

Oliver Sternal & Nils-Ole Walliser

## Physik-Vorkenntnisse von Studienanfängerinnen und –anfängern in MINT-Fächern

### Zusammenfassung

Die Bedeutung mathematischen Vorwissens für einen erfolgreichen Start in ein MINT-Studium ist unumstritten. Einige Studien stellen inzwischen auch einen Zusammenhang zwischen physikalischem Vorwissen und Studienerfolg her. In dieser Studie wurde das Vorwissen der Studienanfänger/innen in den Jahren 2014 bis 2019 mittels eines Eingangstests in einem Vorkurs, der sich an Studienanfänger/innen aller MINT-Studiengänge der Universität Stuttgart richtet, erhoben. So konnte in jedem Jahr eine Stichprobe von 400 bis 600 Studierenden untersucht werden. In unserer Studie zeigt sich ein über den hier untersuchten Zeitraum von sechs Jahren insgesamt schwach sinkendes, über die letzten vier Jahre jedoch wieder ansteigendes durchschnittliches Vorwissen der Studienanfänger/innen. In demselben Zeitraum steigt die Heterogenität des Vorwissens jedoch kontinuierlich leicht an.

### Schlüsselwörter

Physikalisches Vorwissen; Vorkurs; Studieneingangsphase; MINT; Heterogenität

## Physics knowledge of first-year university students in STEM disciplines

### Abstract

There is great consensus about the importance of prerequisite knowledge in mathematics to study STEM disciplines at university. Meanwhile, recent studies also suggest that study success may also depend on the prerequisite knowledge in physics. In this study, we analyse the prerequisite knowledge in physics of first-year students of all STEM disciplines at the University of Stuttgart at the beginning of a preliminary course in physics. A sample of 400 to 600 students was examined every year. Our study shows that the average prerequisite knowledge of first-year students has decreased slightly over the full period of six years, but has increased again over the past four years. However, the heterogeneity of prerequisite knowledge increases slightly over this period.

### Keywords

Physics knowledge; preliminary course; study entry phase; STEM; heterogeneity

## 1 Einleitung

Vorkenntnisse, meist gemessen anhand der Abiturnote von Studienanfängerinnen und Studienanfängern, werden im Allgemeinen als guter Prädiktor für Studienerfolg angesehen (Trapmann, Hell, Weigand und Schuler 2007; Rach & Heinze 2017). Im Bereich der MINT-Studiengänge (MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) wird insbesondere das fachspezifische Vorwissen im Fach Mathematik als Indikator für wahrscheinlichen Studienerfolg verwendet (Buschhüter, Spoden und Borowski 2017a; Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Damann, Lang et al. 2018). Dieses Vorwissen kann nicht nur an der Abiturnote im Fach Mathematik festgemacht, sondern zusätzlich mit Studieneingangstests überprüft werden (Buschhüter, Spoden und Borowski 2016; Müller et al. 2018).

Seit langer Zeit wird eine Abnahme und ein dadurch entstandener Mangel an mathematischem Vorwissen bei Studienanfängerinnen und -anfängern kontrovers diskutiert (Krause & Reiners-Logothetidou 1979; KFP 2011; Buschhüter et al. 2016) und führte zur flächendeckenden Einführung von Vor- und Brückenkursen, deren Nutzen ebenso wissenschaftlich untersucht wird (Bausch, Biehler, Bruder, Fischer, Hochmuth, Koepf et al. 2014; Greefrath & Hoever 2016). Darüber hinaus wird in Diskussionen unter Dozentinnen und Dozenten auch die wachsende Heterogenität des Vorwissens als Problem gesehen. Diese wurde bisher jedoch nicht explizit untersucht.

In einigen MINT-Studiengängen wird neben dem mathematischen Vorwissen ein solides Grundwissen anderer MINT-Grundlagenfächer, z.B. Physik, Chemie oder Informatik, als hilfreich empfunden, um den Studieneinstieg erfolgreich zu gestalten. Da auch in diesen Grundlagenfächern ein Rückgang des in der Schule erworbenen Vorwissens und ein damit einhergehender Mangel diskutiert werden (Käß, Boin, Dambacher, Harten, Jödicke, Kurz et al. 2018), entstehen bundesweit immer mehr Vorkurse in weiteren Grundlagenfächern (Busker, Klostermann, Herzog, Huber und Parchmann 2011; Haase 2014).

Auch zum Vorwissen im Grundlagenfach Physik wurden einige Studien durchgeführt (Krause & Reiners-Logothetidou 1979; Buschhüter et al., 2017a und 2017b). Im Gegensatz zum Grundlagenfach Mathematik findet man jedoch kaum Studien auf der Basis regelmäßig durchgeführter Studieneingangstests.

Seit dem Jahr 2011 führt das MINT-Kolleg<sup>1</sup> Baden-Württemberg an der Universität Stuttgart einen Vorkurs im Grundlagenfach Physik durch, in dem das Vorwissen der Studienanfängerinnen und Studienanfänger seit dem Jahr 2014 durch Eingangstests abgefragt wird. In diesem Beitrag werden diese Eingangstests hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades und der von den Studienanfängerinnen und -anfängern erreichten Leistung untersucht, sodass insgesamt eine Untersuchung der zeitlichen Entwicklung des physikalischen Grundlagenwissens von Studienanfängerinnen und Studienanfängern an der Universität Stuttgart möglich wird und für die Jahre 2014 bis 2019 dargestellt werden kann.

---

<sup>1</sup> Das MINT-Kolleg Baden-Württemberg ist eine gemeinsame Einrichtung des Karlsruher Instituts für Technologie und der Universität Stuttgart. Das MINT-Kolleg ist eine Einrichtung zur Verbesserung der fachlichen Voraussetzungen und Kenntnisse in der Übergangsphase von der Schule zum Fachstudium in den MINT-Fächern.

**Zielsetzung und Fragestellungen:**

Ziel dieses Beitrags ist die Untersuchung der zeitlichen Entwicklung des physikalischen Grundlagenwissens von Studienanfängerinnen und Studienanfängern in den MINT-Studiengängen der Universität Stuttgart. Dabei verfolgen wir insbesondere die folgenden Fragestellungen:

1. Wie verändert sich das physikalische Grundlagenwissen der Studienanfängerinnen und –anfänger in den MINT-Studiengängen der Universität Stuttgart in den Jahren 2014 bis 2019? Kann der seit langem diskutierte Trend des sinkenden Grundlagenwissens bestätigt werden?
2. Wie stark verändert sich die Heterogenität des Grundlagenwissens der Studienanfängerinnen und –anfänger in den Jahren 2014 bis 2019?

