

Physikkenntnisse von Studienanfängern des Maschinenbaus – eine Fallstudie an der Hochschule Esslingen

*Günther Kurz, †Hanno Käb

* HAW Esslingen; †HAW Esslingen
gunther.kurz@hs-esslingen.de

Kurzfassung

In einem Verbundprojekt der Hochschulen Esslingen, Ulm, Mannheim und Ravensburg-Weingarten wurden in Studiengängen des Maschinenbaus die physikalischen Kenntnisse und Fertigkeiten durch einen Test im Multiple-Choice Format erhoben. Zum einen gibt dieser für die Lehrenden einen Überblick über den Kenntnisstand der Anfängerkohorte und zum anderen zeigt er den Studierenden individuelle Kenntnislücken auf. Durch die weitere Öffnung der Zugangswege zur Hochschule steigt auch der Anteil an Zulassungsberechtigten mit nur geringem Physik-Hintergrund aus dem Sekundarbereich. Insbesondere trifft dies zu auf die vielfältigen Zulassungen »Fachhochschulreife«. Erwartungsgemäß ergeben sich für diese Studienanfänger deutlich schlechtere Testleistungen. Die Belegung der Antwortalternativen liefert Hinweise auf Fehlvorstellungen.

1. Problemumfeld

Politik und Industrie beklagen den Mangel an Ingenieurwachstum. Gleichzeitig vermelden die Hochschulen hohe Abbruchquoten in MINT-Studiengängen [1]. Dieses Dilemma prägt die hochschulpolitische Diskussion. Ein Lösungsansatz des Problems wird in der Ausschreibung von Fördermitteln für Projekte zur Erhöhung der Studierfolgquote gesehen (z.B. Hochschulpakt bis 2020). Die Frage nach möglichen Ursachen für diese hohen Abbruchquoten bleibt dabei jedoch offen.

Die Öffnung weiterer Zugangswege zu einem Studium bringt Studierende an die Hochschulen, die in Mathematik und Physik geringes Vorwissen mitbringen. Die Vermutung liegt nahe, dass sich aufgrund dieser Defizite Schwierigkeiten mit den Anforderungen eines technischen Hochschulstudiums ergeben können.

Ingenkamp [2] hat bereits 1986 den Finger in die Wunde gelegt: »Wir kommen nicht zu grundsätzlichen curricularen Übereinkünften und/oder Abgrenzungen zwischen abgebenden und aufnehmenden Institutionen und geraten dadurch in Dauerkonflikte«. Oder schärfer ausgedrückt: »Die Schnittstelle/der Übergang Schule/Hochschule ist zwar juristisch sauber definiert, aber nicht inhaltlich«.

Hauptgrund für eine Exmatrikulation ohne Abschluss ist das schlechte Abschneiden (als Synonym für »nicht bestandene Klausuren«) in den Grundlagenfächern, denn der Studierfolg wird zu einem großen Anteil durch die Kenntnisse und Fähigkeiten in Mathematik und den Naturwissenschaften bestimmt [3]. Das Problem unzureichender Vorkenntnisse stellt sich insbesondere den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW, Fachhochschulen) mit der Zulassungsberechtigung

»Fachhochschulreife«. Dieser Weg zu einem Studium ist vielfältig und abhängig von Ländergesetzen und -regulierungen. In Baden-Württemberg verläuft dieser Zugang nach einem mittleren Bildungsabschluss (zehn Jahre Schulbesuch) über das einjährige »Berufskolleg« und erfordert als weitere Zugangsvoraussetzung eine abgeschlossene einschlägige Berufsausbildung.

2. Anliegen

Viele Hochschulen erheben die Kenntnisse und Fertigkeiten der Studienanfänger(innen) im Grundlagenfach Mathematik durch einen vorgeschalteten zumeist hochschuleigenen »Mathematik-Test«.

