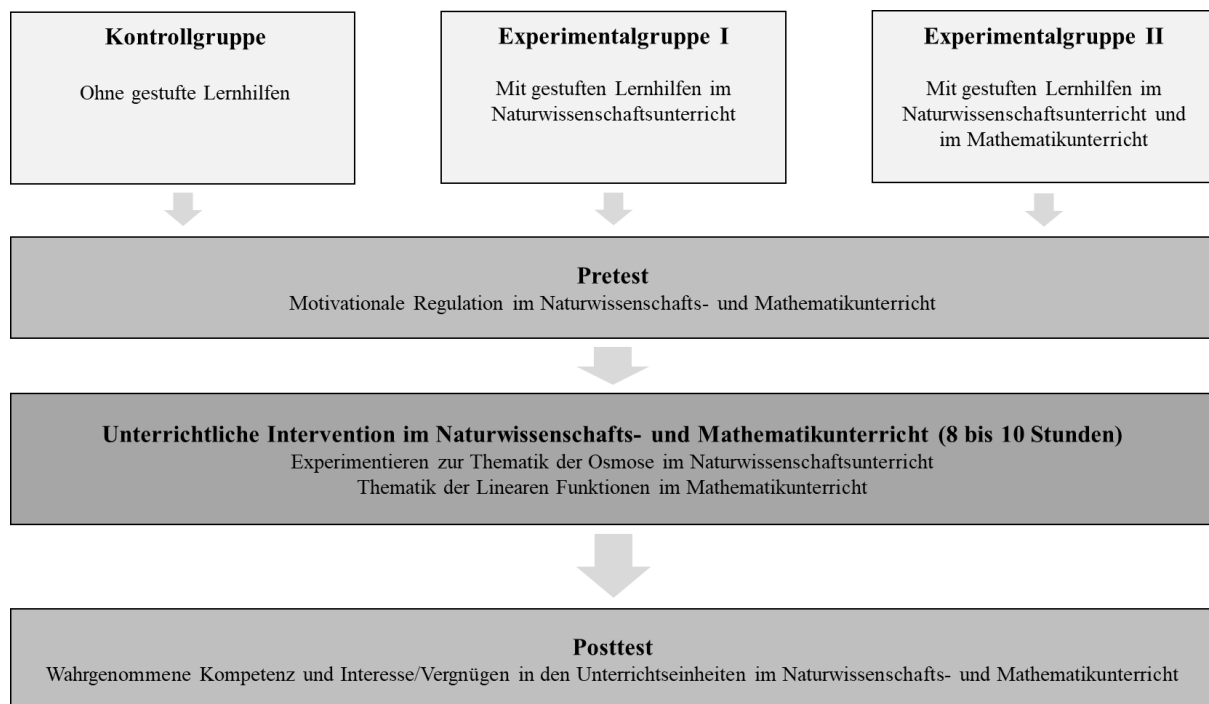


Abbildung 1. Pre-Post-Untersuchungsdesign der Studie mit integrierter unterrichtlicher Intervention im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht

verschiedenen Gemüsearten“ (Schumacher et al., 2020). Dieses war in eine acht bis zehn Stunden umfassende Unterrichtseinheit des Fachbereiches Biologie zum Thema *Osmose*, genauer zum *Austausch mit der Umwelt* eingebettet. Während die Herangehensweise an das Experiment sowie die Festlegung der zu untersuchenden Variablen im Plenum durchgeführt wurde, formulierten die Schüler*innen eigenständig Fragestellungen. Im Unterrichtsgespräch wurden folgend Hypothesen (z.B. „Die untersuchten Gemüsearten besitzen unterschiedliche Zellsaftkonzentrationen.“) entwickelt und es wurden die unabhängige Variable (Konzentration der Salzlösungen) sowie die abhängigen Variablen (relative Massendifferenz, d.h. Masse vor und nach der Inkubation in den Salzlösungen) festgelegt. Die Durchführung erfolgte durch die Lernenden eigenständig in Gruppenarbeit. Auf Grundlage der erhobenen Daten und unter Rückbezug auf die erworbenen mathematischen Kompetenzen erstellten die Schüler*innen Wertetabellen, berechneten Mittelwerte und Fehlermaße, um diese in einem Diagramm mit einer Ausgleichsgerade aufzutragen (Schumacher et al., 2020). Während die Kontrollgruppe während der Auswertung des Experimentes ohne gestufte Lernhilfen arbeitete, konnten die Experimentalgruppen I und II während der Auswertung des Experimentes auf gestufte Lernhilfen zurückgreifen (Bekel-Kastrup, Hamers, Kleinert, Haunhorst & Wilde, 2020). Die gestuften Lernhilfen orientierten sich hierbei

