

Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik (MINT)

DigiProMIN Fortbildung „Automatisierung im Chemieunterricht mit LEGO®-Titrationsroboter“

- Fortbildungsdokumentation

Diese Datei enthält die Fortbildungsdokumentation der Chemielehrkräftefortbildung „Automatisierung im Chemieunterricht mit LEGO®-Titrationsroboter“ aus dem DigiProMIN Projektverbund. Hierin werden der Inhalt, die angewandten didaktischen Methoden und der zeitliche Ablauf der Fortbildung beschrieben. Zusätzlich sind für die Fortbildung relevanten Materialien gelistet und deren Verzeichnisstruktur im zugehörigen Zip-Ordner dargestellt.

Autor:innen

Banerji, A., Universität Potsdam | Diermann, D., Technische Universität München | Egerer, C., Universität Potsdam | Krinninger, R., Technische Universität München | Schulze, A., Universität Potsdam | Koenen, J., Technische Universität München

Produkttyp

Fortbildungsdokumentation

Schulstufe

Sekundarstufe I, Sekundarstufe II, Berufliche Bildung



Dieses Produkt ist unter der Lizenz CC BY SA 4.0 veröffentlicht. Ausgenommene Inhalte sind an den einzelnen Inhalten angegeben. Die Urheber:innen sollen bei der Weiterverwendung wie folgt angegeben werden: Banerji, A., Diermann, D., Egerer, C., Krinninger, R., Schulze, A. & Koenen, J. Kompetenzverbund lernendigital, entstanden im Projektverbund DigiProMIN.

Fortbildungsbeschreibung

Titel der Fortbildung

Automatisierung im Chemieunterricht mit LEGO®-Titrationsrobotern

Gesamtkonzept der Fortbildung

Der Bedarf an Fortbildungen zum Thema digitale Medien im Chemieunterricht ergibt sich u.a. durch die aktuellen technischen Entwicklungen, dem Digitalisierungswunsch (auch in der Schule, vgl. Digitalpakt Schule, KMK, 2023) und dem teilweise fehlenden themenspezifischen Wissen von Lehrkräften sowie Lernenden, auch im Umgang mit digitalen Medien (vgl. ICILS-2018-Studie; Eickelmann, Bos & Labusch, 2019). Lehrkräfte „müssen digitale Medien didaktisch sinnvoll verwenden, digitalisierungsbezogene Fachinhalte in ihren Unterricht integrieren und auf der Ebene der Medienerziehung und -bildung die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im reflektierten Umgang mit digitalen Medien in einer sich wandelnden Gesellschaft fördern können.“ (Bonnes, Wahl & Lachner, 2022, S. 134). Dazu wünschen sich Lehrkräfte vorrangig Fortbildungen zu Grundlagen der Mediennutzung, zum Einsatz (und auch der Eigenproduktion) von Lernmaterialien und digitalen Tools, zum Umgang mit spezifischer Software und vermehrt auch zu didaktischen Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien (Schulze-Vorberg et al., 2021).

Die hier vorgestellte Fortbildung „Automatisierung im Chemieunterricht mit LEGO®-Titrationsrobotern“ schließt an das (optionale) Orientierungsmodul der DigiProMIN Chemie-Lehrkräftefortbildungen an. Hierbei ist das übergeordnete Ziel den Lehrkräften den Aufbau nachhaltiger Kompetenzen zu ermöglichen und transferfähiges Wissen zu vermitteln, um digitale Medien im Kontext des (Schüler-) Experiments im eigenen Chemieunterricht lernförderlich und sinnstiftend einzusetzen und zu entwickeln. Aufgrund der fortschreitenden Automatisierung - auch in Forschungslaboren - liegt der Fokus dieses Fortbildungsangebots auf den grundlegenden Aspekten der Automatisierung, Algorithmizität und Robotik. Hierbei wird das Gelernte direkt in die Praxis umgesetzt und mit Hilfe des LEGO® Education SPIKE™ Prime Systems einen Titrierroboter für eine automatische Säure-Base-Titration entwickelt. Die Fortbildung ist demnach ein Beispiel für einen fächerübergreifenden Ansatz aus Chemie und Informatik.