Als Beispiel sei der in den 1970-er Jahren entwickelte Esslinger Mathematik-Test genannt, der seit dieser Zeit eingesetzt wird. Testauswertungen, die nach Studienzulassungen differenzieren, zeigen dabei durchgehend gravierende Unterschiede zwischen der Zulassungsberechtigung »Allgemeine Hochschulreife-AHR« und den vielfältigen Berechtigungen der »Fachhochschulreife-FHR«. [4], [5].

Die Kenntnisse und Fertigkeiten in Physik stehen für MINT-Fächer nicht in gleichem Maß im Fokus. Einen großangelegten Vergleich von Studierenden der Physik hat Buschhüter [6] vorgelegt. Verglichen wird das Abschneiden einer Anfängerkohorte aus dem Jahr 2013 mit den »Ergebnissen des bundesweiten Physiktests« aus dem Jahre 1978 [7]. Die Testleistungen – von Physikstudierenden an Universitäten – haben demzufolge abgenommen.

Es ist angezeigt, die Kenntnisse und Fertigkeiten der Studienanfänger auch für das Grundlagenfach Physik in Ingenieur-Studiengängen exemplarisch zu untersuchen und bei der Auswertung für die HAWs

durchgängig nach den Studienzugangsberechtigungen »Allgemeine Hochschulreife« und »Fachhochschulreife« zu differenzieren.

Pilotmäßig wurden im WS 2016/17 im Studiengang »Maschinenbau« der HS Esslingen die Kenntnisse der Studierenden in einem zweiteiligen Test erhoben: »Physik« [17 Testitems] »Formalisieren von Zusammenhängen« [zehn Testitems]. Als Zusatzinformation wurde die »Note der Hochschulzugangsberechtigung« erhoben.

Zur Erweiterung der Datenbasis wurden die Tests im Jahr 2017 [SS 17 und WS 17/18] auch als Verbundprojekt an den Hochschulen Esslingen, Mannheim, Ulm und Ravensburg-Weingarten durchgeführt. Der Testeinsatz im Jahr 2018 [SS 18 und WS 18/19] beschränkte sich dagegen auf Esslingen und Ulm

Die vorgelegte Studie stellt Ergebnisse für den Physikteil an diesen Testeinsätzen vor.

Physiktest

Aus einem 2010/11 erstellten und validierten Esslinger Physik-Test mit 26 Testitems wurden 17 Testaufgaben neu zusammengestellt. Beraten bei der Auswahl haben Ulrich Harten (HS-Mannheim) und Rita Wurth (Mettnau-Schule, Radolfzell). Der Test umfasst folgende Teilbereiche: Mechanik (8 Aufgaben), Elektrizität & Magnetismus (6 Aufgaben), Hydrostatik (1 Aufgabe), Wärmelehre (2 Aufgaben).

Das Testformat ist Multiple-Choice als Papier- und Bleistift Version mit jeweils fünf Antwortalternativen, von denen nur eine die richtige oder beste Lösung ist. Um Raten zu vermeiden wurde »Weiß nicht« als mögliche Antwort mit aufgenommen. Dazu gibt es einen Hinweis bei der Einführung: »Es geht um die Diagnose Ihres persönlichen Kenntnisstands, nicht um Bestehen/nicht bestehen«.

Die Bearbeitungszeit des (gemeinsamen) Testhefts mit »Physik« (17 Items) und »Formalisieren« (10 Items) beträgt 40 Minuten. Die maschinelle Aus-

wertung erfolgte für alle beteiligten Hochschulen zentral in Esslingen über das System »EvaExam«. Eine automatisierte, individuelle Rückmeldung an die Studierenden erfolgt über deren eMail-Adressen: Mitgeteilt werden der individuelle Testscore und der Mittelwert der Testgruppe, dazu kommen Hinweise auf Hilfsangebote,

Eine Studienanfängerkohorte besteht aus sämtlichen im 1. Fachsemester eingeschriebenen Studierenden. Dabei wird nicht nach »Erstimmatrikulation« (erstmalige Immatrikulation an einer deutschen Hochschule) oder »Neuimmatrikulation« (nach Hochschul- und/oder Studiengangwechsel) unterschieden.