an den folgenden sechs Auswertungsschritten des Experimentes: Ermittlung der relativen Massendifferenz, Bestimmung der Mittelwerte der Messwerte, Erstellung des Diagrammes, Erklärung des Diagramms unter Rückbezug auf die Theorie der Osmose, Zeichnung einer Ausgleichsgeraden und Bestimmung der Zellsaftkonzentration (Bekel-Kastrup et al., 2020). Exemplarisch werden im Folgenden die gestuften Lernhilfen für die Aufgaben zur Erstellung der Mittelwerte aus den Messwerten dargestellt. Im Rahmen dieser Teilaufgaben hatten die Lernenden die Aufgabe, eine Formel für die Berechnung der Mittelwerte für die relativen Massendifferenzen pro Salzkonzentration zu entwickeln. Hierzu erhielten die Schüler*innen zunächst einen lernstrategischen Hinweis. Dieser sollte an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen, indem an die Analogien zur Formel der Notendurchschnittsberechnung erinnert wird (Bekel-Kastrup et al., 2020). In der Teillösung dieser gestuften Lernhilfe wurde die Berechnung des Mittelwertes exemplarisch anhand der Messwerte für eine Salzkonzentration angeführt (Bekel-Kastrup et al., 2020). Die Nutzung der gestuften Lernhilfen wurde hierbei durch die Lehrenden kontrolliert. Die Lernenden wurden dabei von den Lehrenden angehalten, bei etwaigen Schwierigkeiten die Hinweise der gestuften Lernhilfen zu verwenden sowie zur Kontrolle die Teillösungen einzusehen.

Die Unterrichtseinheiten des Basiskurses Mathematik rahmten die Konzeption, Durchführung und Auswertung des biologischen Experimentes. Während im Mathematikunterricht vor der Einheit im Basiskurs Naturwissenschaften die Grundlagen der Thematik „Lineare Funktionen“, d.h. Parameter, die unterschiedlichen Darstellungsformen sowie Darstellungswechsel einer linearen Funktion gelehrt wurden (Hamers, Bekel-Kastrup, Kleinert, Tegtmeier & Wilde, 2020), fokussierte die Unterrichtssequenz nach der Einheit im Naturwissenschaftsunterricht die mathematische Anwendung der vermittelten Inhalte aus Element II. Unter Bezugnahme der gewonnenen Daten aus dem biologischen Experiment erstellten die Lernenden lineare Funktionen in unterschiedlichen Darstellungsformen (Hamers et al., 2020). Für die Aufgabenbearbeitung in beiden Unterrichtseinheiten des Basiskurses Mathematik konnten die Lernenden der Experimentalgruppe II zudem gestufte Lernhilfen nutzen (Hamers et al., 2020). Die Lernenden der Kontrollgruppe und Experimentalgruppe I arbeiten in dieser Unterrichtseinheit ohne gestufte Lernhilfen. Die gestuften Lernhilfen im Mathematikunterricht orientierten sich an den Schritten zur Erstellung einer linearen Funktionsgleichung aus einem Funktionsgraphen. Die gestuften Lernhilfen zur Ermittlung der Steigung sollen hier exemplarisch dargestellt werden. In einem inhaltlichen Hinweis erhielten die Lernenden einen ersten Impuls zur Feststellung gut ablesbarer Punkte auf dem Funktionsgraphen. In der Teillösung wurden anschließend die eingezeichneten Punkte sowie das daraus resultierende Steigungsdreieck angeführt (Hamers et al., 2020). Auf diese Weise wurde eine Anwendungsorientierung in den Mathematikunterricht integriert, der die Relevanz mathematischer Kompetenzen für die Schüler*innen verdeutlichen sollte.

4.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mithilfe des Programmes *IBM SPSS Statistics 26*. Zur Untersuchung des Einflusses des Einsatzes gestufter Lernhilfen im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht auf die *intrinsische Motivation* der Schüler*innen im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht wurde jeweils eine *univariate Kovarianzanalyse* (ANCOVA) für die zwei Subskalen angewendet. Um den Einfluss der im Pretest erhobenen dispositionalen *motivationalen Regulation* zu kontrollieren, wurden die entsprechenden Werte für Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht als *Kovariate* in die Analyse auf-

genommen. Die erste Voraussetzung für die Aufnahme der Kovariate, Unabhängigkeit der Kovariate von der Untersuchungsgruppe, war für beide Berechnungen gegeben (Naturwissenschaften: $F(2,72) = 1.64, p = .202$; Mathematik: $F(2,72) = 0.72, p = .492$) (Field, 2013). Zudem konnte die Homogenität der Regressionssteigungen als zweite Voraussetzung der Kovarianzanalyse für die beiden Subskalen statistisch bestätigt werden (Field, 2013).

5 Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluss des Einsatzes gestufter Lernhilfen während der Auswertung eines biologischen Experimentes im Naturwissenschaftsunterricht sowie während der Bearbeitung des Themas Lineare Funktionen zum Mathematikunterricht auf die intrinsische Motivation der Lernenden im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht zu untersuchen. Die Ergebnisse für Naturwissenschaften und Mathematik werden nachfolgend angeführt.