Da das mithilfe eines Eingangstests in dieser Studie überprüfte Grundlagenwissen nicht das gesamte gewünschte Grundlagenwissen im Fach Physik darstellt, sondern einer von den Dozentinnen und Dozenten der Vorkurse an der Universität Stuttgart subjektiv und zu den Inhalten des Vorkurses passend gewählte Untermenge dieses Grundlagenwissens darstellt, können wir jedoch keine vollumfängliche Studie durchführen. Eine genaue Angabe fehlender Kompetenzen ist nicht möglich.

## 2 Zahlen und Fakten zum Vorkurs

Als zentrale Lehreinrichtung bietet das MINT-Kolleg Baden-Württemberg an der Universität Stuttgart seit dem Jahr 2011 einen Vorkurs im Fach Physik (VKP) für die Studienanfängerinnen und -anfänger (StA) aller MINT-Studienfächer an. Seit dem Jahr 2013 wird dieser Vorkurs mit einem Umfang von 30 Semesterwochenstunden (SWS) innerhalb einer Woche angeboten, die in 20 SWS Vorlesung und 10 SWS betreute Tutorien aufgeteilt werden. Dabei gliedert sich der Ablauf eines Kurstages nach dem Sandwich-Prinzip in

- 90 Minuten Vorlesung,
- 90 Minuten betreutes Tutorium, sowie
- 90 Minuten Vorlesung.

Der VKP wird in der Kalenderwoche vor Beginn eines dreiwöchigen Mathematik-Vorkurses durchgeführt.

Aufgrund der hohen Teilnehmerzahlen werden insgesamt zwei parallele, identische Kurse angeboten. Die Kurse werden von jeweils einer Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (TN) besucht. Die Tutorien finden in Gruppen von 25-30 StA statt und werden von erfahrenen Studierenden (Tutorinnen und Tutoren) betreut. Die Teilnahme am VKP ist freiwillig.

Die Anzahl der zum Vorkurs angemeldeten StA ist für den in diesem Beitrag untersuchten Zeitraum 2014 bis 2019 in Abb. 1 (schwarze Datenpunkte) dargestellt. In der Anzahl der TN des VKP zeigt sich der allgemeine Rückgang der Anzahl der StA an der Universität Stuttgart (Universität Stuttgart 2018a). In der Evaluation des VKP geben 30-35 % aller StA an, das Fach Physik in der Oberstufe nicht belegt zu haben.

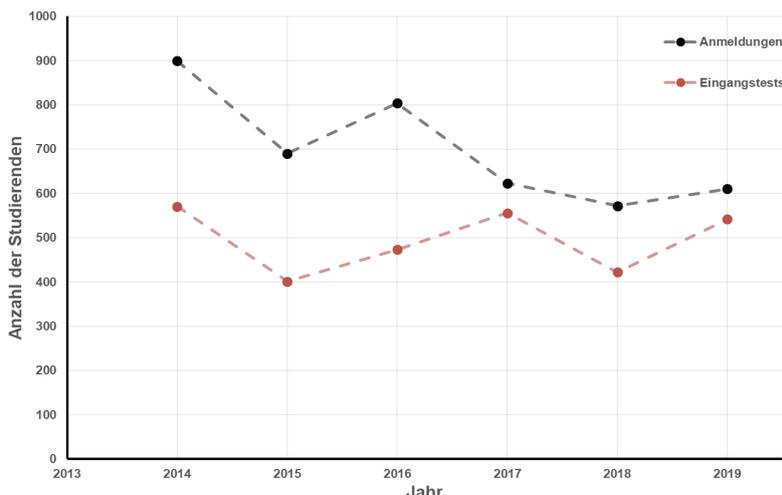


Abbildung 1: Anzahl der zum Vorkurs Physik angemeldeten StA (schwarze Datenpunkte) und Anzahl der StA, die einen Eingangstest zur Korrektur abgegeben haben (rote Datenpunkte) in den Jahren 2014 bis 2019.

Da der VKP sich gleichermaßen an alle MINT-StA der Universität Stuttgart richtet, ist die Gruppe der TN stark heterogen und setzt sich aus StA über 25 verschiedener Bachelor-Studiengänge zusammen. Dies ist beispielhaft für das Jahr 2017 in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Die relative Zusammensetzung des VKP am Beispiel des Jahres 2017, N = 623.

Studiengang	Relativ	Studiengang	Relativ
Bauingenieurwesen	6,7 %	Mathematik	1,4 %
Betriebswirtschaftslehre	0,2 %	Mechatronik	1,4 %
Bewegungswissenschaften	0,2 %	Medizintechnik	4,5 %
Biologie	0,6 %	NWT-Lehramt	0,3 %
Chemie	6,1 %	Physik	7,9 %
Chemie- und Bioingenieurwesen	1,4 %	Simulation Technology	0,8 %
Elektrotechnik und Informatik	8,0 %	Softwaretechnik	0,5 %
Erneuerbare Energien	3,7 %	Technisch orientierte BWL	0,6 %
Fahrzeug- und Motorentechnik	5,0 %	Technische Biologie	5,0 %
Geodäsie und Geoinformatik	1,4 %	Technische Kybernetik	2,1 %
Immobilientechnik und Immobilienwirtschaft	1,6 %	Technologiemanagement	2,9 %
Lebensmittelchemie	3,4 %	Umweltschutztechnik	2,1 %
Luft- und Raumfahrttechnik	18,0 %	Verkehrsingenieurwesen	1,3 %
Maschinenbau	9,3 %	Unbekannt	2,2 %
Materialwissenschaft	1,3 %		

Thematisch gliedert sich der Vorkurs in die fünf Grundlagenthemen

1. Mechanik
2. Fluidmechanik
3. Elektrizitätslehre
4. Magnetismus (seit 2017)
5. Thermodynamik

Während das Thema Mechanik ca. 60 % des Vorlesungsumfangs ausmacht, werden für die vier übrigen Themenkomplexe jeweils ca. 10 % der Vorlesungszeit aufgewendet. Dabei verfolgt der VKP nicht nur das Ziel, Themen aus der Schule aufzugreifen und zu wiederholen, sondern die Inhalte der Schulphysik mit an der Universität verwendeten (mathematischen) Methoden zu präsentieren und zu vertiefen, um den StA einen realistischen Einblick in ihr zukünftiges Studienfach zu geben. Darüber hinaus spielen auch soziale Komponenten, z.B. Kennenlernen der zukünftigen Kommilitonen und der Universität als neuer Arbeitsumgebung, eine große Rolle.