Aufgeschlüsselt wurde durchgängig nach den Hochschulzugangsberechtigungen »Allgemeine Hochschulreife – AHR« und »Fachhochschulreife – FHR« entsprechend der vorgegebenen Signaturen des Statistischen Bundesamts; diese wurden dem Datensatz des Zulassungsamts entnommen.

3. Beispielaufgaben

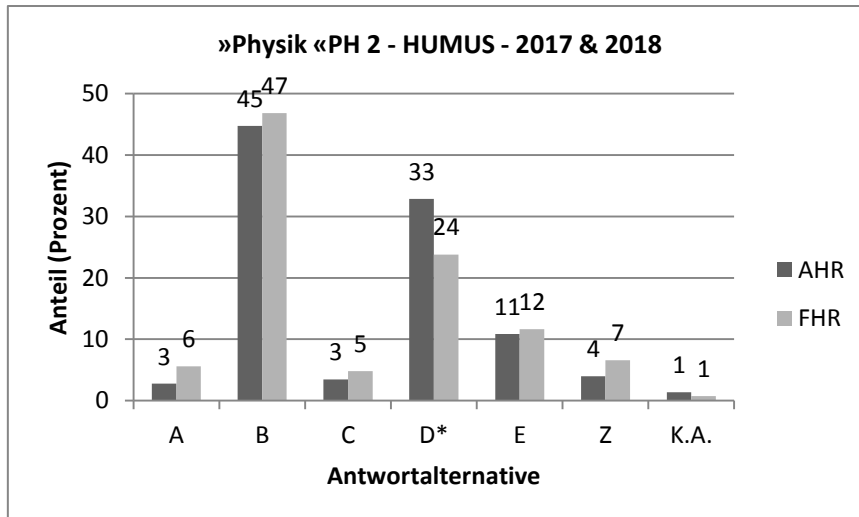
Drei Testaufgaben werden exemplarisch vorgestellt. Dafür wurden die Testergebnisse der beteiligten Hochschulen für die vier untersuchten Anfängerkohorten zusammengefasst. In der Darstellung der Antwortalternativen sind die Antwortalternativen mit A, B, C, D und E angegeben, die richtige Antwort ist mit einem Sternchen * markiert. Dazu kommt »Z = weiß nicht« (um blindes Ankreuzen auszuschließen); in der Einführung wurde an Ehrlichkeit (kein Abschreiben bei enger Sitzanordnung und bei Nichtbehandlung der Stoffinhalte oder echtem Nichtwissen) appelliert: »Es geht nicht um Bestehen, sondern um eine ehrliche Bestandsaufnahme«. Ausgelassene Antworten (blanks) werden als »keine Antwort – k.A.« gezählt.

In der Verteilung der Antwortalternativen wurden zum direkten Vergleich die Anteile von AHR und FHR in Prozentangaben umgerechnet.

Testaufgabe 2

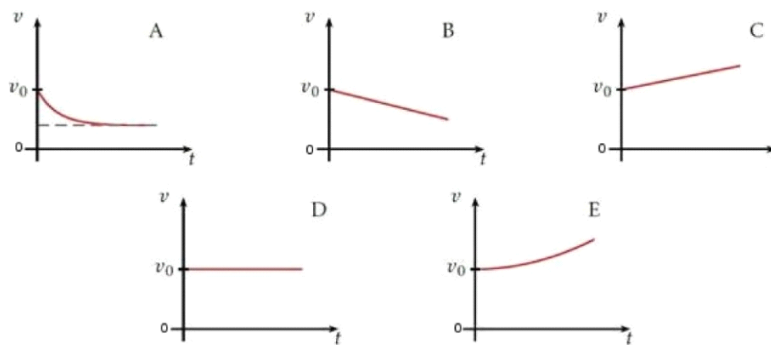
Die gesetzliche Einheit im Internationalen Einheitensystem für den Betrag einer Kraft ist 1 Newton = 1 N. Welche Aussage über diese Krafteinheit ist richtig? Die Kraft $F = 1\text{ N}$ erteilt ...