5.1 Ergebnisse für die Unterrichtseinheit im Naturwissenschaftsunterricht

Die Ergebnisse der ANCOVAs zeigten im Naturwissenschaftsunterricht keine signifikanten Unterschiede in der *Wahrgenommene Kompetenz* und auch nicht im Selbstbericht intrinsischer Motivation, erhoben als *Interesse/Vergnügen* (vgl. Tab. 3). Für die Skala *Wahrgenommene Kompetenz* zeigten sich jedoch deutliche deskriptive Unterschiede im Vergleich der drei Untersuchungsgruppen (vgl. Tab. 3). Hier ist die Ausprägung in Experimentalgruppe I am höchsten. Durch die ANCOVA wurde für diesen Vergleich eine mittlere Effektstärke ersichtlich (Angabe der Effektstärke nach Cohen, 1988). In der Skala *Interesse/Vergnügen* konnten ebenfalls erhebliche deskriptive Unterschiede zwischen den drei Untersuchungsgruppen festgestellt werden. Lernende aus der Experimentalgruppe I wiesen auch hier im Vergleich der Testgruppen deutlich höhere Ausprägungen in dieser Skala auf (vgl. Tab. 3). Die ANCOVA zeigte für diesen Vergleich einen tendenziell signifikanten Effekt des Treatments mit mittlerer Effektstärke (vgl. Tab. 3; nach Cohen, 1988).

Für die *Kovariate*, den Selbstbestimmungsindex, wurden tendenziell signifikante sowie signifikante Effekte auf die Skalen *Wahrgenommene Kompetenz* und *Interesse/Vergnügen* mit mittleren bis hohen Effektstärken gefunden (vgl. Tab. 3; nach Cohen, 1988). Diese vorab

Tabelle 3

Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) sowie die Ergebnisse der ANCOVAs (Kovariate: SDI Naturwissenschaften Pretest) für die Skalen *Wahrgenommene Kompetenz* und *Interesse/Vergnügen* der drei Untersuchungsgruppen für die Unterrichtseinheit im Naturwissenschaftsunterricht

Skala	Untersuchungsgruppe	$M \pm SD$	Effekte der Kovariate	Zwischensubjekt-effekte
<i>Wahrgenommene Kompetenz</i>	EG I	2.48 ± 0.86	$F(1,71) = 3.94$; $p = .051$; $\eta^2 = .05$	$F(2,71) = 2.31$; $p = .107$; $\eta^2 = .06$
	EG II	2.00 ± 0.90		
	KG	1.87 ± 0.83		
<i>Interesse/ Vergnügen</i>	EG I	2.19 ± 0.76	$F(1,71) = 14.71$; $p = .000$; $\eta^2 = .17$	$F(2,71) = 3.03$; $p = .055$; $\eta^2 = .08$
	EG II	1.58 ± 0.88		
	KG	1.65 ± 0.71		

identifizierte motivationale Disposition spielte also eine erhebliche Rolle für die tätigkeitsbezogene intrinsische Motivationsqualität der Schüler*innen in der Unterrichtseinheit im Naturwissenschaftsunterricht während der Bearbeitung des biologischen Experiments.

Die Ergebnisse bezüglich des biologischen Experimentes in der Unterrichtseinheit im Naturwissenschaftsunterricht zeigten deutliche deskriptive Unterschiede sowie tendenziell signifikante Unterschiede in den Skalen *Wahrgenommene Kompetenz* sowie *Interesse/Vergnügen* zugunsten der Lernenden, die im biologischen Experimentierprozess gestufte Lernhilfen nutzten (EG I). Die Schüler*innen, die im Mathematikunterricht zusätzlich Unterstützung in Form gestufter Lernhilfen erhielten (EG II), zeigten in keiner der beiden Skalen höhere Ausprägungen. Der Einsatz gestufter Lernhilfen beim biologischen Experimentieren könnte demnach einen Einfluss auf die intrinsische Motivation der Lernenden gehabt haben, während die zusätzliche Nutzung gestufter Lernhilfen im Mathematikunterricht keinerlei Hinweise auf eine erhöhte Motivation in der Unterrichtseinheit im Naturwissenschaftsunterricht hervorbringen konnte.

5.2 Ergebnisse für die Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht

Die Ergebnisse der ANCOVAs für den Mathematikunterricht zeigten für die Skala *Wahrgenommene Kompetenz* signifikante Effekte des Treatments mit mittlerer Effektstärke (vgl. Tab. 4; nach Cohen, 1988). Lernende aus der Experimentalgruppe I wiesen im Vergleich der Testgruppen deutlich höhere Ausprägungen in dieser Skala auf (vgl. Tab. 4). Für den Selbstbericht intrinsi-

cher Motivation, gemessen durch *Interesse/Vergnügen*, konnten keine statistisch signifikanten Effekte zwischen den Untersuchungsgruppen festgestellt werden (vgl. Tab. 4).