### 3 Datenerhebung mittels Eingangstest

Seit dem Jahrgang 2014 werden den StA zu Beginn des ersten Tutoriums ein Eingangstest und zum Ende des letzten Tutoriums ein Abschlusstest zur Bearbeitung vorgelegt. Außer dem Studiengang der StA werden keine weiteren personenbezogenen Daten erhoben. Die Bearbeitungszeit beträgt 20 Minuten; bei beiden Tests besteht kein Abgabe-Zwang. Die Studierenden haben die Möglichkeit, ihre Tests von ihrer Tutorin bzw. ihrem Tutor korrigieren zu lassen und eine Rückmeldung über ihren Kenntnisstand zu bekommen. Abbildung 1 zeigt die Anzahl derjenigen StA, die diese Möglichkeit der Abgabe des in dieser Studie untersuchten Eingangstests in Anspruch nehmen (rote Datenpunkte).

Um dem Eingangs- und Abschlusstest innerhalb des VKP keine zu dominante Rolle zu geben, wurden für die Tests jeweils sechs Aufgaben ausgewählt, welche die verschiedenen Themenbereiche des VKP abdecken und verschiedene Kompetenzen voraussetzen. Dabei überprüfen die einzelnen Aufgaben nicht zwangsläufig jeweils genau eine Kompetenz. Aus diesem Grund werden bearbeitete Aufgaben bei der Korrektur nicht in „richtig“ und „falsch“ unterschieden; bei teilweise richtigen Lösungen werden Teilpunkte vergeben. Die ausgewählten Aufgaben repräsentieren nicht den vollen Umfang des in der Schule vermittelten physikalischen Wissens, sondern eine von den Dozent/innen des VKP subjektiv getroffene Auswahl von Inhalten des VKP, die den Teilnehmer/innen aus der Schule bekannt sind. Das mit den Tests überprüfte Vorwissen stellt in keiner Weise das gesamte zu Studienbeginn wünschenswerte physikalische Vorwissen der StA, sondern eine repräsentative Untermenge dessen dar.

Die Aufgaben des Eingangstests wurden zwischen 2014 und 2019 insgesamt zweimal an inhaltliche Veränderungen des VKP angepasst, sodass den StA bisher insgesamt 8 verschiedene Aufgaben gestellt wurden, von denen zwei Aufgaben hier beispielhaft dargestellt werden:

**Aufgabe 1:** Ein Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit  $v = 72 \text{ km/h}$ . Bestimmen Sie den Bremsweg  $s$ , wenn das Fahrzeug mit der konstanten Beschleunigung  $a = -5 \text{ m/s}^2$  abgebremst wird.

**Aufgabe 3:** Ein Fadenpendel führt eine ungedämpfte Schwingung aus. Welche der folgenden Aussagen sind für diese Bewegung zutreffend.

- a) Die potentielle Energie ist zeitlich konstant.
- b) Die kinetische Energie ist zeitlich konstant.
- c) Kinetische und potentielle Energie sind immer gleich groß.
- d) Die Summe aus potentieller und kinetischer Energie ist konstant.
- e) Keine der anderen Antworten ist richtig.

Eine Übersicht aller Aufgaben wird in Tabelle 2 angegeben. Die genauen Formulierungen der Testaufgaben werden im Anhang gezeigt.

Tabelle 2: Übersicht der im Eingangstest verwendeten Aufgaben.

Aufgabe	Aufgabentyp	Benötigtes Wissen	Lösungsschritte
1	Rechenaufgabe	Faktenwissen und Formelwissen der Kinematik, mathematische Kenntnisse	Weg-Zeit-Gesetz und Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz kombinieren und umformen
2	Rechenaufgabe	Formelwissen der Federkraft, mathematische Kenntnisse	Gegebene Werte in die Formel der Federkraft einsetzen
3	Multiple Choice	Faktenwissen über Energieerhaltung	Aussagen über die Energieerhaltung auf Korrektheit überprüfen
4	Rechenaufgabe	Faktenwissen und Formelwissen über Reihenschaltung von Widerständen, mathematische Kenntnisse	Skizze einer Reihenschaltung von Widerständen anfertigen und Gesamtwiderstand berechnen
5	Multiple Choice	Mathematische Kenntnisse	Überprüfung von PV-, PT- und TV-Diagrammen auf Korrektheit bei gegebenem Gasgesetz
6	Zuordnungsaufg.	Faktenwissen über Fluidmechanik	Qualitative Sortierung von Rohrabschnitten nach Fließgeschwindigkeit
7	Rechenaufgabe	Faktenwissen und Formelwissen über Körper auf der schiefen Ebene, mathematische Kenntnisse	Skizze eines Körpers auf einer schiefen Ebene anfertigen und Normal- und Hangabtriebskraft berechnen
8	Ergänzungsaufg.	Faktenwissen über die Bewegung geladener Teilchen im Magnetfeld	Lorentzkraft und Bahnkurve eines geladenen Teilchens in einer vorgegebenen Skizze mit Proton und homogenem Magnetfeld ergänzen

Insgesamt können die StA im Eingangstest eine maximale Gesamtpunktzahl von 20 Punkten erreichen. Aufgrund des Austauschs der Aufgaben 2 und 5 wurde in den Jahren 2016 und 2017 auch die Punktevergabe der Einzelaufgaben an die jeweils neue Zusammenstellung der Aufgaben angepasst. Dies ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Maximale Punktevergabe der Einzelaufgaben des Eingangstests. Im Jahr 2016 wurde Aufgabe 2 gegen Aufgabe 7 ausgetauscht, Aufgabe 8 wird seit 2017 anstelle von Aufgabe 5 verwendet.

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8
2014	6	2	2	4	4	2	-	-
2015	6	2	2	4	4	2	-	-
2016	6	-	2	2	4	2	4	-
2017	6	-	2	3	-	2	4	3
2018	6	-	2	3	-	2	4	3
2019	6	-	2	3	-	2	4	3

Die Eingangs- und Abschlusstests wurden mit der Absicht erstellt, den StA eine Möglichkeit des Selfassessments und eine Kontrolle ihres Lernerfolgs im Vorkurs zu ermöglichen und den Dozentinnen und Dozenten des Vorkurses eine Rückmeldung über den Erfolg des Kurses zu geben. Die Erforschung hochschul- oder physikdidaktischer Fragestellungen war ursprünglich nicht geplant.

## 4 Auswertung der Eingangstests mittels Item-Response-Analyse

Um den Schwierigkeitsgrad der Einzelaufgaben und des gesamten Eingangstest zu ermitteln, wird für jede Einzelaufgabe eine Item-Response-Analyse durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die StA in jedem Jahrgang von 2014 bis 2019 entsprechend ihrer im Test erreichten Gesamtpunktzahl (0 bis 20 in Schritten von 0,5 Punkten) in Gruppen zusammengefasst. Anschließend wird für jede Gruppe die bei jeder Einzelaufgabe erreichte mittlere Punktzahl ermittelt und normiert. Für die weitere Analyse werden nur Gruppen aus mehr als zwei StA verwendet.

