

Zum Nacherfinden.
Konzepte und Materialien für Unterricht und Lehre

Schüler*innen lernen selbstständig das Modellieren mit Exponentialfunktionen

Binnendifferenzierung im Mathematikunterricht durch digitale gestufte Lernhilfen

Philipp Hamers¹, Holger Bekel-Kastrup¹, Svea Isabel Kleinert²,
Darius Haunhorst² & Matthias Wilde^{2,*}

¹ Oberstufen-Kolleg an der Universität Bielefeld

² Universität Bielefeld

* Kontakt: Universität Bielefeld,

Fakultät für Biologie, Biologiedidaktik (Zoologie/Humanbiologie),

Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld

matthias.wilde@uni-bielefeld.de

Zusammenfassung: In dem Forschungsprojekt „Bielefelder Binnendifferenzierung in den MINT-Fächern“ (BiBi-MINT) am Oberstufen-Kolleg Bielefeld zur Verzahnung von Mathematikunterricht und Naturwissenschaftsunterricht mit gleichzeitiger Binnendifferenzierung sind im Anwendungskontext „Corona“ digitale gestufte Lernhilfen zur Erstellung und Prognose von Exponentialfunktionen entwickelt und evaluiert worden. Sie sind dazu geeignet, dass Schüler*innen eigenverantwortlich das Modellieren mit Exponentialfunktionen erlernen. In diesem Beitrag wird anhand der konkreten Unterrichtseinheit in das Konzept der gestuften Lernhilfen eingeführt, und es werden die Materialien zum Nacherfinden als Online-Supplements zur Verfügung gestellt. Neben der Verwendung im Schulunterricht kann dieses Unterrichtsbeispiel exemplarisch in der Lehrer*innenbildung eingesetzt werden.

Schlagwörter: Binnendifferenzierung; Mathematikunterricht; Lehrerbildung; Lernhilfe; Modellieren; Exponentialfunktion; Coronavirus



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

1 Einleitung

Eine heterogene Schüler*innenschaft stellt Lehrende in vielen Kursen vor große Herausforderungen. Das gilt vor allem, wenn aus einer Lehrlogik heraus bestimmte Inhalte unterrichtet werden müssen und man dabei nicht auf die individuellen Interessen und die individuellen Lernstände der Schüler*innenschaft eingehen kann. Oft sind zu Beginn eines Themas für einige Schüler*innen zeitaufwändige Wiederholungen nötig, während diese für andere Schüler*innen redundant sind und eher demotivierend wirken (vgl. z.B. Prenzel, 1997). Im Zuge des Distanzunterrichts während der Corona-Pandemie verschärfte sich diese Problematik, und zusätzlich wurde der Einsatz von digitalen Lernmaterialien notwendig.

Zur möglichst effektiven Nutzung der (digitalen) Unterrichtszeit und für einen stärker motivierenden Mathematikunterricht sollte möglichst individuell auf die jeweiligen Kompetenzen der Schüler*innen eingegangen werden, und die Schüler*innen sollten auch im Online-Format von ihrem aktuellen Kenntnisstand aus weiter gefördert werden. Ein Weg, dies zu erreichen, sind digitale gestufte Lernhilfen. Auf Grundlage bereits erstellter gestufter Lernhilfen für den Mathematikunterricht zum Themenbereich *Lineare Funktionen* (vgl. Hamers et al., 2020) sowie für den Naturwissenschaftsunterricht zum Themenbereich *Osmose* (vgl. Bekel-Kastrup et al., 2020) und zum Themenbereich *Ökologische Nische und Keimung* (vgl. Kleinert et al., 2022) wurden auch für das Modellieren mit Exponentialfunktionen digitale gestufte Lernhilfen entwickelt (vgl. QR-Lernhilfen, 2021a).

2 Didaktischer Kommentar: Gestufte Lernhilfen

Eine Möglichkeit, mit dem skizzierten Problem umzugehen, ist der Einsatz digitaler gestufter Lernhilfen als binnendifferenzierende Maßnahme (s. Kap. 4: Theoretischer Hintergrund). Anhand dieser Lernhilfen können Schüler*innen die Schritte des Modellierungskreislaufs (vgl. z.B. Blum, 1985; Blum & Leiß, 2005) selbstständig wiederholen und ihre wieder aufgefrischten Kompetenzen dann auf weitere Aufgaben anwenden.

