

Jasmin Moser<sup>1</sup>  
Richard Schulte<sup>1</sup>  
Frank Seeberger<sup>1</sup>  
Jan-Philipp Burde<sup>1</sup>  
Walther Paravicini<sup>1</sup>  
Stefan Schwarzer<sup>1</sup>  
Andreas Lachner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Tübingen

## **Adaptives Unterrichten in den MINT-Fächern durch Digitalisierung**

### **Theoretischer Hintergrund**

Der Umgang mit der wachsenden Heterogenität in Regelklassen stellt Lehrkräfte seit vielen Jahren vor vielfältige Herausforderungen (Trautmann & Wischer, 2011). Ein Ansatz, mit den Herausforderungen umzugehen, ist *adaptiver Unterricht* (Bohl et al., 2017; Sibley & Lachner, 2023a), welcher das Ziel hat, alle Schüler:innen einer Klasse bestmöglich in ihrem individuellen Lernprozess zu unterstützen, wobei gleichzeitig ein gemeinsames Lernziel im Unterricht verfolgt wird (Corno, 2008). Umgesetzt wird dieses Ziel im adaptiven Unterricht durch eine möglichst passgenaue Bereitstellung unterschiedlicher Inhalte und Methoden entsprechend den Lernvoraussetzungen der Lernenden. Anders als bei individualisiertem Lernen geht es bei adaptivem Unterricht um die gezielte Nutzung von Stärken und Schwächen der Schüler:innen als Lerngelegenheit, sodass die gesamte Gruppe voneinander profitieren kann. Somit sind auch Kollaboration und die gemeinsame Arbeit in Kleingruppen ein wichtiges Prinzip adaptiven Unterrichts (Corno, 2008; Sibley et al., 2023). Um die Lernenden in Gruppen einteilen zu können, muss die Lehrperson Einblicke in die Lernvoraussetzungen der einzelnen Schüler:innen gewinnen. Dies geschieht durch regelmäßige, unterrichts begleitende *formative Diagnosen*, durch die die Lehrperson Informationen über die gegenwärtigen Lernprozesse erhält. Die Zuweisung der unterschiedlichen Lerninhalte und Methoden aufgrund der vorangegangenen formativen Diagnose wird als *Makroadaption* bezeichnet. Anpassungen, die spontan im Unterricht stattfinden, wie Feedback an die Lernenden, individuelle Unterstützung in Arbeitsphasen oder das Zuweisen von weiterführendem Material, werden hingegen als *Mikroadaptionen* verstanden (Sibley et al., 2023; Sibley & Lachner, 2023b). Für den MINT-Unterricht ist adaptiver Unterricht ein vielversprechender Ansatz, um die unterschiedlichen Voraussetzungen der Lernenden zu adressieren (Sibley & Lachner, 2023a). Digitale Medien bieten dabei Möglichkeiten, die Umsetzung adaptiven Unterrichts zu erleichtern, indem beispielsweise Diagnosen automatisch ausgewertet werden oder die Gestaltung unterschiedlicher Lernpfade und Bereitstellung differenzierter Materialien erleichtert werden. Im Rahmen des Projektes MINT-ProNeD wurden an der Universität Tübingen mehrere Professionalisierungsangebote für MINT-Lehrkräfte entwickelt, um diese bei der Durchführung adaptiven MINT-Unterrichts mit digitalen Medien zu unterstützen.

### **Anforderungen an die Professionalisierungsangebote**

Die Professionalisierungsangebote zielen darauf ab, die MINT-Lehrkräfte 1.) zum didaktisch begründeten Einsatz von digitalen Medien und 2.) zur Umsetzung von adaptivem Unterricht in den MINT-Fächern zu befähigen.

Zur Umsetzung dieser Ziele werden

- zum einen Lehrkräftefortbildungen entwickelt, die den Gestaltungskriterien für wirksame Lehrkräftefortbildungen entsprechen (Lipowsky & Rzejak, 2017). Hierzu zählen bspw. der kollegiale Austausch zwischen den Teilnehmenden sowie die Auseinandersetzung mit den Fortbildungsinhalten über einen längeren Zeitraum hinweg.
- zum anderen ko-konstruktive Unterrichtsentwicklungsprozesse zwischen Lehrkräften und Forschenden im Rahmen von Professionellen Lerngemeinschaften (Bonsen & Rolff, 2006) angeregt, wobei sowohl die wissenschaftliche Perspektive als auch die praktische Perspektive bei der Entwicklung von adaptivem, digitalisierungsbezogenem Unterrichtsmaterial gleichermaßen zur Geltung kommen.

### **Ausgestaltung der Angebote**

Im Rahmen des Projektes MINT-ProNeD entstand an der Universität Tübingen eine fächerübergreifende Onlinefortbildung zum Thema „Adaptiver MINT-Unterricht mit digitalen Medien“, die sich an Mathematik-, Physik- und Chemielehrkräfte richtet; weitere fachspezifische Fortbildungen werden derzeit entwickelt. Außerdem werden in Kooperation mit Lehrkräften für die drei MINT-Fächer jeweils digital gestützte Unterrichtsmaterialien erstellt und im Unterricht erprobt.