- (a) der Masse $m = 9,81\text{ kg}$ die Beschleunigung $a = 9,81\text{ m/s}^2$
- (b) der Masse $m = 1\text{ kg}$ die Beschleunigung $a = 9,81\text{ m/s}^2$
- (c) der Masse $m = 9,81\text{ kg}$ die Beschleunigung $a = 1\text{ m/s}^2$
- (d) der Masse $m = 1\text{ kg}$ die Beschleunigung $a = 1\text{ m/s}^2$
- (e) Keine der obigen Aussagen a) bis d)
- (z) Weiß nicht



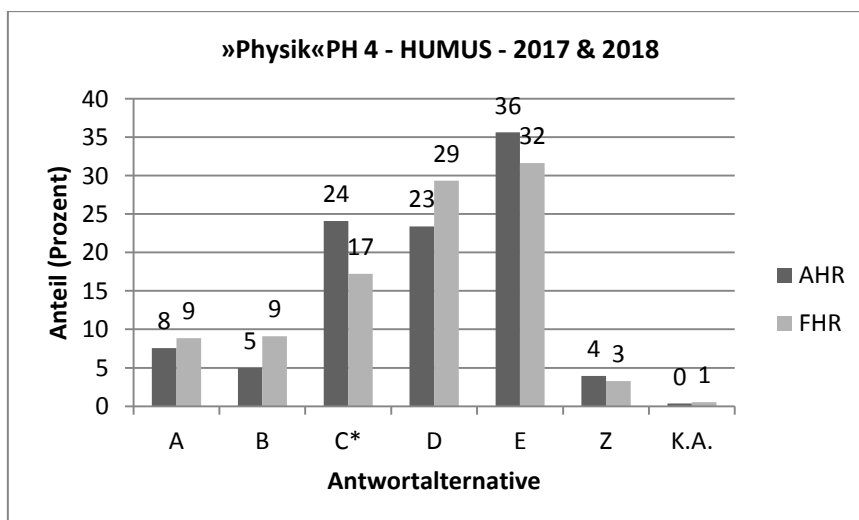
Testaufgabe 4

Auf dem Mond wird ein Gegenstand mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 senkrecht nach unten geworfen.



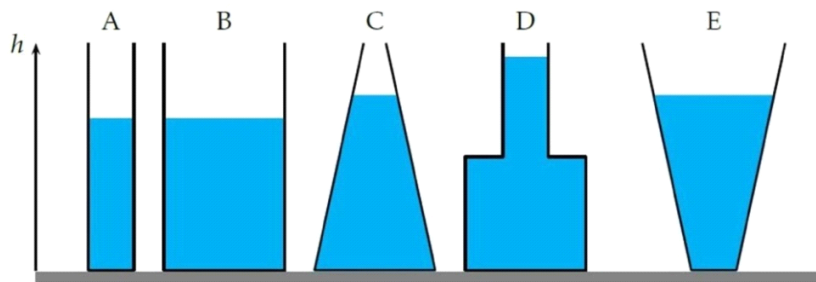
Welches Diagramm beschreibt die Abhängigkeit der Geschwindigkeit v des Gegenstands von der Zeit t qualitativ richtig?

- (a) Diagramm A
- (b) Diagramm B
- (c) Diagramm C
- (d) Diagramm D
- (e) Diagramm E
- (z) Weiß nicht