Um die Lernhilfen sinnvoll einzusetzen, sollten die Schüler*innen über ein solides Grundwissen zu Exponentialfunktionen verfügen. In der beforschten Unterrichtsreihe wurden die ersten vier Doppelstunden zur Einführung von Exponentialfunktionen genutzt, und die Schüler*innen lernten Exponentialfunktionen und ihre allgemeine algebraische Form in Gestalt eines Gruppenpuzzles kennen (als Wachstums- und als Zerfallsfunktionen) und übten diese in unterschiedlichen Kontexten, bevor die Lernhilfen zum Modellieren genutzt wurden (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Ablauf der Unterrichtseinheit zum Thema Exponentialfunktionen (eigene Darstellung)

<i>Block</i>	<i>Inhalt</i>
1	Einstieg/Erkundung über ein Gruppenpuzzle mit vier exemplarischen Beispielen von Exponentialfunktionen Sicherung: Allgemeine Form einer Exponentialfunktion und des Graphen
2	Erarbeitung: Besonderheiten von Exponentialfunktionen (Graphen) Übung mit leichten Anwendungsaufgaben → Sporbuch
3	Weitere Übungen zum Graphen und leichte Anwendungsaufgaben, insbesondere zur exponentiellen Abnahme (radioaktiver Zerfall/Halbwertszeit)
4	Prognosen mit exponentiellen Modellen Erstellen von exponentiellen Funktionsgleichungen aus zwei Punkten

2.1 Einsatzmöglichkeit der gestuften Lernhilfen

Die Lernhilfen eignen sich zum selbstständigen Modellieren mit Exponentialfunktionen, z.B. in der Jahrgangsstufe 9 oder in der Einführungsphase zur Oberstufe. Sie können sowohl im Präsenz- als auch im Distanzunterricht eingesetzt werden.

Genauer dienen die Lernhilfen zur Unterstützung folgender Schritte im Modellierungsprozess:

- aus gegebenen Texten und Tabellen relevante Daten zu entnehmen,
- aus diesen Daten eine exponentielle Funktionsgleichung zu erstellen,
- mit der erstellten Funktionsgleichung Prognosewerte zu berechnen,
- die berechneten Werte im Sachkontext zu interpretieren und mit diesen die Güte des Modells zu beurteilen.

Dazu gibt es u.a. Hinweise lernstrategischer bzw. methodischer Art (z.B. „Überlegt, wie ihr diese Informationen nutzen könnt.“) oder auch lösungsorientierte, inhaltliche Hinweise (z.B. „Bestimmt mit diesen Daten nun den Wachstumsfaktor.“). Anschließend können die Lernenden jeweils die Lösung erhalten. Die Lernhilfen erklären dabei aber nur wenig die Vorgehensweise („Warum erstelle ich eine Funktionsgleichung nach diesem Vorgehen?“). Diese Erklärungen werden zwar durch einige Hinweise angeregt und geliefert; trotzdem ist es sinnvoll, diese anschließend im Plenum zu besprechen oder die Begründung einzelner Schritte der Lernhilfen durch die Schüler*innen erarbeiten zu lassen (z.B. „Warum ist hier c der Anfangsbestand und a der Wachstumsfaktor in der Funktionsgleichung?“).

Darüber hinaus könnten die digitalen gestuften Lernhilfen als exemplarische Beispiele für Binnendifferenzierung und Digitalisierung in der Lehrer*innenbildung verwendet werden (z.B. in Seminaren der Mathematikdidaktik). Sie können diskutiert werden, und nach ihrer Vorlage können die angehenden Lehrkräfte eigene Lernhilfen erstellen (z.B. für ihre eigene Unterrichtssequenz).