Die so gewonnenen Daten werden in Abb. 2 (oben) dargestellt (schwarze Datenpunkte) und mit dem Zwei-Parameter-Modell

$$p(x) = \frac{\exp(a(x - b))}{1 + \exp(a(x - b))}$$

mit den freien Parametern  $a$  und  $b$  modelliert, da die Aufgaben des Eingangstests unterschiedliche Trennschärfen besitzen. Dabei beschreibt der Parameter  $a$  die Stärke des Anstiegs der Funktion  $p$ , also die Trennschärfe, während  $b$  die Stelle  $p(b) = 0,5$  festlegt. Der

Parameter  $b$  beschreibt also die Item-Schwierigkeit bzw. den Schwierigkeitsgrad (SKG) einer Testaufgabe. Auf eine Untersuchung der Trennschärfe wird hier verzichtet.

Abbildung 2 (unten) zeigt einen Vergleich der Item-Response-Analysen von Aufgabe 1 der Eingangstests von 2014 bis 2019. Auch wenn die sechs an die mithilfe der Eingangstests erhobenen Datensätze angepassten Funktionen sehr ähnliche Verläufe zeigen, ergeben sich dennoch für jedes Jahr unterschiedliche Trennschärfen und Schwierigkeitsgrade. Insbesondere sinkt der SKG von Aufgabe 1 vom Jahr 2015 zum Jahr 2016.

Ein zeitlicher Verlauf der Schwierigkeitsgrade aller acht im Eingangstest des VKP verwendeten Aufgaben ist in Abb. 3 dargestellt (farbige Datenpunkte). Es wird deutlich, dass die SKG der Einzelaufgaben zeitlichen Schwankungen unterliegen. Im Jahr 2016 wurde Aufgabe 2 gegen eine Aufgabe mit höherem SKG ausgetauscht, während Aufgabe 5 im Jahr 2017 gegen eine Aufgabe auf demselben Niveau getauscht wurde.

Ein Vergleich der Aufgabenschwierigkeit mit den Aufgabenbeschreibungen in Tabelle 2 zeigt den erwarteten Zusammenhang zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Komplexität des Themas der Aufgabenstellung, den geforderten mathematischen Kenntnissen und der Anzahl der zur Bearbeitung der Aufgabe nötigen Lösungsschritten (Dammann, Behrend, Ștefănică und Nickolaus 2016 und Referenzen darin). Diese Zusammenhänge werden in dieser Studie jedoch nicht weiter erforscht.

Da Einzelaufgaben durch die Vergabe von unterschiedlichen Punktzahlen unterschiedlich gewichtet zum gesamten SKG eines Tests oder einer Prüfung beitragen, wird der gesamte Schwierigkeitsgrad  $S$  eines Tests oder einer Prüfung in dieser Analyse durch

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N b_i P_i}{\sum_{i=1}^N P_i}$$

definiert. Dabei stehen  $P_i$  für die maximal erreichbare Punktzahl und  $b_i$  für den SKG der  $i$ -ten Aufgabe,  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ , mit der Anzahl  $N$  der Einzelaufgaben. Der so ermittelte durchschnittliche SKG der Eingangstests (schwarze Datenpunkte) ist gemeinsam mit einem linearen Fit (schwarze durchgezogene Linie) in Abb. 3 dargestellt. Während die SKG der Einzelaufgaben leichten Schwankungen unterliegen, bleibt der durchschnittliche SKG des Eingangstests annähernd konstant.

## 5 Analyse der erbrachten Leistung

Abbildung 4 zeigt die in jeder Einzelaufgabe erreichte durchschnittliche Punktzahl (farbige Datenpunkte), sowie die im Test erreichte durchschnittliche Gesamtpunktzahl (schwarze Datenpunkte) in Abhängigkeit der Zeit von 2014 bis 2019. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden alle Daten normiert.

Besonders gut werden die Aufgaben 3, 4 und 6 (niedriger SKG) bearbeitet. Diesen ist gemeinsam, dass die StA kein oder nur wenig Formelwissen und entsprechend keine oder nur wenige mathematische Kenntnisse benötigen, um eine richtige Lösung zu finden.