Das Fortbildungskonzept und die Struktur des Vertiefungsmoduls orientieren sich an empirisch als wirksam bestätigten Leitlinien und Prinzipien für Fortbildungsmaßnahmen, u.a.:

- *Interaktivität, Eigeninitiative und kollegialer Austausch zwischen Teilnehmenden* (Emden & Baur, 2017)
- *Konkrete, unterrichtsrelevante Materialien* (Daus et al., 2004)
- *Werkzeugspezifität*, d.h. spezifische digitale Tools (Sieve, 2017)
- *Fachspezifität* (Sieve & Schanze, 2014)
- *Modularität und Wahlfreiheit* (Sieve & Schanze, 2014)
- *Phasierung in Vermittlung, Erarbeitung, Erprobung, Rückmeldung und Reflexion* (Lipowsky, 2014)

Die Fortbildung erstreckt sich über einen Zeitraum von 3,5 h. Sie findet in Präsenz in einem Chemielabor statt.

Die Hauptlernziele des Fortbildungsangebots sind:

- Lehrkräfte können mit Hilfe des LEGO® Education SPIKE™ Prime-Sets einen automatischen Titrationsroboter aufbauen und programmieren (mittels App).

Gefördert vom:

- Lehrkräfte können mit Hilfe des LEGO® Education SPIKE™ Prime-Sets eine automatisierte Titration durchführen und erläutern, wie diese begründet im Chemieunterricht eingesetzt werden kann.
- Lehrkräfte können erläutern, wie informatische Grundprinzipien (z.B. Automatisierung, Algorithmizität) im Chemieunterricht behandelt werden können.

Auf Basis dieser Lernziele lässt sich die Förderung folgender Kompetenzen entlang des DigCompEdu-Rahmenmodells ableiten:

1. Berufliches Engagement <input checked="" type="checkbox"/> 1.1. Berufliche Kommunikation <input type="checkbox"/> 1.2. Berufliche Zusammenarbeit <input checked="" type="checkbox"/> 1.3. Reflektierte Praxis <input type="checkbox"/> 1.4. Digitale Weiterbildung <input type="checkbox"/>	2. Digitale Ressourcen <input checked="" type="checkbox"/> 2.1. Auswählen <input checked="" type="checkbox"/> 2.2. Erstellen und Anpassen <input checked="" type="checkbox"/> 2.3. Organisieren, Schützen, und Teilen <input type="checkbox"/>
3. Lehren und Lernen <input checked="" type="checkbox"/> 3.1. Lehren <input checked="" type="checkbox"/> 3.2. Lernbegleitung <input type="checkbox"/> 3.3. Kollaboratives Lernen <input checked="" type="checkbox"/> 3.4. Selbstreguliertes Lernen <input checked="" type="checkbox"/>	4. Evaluation <input type="checkbox"/> 4.1. Lernstand erheben <input type="checkbox"/> 4.2. Lern-Evidenz analysieren <input type="checkbox"/> 4.3. Feedback und Planung <input type="checkbox"/>
5. Lernerorientierung <input checked="" type="checkbox"/> 5.1. Digitale Teilhabe <input type="checkbox"/> 5.2. Differenzierung und Individualisierung <input checked="" type="checkbox"/> 5.3. Aktive Einbindung der Lernenden <input checked="" type="checkbox"/>	6. Förderung der digitalen Kompetenz der Lernenden <input checked="" type="checkbox"/> 6.1. Informations- und Medienkompetenz <input checked="" type="checkbox"/> 6.2. Kommunikation und Kollaboration <input checked="" type="checkbox"/> 6.3. Erstellen digitaler Inhalte <input checked="" type="checkbox"/> 6.4. Verantwortungsvoller Umgang <input type="checkbox"/> 6.5. Digitales Problemlösen <input type="checkbox"/>

