

Mindestanforderungskatalog Physik – ein Vorschlag

**Hanno Käß¹, Manuela Boin², Ulrich Braunmiller¹, Karl Heinz Dambacher³, Dominik Giel⁴,
Ulrich Harten⁵, Bernd Jödicke⁶, Günther Kurz¹, Axel Löffler⁷, Stephan Pitsch³, Jürgen Sum⁶,
Stefan Vinzelberg⁵, Talea Wenzel⁷, Joachim Werner²**

¹Hochschule Esslingen, ²Hochschule Ulm, ³Hochschule Reutlingen, ⁴Hochschule Offenburg, ⁵Hochschule
Mannheim, ⁶Hochschule Konstanz, ⁷Hochschule Aalen
hanno.kaess@hs-esslingen.de

Kurzfassung

Die Studienanfänger in den technischen Studiengängen der Hochschulen für angewandte Wissenschaften haben nicht nur in Mathematik sondern auch in Physik sehr unterschiedliche Vorkenntnisse. Obwohl diese Fächer für das grundlegende Verständnis technischer Vorgänge von großer Bedeutung sind, kann die Ausbildung in diesen Bereichen angesichts der begrenzten dafür im Verlauf des Studiums zur Verfügung stehenden Zeitfenster nicht bei Null anfangen. Für Mathematik wurde daher von der Arbeitsgruppe cosh ein Mindestanforderungskatalog zusammengestellt und 2014 veröffentlicht. Er beschreibt Kenntnisse und Fertigkeiten, die Studienanfänger zur erfolgreichen Aufnahme eines WiMINT-Studiums (Wirtschaft, Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) an einer Hochschule benötigen. Inzwischen hat sich nun eine Arbeitsgruppe von Physikerinnen und Physikern an Hochschulen in Baden-Württemberg gebildet, deren Ziel es ist, einen analogen Mindestanforderungskatalog für den Bereich Physik zu erstellen. Hier wird der aktuell erreichte Stand der Arbeiten vorgestellt.

1. Ausgangslage

Viele der im Bereich Physik an den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW, früher als Fachhochschulen bezeichnet) in Baden-Württemberg tätigen Professorinnen, Professoren und Lehrbeauftragten äußern in Gesprächen im Kollegenkreis ihren subjektiven Eindruck, die in diesem Fach von den Erstsemestern zu Studienbeginn mitgebrachten Vorkenntnisse würden im Lauf der Zeit immer geringer. Auf Nachfrage wird dies mit persönlichen Erfahrungen illustriert, wie sie etwa bei der Korrektur von Klausuren oder der Betreuung von Studierenden im Physiklabor gemacht werden [1]. Natürlich darf auf Basis solcher anekdotischen Erlebnisse keine Generalisierung erfolgen. Dennoch stellt sich aufgrund der weiten Verbreitung dieser Einschätzung die Frage, ob sich diese Wahrnehmung – vielleicht nur in Teilen – auch objektiv belegen lässt.

Ein solcher Nachweis ist im Bereich Physik schwieriger als in der eng benachbarten Mathematik. Dort erheben viele Hochschulen die Kenntnisse und Fertigkeiten der Erstsemester mit Hilfe eines gleich zu Studienbeginn durchgeführten, meist lokal erstellten Mathematik-Tests. Auch an der HAW Esslingen wird seit Jahrzehnten ein dort in den 1970-er Jahren selbst entwickelter Test eingesetzt. Dieser zeigt einen klaren Trend der Abnahme mathematischer Kenntnisse zu Studienbeginn.

Im Bereich Physik werden dagegen die Eingangskennntnisse in der Regel nicht systematisch erhoben und so liegen hier sehr viel weniger gesicherte Informationen über den tatsächlichen Kenntnisstand und seine Entwicklung vor.

Lediglich für die Universitäten ist in diesem Zusammenhang eine Untersuchung in großem Rahmen zu nennen [2]. Für die Studiengänge Physik an 24 Universitäten wurden darin die Testresultate einer Anfängerkohorte aus dem Jahr 2013 mit den Daten aus »Der bundesweite Studieneingangstest Physik« von 1978 verglichen [3]. Die Testleistungen haben demzufolge im Mittel deutlich abgenommen.