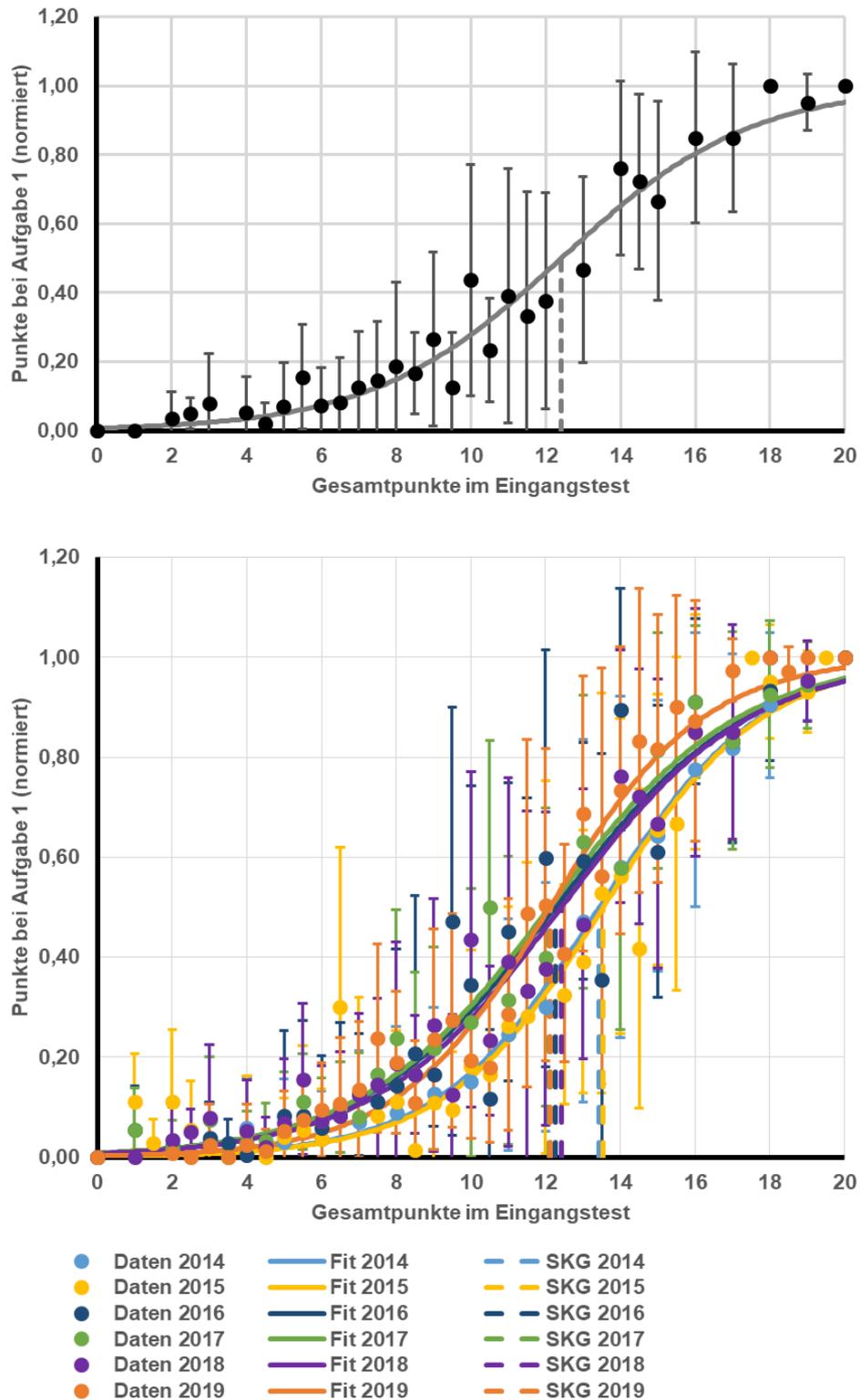


Abbildung 2: Oberes Bild: Normierte durchschnittliche Punktzahl (Aufgabe 1, Eingangstest 2018) in Abhängigkeit der Gesamtpunktzahl. Gemessene Daten (schwarze Datenpunkte), Modellierung durch das Zwei-Parameter-Modell (durchgezogene schwarze Linie), Markierung Schwierigkeitsgrad (g schwarze Linie). Unteres Bild: Wie oben, Zuordnung der Jahrgänge und Farben siehe Legende.

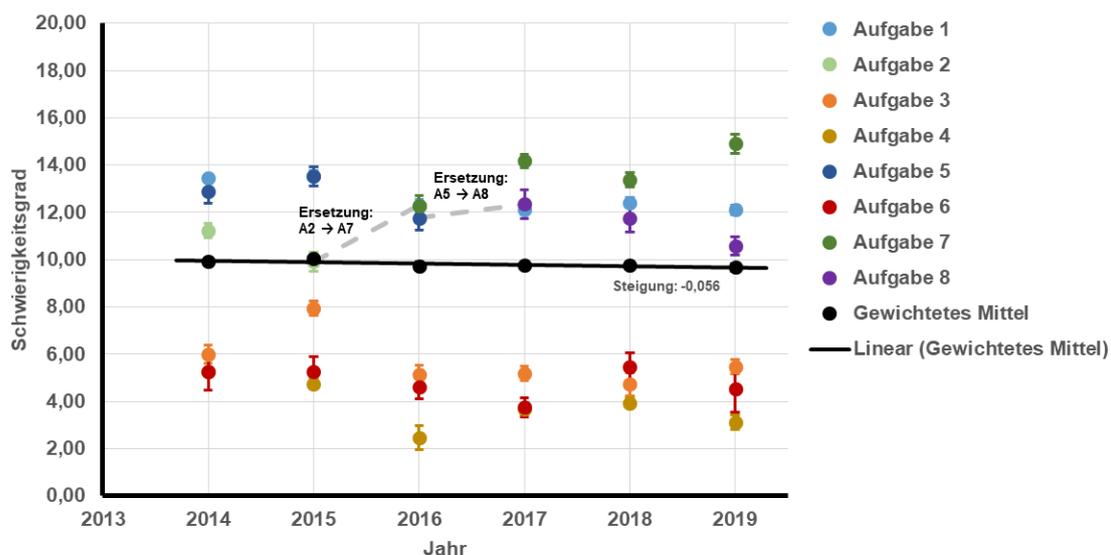


Abbildung 3: SKG der Einzelaufgaben (farbige Datenpunkte), berechneter gesamter SKG der Eingangstests als gewichtetes Mittel (schwarze Datenpunkte), linearer Fit des gesamten SKG (schwarze durchgezogene Linie).

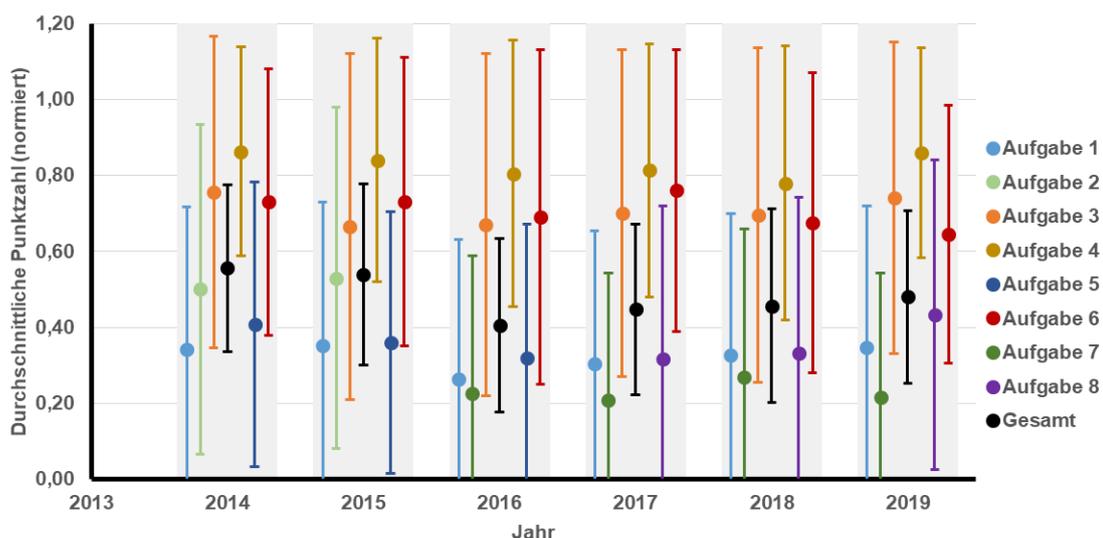


Abbildung 4: Bei jeder Einzelaufgabe von allen StA erreichte durchschnittliche Punktzahl (farbige Datenpunkte) und im Test erreichte durchschnittliche Gesamtpunktzahl (schwarze Datenpunkte) für die Eingangstests von 2014 bis 2019. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Daten normiert.

In der durchschnittlichen Gesamtpunktzahl wird ein Leistungseinbruch im Jahr 2016 sichtbar, der durch die Kombination des Austauschs von Aufgabe 2 gegen Aufgabe 7 (Erhöhung des SKG) und die Anpassung der Punktevergabe von Aufgabe 4 an ihren SKG verursacht wird. Um dies zu korrigieren, wurden die Eingangstests von 2014 bis 2019 ohne die Aufgaben 2 und 7 bei gleichzeitiger Umrechnung der Punktevergabe auf die Jahre 2017 bis 2019 analysiert. Diese Korrektur konnte auf diese Weise durchgeführt werden, da der Austausch von Aufgabe 5 gegen Aufgabe 8 auf demselben SKG stattfand.