#### *Fächerübergreifende Onlinefortbildung*

Ziel der fächerübergreifenden Onlinefortbildung ist es, MINT-Lehrkräften in kompakten Lernabschnitten einen Überblick über adaptiven Unterricht zu vermitteln und Möglichkeiten der digitalen Anreicherung vorzustellen. Die Fortbildung wird in einem Blended-Learning-Format angeboten, wobei sich synchrone Treffen mit asynchronen Selbstlernphasen über einen Zeitraum von zwei Monaten abwechseln. Dadurch wird die mehrfache Auseinandersetzung mit den Fortbildungsinhalten über einen längeren Zeitraum hinweg als wirksames Element von Lehrkräftefortbildungen gewährleistet (Lipowsky & Rzejak, 2017). Im Anschluss an eine synchrone Einstiegssitzung, die einen Überblick zu adaptivem Unterricht gibt, erarbeiten die Lehrkräfte in drei Selbstlernphasen die Bestandteile adaptiven Unterrichts (Sibley et al, 2023): formative Diagnose, Makroadaptation und Mikroadaptation. Die Selbstlernphasen umfassen die Vermittlung theoretischen Hintergrundwissens zum jeweiligen Bestandteil adaptiven Unterrichts mithilfe von Lernvideos und stellen fachspezifische Beispiele bereit, die Anregungen geben, wie die Inhalte im Unterricht umgesetzt werden können. So wird der jeweilige Fachbezug hergestellt und sichergestellt, dass die Fortbildungsinhalte an konkreten Unterrichtsgegenständen vermittelt werden, was wiederum ein Kriterium wirksamer Lehrkräftefortbildungen ist (Lipowsky & Rzejak, 2017). Praxisimpulse und Aufgaben während der Selbstlernphasen regen die Lehrkräfte dazu an, die Fortbildungsinhalte bis zur Reflexionssitzung im eigenen Unterricht anzuwenden und zu erproben, wobei die Komplexität der Aufgaben in Anlehnung an das 4C/ID-Modell (Merriënboer, 1997) zum Ende einer Selbstlerneinheit zunimmt. Die Reflexionssitzungen dienen der gegenseitigen Vorstellung der im Unterricht erprobten Materialien und dem gemeinsamen Austausch über die Erfahrungen aus dem Unterricht. Dies soll den kollegialen Austausch anregen und Möglichkeiten schaffen, Feedback von der Fortbildungsleitung und von den Kolleg:innen zu erhalten, wodurch weitere Elemente wirksamer Lehrkräftefortbildungen implementiert werden (Lipowsky & Rzejak, 2017).

### *Unterrichtsfach Physik*

Für das Unterrichtsfach Physik wurden zwei Fortbildungen zum fachdidaktisch sinnvollen Einsatz von Simulationen und zu Videoanalysen im Unterricht entwickelt.

Die Stärken von Videoanalysen im Unterricht liegen vor allem darin, abstrakte Größen der Mechanik, wie Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- oder Kraftvektoren in alltagsbezogene Videos einblenden zu können, um so das Konzeptverständnis der Lernenden zu unterstützen (Wilhelm & Diehl, 2020). In der Fortbildung werden verschiedene Videoanalyseprogramme und didaktische Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht vorgestellt.

Der schülerzentrierte Einsatz von Simulationen im Physikunterricht bietet das Potential, Unterrichtssettings zu schaffen, in denen die Lernenden Aktivitäten des forschenden Lernens nachgehen. Dazu wird in der Fortbildung die Methode des geleiteten forschenden Lernens nach Perkins et al, (2012) vorgeschlagen, welche empirische Befunde zum lernförderlichen Einsatz von Simulationen berücksichtigt (Perkins et al., 2012; Rutten et al., 2012; Wieman et al., 2010).

### *Unterrichtsfach Chemie*

Für den Chemieunterricht werden Fortbildungen entwickelt, in deren Zentrum die beiden didaktisch aufbereiteten Periodensysteme „PSE<sup>3</sup>“ (Kremer, 2019) und das „Periodensystem Grundbausteine und Kräfte“ stehen (Barke, 2021; Herdt, 2015). Das PSE<sup>3</sup> verbindet die drei Ebenen Atomart (z. B. Cl), Teilchenebene (z. B. Cl<sub>2</sub>) und Stoffebene, die meist mit einer Abbildung des Elements repräsentiert wird.

Außerdem wird in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen eine VR-App auf Basis des Kugelwolkenmodells entwickelt, um Schüler:innen in ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen zu unterstützen. Räumliches Vorstellungsvermögen zählt zu den fächerunabhängigen Kompetenzen und wird auch im Unterrichtsfach Chemie häufig adressiert, z.B. durch Darstellungen von Gitterstrukturen oder Enantiomeren (Barke et al, 2011). Studien deuten darauf hin, dass sich räumliches Vorstellungsvermögen trainieren lässt und sich geschlechtsspezifische Unterschiede feststellen lassen (Prechtel, 2016).

