

eMobility for Kids - das Lernwerkstattformat für 12- bis 15-Jährige

Andreas Daberkow*, Barbara Wild⁺

*Hochschule Heilbronn, ⁺Verein Faszination Technik Heilbronn
andreas.daberkow@hs-heilbronn.de

Kurzfassung

Das elektrische Fahren leistet einen Beitrag zu einer klimaschonenden Mobilität. Viele SchülerInnen haben bislang wenig Berührung mit angewandten Lehrformaten zur Energie und Elektrizität. Dies ist die Motivation, ein praxisnahes Lehrformat zu schaffen, welches die Verbindung zu den Physik-Lehreinheiten der Schule hat. Erste Ergebnisse liegen vor und werden in diesem Beitrag vorgestellt. In 2023 wurden drei Zweitageskurse "eM4K" mit jeweils 12 SchülerInnen veranstaltet. In drei Teams baut jedes Team ein vierrädriges Elektrofahrzeug auf. Am Tag 2 des Seminars werden die selbst gebauten Fahrzeuge auf einem Geschicklichkeitsparcours selber gefahren. In begleitenden kurzen Lehreinheiten werden die Themen Fahrphysik in der Ebene (Geometrie der Kreisfahrt) sowie Elektrizität und Energie (Elektrischen Leistung und Arbeit, Praxisbezug Reichweite und Ladezeit) mit den SchülerInnen reflektiert. Das hier vorgestellte Format ist idealerweise in 2-3 Tageskurseinheiten oder 4-6 Halbtageseinheiten lehrbar. Es schlägt eine wichtige Brücke zur Anwendung "klimafreundliche Mobilität" und soll für eine Verbindung von physikalischen Grundlagen mit einer nachhaltigen Mobilität begeistern.

1. Einleitung

Das Thema Energie wurde unter dem Titel Elektrizität schon in den 70-er Jahren als Kinderbuch angeboten [1]. Neben Alltagsgeräten wie dem Elektroherd, dem Fernsehgerät oder der Batterie wird in [1] bemerkenswerterweise auch ein Beispiel zur Elektromobilität gezeigt (siehe Abb. 1).



Hier ist ein elektrischer Milchwagen. Dieser Wagen ist langsamer als normale Autos. Aber er verschmutzt die Luft nicht. Er wird über Nacht mit Elektrizität aufgeladen. Man versucht, die elektrischen Autos zu verbessern. Eines Tages werden wir nur in Elektroautos fahren.



Abb. 1: Elektromobilität im Brönnner Kinderbuch [1]

Bereits hier im Jahr 1972 wird für die Zielgruppe Kinder das elektrische Fahren als Mobilität der Zukunft beschrieben! Im Buch werden Kinder auf die Vorteile wie geringere Emissionen und das Laden über Nacht

hingewiesen aber auch auf den noch zu leistenden Entwicklungsaufwand.

Für Lehrkräfte in der Schule, im Übergang Schule-Hochschule oder auch im Prozess einer Nachwuchsgewinnung für technische Studiengänge stellt sich die Frage, wie man SchülerInnen für eine neue Mobilität begeistern kann.

1.1. Vorüberlegungen zum Lern-Lehrformat

Langjährige Erfahrungen im Autorenteam mit einer Technikausbildung für Kinder und Jugendliche zeigen, dass das eigene Ausprobieren ein erfolgreicher Weg ist, Hemmschwellen zu überwinden und sich ein Bild von der Welt der Technik zu machen. Angetriebene Fahrzeuge für Kinder weisen eine Komplexität im Aufbau und im Zusammenbau auf. Aus diesem Grund ist das Lehr-Lernformat eMobility for Kids (eM4K) bereits in der Projektgründungsphase auf den Kreis der 12- bis 15-Jährigen fokussiert (späte Kindheit mit Übergang zur Adoleszenz). Ebenso wird aus logistischen Gründen in der Startphase ein zweitägiges Format als sogenannte „Mini-Blockwoche“ in den Schulferien Baden-Württembergs beschlossen.