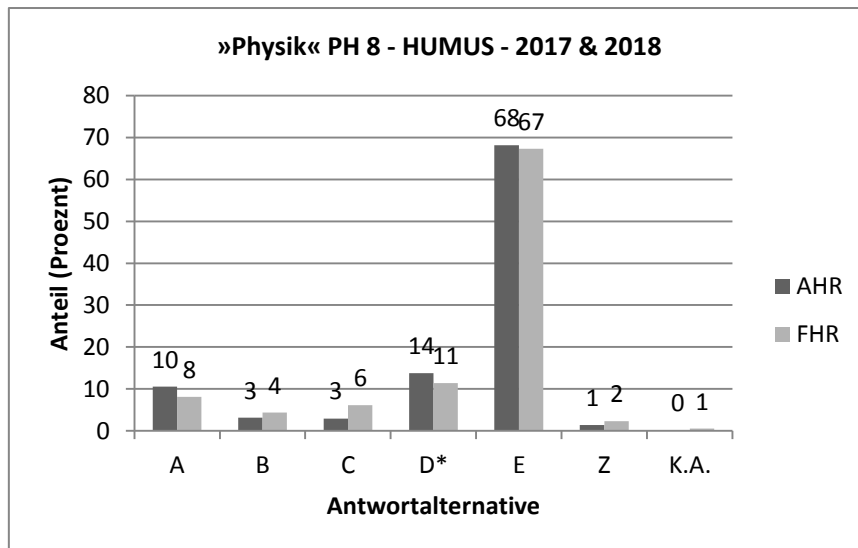
Testaufgabe 8

Die fünf skizzierten Gefäße unterscheiden sich durch ihre Geometrie. In die Behälter wird jeweils die gleiche Flüssigkeit eingefüllt.



In welchem Gefäß ist der Druck der Flüssigkeit auf den Behälterboden am größten?

- (a) Gefäß A
- (b) Gefäß B
- (c) Gefäß C
- (d) Gefäß D
- (e) Gefäß E
- (z) Weiß nicht



4. Testergebnisse

Die Teilnehmerzahlen und Ergebnisse sind für die beteiligten Hochschulen, differenziert nach den Hochschulzugangsberechtigungen AHR und FHR

in Tabelle 1 zusammengestellt. Die zusammengefassten Summen für die vier untersuchten Anfängerkohorten stehen in Tabelle 2.

	Hochschulen ES, MA, RV, UL						Hochschulen ES, UL					
	SS 2017			WS 2017/18			SS 2018			WS 2017/18		
	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
AHR-Insgesamt	159	6,53	2,75	202	6,66	3,04	100	7,37	2,89	120	5,99	2,64
FHR-Insgesamt	81	5,51	3,28	160	5,39	2,67	54	5,80	3,32	100	5,37	2,96
Summe	240	6,18	2,98	362	6,10	2,95	154	6,82	3,14	220	5,71	2,81

Tabelle 1: Zusammengefasste Testergebnisse der beteiligten Hochschulen, aufgeschlüsselt nach Hochschulzugangsberechtigungen. Probandenzahlen N, Mittelwerte M und Standardabweichungen SD.

HUMUS SS17-WS17/18-SS18-WS18/19	Physik		
	N	M	SD
Allgemeine Hochschulreife			
Gymnasium [3]	408	6,78	2,82
Fachgymnasium [18]	120	6,65	2,96
Andere Berechtigungen	53	5,26	2,96
AHR-Insgesamt	581	6,61	2,89
Fachhochschulreife			
Berufskolleg [70/75]	222	5,23	2,80
Andere Berechtigungen	173	5,77	3,15
FHR-Insgesamt	395	5,47	2,97
AHR & FHR Insgesamt	976	6,15	2,98

Tabelle 2: Zusammenfassung; Probandenzahlen N, Mittelwerte M und Standardabweichungen SD.

Ein Gesamt-Mittelwert von etwas mehr als einem Drittel der erreichbaren maximalen Punktzahl liegt weit unter den Erwartungen der Hochschullehrer (innen).

Die Mittelwerte der beiden Zulassungsberechtigungen AHR und FHR unterscheiden sich für die

ersten drei Kohorten signifikant (t-test (zweiseitig) $p < 0.01$) voneinander.

Die Differenz spiegelt sich auch in der Verteilung der Testscores in Diagramm 1 wider. Die unterschiedlichen Populationen von AHR und FHR wurden zum direkten Vergleich auf Anteile in Prozentangaben umgerechnet.