Für die *Kovariate* waren signifikante Effekte auf die beiden Skalen mit mittlerer bis hoher Effektstärke zu berichten (vgl. Tab. 4; nach Cohen, 1988). Es zeigte sich demnach, dass die vorab festgestellte motivationale Disposition der Lernenden im Mathematikunterricht eine wesentliche Rolle für die tätigkeitsbezogene intrinsische Motivationsqualität spielte.

Für die Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht wurden signifikante Unterschiede in der Skala *Wahrgenommene Kompetenz* zugunsten der Schüler*innen, die im biologischen Experimentierprozess gestufte Lernhilfen verwendeten (EG I), ersichtlich. Die Lernenden, für die zusätzliche gestufte Lernhilfen im Mathematikunterricht implementiert wurden (EG II), zeigten hier keine höhere Ausprägung. Der Einsatz gestufter Lernhilfen beim biologischen Experimentieren hatte demnach einen Einfluss auf die Kompetenzwahrnehmung der Lernenden, während die Nutzung zusätzlicher gestufter Lernhilfen im Mathematikunterricht keinerlei Hinweise auf eine erhöhte wahrgenommene Kompetenz in der Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht liefern konnte. Die Lernenden der Untersuchungsgruppen unterschieden sich nicht in ihrem *Interesse/Vergnügen* in der Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht. Demnach wurden keine Hinweise für einen Einfluss der gestuften Lernhilfen im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht auf die Ausprägung des *Interesses/Vergnügens* in der Unterrichtseinheit des Mathematikunterrichts ersichtlich.

Tabelle 4

Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) sowie die Ergebnisse der ANCOVAs (Kovariate: SDI Mathematik Pretest) für die Skalen Wahrgenommene Kompetenz und Interesse/Vergnügen der drei Untersuchungsgruppen für die Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht

Skala	Untersuchungsgruppe	$M \pm SD$	Effekte der Kovariate	Zwischensubjekt-effekte
Wahrgenommene Kompetenz	EG I	2.49 ± 1.18	$F(1,71) = 11.24$; $p = .001$; $\eta^2 = .14$	$F(2,71) = 3.18$; $p = .048$; $\eta^2 = .08$
	EG II	2.03 ± 1.11		
	KG	1.76 ± 1.29		
Interesse/ Vergnügen	EG I	1.68 ± 1.22	$F(1,71) = 6.48$; $p = .013$; $\eta^2 = .08$	$F(2,71) = 0.18$; $p = .833$; $\eta^2 = .01$
	EG II	1.44 ± 1.04		
	KG	1.67 ± 1.22		

6 Diskussion

Der Fokus der vorliegenden Studie lag auf der Untersuchung des Einflusses des Einsatzes gestufter Lernhilfen während der Auswertung eines biologischen Experimentes sowie der zusätzlichen gestuften Lernhilfen in der Unterrichtseinheit zu Linearen Funktionen in Mathematik auf die intrinsische Motivation der Schüler*innen in den Unterrichtseinheiten im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten für das biologische Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheit deutliche deskriptive Unterschiede in der *Kompetenzwahrnehmung* sowie tendenziell signifikante Unterschiede im Selbstbericht der intrinsischen Motivation (*Interesse/Vergnügen*) im Vergleich der drei Testgruppen. Diese Gruppenvergleiche wiesen mittlere Effektstärken auf (Cohen, 1988). Für die Mathematik-Perspektive wurden diese Ergebnisse nur z. T. ersichtlich. Hier konnten für die *wahrgenommene Kompetenz* signifikante Unterschiede mit mittlerer Effektstärke zwischen den Untersuchungsgruppen berichtet werden (Cohen, 1988).

Die deskriptiv höhere *Kompetenzwahrnehmung* der Experimentalgruppe I während der Auswertung des biologischen Experimentes im Vergleich zu den weiteren Testgruppen könnte durch die eigenständigkeitsfördernde Wirkung der gestuften Lernhilfen begründet werden (Hänze et al., 2010). Die Lernenden, die mit gestuften Lernhilfen während der Auswertung des Experimentes im Naturwissenschaftsunterricht arbeiteten, fühlten sich kompetenter als die weiteren Untersuchungsgruppen. Sie konnten entsprechend ihres Leistungsniveaus die gestuften Lernhilfen anwenden und