Gemäß den Ausführungen in [2] soll eine Vermittlung von Naturwissenschaft an die Vorstellungen anknüpfen, die die Lernenden in den Unterricht mitbringen. Ein Ziel der Lernwerkstatt ist es damit, auf den erworbenen Alltags- und Schulvorstellungen der SchülerInnen (zur Mobilität) aufzusetzen und explizit auf diesen aufzubauen, wobei die Schulbücher des Landes Baden-Württemberg hier als Referenz heran-

gezogen werden. Im Sinne eines fächerkoordinierten Unterrichts [3] ist eM4K als Praxis-Projektarbeit konzipiert mit integrierten fachlichen Unterrichtssequenzen. Die Teilnehmenden sollen für den Wert der Energie in der Mobilität sensibilisiert werden, in einer Teamarbeit Zusammenbauanleitungen selbstständig in ein Projekt „Fahrzeug“ umsetzen und erstmals mit einer praktischen und einer theoretischen Unterweisung in die Grundlagen der Fahrzeugkinematik eingewiesen werden.

Weitere Überlegungen aus den Erfahrungen der Autoren ergeben, dass ein reines Vortragsformat (Abb. 2) nur maximal zwei Stunden einer Tagesveranstaltung abdecken kann.

1.0 DAS ELEKTROAUTO – WIR FAHREN IN DIE ZUKUNFT

In einer durch Video und Exponate unterstützten Veranstaltung wird den Teilnehmern ein lebendiger Einblick in die Geschichte und in die Anwendungen der Elektromobilität gegeben. Beispiel zum Ausbau der Elektromobilität in anderen Ländern (USA, China) runden den Vortrag ab.

Lernziel <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verständnis der Geschichte der Elektromobilität ▪ Aus welchen Bauteilen besteht ein Elektroauto ▪ Was sind die Vorteile, was die Nachteile von Elektrofahrzeugen ▪ Wie kann unsere Zukunft der Mobilität aussehen 	KiGa
Veranstalter Prof. Dr. Andreas Daberkow Hochschule Heilbronn/ Verein Elektromobilität Heilbronn-Franken e.V.	Klasse 1 - 4
Termine Mai: 03./24. Sept: 11./20. Uhrzeit: 9:30 – 11:00, 11:30 – 13:00	Klasse 11 - 13

Abb. 2: Lehrformat Elektroauto für die Klassen 1-10 in schulischen Lehrveranstaltungen der Bundesgartenschau Heilbronn 2019

Selbst bei einer Integration von interaktiven Sequenzen und medialen Elementen (Videos) gelingt es den Teilnehmenden kaum länger, die Aufmerksamkeit zu bewahren, wobei sich der erlebte Alterskreis hier auf die Klassen 5 bis 10 eingependelt hat.

Alternative Formate im Computerlabor sind für den Übergang Schule-Hochschule in digitalen Physik-Aufgabenkatalogen erprobt worden [4]. Die Erfahrungen zeigen weiterhin, dass Methoden wie das forschende Lehren und Lernen eher zu Studierenden im Hochschulstudium passen. Eine Anwendung dazu als Modul in der Masterausbildung im Studiengang Elektromobilität wird in [5] beschrieben. Hier steht die Nutzung von Simulationsprogrammen zur Längsdynamik von Elektrofahrzeugen in Präsenz im Computerlabor oder im Onlineunterricht zu Hause im Vordergrund.

Als ein wichtiger Baustein im Lernwerkstattformat eM4K wird daher die Herstellung von Referenzen auf den in Schulmedien strukturierten Physikunterricht gesehen.

1.2. Lernwerkstattaufbau

Nach Vorüberlegungen wurde auf die modularen Bausätze des Herstellers infento [6] zurückgegriffen. Dieser bietet auch für den MINT-Technikunterricht

ab dem 10. Lebensjahr Bausätze für unterschiedliche Fahrzeuge an. Für die Lernwerkstatt eM4K stehen nun vier Bausätze des sogenannten elektrischen „Hot Rod Edu“ zur Verfügung (Abb. 3).