Die auf diese Weise korrigierten Daten sind in Abb. 5 dargestellt (dunkelblaue Datenpunkte). Zum Vergleich ist die unkorrigierte durchschnittliche Gesamtpunktzahl unter Berücksichtigung aller Aufgaben angegeben (hellblaue Datenpunkte). Es wird deutlich, dass der Leistungseinbruch im Jahr 2016 verschwindet.

An beide Datensätze wurden Geraden angepasst (gepunktete Linien), die jeweils eine negative Steigung aufweisen. Die Gerade der korrigierten Daten verläuft dabei deutlich flacher als die Gerade der unkorrigierten Daten. Die Abnahme der Gesamtpunktzahl zwischen den Jahren 2014 und 2019 beträgt in den unkorrigierten Daten insgesamt ca. 18 %; die korrigierten Daten zeigen in demselben Zeitraum eine Abnahme um ca. 2 % (jeweils gemessen an den Regressionsgeraden). Ab 2016 beobachten wir eine positive Steigung der erreichten Gesamtpunktzahl (rote gepunktete Linie), die zwischen den Jahren 2016 und 2019 ca. 12 % beträgt.

Deutlich wird jedoch auch ein langsames Wachstum der Standardabweichung der erreichten Gesamtpunktzahl, die als Indikator einer wachsenden Heterogenität der TN-Gruppen angesehen werden kann. Der innerhalb des hier untersuchten Zeitraums von sechs Jahren beobachtete Effekt beträgt ca. 6 % in den unkorrigierten Daten bzw. ca. 9 % in den korrigierten Daten, jeweils gemessen an der Regressionsgeraden.

Untersucht man die Entwicklung der durchschnittlichen Schulabschlussnoten aller StA der Universität Stuttgart mit einer in Deutschland erworbenen Hochschulzugangsberechtigung, so findet man, dass sich diese Durchschnittsnoten in demselben Zeitraum von 2,51 auf einen Wert von 2,39 verbessern (Universität Stuttgart 2018b). Es ist jedoch unklar, ob diese Werte direkt mit den TN des VKP verglichen werden können, da die Werte für diese Gruppe nicht gesondert vorliegen.

## 6 Zusammenfassung und Diskussion

Die Item-Response-Analyse zeigt, dass die Schwierigkeitsgrade der Einzelaufgaben von jedem Jahrgang der StA, die am VKP teilnehmen, unterschiedlich wahrgenommen werden. Der gesamte Schwierigkeitsgrad des Eingangstests bleibt jedoch konstant.

Im Übergang vom Jahr 2015 zum Jahr 2016 zeigt sich ein Abfall der durchschnittlichen Leistung, die von den StA im Eingangstest des VKP erbracht wird, der durch die Auswechslung einer Aufgabenstellung bei gleichzeitiger Anpassung der Punktevergabe einer zweiten Aufgabe erklärt werden kann. Insgesamt ist dennoch ein leichter Rückgang des physikalischen Grundlagenwissens zu beobachten, der sich mit den Beobachtungen von Käß, Boin, Dambacher, Harten, Jödicke, Kurz et al. (2018) deckt. Ab dem Jahr 2016 zeigt die durchschnittliche Leistung jedoch wieder eine steigende Tendenz, siehe Abb. 4 und 5.

Die Frage, ob das physikalische Grundlagenwissen der StA im untersuchten Zeitraum insgesamt sinkt, kann somit nicht eindeutig beantwortet werden. Eine gemeinsame Betrachtung von „wahrgenommenem“ Schwierigkeitsgrad des Tests und durchschnittlicher erbrachter Leistung der StA legt jedoch nahe, dass das physikalische Grundlagenwissen im untersuchten Zeitraum annähernd konstant bleibt bzw. über die letzten Jahre wieder ansteigt. Offensichtlich erscheint die langsam wachsende Heterogenität der Zusammensetzung der StA, die trotz des relativ kurzen Messzeitraums messbar ansteigt. Ob diese Trends bestätigt werden, müssen weitere Untersuchungen in den folgenden Jahren zeigen.

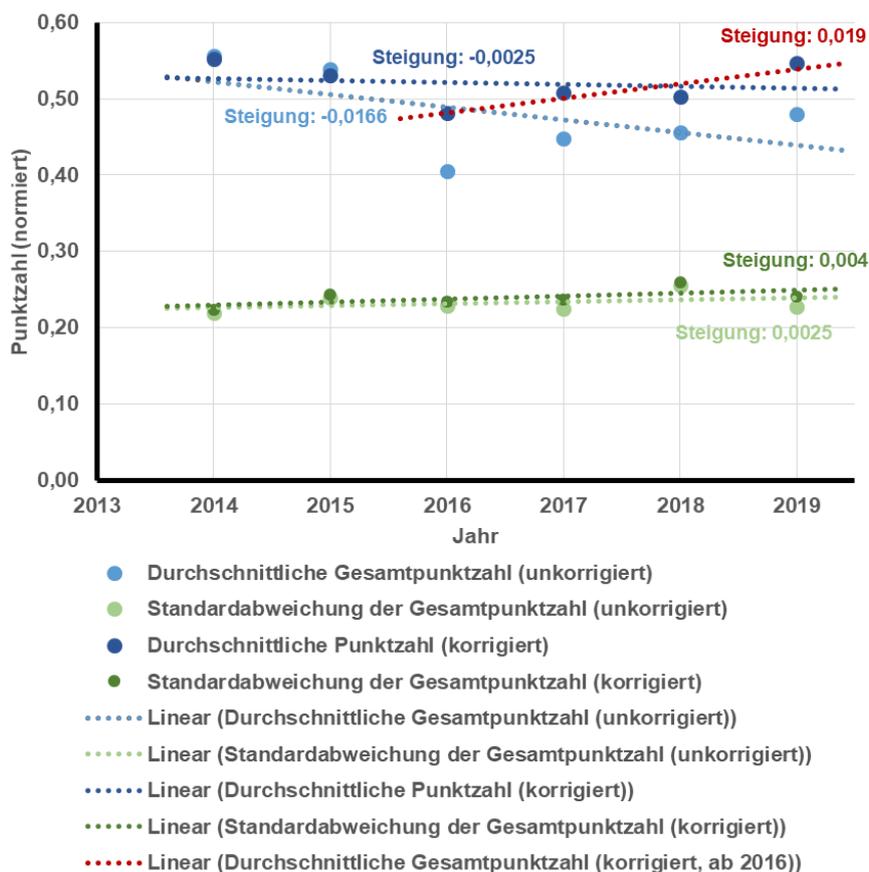


Abbildung 5: Unkorrigierte Gesamtpunktzahl aus Abb. 4 (hellblaue Datenpunkte), korrigierte Gesamtpunktzahl (dunkelblaue Datenpunkte), Standardabweichung der unkorrigierten Gesamtpunktzahl (hellgrüne Datenpunkte), Standardabweichung der korrigierten Gesamtpunktzahl (dunkelgrüne Datenpunkte) und an die Datenpunkte angepasste lineare Funktionen (gepunktete Linien). Die rote gepunktete Linie wurde nur an die Gesamtpunktzahl von 2016 bis 2019 angepasst.