waren somit vermutlich in der Lage, auch das komplexere Aufgabenformat der Auswertung des biologischen Experimentes eigenständig zu lösen (Hänze et al., 2010). Es kann daher vermutet werden, dass die Integration der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise des Experimentierens als ohnehin interessen- und motivationsfördernd (Schiepe-Tiska et al., 2019) durch den Einsatz der instruktionalen Unterstützungen in Form der gestuften Lernhilfen zusätzlich gesteigert werden konnte. Diese gewährleisteten die Strukturierung des offenen biologischen Experimentierprozesses und insbesondere der Auswertung, welche aus lernpsychologischer Sicht durch die Reduktion der kognitiven Belastung zu einem effektiven Lernprozess und durch die erhöhte Autonomie- und Kompetenzwahrnehmung zu einer weiteren Motivationsförderung beitragen können (Arnold et al., 2017; Kirschner et al., 2006; Ryan & Deci, 2017). Positive Erlebensqualitäten, die durch die Befriedigung der drei psychologischen Grundbedürfnisse (Ryan & Deci, 2017) gefördert werden können, spielen eine wesentliche Rolle für die Entwicklung intrinsischer Motivation und von Interesse (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 2005). Niemiec und Ryan (2006) führen aus diesem Grund an, dass die Befriedigung der *basic needs* zur verstärkten Auseinandersetzung der Schüler*innen mit dem Lerngegenstand führen kann. Für die vorliegende Untersuchung könnte demnach die erhöhte Kompetenzwahrnehmung der Experimentalgruppe I in einem gesteigerten Interesse während des biologischen Experimentierens in der naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheit resultieren. Vor diesem Hintergrund könnten die tendenziell signifikanten Effekte im Selbstbericht der intrinsischen Motivation (*Interesse/Vergnügen*) zugunsten der Experimentalgruppe I begründet

werden. Für anschließende empirische Studien scheint es weiterhin interessant, einen zusätzlichen Fokus auf den Einfluss der eigenständigkeitsfördernden gestuften Lernhilfen auf das Autonomieerleben der Lernenden zu legen. Auf diese Weise könnte das Zusammenspiel der basic needs auf die Entwicklung intrinsischer Motivation im Kontext der Verwendung gestufter Lernhilfen untersucht werden.

Neben den höchsten Ausprägungen der Experimentalgruppe I bezüglich der *Kompetenzwahrnehmung* und der *selbstberichteten intrinsischen Motivation* während des biologischen Experimentierens in der naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheit könnten umgekehrt die im Vergleich der Untersuchungsgruppen geringsten Ausprägungen der Kontrollgruppe für die *Kompetenzwahrnehmung* erklärlich sein. Unter Bezugnahme der *Cognitive Load Theory* könnten mit fehlenden Strukturierungsmaßnahmen der gestuften Lernhilfen während des komplexen Experimentier- und Auswertungsprozesses eine hohe kognitive Belastung sowie eine Überforderung der Schüler*innen einhergehen (Arnold et al., 2017; Kirschner et al., 2006). Die Lernenden der Kontrollgruppe könnten sich aus diesem Grund als wenig kompetent wahrgenommen haben, was mit einer geringen intrinsischen Motivation einhergeht (Ryan & Deci, 2017).

Vor diesem Hintergrund scheinen die Ergebnisse für den Mathematikunterricht, insbesondere bezüglich der *Kompetenzwahrnehmung*, interessant. So berichteten die Lernenden, die lediglich gestufte Lernhilfen während der Auswertung des biologischen Experimentierprozesses im Naturwissenschaftsunterricht nutzten, eine signifikant höhere Kompetenzwahrnehmung im Vergleich der Untersuchungsgruppen. Möglicherweise verknüpften die Schüler*innen ihre Erkenntnisse aus der Auswertung des biologischen Experiments, welche sie gestützt durch die Lernhilfen kompetent durchführen konnten, auf die Aufgabenbearbeitung im Themenbereich Lineare Funktionen in der mathematischen Unterrichtseinheit. Neben der erhöhten Kompetenzwahrnehmung dieser Lernenden durch die eigenständige Bearbeitung der mathematischen Aufgabenformate gewährleistete die Darbietung des authentischen Kontextes eine Anwendungsorientierung der mathematischen Fachinhalte, die gemäß Schiepe-Tiska et al. (2013) mit einer Motivations- und Interessenförderung in der Unterrichtseinheit im Mathematikunterricht einhergehen könnte.

Zusammenfassend stützten unsere Befunde teilweise die Hypothese, dass Schüler*innen, die gestufte Lernhilfen während der Auswertung des biologischen Experimentes nutzten, eine höhere *Kompetenzwahrnehmung* und *intrinsische Motivation* im Naturwissenschafts- (H1a) und Mathematikunterricht (H1b) aufwiesen sowie die Ergebnisse der bisher vorliegenden Studien zum positiven Einfluss der Nutzung gestufter Lernhilfen auf die intrinsische Motivation der Schüler*innen (Hänze et al., 2010; Schmidt-Borcherding et al., 2013; Schmidt-Weigand et al., 2009).