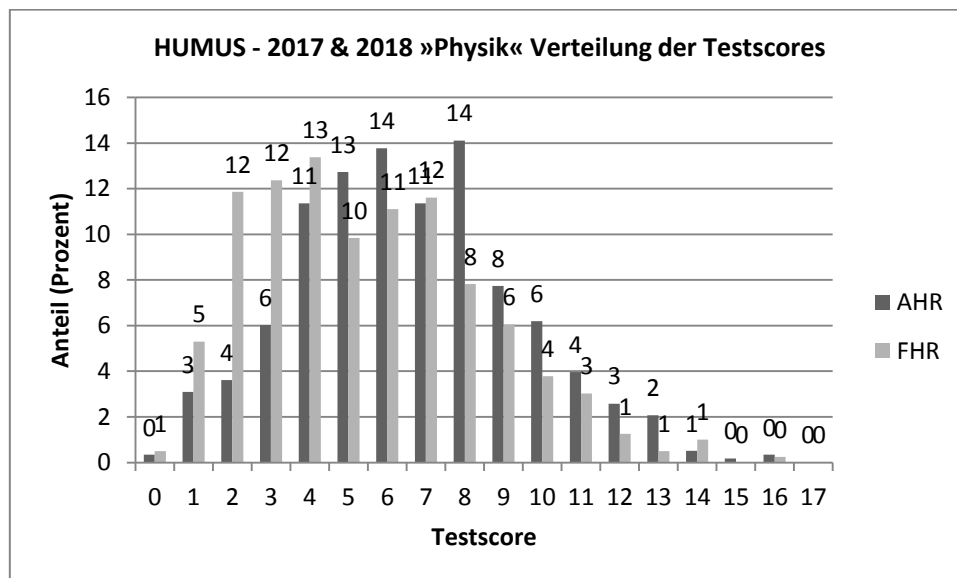


Diagramm 1: Verteilung der Testscores des Physiktests – AHR vs. FHR; N(ges) = 976; N(AHR) = 581; N(FHR) = 395.

Mit einer Teilnehmerquote von 88% sind die Ergebnisse repräsentativ für den Kenntnisstand in Physik für Studierende des MINT-Studiengangs Maschinenbau. Die Unterschiede zwischen den

beiden Zulassungsberechtigungen AHR und FHR sind für die drei ersten Kohorten signifikant (t-test (zweiseitig) $p < 0.01$); für die vierte Kohorten n.s.. Als Zeitreihe ist dies in Diagramm 2 dargestellt.