Für den Bereich der HAW sind keine vergleichbar breiten Erhebungen bekannt. Dies liegt sicher nicht zuletzt daran, dass die Lehrinhalte in den mit „Physik“ bezeichneten Modulen viel mehr an jeweilige studiengangspezifische Anforderungen angepasst sind, als dies in der Mathematik mit ihrem deutlich einheitlicheren Kanon an Inhalten der Fall ist.

Vor diesem Hintergrund wurde ab WS 2016/17 an der HAW Esslingen begonnen, in Kooperation mit drei weiteren HAW systematisch die Eingangskennntnisse in Physik von Erstsemestern ganz speziell in den Studiengängen Maschinenbau zu erfassen. Schon nach den vier bis jetzt durchgeführten Durchläufen zeigte sich eine abnehmende Tendenz des Kenntnisstands. Eine detaillierte Vorstellung der

Ergebnisse erfolgte auf der DPG-Frühjahrstagung 2019 in Aachen als Beitrag DD 17.2.

2. Ansatz zur Klärung und Verbesserung

Die Geschäftsstelle der Studienkommission für Hochschuldidaktik (GHD) unterstützt alle HAW in Baden-Württemberg im Bereich Didaktik. Dazu gehört die Organisation eines - jedes Semester an einer anderen Hochschule - stattfindenden Arbeitstreffens für die Physikerinnen und Physiker an den HAW im Land. Es steht allen daran interessierten Professorinnen, Professoren und Lehrbeauftragten offen. Im Mittel nehmen, in teils wechselnder Besetzung, 20 bis 25 Personen daran teil. Ab 2012 wurden in diesem Kreis die schulspezifischen Bildungspläne für Physik und sich daraus ergebende Folgerungen für den Übergang Schule - Hochschule diskutiert. Dabei musste berücksichtigt werden, dass es zunehmend mehr Wege zur Hochschulzugangsberechtigung und damit zum Studium gibt, was sich insbesondere unter den Studierenden an den HAW bemerkbar macht [4]. Etwa die Hälfte der dort Studierenden hat kein Abitur an einem allgemeinbildenden Gymnasium abgelegt, sondern kommt über Berufskolleg, Berufsoberschule oder Fachgymnasium an eine HAW. Seit einigen Jahren nimmt auch die Anzahl derjenigen zu, die nach erfolgreich abgeschlossener Ausbildung und anschließender Berufstätigkeit oder einer Meisterprüfung ein Studium an einer HAW beginnen [5].

Es zeigte sich, dass die allen diesen Wegen gemeinsame Schnittmenge der Bildungshorizonte in Physik weit unterhalb des Niveaus blieb, das die an den Diskussionen beteiligten Kolleginnen und Kollegen angenommen oder mindestens erhofft hatten. Andererseits wollen sicherlich nicht alle Absolventen der jeweiligen schulischen Bildungsgänge danach ein technisches Studium aufnehmen. Darum muss ein solcher Niveauunterschied auch nicht generell um jeden Preis vermieden werden, wenn es geeignete Maßnahmen und Hilfen gibt, die es allen ernsthaft an einem solchen technischen Studium Interessierten ermöglichen, mit ihrem jeweiligen Schulabschluss den Übergang in das Studium zu meistern.

In diese Zeit fiel die Publikation des „Mindestanforderungskatalogs Mathematik“ der Arbeitsgruppe *cosh* (**CO**operation **S**chule **H**ochschule) am 23. Juli 2014 [6, 7]. In der Folge fanden auch die Kolleginnen und Kollegen aus der Physik dessen Struktur so überzeugend, dass sie übernommen und adaptiert wurde. Die weiteren Diskussionen standen nun unter der Leitfrage: *Welche Vorkenntnisse in Physik sind für den erfolgreichen Start in ein (WiMINT) Studium an einer HAW notwendig?* Ziel war somit, einen analogen „Mindestanforderungskatalog Physik“ zur Definition dieser Vorkenntnisse zu erstellen.

Ein solcher Katalog würde es erlauben, eventuelle Lücken in den Vorkenntnissen Studieninteressierter festzustellen. Davon wären dann wiederum geeigne-

te Hilfsmaßnahmen aller Art abzuleiten, um die diagnostizierten Lücken zu füllen und so den Weg zu einem erfolgreichen Übergang von der Schule in ein technisches Studium zu ebnen.