2.2 Hinweise zum Einsatz der gestuften Lernhilfen

Die Lehrkraft sollte vor dem Einsatz der Lernhilfen auf folgende Punkte achten und diese den Schüler*innen kommunizieren:

Die Schüler*innen bekommen zunächst das Aufgabenblatt (in Papierform oder digital) (vgl. Online-Supplement 2), und im Unterrichtsgespräch wird die Aufgabe a) (*Warum ist ein exponentieller Verlauf sinnvoll anzunehmen?*; vgl. Online-Supplements 1, 2 und 3) bearbeitet. Im Anschluss erhalten die Schüler*innen die Lernhilfen als Link oder QR-Code ausgehändigt und können diese mit ihrem digitalen Endgerät aufrufen, um mit diesen das erste Modell der Aufgabe b) zu erstellen. Der erste Reiter der Lernhilfen zeigt zunächst die Aufgabe; diese kann aber ohne das entsprechende Arbeitsblatt mit den Daten nicht bearbeitet werden. Dann folgen aufeinander aufbauende Lernhilfen. Dabei wird immer erst eine Hilfestellung gegeben und anschließend eine (korrekte) Teillösung dargeboten. Die Lernhilfen sollten selbsterklärend sein. Dennoch sollte die Lehrkraft bei Unklarheiten ansprechbar sein. Die Arbeit mit den Lernhilfen sollte so erfolgen, dass die Schüler*innen immer zuerst versuchen, selbst die Lösung zu erarbeiten und auch nach jedem genutzten Hinweis zunächst selbst versuchen weiterzudenken. Natürlich können die Lösungen der Hinweise auch nur zur Kontrolle genutzt werden, wenn der*die Schüler*in die Aufgabe bereits selbst gelöst hat. Nachdem die erste Prognose durch das erste Modell mit den Lernhilfen erstellt wurde, sollten das zweite Modell und dessen Prognose zur Aufgabe b) (*Erstellung des ersten Modells*; vgl. Online-Supplements 1, 2 und 3) analog entwickelt werden. Damit können auch die Schüler*innen selbst prüfen, ob sie die Aufgaben schon ohne Lernhilfen eigenständig lösen können, und ggf. auf die Unterstützung der Lernhilfen zurückgreifen. Danach werden die beiden Modelle anhand ihrer Prognosen verglichen und beurteilt. Anschließend werden die Lösungen im Plenum verglichen. Zudem wird diskutiert, warum das zweite Modell eine deutlich bessere Pro-

gnose liefert. Während der Arbeitsphase können leistungsstärkere Schüler*innen auch die Zusatzaufgabe bearbeiten und diese später im Plenum vorstellen.

3 Das Material

Die digitalen gestuften Lernhilfen bestehen aus verschiedenen Reitern (vgl. QR-Lernhilfen, 2021b), die nacheinander geöffnet werden sollten. Sie beginnen mit der Aufgabenstellung; dann folgen im Wechsel Hinweise und (Teil-)Lösungen, und zuletzt wird die Lösung der übergeordneten Aufgabenstellung präsentiert. Die einzelnen gestuften Lernhilfen orientieren sich hierbei an den in Kapitel 2 beschriebenen Teilschritten des Modellierungsprozesses und können wie folgt gegliedert werden (vgl. Online-Supplement 4):

- Lernhilfe I: Allgemeine exponentielle Funktionsgleichung und Bedeutung der Parameter
- Lernhilfe II: Zusammenhang zwischen Daten und Funktion
- Lernhilfe III: Bestimmung des Anfangsbestandes
- Lernhilfe IV: Bestimmung des Wachstumsfaktors
- Lernhilfe V: Erstellen und Prüfen der Funktionsgleichung
- Lernhilfe VI: Erstellen der Prognose