Abb. 3: Elektrofahrzeuge eM4K des Herstellers [6]

Gut erkennbar in (Abb. 3) sind beispielsweise der Rahmen, die Lenksäule sowie die Vorderachse als Baugruppen, die in den Teams parallel aufgebaut werden. Die Batterie an der Lenksäule sowie der Elektromotor am Rahmen werden in der Sequenz zum Schluss montiert. Ein Fahrzeug dient als fertiges Muster zur Orientierung während des Aufbaus und drei Fahrzeuge stehen in vorbereiteten Teileboxen als Bausätze zur Verfügung (Abb. 4).



Abb. 4: Teileboxen und Handbuch für den Fahrzeugaufbau

Erkennbar in den Teileboxen sind die Einzelkomponenten, die für SchülerInnen gut identifizierbar abgelegt sind. Ebenfalls erkennbar sind die Zusammenbauanleitungen zum baukastenorientierten Aufbau der Fahrzeuge. In drei Teams zu je vier SchülerInnen werden dann die Fahrzeuge in den zwei Tagen aufgebaut. Jedes Team wird durch drei Studierende als Mentoren unterstützt, zwei Mitarbeiter der Hochschule stehen zusätzlich für organisatorische Aufgaben zur Verfügung. Sie führen begleitende Vorlesungseinheiten im Schülerlabor durch und achten insbesondere auf die Kompetenzentwicklung der SchülerInnen in den Feldern Kommunizieren und Kooperieren als Teil einer Problemlösung. Die Lernwerkstatt wird in den Räumen der Hochschulmensa durchgeführt, welche in den ausgewählten Ferienwochen nicht vollständig belegt ist, die Probefahrten werden bei guten Wetter draußen auf dem Hochschulgelände und bei Regen im Gebäude durchgeführt.

2. Durchführung der Lernwerkstatt

Im Jahr 2023 wurde die Lernwerkstatt eM4K drei Mal durchgeführt, im Jahr 2024 sind ebenfalls drei Termine geplant. Die aktuelle Aufteilung des Formates (Tab. 1) startet am Tag 1 mit dem Aufbau der Teileboxen und des Musterfahrzeuges am Veranstaltungsort.

Tab. 1: Zeitablauf Lernwerkstatt eM4K

Nr	Zeitplanung	Aufgaben
1	8:30 Vorabtreffen Tag 1	Logistik Teileboxen, Musterfahrzeug mit Aufbau in Mensa
2	9:30 Kursbeginn Tag 1	Start Mensa, dann Wechsel Schülerlabor mit Lehrbeitrag "Geschichte der Elektromobilität"
3	10:00 Start Bau Tag 1	Gemeinsames Bauen der Baugruppen bis Mittagspause
4	12:30 Mittagspause Tag 1	Mensa
5	13:15 Vorlesung Tag 1	Schülerlabor Vorlesung "Fischertechnik + Fahrdynamik" mit Eigenbauexperiment
6	14:00 Weiter Bau Tag 1	Mensa, Fertigstellung der Baugruppen, Start Baugruppenmontage
7	15:30 Ende Tag 1	ca. Ende Tag 1
8	9:00 Vorabtreffen Tag 2	In der Mensa, Eintreffen der Schüler
9	9:30 Kursbeginn Tag 2	Wechsel Schülerlabor mit Lehrbeitrag "Antrieb, Leistung, Laden" und Eigenexperiment
10	10:15 Weiter Bau Tag 2	Gemeinsames Weiterbauen Mensa bis Mittagspause, erste Fahrzeuge sind fertig
11	12:30 Mittagspause Tag 2	Mensa
12	13:15 Bau/Fahren Tag 1	Fertigbauen aller Fahrzeuge, danach gemeinsamer Aufbau des Parcours
13	14:00 Fahren	Geschicklichkeitsparcours mit Einparken und Rückwärtsfahrt jeweils vom Team
14	15:30 Ende Tag 2	ca. Ende, ggf. gemeinsamer Abbau der Fahrzeuge, je nach Schnelligkeit der Teams