Die in dieser Studie dargestellte Entwicklung wurde von den Dozentinnen und Dozenten des VKP bereits seit Beginn im Jahr 2011 beobachtet, jedoch erst ab 2014 untersucht.

Um eventuellen Schwierigkeiten im Umgang mit dem für die Physik benötigten mathematischen Grundlagenwissen vorzubeugen und den StA den Einstieg in den VKP zu vereinfachen, wurde der VKP im Jahr 2014 zunächst testweise im Anschluss an den dreiwöchigen Vorkurs im Fach Mathematik durchgeführt. Dies wurde im Folgejahr wieder verworfen, da die nach drei Wochen im Mathematik-Vorkurs stark gesunkene Konzentrationsfähigkeit der StA zu großer Unruhe im Kurs führte und kein relevanter Einfluss der Reihenfolge der Vorkurse auf die Leistung der StA, der eine dauerhafte Vertauschung gerechtfertigt hätte, festgestellt werden konnte.

Als weitere Reaktion wurde der VKP kontinuierlich inhaltlich angepasst und um verschiedene Inhalte gekürzt (z.B. Hebelgesetz, Drehmoment, Federkraft), um mehr Zeit für Grundkonzepte (z.B. Kraft, Bewegung, Energie) zu erhalten. Für die Zukunft wird eine Umgestaltung des Vorkurses mit starker Unterstützung digitaler Lehre diskutiert.

Darüber hinaus befürwortet und unterstützt das MINT-Kolleg Baden-Württemberg die Entwicklung eines Mindestanforderungskatalogs für das Fach Physik zunächst auf Landesebene (Käß, Boin, Dambacher, Harten, Jödicke, Kurz et al. 2018), ähnlich dem von der COSH-Gruppe für das Fach Mathematik erarbeiteten Mindestanforderungskatalog (Cooperation Schule:Hochschule 2014). Zudem wirkt das MINT-Kolleg Baden-Württemberg auf Bundesebene an der Erstellung eines Online-Brückenkurses im Fach Physik mit ([www.brueckenkurs-physik.de](http://www.brueckenkurs-physik.de)), ähnlich den Mathematik-Brückenkursen OMB+ ([www.ombplus.de](http://www.ombplus.de)) oder VE&MINT ([www.ve-und-mint.de](http://www.ve-und-mint.de)), die durch die TU9 empfohlen werden.

## Literatur

- Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S. & Wassong, T. (Ed.). (2014). *Mathematische Vor- und Brückenkurse: Konzepte, Probleme und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 61-75.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017a). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 127-141.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017b). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: a comparison of 1978 and 2013 cohorts. *International Journal of Science Education*, 39 (9), 1109-1132.
- Busker, M., Klostermann, M., Herzog, S., Huber, A. & Parchmann, I (2011). Nicht nur Vorwissen auffrischen: Vorkurse in Chemie. *Nachrichten aus der Chemie*, 59 (6), 684-688.
- Cooperation Schule:Hochschule (COSH) (2014). *Mindestanforderungskatalog Mathematik (Version 2.0) der Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von WiMINT-Fächern*. Online unter: <https://cosh-mathe.de/download/makV2.oneu.pdf> [23.11.2020]
- Dammann, E., Behrend, S., Ștefănică, F. & Nickolaus, R. (2016). Kompetenzniveaus in der ingenieurwissenschaftlichen akademischen Grundbildung – Analysen im Fach Technische Mechanik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19, 351-374.
- Greefrath, G. & Hoever, G. (2016). Was bewirken Mathematik-Vorkurse? Eine Untersuchung zum Studienerfolg nach Vorkursteilnahme an der FH Aachen. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H.-G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase* (517-530). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Haase, D. (2014). Studieren im MINT-Kolleg Baden-Württemberg. In I. Bausch, R. Biehler, R. Bruder, P. R. Fischer, R. Hochmuth, W. Koepf, S. Schreiber & T. Wassong (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse: Konzepte, Probleme und Perspektiven* (123-136). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Käß, H., Boin, M., Dambacher, K.-H., Harten, U., Jödicke, B., Kurz, G., Löffler, A., Sum, J., Vinzelberg, S., Wenzel, T. & Werner, J. (2018). *Mindestanforderungskatalog Physik – Ein Vorschlag*. Vortrag auf der Tagung „Brücken ins Studium: Orientieren, qualifizieren, fördern“, 20. März 2018. Online unter: [https://www.mint-kolleg-tagung.de/download/S503\\_Kaess.pdf](https://www.mint-kolleg-tagung.de/download/S503_Kaess.pdf) [22.11.2018]

- Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) (2011). *Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik*. Online unter: <https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlungen-Mathematikkenntnisse.pdf> [22.11.2018]
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1979). Der bundesweite Studieneingangstest Physik. *Physikalische Blätter*, 35 (11), 495-510.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24 (1), 183-199.
- Rach, S. & Heinze, A. (2017). The Transition from School to University in Mathematics: Which Influence do School-related Variables have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15 (7), 1343-1363.
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs – eine Metaanalyse. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 21 (1), 11-27.
- Universität Stuttgart (2018a). *Zahlen, Daten, Fakten und Rankings der Universität Stuttgart*. Online unter: <https://www.uni-stuttgart.de/universitaet/profil/zahlen/> [13.11.2018]
- Universität Stuttgart (2018b). *Campusmanagementsystem C@mpus der Universität Stuttgart, Dezernat I/4 Berichtswesen, Statistik und Kapazitätsrechnung*. [30.11.2018, persönliche Kommunikation]

## Danksagung

Das MINT-Kolleg Baden-Württemberg ist eine gemeinsame Einrichtung der Universität Stuttgart und des Karlsruher Instituts für Technologie. Im Rahmen des *Qualitätspakts Lehre* wird das MINT-Kolleg mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen 01PL16018B). Zudem besteht eine Förderung aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) im Rahmen des Programms *Strukturmodelle in der Studieneingangsphase*.