Die Lösungen geben die Antworten auf die in den Hinweisen gestellten Fragen und fordern die Schüler*innen auf, zunächst ohne Hinweise weiterzuarbeiten. Auch wenn die Lernhilfen zunächst so angelegt sind, diese nacheinander zu bearbeiten, können die Lernenden auch einzelne Hinweise überspringen oder direkt einen bestimmten Hinweis aufrufen. Dies ist auch hilfreich, wenn in einem folgenden Unterrichtsgespräch über einzelne Hinweise gesprochen wird und alle den entsprechenden Hinweis schnell aufrufen können. Die gestuften Lernhilfen können von den Lernenden dabei über einen QR-Code oder einen Link aufgerufen werden (vgl. QR-Lernhilfen, 2021b). Ebenfalls lassen sich die Lernhilfen ausdrucken und in ein analoges Format übertragen (vgl. Online-Supplement 4). Als Begleitmaterialien zu den gestuften Lernhilfen werden im Anhang neben der Stundenplanung (vgl. Online-Supplement 1) das Arbeitsblatt für die Schüler*innen (vgl. Online-Supplement 2) sowie das Arbeitsblatt inklusive der Lösungen für die Lehrkraft (vgl. Online-Supplement 3) zur Verfügung gestellt.

4 Theoretischer Hintergrund

Gestufte Lernhilfen als Unterstützungs- und Strukturierungsmaßnahmen, die auf ein Konzept von Leisen (1999, 2010) zurückgehen, sind zweistufig aufgebaut. Gestufte Lernhilfen eignen sich für die Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen, die in mehrere Teilaufgaben unterteilt werden können (Leisen, 1999, 2010). Für jede Teilaufgabenstellung kann hierbei eine gestufte Lernhilfe entwickelt werden. Den ersten Teil einer gestuften Lernhilfe stellt ein lernstrategischer oder inhaltlicher Hinweis dar (Hänze et al., 2010). Dieser kann den Lernenden als Denkanstoß dienen. Auf einen solchen Hinweis folgt eine mögliche Teillösung zur Teilaufgabenstellung (Hänze et al., 2010). Da die Lernhilfen für eine heterogene Schüler*innenschaft lernwirksam sind, können sie als binnendifferenzierende Maßnahmen beschrieben werden. Als solche können gestufte Lernhilfen auf verschiedenen Ebenen nützlich sein.

Zum einen können die Schüler*innen so an ihren vorhandenen Kompetenzen ansetzen und diese weiter ausbauen, statt durch überflüssige Wiederholungen unterfordert oder durch Überforderung frustriert zu werden und so entsprechend wenig zu lernen. Positive Einflüsse der gestuften Lernhilfen auf den Wissenserwerb und Lernerfolg von Schüler*innen wurden bereits in Studien nachgewiesen (Großmann & Wilde, 2019; Stiller & Wilde, 2021).

Zum anderen verdeutlichen Studien den Einfluss von gestuften Lernhilfen auf motivationale und affektive Variablen, wie beispielsweise die Förderung intrinsischer Motivation (Schmidt-Borcherding et al., 2013). Durch den selbstständigen Gebrauch der Lernhilfen könnten langfristig die fachbezogene Selbstwirksamkeit sowie das schulbezogene Selbstkonzept der Lernenden verbessert werden (Hänze et al., 2007, 2010).

5 Begleitforschung und Ausblick

Die Lernhilfen wurden in der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe genutzt und durch Lehrer*innen und die Versuchsteilnehmenden bzw. Schüler*innen kommentiert.

Die Kommentare der Lehrkräfte, welche die Lernhilfen eingesetzt haben, lassen sich zu folgenden zwei Kernaussagen zusammenfassen:

- Es ist von großem Vorteil, dass die Lernhilfen einfach digital abrufbar sind, da sie so wenig Vorbereitungszeit brauchen (wie es bei der Erstellung haptischer Lernhilfen der Fall wäre) und auch im Distanzunterricht einfach einsetzbar sind.
- Im Vergleich mit einem Kurs, der die gleiche Aufgabe ohne Lernhilfen bearbeitet hatte, fiel auf, dass der Kurs mit Lernhilfen deutlich weniger Fragen an die Lehrkraft stellte und selbstständiger arbeitete.