Entgegen der Annahmen der höheren *Kompetenzwahrnehmung* und *intrinsischen Motivation* in den Unterrichtseinheiten im Naturwissenschafts- (H2a) und Mathematikunterricht (H2b) zugunsten der Lernenden, die gestufte Lernhilfen in beiden Unterrichtsfächern verwendeten, berichteten die Lernenden der Experimentalgruppe II geringe Ausprägungen bezüglich der Skalen für beide Unterrichtsfächer im Vergleich zur Experimentalgruppe I. Diese Ergebnisse könnten über das Format der eingesetzten gestuften Lernhilfen im Mathematikunterricht begründet werden. Aus Rückmeldungen der Lehrenden konnte entnommen werden, dass die Aufgabenformate nicht die von Stäudel et al. (2007) geforderte hohe Komplexität aufwiesen (Hamers et al., 2020). Zu leichte Aufgabenstellungen können gemäß der *Cognitive Load Theory* in einer Unterforderung der Schüler*innen resultieren (Kirschner et al., 2006). Paas, Renkl und Sweller (2004) führen als Folge der Unterforderung eine Limitierung des Lernprozesses an. Die Lernenden nahmen sich demnach bei der Aufgabenbearbeitung im Mathematikunterricht mithilfe der gestuften Lernhilfen u. U. wenig kompetent wahr. Die möglichen Einflüsse der kognitiven Belastung (bzw. möglicher kognitiver Unterforderung) auf die intrinsische Motivation sollten daher in Folgestudien fokussiert werden. Zudem könnten die Lernenden der Experimentalgruppe II, welche die als wenig lernwirksam wahrgenommenen Lernhilfen im Mathematikunterricht nutzten, möglicherweise bei der weiteren Verwendung der Lernhilfen während des biologischen Experimentes „voreingenommen“ gewesen sein. Negative Einstellungen zur Nutzung der gestuften Lernhilfen könnten demnach die niedrigeren Ausprägungen der Experimentalgruppe II in den Skalen *Kompetenzwahrnehmung* und *Interesse/Vergnügen* erklären.

Zudem könnte die nicht hinreichend explizite Verknüpfung des Themas Lineare Funktionen und der Auswer-

tung des biologischen Experimentes durch die Lernenden eine Erklärung für die im Vergleich zur Experimentalgruppe I geringeren Ausprägungen der Experimentalgruppe II liefern. So könnte die Notwendigkeit der Thematik der Linearen Funktionen für die Auswertung des biologischen Experimentes nicht deutlich genug gewesen sein. Dies wurde durch Kurzbefragungen der Lernenden zur Implementierung der gestuften Lernhilfen im fächerübergreifenden Unterrichtskonzept ersichtlich (Bekel-Kastrup et al., 2020; Hamers et al., 2020).

Als eine Limitation könnten die Bedingungen der Erhebungen genannt werden. Diese wurden im Naturwissenschaftsunterricht durchgeführt, sodass dieser Kontext auch die Lernenden in ihrer Bearbeitung der Fragebögen beeinflusst haben könnte. Als eine weitere Limitation der vorliegenden Untersuchung kann der eher geringe Stichprobenumfang angeführt werden. Während die Signifikanz p von der Stichprobengröße N abhängig ist, kann das Effektstärkemaß *partielles Eta-Quadrat* als stichprobenunabhängig beschrieben werden (Field, 2013). Vor diesem Hintergrund kann vermutet werden, dass einige der vorliegenden deskriptiven Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen mit mittleren Effektstärken für die *Wahrgenommene Kompetenz* und das *Interesse/Vergnügen*, insbesondere für das biologische Experimentieren im Naturwissenschaftsunterricht, bei einer erhöhten Stichprobengröße als statistisch signifikant berichtet werden könnten (Field, 2013). Die vorliegende Untersuchung könnte demnach als Pilotstudie bezeichnet werden. Mithilfe von statistischen Poweranalysen konnten unter Berücksichtigung des Signifikanzniveaus ($\alpha = .05$), der Teststärke ($1 - \beta = .80$) sowie der Effektstärken dieser Studie a posteriori der benötigte Stichprobenumfang berechnet werden. Die benötigte Stichprobe sollte demnach, je nach Skala, in etwa die doppelte Anzahl von Lernenden enthalten (*Wahrgenommene Kompetenz*: 156 Probanden; *Interesse/Vergnügen*: 114 Probanden). Ausgehend von der geringen Stichprobengröße ergeben sich Limitationen im Hinblick auf die statistische Auswertungsmethodik der vorliegenden Studie. Für detailliertere Gruppenvergleiche sollten neben den ANCOVAs Kontraste gerechnet werden. Diese können jedoch aufgrund des niedrigen Stichprobenumfangs nicht durchgeführt werden (Field, 2013). Als weitere Limitation könnte angemerkt werden, dass die *wahrgenommene Kompetenz* und das *Interesse/Vergnügen* im Biologieunterricht im Pretest nicht sinnvoll erhoben werden können. Als motivatio-