Wir danken Frau Dr. Vera Hankele, die als Dozentin an der Durchführung der Vorkurse im Fach Physik an der Universität Stuttgart maßgeblich beteiligt ist, sowie Herrn Dr. Paul-Gerhard Martin (Abteilungsleitung Berichtswesen, Statistik, Kapazitätsrechnung), Dezernat I, Universität Stuttgart, für die freundliche Unterstützung bei der Zusammenstellung von Statistiken über die Studienanfängerinnen und Studienanfänger der Universität Stuttgart.

## Anhang: Verwendete Testaufgaben

### Aufgabe 1

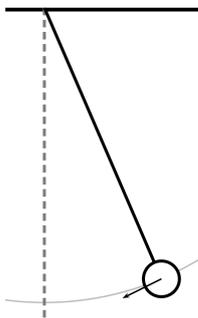
Ein Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit  $v = 72 \text{ km/h}$ . Bestimmen Sie den Bremsweg  $s$ , wenn das Fahrzeug mit der konstanten Beschleunigung  $a = -5 \text{ m/s}^2$  abgebremst wird.

### Aufgabe 2

Im Schwerfeld der Erde wird eine Masse  $m = 250 \text{ g}$  an eine Feder der Federkonstante  $D = 300 \text{ N/m}$  gehängt. Bestimmen Sie die Ausdehnung  $x$  der Feder. (Hinweis:  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ )

### Aufgabe 3

Ein Fadenpendel führt eine ungedämpfte Schwingung aus. Welche der folgenden Aussagen sind für diese Bewegung zutreffend?



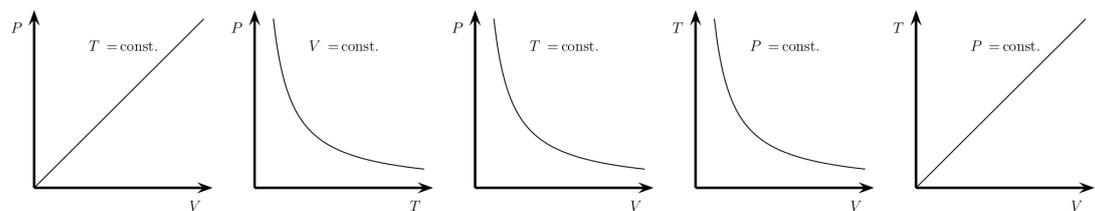
1. Die potentielle Energie ist zeitlich konstant.
2. Die kinetische Energie ist zeitlich konstant.
3. Kinetische und potentielle Energie sind immer gleich groß.
4. Die Summe aus potentieller und kinetischer Energie ist konstant.
5. Keine der anderen Antworten ist richtig.

### Aufgabe 4

In einem Stromkreis sind die drei Widerstände  $R_1 = 200 \Omega$  und  $R_2 = R_3 = 100 \Omega$  in Reihe geschaltet. Skizzieren Sie die Anordnung und berechnen Sie den Gesamtwiderstand im Stromkreis.

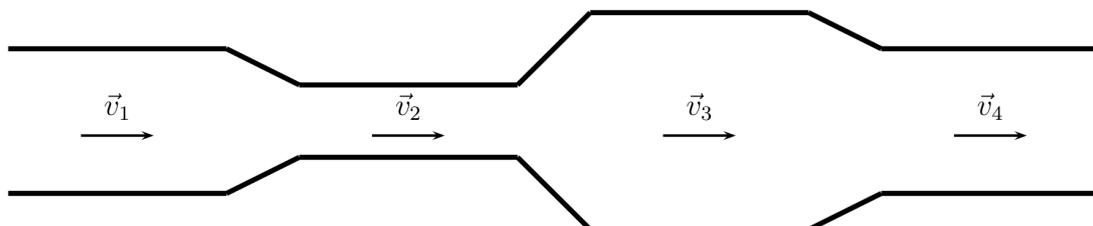
### Aufgabe 5

Der Zustand eines idealen Gases wird durch das Gasgesetz  $\frac{pV}{T} = \text{const.}$  beschrieben. Welche der folgenden Abbildungen beschreiben diesen Zusammenhang korrekt?



### Aufgabe 6

Eine Flüssigkeit fließt durch ein Rohr mit wechselnden Querschnitten. Ordnen Sie die Fließgeschwindigkeiten nach Größe, beginnend mit der kleinsten Fließgeschwindigkeit.

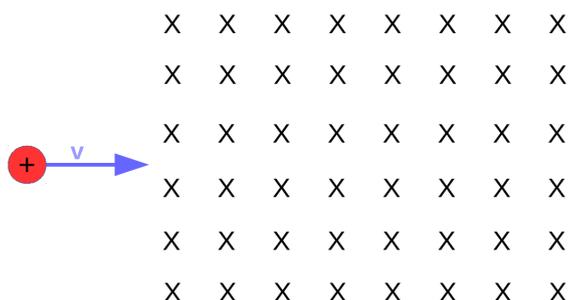


**Aufgabe 7**

Im Schwerfeld der Erde wird eine Masse  $m = 250 \text{ g}$  auf eine schiefe Ebene mit dem Anstellwinkel  $\alpha = 30^\circ$  gelegt. Wie groß ist die Normalkraft  $N$ , die vom Boden aufgenommen werden muss? Wie groß ist die Kraft  $H$ , die die Masse entlang der schiefen Ebene beschleunigt? (Hinweis: Verwenden Sie  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ .)

**Aufgabe 8**

Ein positiv geladenes Teilchen fliegt mit einer Geschwindigkeit  $v$  in ein homogenes Magnetfeld  $B$  (siehe Abbildung). Skizzieren Sie eine mögliche Bahn des Teilchens im Magnetfeld. Zeichnen Sie die Kraft ein, die auf das Teilchen beim Eintritt in das Magnetfeld wirkt.



**Autor/-innen**

Dr. Oliver Sternal, Universität Stuttgart, MINT-Kolleg Baden-Württemberg, Stuttgart, Deutschland; Email: [oliver.sternal@mint-kolleg.de](mailto:oliver.sternal@mint-kolleg.de)

Dr. Nils-Ole Walliser, Laboratoire Charles Coulomb (L2C), UMR 5221 CNRS-Université de Montpellier, Montpellier, F-France; Email: [nils-ole.walliser@umontpellier.fr](mailto:nils-ole.walliser@umontpellier.fr)

**Zitiervorschlag:** Sternal, O. & Walliser, N.-O. (2020). Physik-Vorkenntnisse von Studienanfängerinnen und -anfängern in MINT-Fächern. *die hochschullehre*, Jahrgang 6/2020, S. 103-118 online unter: [www.hochschullehre.org](http://www.hochschullehre.org)