Ein wichtiger Baustein im Format ist die sogenannte Schülerwerkstatt. In diesem separaten Veranstaltungsraum findet die Einführungsvorlesung zur „Geschichte der Elektromobilität“ statt (Nr. 2), das Vorlesungselement zur vereinfachten „Fahrzeugkinematik“ (Nr. 5) sowie die Vorlesung zum Thema „Leistung, Energie und Laden“ (Nr. 9). Eine Impression zum betreuten Fahrzeugaufbau zeigt die Folgedarstellung (Abb. 5).



Abb. 5: Impressionen zum studentisch betreuten Fahrzeugaufbau

Hier betreut eine Studierende das Team von vier Teilnehmenden. Am Tag 2 werden die Fahrzeuge aus den Baugruppen fertigmontiert und mit Antrieb und Batterie versehen. Auch der Aufbau des Parcours ist eine

Aufgabe der Teams, sei es als Geschicklichkeitsparcours zum Einparken oder auch die längere Fahrmöglichkeit draußen (Abb. 6).



Abb. 6: Fahrparcours Lernwerkstattformat eM4K

Es zeigt sich, dass die SchülerInnen beim Aufbau der Fahrzeuge vor Engagement kaum zu bremsen sind. Ein Wechsel in das Schülerlabor gelingt eigentlich nur zum Start oder nach der Mittagspause.

Auch das Automobil kann in Grenzen einer Kreislaufwirtschaft zugeführt werden. Hier in der Lernwerkstatt eM4K lernen die Teilnehmenden, dass die Abfallproduktion beim Zusammenbau der Lernwerkstattfahrzeuge minimal ist. Alle Fahrzeuge können aufgrund ihrer Konstruktion und der Werkstoffe komplett zurückgebaut werden. Erlebt wurde, dass die SchülerInnen diesen Rückbau inkl. Ablage in den Teileboxen ebenfalls mit Begeisterung durchführen und so eine Kreislaufwirtschaft selbst erleben. Die Rückbauphase dient auch als zeitlicher Puffer bei Aufbauverzögerungen oder für den Transfer der Kinder aus der Hochschule.

3. Schulbuchkontext

Als Basisinformation zur Referenzierung der Lernwerkstattinhalte wird hier der im Jahr 2022 aktualisierte Bildungsplan des Landes Baden-Württemberg für Gymnasien herangezogen [7]. Dieser Bildungsplan ist auch in zugelassenen Schulbüchern [8], [9] des Landes implementiert.

3.1. Kinematik der Kreisfahrt

Im Schulbuch Universum Physik 7/8 für die Schulklassen 7 bzw. 8 findet sich angelehnt an [7] die Kompetenz, „Bewegungen verbal und mithilfe von Diagrammen zu beschreiben und zu klassifizieren (Zeitpunkt, Ort, Richtung, Form der Bahn, Geschwindigkeit)“ [7]. Hier wird eine Bewegung in der Kreisbahn nur am Rande erwähnt. Für die Klassenstufen 9/10 wird dies dann ergänzt als die in [7] definierte Fähigkeit, „gleichförmige Kreisbewegungen mit Radius und Bahngeschwindigkeit“ beschreiben zu können.

In [9] finden sich dazu ein Kapitel zur Kreisbewegung unter Erwähnung der Begriffe Bogenradius und Winkelgeschwindigkeit.

Im Zeitablauf der Lernwerkstatt behandelt die Nr. 5 einfache geometrische Zusammenhänge in der Fahrdynamik. Als Laborexperiment im Schülerlabor baut jeder Teilnehmende aus Bauteilen eine sogenannte Drehschemel-Lenkung auf, ein Lenkprinzip welches Kinder in ihrem Alltag als Handwagen in der Regel erfahren haben (Abb. 7).