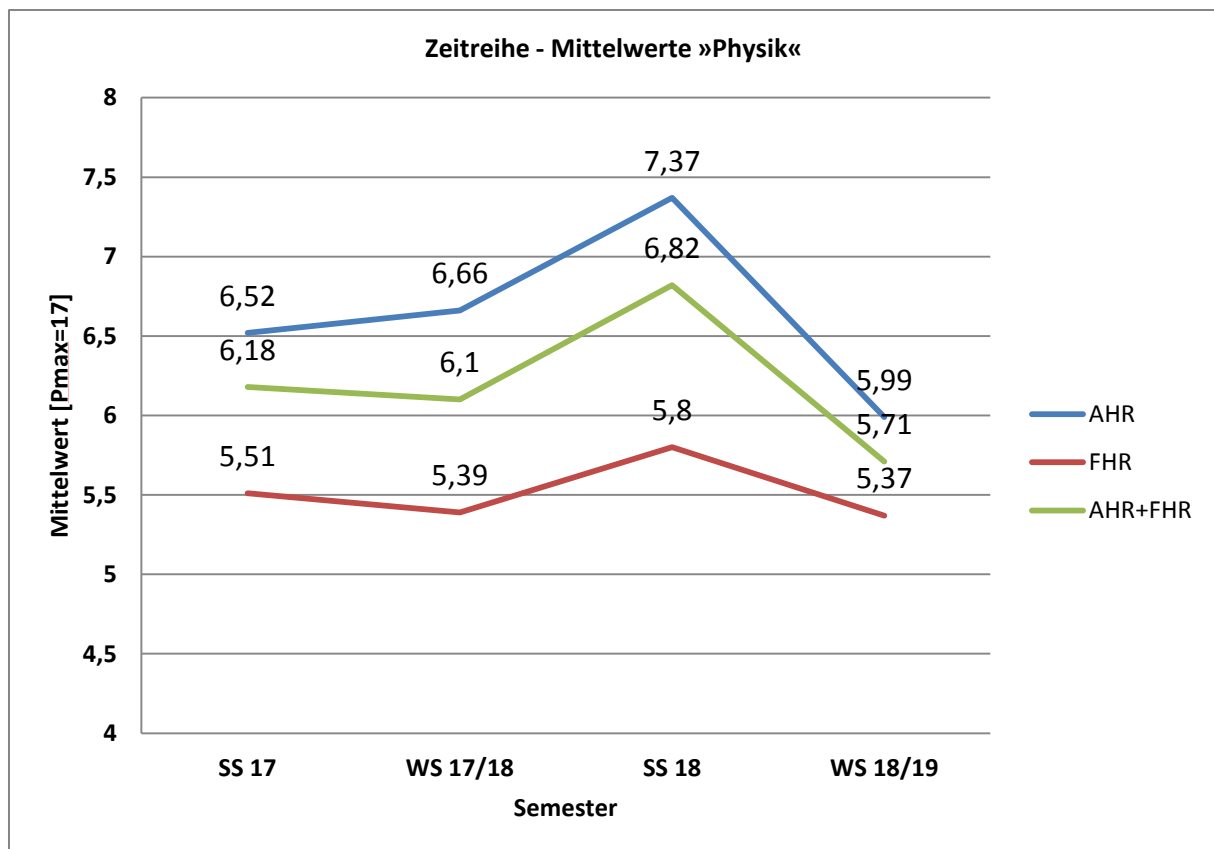


Diagramm 2: Zeitreihe der Mittelwerte des Physiktests WS 16/17 bis WS 18/19 – differenziert nach Zulassungsberechtigungen AHR und FHR

5. Folgerungen

Die hier vorgestellten Daten über Kenntnisse und Fertigkeiten von Studienanfängern in Physik passen leider zu denen in Mathematik. Das eingangs zitierte Statement von Ingenkamp [2] hat nichts von seiner Prägnanz eingebüßt.

Wie soll es weitergehen? Noch mehr Stützkurse im Hochschulbereich anbieten, was die (Über)Last im 1. Fachsemester weiter vergrößert? Anpassung der Lerninhalte des Sekundarbereichs an die Anforderungen des tertiären Bereichs?

Bahnbrechend in diesem Problemfeld ist die Initiative der COSH-Mathematik Gruppe in Baden-Württemberg. Für WiMINT Fächer wurde in zehnjähriger, geduldiger Arbeit ein Mindestanforderungskatalog Mathematik entwickelt [8], [9].

Inzwischen hat sich nun eine weitere Arbeitsgruppe aus Physiker(inne)n an Hochschulen in Baden-Württemberg gebildet, die derzeit die als unverzichtbar gehaltenen Kompetenzen »Physik« als analogen Mindestanforderungskatalog für ein WiMINT-Studium diskutiert und zusammen gestellt [10]. Die Testergebnisse flossen in die Arbeit dieser Gruppe ein. Der derzeitige Stand des Mindestanforderungskatalogs Physik wurde auf der Frühjahrstagung Aachen als Beitrag DD 18.5 vorgestellt.

Bundes- und Länderministerien fördern Projekte um den Übergang Schule / Hochschule zu erleichtern. Im Brennpunkt steht die Mathematik und praktisch jede Hochschule bietet unmittelbar vor Studienbeginn Auffrischkurse sowie Hilfsmaßnahmen im 1. Fachsemester an. Diese Aktivitäten kommen allerdings für die neu immatrikulierten Studierenden zu spät, da es nicht realistisch ist, innerhalb weniger Wochen alle fehlenden Grundlagen zu lernen. Andererseits scheiterte bislang jeder Versuch einen Eignungstest als Zulassungsvoraussetzung für eine Immatrikulation einzuführen – ähnlich dem SAT des College Board in den USA – aus politischen Gründen (weil dies das föderative Element den Einfluss des Bundes beschneide).