3. Konzeption des Mindestanforderungskatalogs

In einer Klausurtagung verständigte sich die Arbeitsgruppe zuerst über die mit dem zu erstellenden „Mindestanforderungskatalog Physik“ verfolgten Ziele. Demnach soll er in drei unterschiedlichen Bereichen Orientierung bieten:

- **Beurteilung** des Umfangs der zur erfolgreichen Studienaufnahme benötigten Vorkenntnisse
- **Definition** von – je nach Situation auch individuellen – Hilfsmaßnahmen zu Studienbeginn
- **Kommunikation** mit zukünftigen Studierenden, Schulen, Bildungsträgern und Interessierten

Inhaltlich sollte der Mindestanforderungskatalog nur die von allen Beteiligten als erforderlich angesehenen Vorkenntnisse zu denjenigen Themengebieten enthalten, die nachfolgend im Studium im Rahmen der Lehrveranstaltungen in Physik durchweg von allen (oder mindestens der großen Mehrheit der) Kolleginnen und Kollegen an den HAWs in Baden-Württemberg angesprochen werden. Daher ist zum Beispiel nichts zur Atomphysik enthalten. Als ausgesprochen wichtig wurde jedoch ein ergänzender Bereich „Allgemeine physikalische Kompetenzen“ angesehen und mit aufgenommen. In der aktuellen Version besteht der Mindestanforderungskatalog daher aus fünf Kapiteln:

- Allgemeine physikalische Kompetenzen
- Mechanik
- Elektrizitätslehre
- Wärmelehre
- Optik

Der Aufbau der einzelnen Kapitel ist dabei immer gleich. Zuerst werden die zugehörigen Kompetenzen und Anforderungen stichwortartig aufgeführt. Nachfolgend werden diese Anforderungen dann anhand beispielhafter Fragestellungen erklärt, deren Beantwortung die jeweiligen Kenntnisse erfordern. Diese exemplarischen Fragen sind also nicht als Prüfungsaufgaben zu verstehen.

Der Aufbau des Mindestanforderungskatalogs Physik [8] ist damit völlig analog zu der bewährten Struktur des Mindestanforderungskatalogs Mathematik der *cosh* Arbeitsgruppe [7].

Die Zusammenstellung der Kompetenzen und Formulierung der Aufgaben erfolgte von 2016 bis 2018 in fünf thematischen Arbeitsgruppen, die sich in eigener Verantwortung damit befassten. Bei den jedes Semester stattfindenden Arbeitstreffen der gesamten Gruppe erfolgte dann gemeinsam in großer Runde mit allen Anwesenden eine Revision der zu den einzelnen Themenbereichen zusammengestellt-

ten Kompetenzen und Aufgaben. Zu jedem dieser Arbeitstreffen, die an unterschiedlichen HAW in Baden-Württemberg stattfanden, wurden nach Möglichkeit auch Lehrerinnen und Lehrer aus Schulen vor Ort eingeladen. Einige davon waren auch als Lehrbeauftragte für Physik an einer HAW tätig und kannten daher beide Seiten des Übergangs Schule – Hochschule aus eigener Lehrerfahrung.

4. Einige beispielhafte Abschnitte

Im ersten Kapitel **Allgemeine physikalische Kompetenzen** werden folgende Aspekte angesprochen:

- Physikalisch kommunizieren und argumentieren
- Probleme lösen
- Systematisches Vorgehen
- Plausibilitätsüberlegungen anstellen
- Experiment

Diese Punkte werden jeweils weiter detailliert, um klar zu stellen, was darunter genau zu verstehen ist. Das erfolgt mittels einer an den Kompetenzen orientierten Beschreibung der Inhalte, die die Erstsemester kennen sollten und der Problemstellungen, die damit zu bearbeiten sind. Zur Verdeutlichung wird bei den jeweiligen Beschreibungen mit Verweisen der Art „A1“, „A2“, ... auf nachfolgende, erklärende Aufgaben Bezug genommen. In diesem ersten Kapitel „Allgemeine physikalische Kompetenzen“ beginnen die Verweise alle mit einem „A“, in den anderen Kapiteln mit entsprechenden anderen Buchstaben M, E, W und O. So kann auch auf passende beispielhafte Aufgaben aus den anderen Bereichen verwiesen werden und es ist dabei sofort klar, zu welchem Themenfeld die Aufgaben gehören.

Das generelle Vorgehen ist hier am ersten Aspekt dieses Kapitels illustriert. Ein Teil des entsprechenden Abschnitts aus dem Mindestanforderungskatalog ist in der nachstehenden Abbildung 1 zu sehen.