nale Referenzgröße wird im Pretest die motivationale Regulation im Fach Biologie erhoben. Der Vergleich der Untersuchungsgruppen zeigte keine Unterschiede in Bezug auf die motivationale Regulation. Die Ergebnisse bezüglich des Einflusses der Intervention auf die wahrgenommene Kompetenz und auf das Interesse/Vergnügen der Schüler*innen sollten im Bewusstsein dieses methodischen Umstandes interpretiert werden. Darüber hinaus sollte die fehlende direkte Kontrolle der Lernhilfe-Nutzung als Limitation angeführt werden. Die Lernenden wurden während der Auswertung des Experimentes von den Lehrenden angehalten, die gestuften Lernhilfen zu verwenden. Jedoch wurde die Nutzung der Lernhilfen nicht explizit kontrolliert. In Folgestudien könnte die Verwendung der Lernhilfen während des Experimentierprozesses zusätzlich erhoben werden, um etwaige Effekte durch die Hilfenutzung erklären zu können. Darüber hinaus kann angeführt werden, dass die untersuchten abhängigen Variablen *Wahrgenommene Kompetenz* und *Interesse/Vergnügen* auf Selbsteinschätzungen der Lernenden basieren. Im Hinblick auf Folgeuntersuchungen könnten neben diesen Selbstberichten auch die Lernzuwächse der Schüler*innen gemessen werden, um die Lernwirksamkeit gestufter Lernhilfen zusätzlich zu prüfen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Einflüsse der Nutzung gestufter Lernhilfen während der Auswertung eines biologischen Experimentes und im Rahmen einer Unterrichtseinheit zu Linearen Funktionen im Mathematikunterricht auf die intrinsische Motivation der Schüler*innen zu untersuchen. Für die Unterrichtseinheiten im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht legen die Ergebnisse dieser Pilotstudie positive Effekte der gestuften Lernhilfen, die während der Auswertung des biologischen Experimentes von den Lernenden genutzt wurden, auf eine Förderung der *Kompetenzwahrnehmung* und der selbstberichteten *intrinsischen Motivation* dar. Diese könnten einerseits in dem binnendifferenzierenden und selbstständigkeitsfördernden Charakter der instruktionalen Unterstützungen begründet werden. Andererseits könnte die aus lernpsychologischer Perspektive geringe kognitive Belastung durch die Nutzung gestufter Lernhilfen während des Experimentierprozesses eine wesentliche Rolle zur Erklärung der vorliegenden Befunde spielen. Der Einsatz gestufter Lernhilfen könnte demnach die Bearbeitung komplexer Problemstellungen, beispielsweise die Auswertung eines biologischen Experimentes gewährleis-

ten. Die Ergebnisse der vorliegenden Pilotierungsstudie bezüglich der Effekte gestufter Lernhilfen sollten mithilfe weiterer Untersuchungen mit größerer Stichprobe wiederholt und gestützt werden. Die gestuften Lernhilfen zur Thematik der Linearen Funktionen im Mathematikunterricht förderten das Kompetenzerleben und die selbstberichtete intrinsische Motivation der Schüler*innen in der vorliegenden Pilotierung nicht zusätzlich. Diese Ergebnisse könnten über das als wenig lernwirksam beschriebene Format der gestuften Lernhilfen im Mathematikunterricht begründet werden, das mit einer kognitiven Unterforderung der Schüler*innen einhergehen könnte. Für Folgestudien sollten die gestuften

Lernhilfen demnach zunächst auf Grundlage des Konzeptes von Stäudel und Kollegen (2007) überarbeitet werden. Zudem könnte eine explizitere und wiederholte Verwendung gestufter Lernhilfen fokussiert werden, um den Einfluss dieser im Mathematikunterricht auf verschiedene motivationale und affektive Konstrukte in anschließenden empirischen Untersuchungen zu messen.

Sinnvoll scheint es zudem, in anschließenden Studien zunächst getrennte Forschungsdesigns zur Untersuchung des Einflusses gestufter Lernhilfen im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht auf motivationale Variablen zu implementieren.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, P. Schmiemann, A. Möller & D. Elster (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 11* (S. 7-20). Kassel: Universitätsdruckerei.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments – what kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36, 2719-2749.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. Eine empirische Untersuchung zur Wirksamkeit von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21-37.
- Bekel-Kastrup, H., Hamers, P., Kleinert, S. I., Haunhorst, D. & Wilde, M. (2020). Schüler*innen werten selbstständig ein Experiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration (Osmose) aus. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2(1), 9-16.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Blanchard, M., Southerland, S. H., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instructions. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- De Jong, T. (2019). Moving towards engaged learning in STEM domains; there is no simple answer, but clearly a road ahead. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 153-167.
- De Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Los Angeles, CA [u.a.]: Sage Publications.
- Germann, P. J., Aram, R. & Burke, G. (1996). Identifying Patterns and Relationships among the Responses of Seventh-Grade Students to the Science Process Skill of Designing Experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Gropengießer, H. (2018). Experimentieren. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 284-293) (11. Aufl.). Seelze: Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH.
- Großmann, N. & Wilde, M. (2019). Experimentation in biology lessons: guided discovery through incremental scaffolds. *International Journal of Science Education*, 41(6), 759-781.
- Hahn, S., Stiller, C., Stockey, A. & Wilde, M. (2013). Experimentierend zur naturwissenschaftlichen Grundbildung – Entwicklung und Evaluation eines kompetenzorientierten Kurses für die Eingangsphase der Oberstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7-15.
- Hahn, S., Stockey, A. & Wilde, M. (2011). Basiskurs Naturwissenschaften. *MNU (Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht)*, 64(1), 47-52.
- Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Kleinert, S. I., Tegtmeier, N. & Wilde, M. (2020). Schüler*innen wiederholen selbstständig lineare Funktionen. Binnendifferenzierung im Mathematikunterricht durch gestufte Lernhilfen. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2(1), 17-22.
- Hamann, M. & Prenzel, M. (2008). Ergebnisse des internationalen PISA Naturwissenschaftstests 2006. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(2), 67-74.
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Individuelle Förderung durch innere Differenzierung. Ein Praxishandbuch für Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe II* (S. 63-73). Weinheim: Beltz.