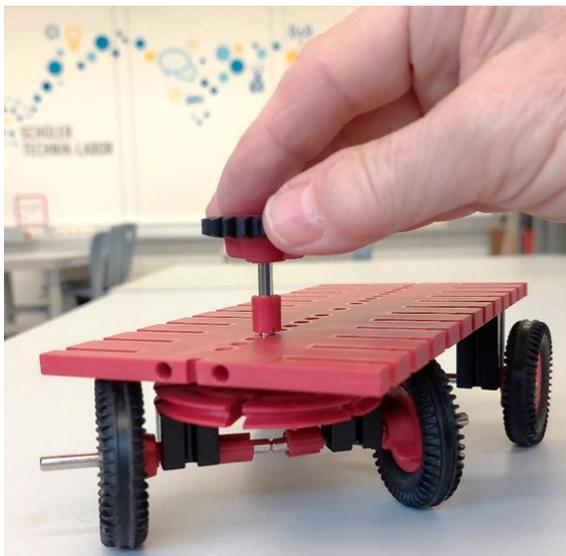


Abb. 7: Selbstbausatz zum Handwagen

Mit diesem Handwagen können die Teilnehmenden dann Kreisbögen einstellen und einfache Fahrversuche auf den Schülerlabortischen selber durchführen. Eine erste theoretische Erweiterung zum selbstgebauten vierrädrigen infento-Werkstattfahrzeug ist das sogenannte Einspurmodell der Fahrdynamik, siehe z.B. [10]. Dieses erlaubt, das einfache Lenkprinzip des Handwagens für kleine Geschwindigkeiten auf vierrädrige Fahrzeuge zu erweitern (Abb. 8).

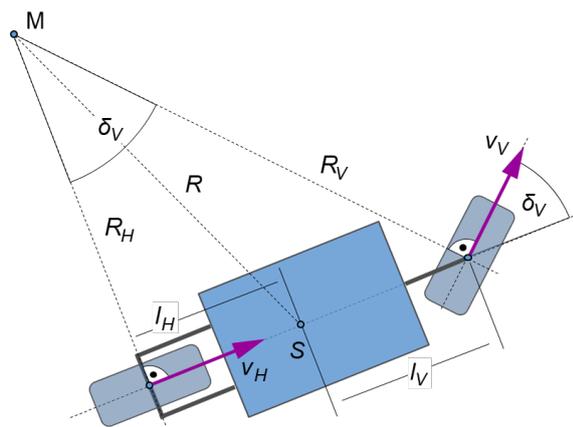


Abb. 8: Einspurmodell der Fahrzeugdynamik

Das Einspurmodell ist ein vereinfachtes ebenes Modell, in dem sowohl die Räder der gelenkten Vorderachse (Index V , Lenkwinkel δ_V) als auch die Räder der Hinterachse (Index H) jeweils zu einem Rad zusammengefasst werden. Vom Kreismittelpunkt M ergeben sich unterschiedliche Bogenradien R_H , R und R_V .

Die SchülerInnen werden daran erinnert, dass die vektoriellen Geschwindigkeiten v_V und v_H tangential zur Kreisbahn sind („Geschwindigkeitspfeil“ [9]). Über den Abstand des Fahrzeug Bezugspunktes S und die Abstände zur Vorder- und Hinterachse l_V bzw. l_H lässt sich eine Beziehung zwischen dem Lenkwinkel, den Bogenradien und der Fahrzeuggeometrie herstellen.

Erste Erfahrungen mit dieser Lerneinheit zeigen, dass SchülerInnen im Alter von 15 Jahren den Bezug auch mit der trigonometrischen Beziehung herstellen können. Die weiteren Kurse müssen zeigen, wie groß diese Gruppe der SchülerInnen sein wird. Der Bezug zwischen Lenkwinkel, Fahrzeuggeometrie und Kreisbogenradius lässt sich am selbstgebauten infento-Fahrzeug selbst mit einem Zentimetermaß übertragen.