1.1 Physikalisch kommunizieren und argumentieren

Für das Begreifen der Fragestellungen, das Lösen physikalischer Probleme sowie die Wertung der Ergebnisse ist es unerlässlich, dass die StudienanfängerInnen ...

- Fachsprache und Fachsymbolik verstehen und verwenden,
 - wissen, dass der Wert jeder physikalischen Größe aus einer Maßzahl und einer Einheit besteht und sie der Größe eine Einheit zuordnen können und umgekehrt (A1),
 - wissen, dass jede physikalische Größe mit einem Symbol in der physikalisch-mathematischen Sprache abgekürzt wird und sie mit diesen entstehenden Größengleichungen rechnen können (A1, A2),
 - mit Einheiten rechnen und verschiedene Darstellungsformen ineinander umwandeln können (A3, A4, A5),
 - Einheitenanalysen durchführen können, um Einheiten unbekannter Größen zu bestimmen oder Fehler in Formeln aufzuzeigen (A6, A7, A8),
- physikalische Grundprinzipien (Erhaltungssätze, Superpositionsprinzip) verstehen und anwenden können (A9, A10),
- physikalische Sachverhalte mit Worten erklären können (A11, A12, A13, A14, A15),

A6 Einheiten

Die Geschwindigkeit v eines Gegenstandes wird durch die nebenstehende Funktion beschrieben, in der a für die Beschleunigung steht und t für die Zeit.

$$v = \frac{a}{\gamma^2} \cdot t^3 \cdot \cos(\beta \cdot t^2) - \frac{\delta}{t}$$

Welche Einheiten haben die Konstanten β , γ und δ ?

A9 Überlagerung

Bei der Überfahrt einer Fähre über den Fluss überlagert sich die Geschwindigkeit der Fähre $v_F = 3 \text{ m/s}$ senkrecht zur Strömung mit der Strömungsgeschwindigkeit des Flusses $v_S = 4 \text{ m/s}$.

- a) Stellen Sie die daraus resultierende Bewegung der Fähre zeichnerisch dar.
- b) Welchen Betrag hat die Gesamtgeschwindigkeit der Fähre?
- c) Um welchen Winkel wird die Fähre im Verhältnis zum angestrebten Kurs abgetrieben?
- d) Verlängert die Strömung die Dauer der Überfahrt? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Abb. 1: Einige Ausschnitte aus dem ersten Kapitel „Allgemeine physikalische Kompetenzen“ [8]

Im zweiten Kapitel **Mechanik** werden die folgenden Aspekte angesprochen:

- Kinematik
- Statik und Dynamik
- Erhaltungssätze
- Schwingungen

Auch hier wird jeweils detailliert angeführt, was die Erstsemester in diesen Bereichen alles kennen und können sollten. Das Ganze wird dann wieder anhand exemplarischer Aufgabenstellungen illustriert.

Abbildung 2 zeigt einige solcher beispielhafter Ausschnitte aus diesem Kapitel. Hier wird auch, wie oben beschrieben, in einigen Unterpunkten auf ebenfalls passende Aufgaben im ersten Kapitel „Allgemeine physikalische Kompetenzen“ verwiesen. Bei der Arbeit an dem Mindestanforderungskatalog zeigte sich, dass es nicht in jedem Fall eindeutig entschieden werden konnte, ob ein Punkt besser einem spezifischen Kapitel zugeschlagen werden sollte oder doch eher im ersten Kapitel „Allgemeine physikalische Kompetenzen“ anzuführen ist.

2.1 Kinematik

Die StudienanfängerInnen sind vertraut mit den Begriffen der Translationsbewegung in einer Dimension, das heißt, sie können ...

- eine dem Problem angepasste Koordinatenachse wählen, Positionen anhand dieser Koordinatenachse angeben und daraus Verschiebungen (Δx) und zurückgelegte Strecken berechnen. Das Vorzeichen der Verschiebung gibt ihre Richtung an (M1).
- die Geschwindigkeit als Quotient aus Verschiebung und Zeitdauer nach $v = \Delta x / \Delta t$ berechnen (M2).
- Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit unterscheiden und eine Relativgeschwindigkeit als Geschwindigkeitsdifferenz berechnen (M2).
- die Beschleunigung als Quotient aus Geschwindigkeitsdifferenz und Zeitdauer nach $a = \Delta v / \Delta t$ berechnen (M3), (A19a).
- Bewegungsdiagramme (Weg-Zeit, Geschwindigkeit-Zeit, Beschleunigung-Zeit) interpretieren, auswerten und für einfache Bewegungen mit konstanter Beschleunigung zeichnen (A14, A19, A20, A21, A22, A27), (M4).
- Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit beziehungsweise konstanter Beschleunigung mathematisch beschreiben und unbekannte Größen berechnen (A16, A19b), (M5).
- zweidimensionale Bewegungen als Überlagerung zweier eindimensionaler Bewegungen erkennen und daraus abgeleitet Berechnungen durchführen (A9, A21), (M6).