Die Fortbildung wurde in München, Kiel und Potsdam pilotiert und in mehreren Durchführungen evaluiert. Die bisherigen Eindrücke und Auswertungen der begleitenden, eingebetteten Fortbildungsevaluation sprechen für eine qualitativ hochwertige und akzeptierte Fortbildung und unterrichtsrelevante, gewinnbringende Lehr-Lern-Materialien. Die Fragebogenevaluation zeigt eine hohe Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung der teilnehmenden Lehrkräfte. Die eingeschätzte Fortbildungsqualität ist dabei nach der Teilnahme hoch ausgeprägt. Auch das offene Feedback und die Erfahrungen aus den Durchführungen bestätigen dieses positive Bild. Allerdings sehen die Lehrkräfte trotz großer Nutzungsintention Herausforderungen in der praktischen Umsetzung eines automatisierten Titrationsroboter im Regelunterricht. Sie sprechen die notwendigen Anschaffungskosten und den erhöhten Zeitaufwand an, loben aber gleichzeitig den fächerübergreifenden Zugang und die motivierende Arbeit mit den Titrationsrobotern. Die Lehrkräfte waren sehr zufrieden mit der Aufteilung in Input und Explorationsphasen sowie mit den begleitenden Materialien zur Erklärung und Unterstützung. Es wurden keine konkreten Verbesserungswünsche artikuliert.

Kurzbeschreibung der enthaltenen Fortbildungsbausteine

1. Baustein: Automatisierter Titrationsroboter (ca. 210 min – Präsenz)

Algorithmik, Automatisierung und Programmierung sind Themenfelder, die bisher seltener im (naturwissenschaftlichen) Unterricht einbezogen werden. Die chemische Industrie und unser Alltag kommen jedoch nicht mehr ohne diese Themen aus, weshalb es auch im Sinne der sogenannten 21st century skills (vgl. González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022; Kennedy & Sundberg, 2020) sinnvoll erscheint, diese zu thematisieren und auch im Chemieunterricht zu nutzen.

In dieser Fortbildung erhalten die Teilnehmenden nach einer kurzen Inputphase zu diesen informatischen Grundprinzipien die übergeordnete Aufgabe einen automatischen Titrationsroboter (Säure-Base-Titration) mit dem *LEGO® Education SPIKE™ Prime Set* zu entwickeln. Hierzu müssen Lehrkräfte einen passenden Aufbau konzipieren, den Roboter zusammenbauen und mit Hilfe der zugehörigen App und deren intuitive Programmieroberfläche programmieren. In der Fortbildung gibt es aus diesem Grund eine Phase zum Testen der eigenen Ideen (in Kleingruppenarbeit). Dabei werden die Lehrkräfte durch ein interaktives eBook (erstellt in PowerPoint) mit Hinweisen und Erklärungen begleitet. Nach erster erfolgreicher automatischer Titration findet ein Wettbewerb zwischen den Gruppen statt, um besonders genaue oder kreative Titrationsroboter zu würdigen. Abschließend erfolgt eine Kurzvorstellung der Arbeitsergebnisse und eine Diskussion bzw. Reflexion zur unterrichtlichen Nutzung und über die gesamte Fortbildung.

Dieser Baustein ist nur in Präsenz mithilfe des *LEGO® Education SPIKE™ Prime Sets* umsetzbar. Ein Chemielabor mit Titrationsausrüstung ist zu empfehlen (Chemikalien: 0,1 M HCl, 0,1 M NaOH, 0,05 M HCl, Bromthymolblau). Für die Arbeit mit dem DEAN und der Programmier-App von LEGO® sollten iPads (mit PowerPoint) zur Verfügung gestellt werden.

Hinweise auf ergänzende Fortbildungsangebote, vertiefende Hintergrundinformationen oder Fachartikel

Diese Fortbildung ist Teil der übergeordneten DigiProMIN Chemie Fortbildungsreihe. Zu dieser Konzeption zählen ebenfalls die folgenden Fortbildungen:

- Chemieunterricht mit digitalen Medien innovieren (Orientierungsmodul)
- Chemie im Kontext 2.0 - authentisch, motivierend und kollaborativ
- Individuelle Lernverläufe aufzeigen – Digital gestützte Diagnose
- CHAMP: Chemische Animationen mit PowerPoint – Modelle zum Leben erwecken
- Interaktive eBooks als digitale Experimentierassistenten (DEANs)

Weitere Informationen zur Fortbildung: Diermann, D., Banerji, A., Egerer, C. & Koenen, J. (2025). Experimentieren mit digitalen Medien bereichern. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2024. Universität Duisburg-Essen.