- Hidi, S. E. & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41, 111-127.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99-107.
- Kelley, T. R. & Knowles, G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R., E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction - Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667.
- Kleinert, S. I., Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Haunhorst, D., Tegtmeier, N. & Wilde, M. (2020). Fächerübergreifender Unterricht zwischen den Basiskursen Naturwissenschaften und Mathematik. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2(1), 1-8.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15, 381-395.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 11-19.
- Mayer, J. (2018). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56-61). Seelze: Aulis Verlag.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer-Lehrbuch (2., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Berlin: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4>
- Niemiec, C. P. & Ryan, R. M. (2006). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: applying self-determination theory to educational practice. *Theory and Research in Education*, 7, 133-144.
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32, 1-8.
- Popper, K. R. (1984). *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr.
- Reeve, J. (2002). Self-Determination Theory Applied to Educational Settings. In R. M. Ryan & E. L. Deci (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 183-203). Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Ryan, R. M. & Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 749-761.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory - Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. New York: Guilford Press.
- Schiepe-Tiska, A., Reiss, K., Obersteiner, A., Heine, J.-H., Seidel, T. & Prenzel, M. (2013). Mathematikunterricht in Deutschland: Befunde aus PISA 2012. In M. Prenzel, O. Köller, E. Klieme & C. Sälzer (Hrsg.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 123-154). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A. & Schmidtner, S. (2013). Mathematikbezogene emotionale und motivationale Orientierungen, Einstellungen und Verhaltensweisen von Jugendlichen in PISA 2012. In M. Prenzel, O. Köller, wE. Klieme & C. Sälzer (Hrsg.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 99-121). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 - Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 45-98). Münster: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Simm & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99-132). Münster: Waxmann.

- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S. & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018 – aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In K. Reiss, M. Weis, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 211-240). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Schmidt-Borcherding, F., Hänze, M., Wodzinski, R. & Rincke, K. (2013). Inquiring scaffolds in laboratory tasks: An instance of a "worked Laboratory Guide Effect"? *European Journal of Psychology of Education*, 28, 1381-1395.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G. & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? *Unterrichtswissenschaften*, 36(4), 365-384.
- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Wodzinski, R. (2009). Complex Problem Solving and Worked Examples. The Role of Prompting Strategic Behavior and Fading-in Solution Steps. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129-138.
- Schumacher, F., Beyer-Sehlmeyer, G., Henrich, S., Polte, S., Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Osmotische Wirkung von Kochsalz – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration bei verschiedenen Gemüsearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2(2), 97-106.
- Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Schmidt-Weigand, F. (2007). Komplexität erhalten- auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Chemikon*, 14(3), 115-122.
- Stiller, C. & Wilde, M. (2021). Einfluss gestufter Lernhilfen als Unterstützungsmaßnahme beim Experimentieren auf den Lernerfolg im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(3), 743-763.
- Thomas, A. E. & Müller, F. H. (2015). Entwicklung und Validierung der Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen. *Diagnostica*, 1-11.
- Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. In M. P. Zanna (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 29, 271- 360). San Diego: Academic Press.
- Walker, W. S. (2017). Integrated STEM or Integrated STEM? *School Science and Mathematics*, 117(6), 225-227.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315-345.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31-45.

Kontakt

Prof. Dr. Matthias Wilde
Universität Bielefeld
Biologiedidaktik (Zoologie & Humanbiologie)
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
E-Mail: matthias.wilde@uni-bielefeld.de

Zitationshinweis:

Kleinert, S. I., Besa, K.-S., & Wilde, M. (2022). Der Einsatz gestufter Lernhilfen als Unterstützung für Lernende im Kontext des biologischen Experimentierens: Einfluss auf die Schüler*innen-Motivation im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 26, 1-18. doi: 10.11576/zdb-5205

Veröffentlicht: 09.02.2022



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung 4.0 International zugänglich (CC BY 4.0 de). URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>