M3 Bremsvorgang

Ein Lastwagen fährt auf der Autobahn mit 100 km/h. Der Fahrer sieht vor sich das Ende eines Staus und bremst. Er braucht 20 s, um zum Stillstand zu kommen. Wie groß ist die durchschnittliche Beschleunigung des Lastwagens in SI-Basiseinheiten?

M4 Fall

Zeichnen Sie qualitativ das Weg-Zeit-, das Geschwindigkeits-Zeit- und das Beschleunigungs-Zeit-Diagramm für den freien Fall.

M5 Beschleunigung

Ein PKW fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit von 70 km/h an einem stehenden Polizeiauto vorbei. In dem Moment, in dem er das Polizeiauto passiert, startet dieses mit einer Beschleunigung von 3 m/s^2 , um den PKW einzuholen. Nach welcher Fahrstrecke hat das Polizeiauto den PKW eingeholt?

M6 Wurf

Ein Junge wirft einen Ball mit 5 m/s waagrecht gegen eine 4 m entfernte Wand. In welcher Höhe relativ zur Abwurfhöhe trifft der Ball auf die Wand? Die Luftreibung ist zu vernachlässigen.

Abb. 2: Einige Ausschnitte aus dem zweiten Kapitel „Mechanik“ [8]

E13 Ohmsches Gesetz

An verschiedene elektrische Bauelemente wird eine variable Spannung angelegt und der zugehörige Stromfluss gemessen. Die entstehenden Messdaten für den Strom I in Abhängigkeit von der jeweiligen Spannung U sind als Verläufe (a), (b), (c), (d), (e) in der nebenstehenden Grafik aufgetragen.

Welcher Verlauf beschreibt einen ohmschen Widerstand?

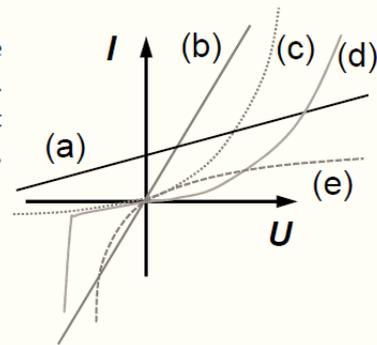


Abb. 3: Aufgabe mit Grafik aus dem dritten Kapitel „Elektrizitätslehre“ [8]

Die übrigen Kapitel **Elektrizitätslehre**, **Wärmelehre** und **Optik** sind in gleicher Weise aufgebaut.

Wo es geboten schien, wurden selbstverständlich auch Grafiken in der Aufgabenstellung verwendet.

Da die WiMINT-Studiengänge an den HAW zum überwiegenden Teil in den Bereich der Ingenieurwissenschaften gehören, wurde darauf geachtet, dass die im Mindestanforderungskatalog verwendeten Größenbezeichnungen und Schrifttypen durchweg den geltenden einschlägigen technischen Normen entsprechen, hier sind insbesondere DIN 1304, DIN 1313 und DIN 1338 zu berücksichtigen. So ist beispielsweise die Federkonstante mit k zu bezeichnen, die in Schulbüchern häufig stattdessen verwendete Bezeichnung als D oder c ist nicht DIN-konform. Zudem sind Größenbezeichnungen immer kursiv zu setzen, Einheiten dagegen nicht. Nicht zulässig ist außerdem die öfters anzutreffende Angabe von Einheiten in eckigen Klammern.

5. Status und weiteres Vorgehen

Der hier vorgestellte Vorschlag eines Mindestanforderungskatalogs Physik [8] beruht aktuell auf den gemeinsamen Überlegungen der beteiligten Physikerinnen und Physiker, die überwiegend an HAW in Baden-Württemberg tätig sind.