### *Unterrichtsfach Mathematik*

Im Mathematikunterricht können Schüler:innen insbesondere in Übungsphasen von adaptiven Unterrichtsmethoden profitieren. Da Übungsaufgaben unter anderem dem Erwerb von mathematischen Basiskompetenzen und der Automatisierung von Routinetätigkeiten dienen (s. bspw. Leuders, 2015), bilden sie somit eine wichtige Grundlage für das Lösen komplexerer mathematischer Probleme. Durch automatisches Feedback und die Möglichkeit des individuellen Übens einzelner Inhalte bieten Übungsprogramme, wie beispielsweise die kostenfreie und inzwischen weit verbreitete Software MatheBattle ([mathebattle.de](http://mathebattle.de)), das Potenzial, sowohl Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung adaptiven Unterrichts zu entlasten als auch Schüler:innen in besonderer Art und Weise beim prozeduralen Üben zu unterstützen. Im Rahmen des Projekts wird eine Online-Fortbildung angeboten, in der Mathematiklehrkräfte Möglichkeiten zur Gestaltung adaptiver Übungsphasen durch den Einsatz verschiedener Funktionen von MatheBattle kennenlernen.

### **Förderhinweis**

Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die der Autor:innen und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wider.

## Literatur

- Barke, H.-D. (2021). Bindigkeit und Elektronenpaar – zwei Bindungsmodelle für den Chemieunterricht, *Chemkon*, 28(8), 336-340, <https://doi.org/10.1002/ckon.202000018>
- Barke, H.-D. Harsch, G. (2011) *Chemiedidaktik kompakt*, DOI 10.1007/978-3-642-20220-9\_11, Springer
- Bohl, T., Budde, J., & Rieger, M. (2017). IV Professionalisierung, Unterricht, Didaktik. In *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht* (S. 224–309). Verlag Julius Klinkhardt. <https://www.utb.de/doi/abs/10.36198/9783838547558-224-309>
- Bonsen, M., & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(2), 167–184. <https://doi.org/10.25656/01:4451>
- Corno, L. (2008). On Teaching Adaptively. *Educational Psychologist*, 43(3), 161–173. <https://doi.org/10.1080/00461520802178466>
- Herdt, C. (2015). Bindigkeit und Ionenladung – Eine Alternative zur stöchiometrischen Wertigkeit. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 64(2), 14-19.
- Kremer, M., Bee, U. (2019). Einsatzmöglichkeiten der didaktisch aufbereiteten Periodensysteme „Periodensystem der Grundbausteine und Kräfte“ und „Periodensystem der Elemente in drei Ebenen PSE<sup>3+</sup>“, *Chemkon*, 26(7), 286-293. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900025>
- Leuders, T. (2015). *Aufgaben in Forschung und Praxis*. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 435–460). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_16)
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2017). Fortbildungen für Lehrkräfte wirksam gestalten – erfolgsverprechende Wege und Konzepte aus Sicht der empirischen Bildungsforschung. *Bildung und Erziehung*, 70(4), 379–400. <https://doi.org/10.7788/bue-2017-700402>
- Merriënboer, J. J. G. van. (1997). *Training Complex Cognitive Skills: A Four-Component Instructional Design Model for Technical Training*. Educational Technology.
- Perkins, K., Moore, E., Podolefsky, N., Lancaster, K., & Denison, C. (2012). Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes. *AIP Conference Proceedings*, 1413(1), 295–298. <https://doi.org/10.1063/1.3680053>
- Precht, M. (2016). Moleküle mental konstruieren, *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie (Boys & Girls Chemie gendersensibel unterrichten)*, 151, 24–34.
- Rutten, N., van Joelingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Sibley, L., Fabian, A., Plicht, C., Wettke, C., Backfisch, I., Bohl, T., Lachner, A. (2023a). Gestaltung adaptiver Lernumgebungen mithilfe digitaler Medien. Ein Werkstattbericht aus dem Tübinger Entwicklungs- und Forschungsprojekt “DiA:GO”. *Lehren und Lernen*, 49, 29–33.
- Sibley, L., & Lachner, A. (2023b, Juli 28). *Adaptiver Unterricht: Wie er funktioniert und was digitale Medien leisten können*. Adaptiver Unterricht: Wie er funktioniert und was digitale Medien leisten können. <https://www.campus-schulmanagement.de/magazin/adaptiver-unterricht-tipps-beispiele-digitale-medien>
- Sibley, L., Lachner, A., Plicht, C., Fabian, A., Backfisch, I., Scheiter, K., & Bohl, T. (2023). Feasibility of Adaptive Teaching with Technology: Which Implementation Conditions matter? *Computers & Education* (maj. rev.)
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). *Heterogenität in der Schule: Eine kritische Einführung* (1. Aufl.). VS-Verl. für Sozialwiss.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Wilhelm, T., & Diehl, S. (2020). Videoanalyse von Bewegungen. *Plus Lucis*, 1