3.2. Leistung und Energie

Im Schulbuch Universum Physik 7/8 [8] für die Schulklassen 7 bzw. 8 findet sich auch die Kompetenz, dass SchülerInnen „den Energietransport im elektrischen Stromkreis und den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung, Leistung und Energie beschreiben können“ und „physikalische Angaben auf Alltagsgeräten beschreiben können (Spannung, Stromstärke, Leistung)“. Ebenso wird erwartet, dass SchülerInnen „den formelmäßigen Zusammenhang von Energie und Leistung $P = \Delta E / \Delta t$ “ sowie „die Größenordnungen typischer Leistungen im Alltag“ beschreiben bzw. ermitteln können [7]. Das Schulbuch [8] zeigt beispielsweise einen Versuch zum Thema Leistung und Energie von Geräten (Abb. 9).



Abb. 9: Versuch zur Messung von Leistung und Energie eines Elektrogerätes aus Physik-Schulbuch [8]

Als Material wird den SchülerInnen ein Energiemessgerät, eine geeignete Steckdose und ein Elektrogerät (hier Wasserkocher) empfohlen.

Im Zeitablauf der eM4K-Lernwerkstatt wird dies durch die Nr. 9 abgebildet. Die Aufgabe in der Schülerwerkstatt ist es, aus dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Leistung beim Laden der infento-Fahrzeuggatterie die Energie zu bestimmen (Abb. 10).

Diese Bestimmung kann grafisch erfolgen durch eine Zerlegung der Fläche in Rechtecke mit nachfolgender

Aufsummierung. Diese Aufgabe liefert dann die Erkenntnis, dass es immer eine Energieentwertung beim Laden einer Batterie gibt, diese Energieentwertung von der Qualität der Bauteile abhängt und dass diese als Wirkungsgrad in einer Gesamtenergiebilanz berücksichtigt werden muss.

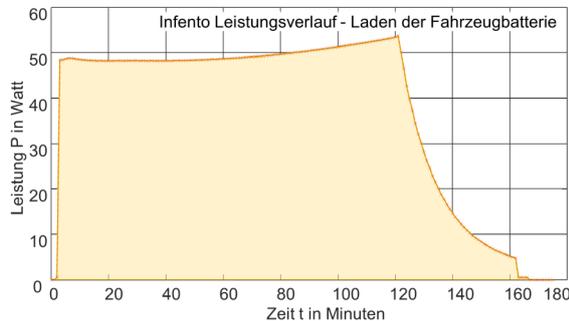


Abb. 10: Vorlage zur grafischen Bestimmung der Energie aus dem zeitlichen Verlauf der Leistung

Ebenso wird der im heutigen Mobilitätsalltag gebräuchliche Begriffe der „Ladedauer“ veranschaulicht, im Bildungsplan [7] sind die Begriffe „Reichweite“ und „Ladedauer“ nicht erwähnt.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Lernwerkstattformat eM4K wurde in 2023 und auch im ersten Kurs des Jahres 2024 mit Erfolg durchgeführt. Nahezu alle SchülerInnen wurden begeistert beim Aufbau der Fahrzeuge, bei den Schülerlabor-Lehreinheiten, beim Ausprobieren und beim Rückbau der Fahrzeuge erlebt. Aus der Sicht des betreuenden Hochschulteams können die Erfahrungen wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Zahl der zu betreuenden Teams mit vier Mitgliedern pro Fahrzeug wird wegen der Erhöhung des Betreuungsaufwandes nicht weiter erhöht werden (bisher drei Lernwerkstattfahrzeuge).
- Insbesondere für das Fahren der Fahrzeuge ist Platz vorzusehen, bei schlechtem Wetter auch innen. Ein weiterer Platzbedarf entsteht für das Lagern der Teileboxen zwischen den Kursen.
- Auch für betreuende Studierende ist die Werkstatt ein Erfolg, da bei diesen die Kompetenzen Kommunikation und Betreuung gefördert werden.
- Das Teilnehmeralter sollte nicht reduziert werden, um eine Überforderung zu vermeiden. Alle Teilnehmenden konnten Schraubenschlüssel, Aluminium-Profile und Normteile gut handhaben. Das Teilnehmeralter wird auch als entscheidend gesehen, um doch noch eine Studiums-Entscheidung zum Umfeld MINT zu beeinflussen.
- Die SchülerInnen fanden es besonders interessant, die Produktion, Nutzung und auch das Recycling eines Fahrzeugs im „Zeitraffer“ der zwei Tage zu erleben – alle drei Prozessschritte dauern im automobilen Produktentstehungsprozess Jahre.