Damit unterscheidet er sich derzeit in einem wichtigen Punkt von dem Mindestanforderungskatalog Mathematik der Arbeitsgruppe cosh, der direkt aus einer Kooperation von Vertretern des Schul- und des Hochschulbereichs entstand [6, 7]. Wie eingangs ausgeführt, sind die an den einzelnen HAW in Baden-Württemberg vermittelten Lehrinhalte im Bereich Physik weniger einheitlich als in der Mathematik. Daher musste hier zuerst einmal eine einheitliche Sicht der Beteiligten aus den HAW erreicht werden.

Der Mindestanforderungskatalog Physik in der hier vorliegenden Form ist daher explizit als Vorschlag und Diskussionsgrundlage zu betrachten. Er ist nun in einem nächsten Schritt mit allen Interessierten aus Schulen und anderen Bildungseinrichtungen aller Art zu diskutieren. Ziel ist, dabei einen Konsens über seine Inhalte zu erreichen.

Sehr wichtig ist dabei allen Beteiligten die Einbindung der Schulseite. Darum soll in Analogie zur Mathematik nun auch im Bereich Physik eine weitere solche Kooperation Schule – Hochschule entstehen, also eine Arbeitsgruppe „cosh-Physik“. Das Interesse daran ist auf beiden Seiten groß, die Planungen dafür laufen und es ist sicher davon auszugehen, dass es im Lauf des Jahres 2019 zur Etablierung einer solchen Kooperation kommen wird.

6. Literatur

- [1] Käb, H.: Eigene Zusammenfassung der Äußerungen aus vielen Gesprächen im Rahmen der jedes Semester von der GHD organisierten Arbeitstreffen „Physik vermitteln und verstehen“ an verschiedenen Hochschulen in Baden-Württemberg.
- [2] Buschhüter, D.; Spoden, Chr.; Borowski, A. (2017): Physics knowledge of first semester physics students in Germany. A comparison of 1978 and 2013 cohorts. In: International Journal of Science Education, 39 (9), p. 1109–1132 <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1318457>
- [3] Krause, F.; Reiners-Logothetidou, A. (1978): Der bundesweite Studieneingangstest Physik 1978; Phys. Blätter 35, Heft 11, S. 495 ff.
- [4] Baden-Württemberg - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport: <https://www.bildungsnavi-bw.de/schulsystem>
- [5] Detaillierte Informationen und Zahlen unter www.studieren-ohne-abitur.de
- [6] Dürr, R.; Dürrschnabel, K.; Loose, F.; Wurth, R. (Hrsg.) (2015): Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Den Übergang zu einem WiMINT-Studium gestalten – Ergebnisse einer Fachtagung, Esslingen 2015 (S. 33 – 80). Wiesbaden: Springer.
- [7] Cosh Mindestanforderungskatalog Mathematik für ein WiMINT Studium, entweder unter: <https://cosh-mathe.de/materialien> bei Eintrag „Mindestanforderungskatalog“.

Oder alternativ: http://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/mathematik/bs/bk/cosh/katalog/

- [8] Mindestanforderungskatalog Physik für ein WiMINT Studium. Der jeweils aktuelle Stand ist abzurufen unter:
http://www.hochschuldidaktik.net/documents_public/Mindestanforderungskatalog_Physik_Version_02_-_20190211_Speicherreduziert.pdf
alternativ: <http://www.hochschuldidaktik.net/>
Aktuelles: Mindestanforderungskatalog Physik
Stand 11.02.2019

Danksagung und Förderung

Für die stetige Unterstützung der Arbeit am Mindestanforderungskatalog danken alle Beteiligten der im Auftrag und mit Finanzierung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) Baden-Württemberg tätigen Geschäftsstelle der Studienkommission für Hochschuldidaktik (GHD) an der HAW Karlsruhe.

Ein Teil der Arbeiten erfolgte im Grundlagenzentrum (GLZ) der HAW Aalen, das aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01PL16015 im Rahmen des „Gemeinsamen Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre“ gefördert wird.

Wir danken außerdem den zahlreichen weiteren Kolleginnen und Kollegen, die sich in den letzten Jahren im Rahmen der GHD-Seminare „*Physik vermitteln und verstehen*“ an den HAW in Baden-Württemberg an engagierten Diskussionen über den Mindestanforderungskatalog beteiligt haben. Einige wenige davon seien hier namentlich genannt: Frank Allmendinger, Volker Bucher, Michael Glunk, Karin Hehl, Bernhard Heislbetz, Richard Huber, Arndt Jaeger, Carsten Raudzis und Ole Wartlick.