Literaturverzeichnis

Bonnes, C., Wahl, J. & Lachner, A. (2022). Herausforderungen für die Lehrkräftefortbildung vor dem Hintergrund der digitalen Transformation. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 45, S. 133–149,

<https://doi.org/10.1007/s40955-022-00212-y>

Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern.

CHEMKON, 11(2), S. 79–85. <https://doi.org/10.1002/ckon.200410007>

- Eickelmann, B., Bos, W. & Labusch, A. (2019). Die Studie ICILS 2018 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. (S. 7–32). Münster: Waxmann.
<https://doi.org/10.25656/01:18319>
- Emden, M. & Baur, A. (2017) Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 23, S. 1–19.
<http://dx.doi.org/10.1007/s40573-016-0052-1>
- González-Pérez, L.I. & Ramírez-Montoya, M.S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability*, 14, 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Kennedy, T.J. & Sundberg, C.W. (2020). 21st Century Skills. In: Akpan, B., Kennedy, T.J. (Hrsg.) *Science Education in Theory and Practice*. Springer Texts in Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_32
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2023, 08. Januar). *Digitalpakt Schule*. <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/digitalpakt-schule.html> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- Lipowsky, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 511–541). Münster: Waxmann
- Puentedura, R. R. (2013, May 29). *SAMR: Moving from enhancement to transformation*. Ruben R. Puentedura's Weblog. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/000095.html>
- Schulze-Vorberg L., Krille C., Fabriz S. & Horz H. (2021). Hinweise und Empfehlungen für die Konzeption von Lehrkräftefortbildungen zu digitalen Medien. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 24(5), S. 1113-1142.
<https://doi.org/10.1007/s11618-021-01046-z>
- Seibert, J., Heuser, K., Lang, V., Perels, F., Huwer, J. & Kay, C.W.M. (2021). Multitouch Experiment Instructions to Promote Self-Regulation in Inquiry-Based Learning in School Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 98, S. 1602-1609. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01177>
- Sieve, B. (2017). Implementation digitaler Medien – Bedürfnisse von Lehrkräften erfassen. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 249–263). Joachim Herz Stiftung Verlag: Hamburg.
- Sieve, B. & Schanze, S. (2014). Interaktive Whiteboards im naturwissenschaftlichen Unterricht (iWnat). Ein Lehrerfortbildungskonzept zum Einsatz interaktiver Whiteboards im Chemieunterricht. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 203 – 208). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Verlaufsplanung

Verlaufsplanung für Baustein 1				
Zeit	Phase	Inhalte & Lernziele	Methode	Material & Medien
15'	Motivation, Begrüßung und Vorstellung (inkl. erste Kurzbefragung)	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellungsrunde Erläuterung Zeitplan Datenschutzhinweise Evaluation 		Online-Evaluation
15'	Kurzer Inputvortrag, Einführung in die Software & DEAN	<ul style="list-style-type: none"> Ableitung der Lernziele Verteilung FoBi-Titrationsroboter-DEAN 	Vortrag	Inputfolien „Robotik“ (in „Vortrag_Titrationsroboter.pptx“)
10'	Kurze Sicherheitsbelehrung und Einführung ins Labor		Vortrag	PowerPoint „Titration_Sicherheitsbelehrung.pptx“
60'	Übergang ins Labor: Arbeitsphase I: Bau des Roboters & Programmierung des Roboters	<ul style="list-style-type: none"> Arbeit mit Titrations-DEAN 	Gruppenarbeit (2 Personen/Gruppe) mit DEAN	PowerPoint „Titrations-DEAN.pptx“
15'	Pause			

Gefördert vom:

45'	Arbeitsphase II: Durchführung und Optimierung der automatischen Titration	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeit mit Titrations-DEAN 	Gruppenarbeit (2 Personen/Gruppe) mit DEAN	PowerPoint „Titrations-DEAN.pptx“
15'	Finale Titration mit dem eigenen Roboter, Vergleich / „Siegerehrung“	<ul style="list-style-type: none"> • Titration einer NaOH-Lösung unbekannter Konzentration • Kleine Siegerehrung 	Gruppenarbeit (2 Personen/Gruppe) mit DEAN	PowerPoint „Titrations-DEAN.pptx“
15'	Gemeinsame Diskussion und Reflexion	<ul style="list-style-type: none"> • Vor und Nachteile der Arbeit mit Titrationsrobotern? • Passende Klassenstufe? • Eingliederung in Unterricht? • Weitere didaktische Anwendungen Robotik? • Eigener Kompetenzzuwachs? 	Gruppendiskussion	
20'	Abbau, Abschluss-Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation • Verteilen Teilnahmezertifikate 	Online-Fragebogen	Online-Evaluation

Material

Präsentationsmaterial

- „Inputfolien_Titrationsroboter.pptx“ (Folien mit themenrelevanten Input und Diskussionsfragen)
- „Sicherheitsbelehrung_DigiProMIN.ppt“ (Sicherheitsbelehrung zum Arbeiten im Labor)

Arbeitsmaterial für die Nutzung innerhalb des Fortbildungsbausteins

- „Titrations-DEAN.pptx“ (DEAN zur selbständigen Gestaltung eines Titrationsroboters)
- „Urkunde.pptx“ (Siegreurkunde für den genausten Titrationsroboter)
- „Fortbildungsskript_DEAN_Titrationsroboter.docx“ (Umfangreiche Beschreibung des Fortbildungskonzeption zum Nachlesen)
- „Ablaufplan_Titrationsroboter.docx“ (Detaillierterer Ablaufplan für die Fortbildungsdurchführung zum Nachlesen)

Weiteres Arbeitsmaterial für die Nutzung im Unterricht

- „Gefährdungsbeurteilung_Titration.docx“ (Gefährdungsbeurteilung Säure-Base-Titration)

Formalitäten, Verzeichnisstrukturen und Dateinamen

Automatisierung_im_Chemieunterricht_Titrationsroboter.zip

- „Fortbildungsdokumentation_Titrationsroboter.docx“
- „Fortbildungsskript_Titrationsroboter_Digital_gestuetztes_Experimentieren.docx“
- Baustein 1
 - „Inputfolien_Titrationsroboter.pptx“
 - „Ablaufplan_Titrationsroboter.docx“
 - „Titrations-DEAN.pptx“
 - „Urkunde.pptx“
 - „Titration_Sicherheitsbelehrung.ppt“
 - „Gefährdungsbeurteilung_Titration.docx“

Erschienen im
Kompetenzverbund lernen:digital
Marlene-Dietrich-Allee 16, 14482 Potsdam
Tel: 0331-977-256362
E-Mail: geschaeftsstelle@lernen.digital

Projektverbund
DigiProMIN

Datum der Erstveröffentlichung
August 2025

Autor:innen

Banerji, A., Diermann, D., Egerer, C., Krinninger, R.,
Schulze, A. & Koenen, J.

Gestaltung Umschlag
TAU GmbH
Köpenicker Straße 154 A, 10997 Berlin

Zitierhinweis
Banerji, A., Diermann, D., Egerer, C., Krinninger, R.,
Schulze, A. & Koenen, J. (2025). DigiProMIN
Fortbildung „Automatisierung im Chemieunterricht
mit LEGO®-Titrationsroboter“ -
Fortbildungsdokumentation. *Kompetenzverbund
lernen:digital*.

Die vorliegende Veröffentlichung ist im Rahmen des Projektverbunds DigiProMIN für das Kompetenzzentrum MINT im Kompetenzverbund lernen:digital entstanden.

Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend wider. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch das Bundesministerium für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend können für sie verantwortlich gemacht werden.



Dieses Produkt ist unter der Lizenz CC BY SA 4.0 veröffentlicht. Ausgenommene Inhalte sind an den einzelnen Inhalten angegeben. Die Urheber:innen sollen bei der Weiterverwendung wie folgt angegeben werden: Banerji, A., Diermann, D., Egerer, C., Krinninger, R., Schulze, A. & Koenen, J. Kompetenzverbund lernen:digital, entstanden im Projektverbund DigiProMIN.