Den weiteren Ausbau der Lernwerkstatt sollen die Erfahrungen in den Kursen 2024 zeigen.

Denkbar wäre beispielsweise eine Ergänzung des bisherigen aufgebauten Musterfahrzeuges durch einen sogenannten „Digitalen Zwilling“, der mit Hilfe von Computer-Aided-Design Systemen in 3D am Computer verfügbar ist. Ebenso wären Teamexperimente vorstellbar, die einen Umgang mit Kennlinien für Motormoment und Drehzahl für die elektromechanischen Begriffe von Leistung und Energie zeigen.

5. Literatur

- [1] Meine erste Bücherei - 38 Elektrizität (1972): Brönnner, Frankfurt am Main
- [2] Gebhard, Ulrich; Höttecke, Dietmar; Rehm, Markus (2017): Pädagogik der Naturwissenschaften. Springer Fachmedien, Wiesbaden
- [3] Wilhelm, Thomas; Schecker, Horst; Hopf, Martin (2021): Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Springer, Berlin
- [4] Daberkow, Andreas; Pitsch, Stephan; Löffler, Axel; König-Birk, Juliane; Kurz, Günther; Wegendt, Kirsten; Hehl, Karin (2024): Freie digitale Lern- und Lehrmaterialien für die Grundlagenphysik – ein Werkstattbericht. In: MNU-Journal 2024(1), S. 8-13
- [5] Daberkow, Andreas (2020): Ein exploratives Lehrformat zur Elektromobilität im Kontext des forschungsorientierten Lernens. In: Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 2020, 15. Jg., Nr. 2, S. 209-222
- [6] Homepage der Infento B.V.: <https://www.infento.com/de/> (Stand 05/2024)
- [7] Bildungsplan Baden-Württemberg des Gymnasiums Physik - überarbeitete Fassung vom 25. März 2022: <https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/PH.V.2> (Stand 05/2024)
- [8] Brand, Ruben; Kasper, Lutz; Kienle, Reiner; Pardall, Carl-Julian; Rager, Bruno; Ronellenfisch, Stefan; Wienbruch, Ursula (2016): Universum Physik Baden-Württemberg 7/8. Cornelsen, Berlin
- [9] Bogenberger, Benedict; Brand, Ruben; Hasler, Werner; Kasper, Lutz; Kienle, Reiner; Küblbeck, J.; Pardall, Carl-Julian; Rager, Bruno; Ronellenfisch, Stefan; Wienbruch, Ursula (2018): Universum Physik Baden-Württemberg 9/10. Cornelsen, Berlin
- [10] Mitschke, Manfred; Wallentowitz, Henning (2004): Dynamik der Kraftfahrzeuge. Springer, Berlin

Danksagung

Das Hochschulteam dankt dem Fundraising der Hochschule Heilbronn und der Heilbronner Bürgerstiftung für die Projektunterstützung sowie dem Cornelsen Verlag für die überlassenen Schulbücher und die Genehmigung zum Abdruck der Schulbuchfotografie.