Eine deskriptive, statistische Auswertung der Website der Lernhilfen hat ergeben, dass Hinweise und Teillösungen in etwa gleich oft genutzt wurden und dass die meisten Schüler*innen der Testgruppe die Lernhilfen auch öffneten. Eine noch genauere Überprüfung bzw. Nachverfolgung der Lernwege der Schüler*innen war im Distanzunterricht zunächst technisch nicht zu realisieren. In Folgeprojekten soll dieses detaillierte Nutzungsverhalten der Schüler*innen beforscht werden.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts „Bielefelder Binnendifferenzierung in den MINT-Fächern“ (BiBi-MINT) am Oberstufen-Kolleg Bielefeld sollen die gestuften Lernhilfen auch zur Unterstützung anderer Modellierungsprozesse genutzt werden und damit empirisch untersucht werden, ob sie die Lernmotivation und die Erkenntnisgewinnung fördern können.

Literatur und Internetquellen

- 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. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3283>
- Blum, W. (1985). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. *Mathematische Semesterberichte*, 32 (2), 195–232.
- Blum, W. & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *mathematik lehren*, 128, 18–21.
- Großmann, N. & Wilde, M. (2019). Experimentation in Biology Lessons: Guided Discovery through Incremental Scaffolds. *International Journal of Science Education*, 41 (6), 759–781. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1579392>
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Blum, S. (2007). Mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbstständig lernen und arbeiten. In K. Rabenstein & S. Reh (Hrsg.), *Kooperatives und selbstständiges Arbeiten von Schülern. Zur Qualitätssicherung von Unterricht* (S. 197–208). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90418-4_10
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Pädagogik. Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxisbuch für Lehrer/innen* (S. 63–73). Beltz.

- 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. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3284>
- Kleinert, S.I., Haunhorst, D., Bekel-Kastrup, H., Hamers, P. & Wilde, M. (2022). Wie hoch ist die Salztoleranz unterschiedlicher Getreidesorten? Eigenständiges Experimentieren mit digitalen gestuften Lernhilfen zur Thematik Ökologische Nische und Keimung. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 4 (1), 22–29. <https://doi.org/10.11576/dimawe-5273>
- Leisen, J. (1999). *Methoden-Handbuch Deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Varus.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren – Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. *Unterricht Physik*, 21 (117/118), 9–13.
- Prenzel, M. (1997). Sechs Möglichkeiten, Lernende zu demotivieren. In H. Gruber & A. Renkl (Hrsg.), *Wege zum Können. Determinanten des Kompetenzerwerbs* (S. 32–44). Huber.
- QR-Lernhilfen. (2021a). *Gestufte Lernhilfen mit QR-Codes*. <https://qr-lernhilfen.de/>
- QR-Lernhilfen. (2021b). *Coronaprognozen. Hilfen zur Binnendifferenzierung*. <https://qr-lernhilfen.de/mobileUrl?url=1e5c929487b861e2>
- Schmidt-Borcherding, F., Hänze, M., Wodzinski, R. & Rincke, K. (2013). Inquiry Scaffolds in Laboratory Tasks: An Instance of a “Worked Laboratory Guide Effect”? *European Journal of Psychology of Education*, 28, 1381–1395. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0171-8>
- Stiller, C. & Wilde, M. (2021). Einfluss gestufter Lernhilfen als Unterstützungsmaßnahme beim Experimentieren auf den Lernerfolg im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24 (3), 743–763. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01017-4>

Beitragsinformationen¹

Zitationshinweis:

Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Kleinert, S.I., Haunhorst, D. & Wilde, M. (2022). Schüler*innen lernen selbstständig das Modellieren mit Exponentialfunktionen. Binnendifferenzierung im Mathematikunterricht durch digitale gestufte Lernhilfen. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 4 (1), 73–78. <https://doi.org/10.11576/dimawe-5474>

Online-Supplements:

- 1) Stundenplanung
- 2) Arbeitsblatt
- 3) Arbeitsblatt mit Lösungen
- 4) Gestufte Lernhilfen im Papierformat

Online verfügbar: 09.06.2022

ISSN: 2629–5598



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

¹ Diese Veröffentlichung ist Teil des Projektes „Lernprozessbegleitende Diagnostik und Fachdidaktik – gestufte digitale Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für adaptiven Unterricht“ (DiLernProfis), das aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird (Förderkennzeichen: 01 NV2118A). Die Autor*innen sind für den Inhalt dieser Publikation verantwortlich.