Wie auch immer man es bewerkstelligt – klar ist, dass das Schließen von Kenntnislücken der Studienanfänger frühzeitiger erfolgen muss. Im Blick darauf erstellte Tests zur Selbstevaluation des Kenntnisstands, Leitfäden und Selbstlern-Materialien müssen ihnen schon weit im Vorfeld vor Studienaufnahme bereitgestellt werden. Auf welche Art man sie dann dazu bewegt, diese Angebote dann auch zu nutzen, ist eine wichtige Frage, deren Antwort noch aussteht. Nur eines ist sicher: dies wird nur mit gemeinsamen Absprachen und koordinierten Anstrengungen beider Seiten der Schnittstelle, also von Schulen und Hochschulen, gelingen können.

6. Ausblick

Derzeit werden in Esslingen die Klausurergebnisse des 1. Studienabschnitts (1. und 2. Fachsemester) erhoben um dem prognostischen Wert der Eingangstests auf den Klausurerfolg zu untersuchen.

7. Literatur

- [1] Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017): Motive und Ursachen des Studienabbruchs an baden-württembergischen Hochschulen und beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.
- [2] Ingenkamp, K. (1986). Zur Diskussion über die Leistungen unserer Berufs- und Studienanfänger. Zeitschrift für Pädagogik, 32(1), 1-29
- [3] Isleib, S.. & Heublein, U. (2017). Ursachen des Studienabbruchs und Anforderungen an die Prävention. Empirische Pädagogik, 30. Jahrgang (Heft 3/4), S. 513-530. Verlag Empirische Pädagogik
- [4] Hell, B., Linsner, M. & Kurz, G. (2008). Studienverlaufsuntersuchungen an der Hochschule Esslingen Teil 2. 'Prognose des Studienerfolgs'. In (Rentschler, M. & Voss, H.-P.; Hrsg.): Studieneignung und Studierendenauswahl – Untersuchungen und Erfahrungsberichte. Report 42 – Beiträge zur Hochschuldidaktik; S 132-178. Aachen: Shaker Verlag.
- [5] Kurz, G., Metzger, G. & Linsner, M. (2014). Studienerfolg und seine Prognose. In: M. Rentschler & G. Metzger (Hrsg.) Perspektiven angewandter Hochschuldidaktik. Studien und Erfahrungsberichte. Report – Beiträge zur Hochschuldidaktik, Band 44 (S. 13 – 79). Aachen: Shaker]

- [6] 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> [6.8.2018]
- [7] Krause, F., & Reiners-Logothetidou, A. (1978); Der bundesweite Studieneingangstest Physik 1978; Phys. Blätter 35, Heft 11, S. 495 ff.
- [8] 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.
- [9] Cosh Mindestanforderungskatalog Mathematik für ein WiMINT Studium: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/mathematik/bs/bk/cosh/katalog
- [10] Mindestanforderungskatalog Physik für ein WiMINT Studium. Der derzeitige Stand ist abrufbar unter <http://www.hochschuldidaktik.net/> Aktuelles: Mindestanforderungskatalog Physik Stand 11.02.2019

Anhang

Die HUMUS-Schlussberichte 2017 und 2018 des Projekts »Kompetenzdiagnose und Selbstevaluati-on« [Hanno Käß & Günther Kurz] abrufbar auf der Homepage der Geschäftsstelle für Hochschuldidaktik an Fachhochschulen in Baden-Württemberg (GHD) unter www.hochschuldidaktik.net: LehrForum.de/Projektlinie »Hochschuldidaktische Professionalisierung« / Lehrprojekte].

Danksagung

In der Förderlinie HUMUS wurde das Verbundprojekt unter dem Titel »Kompetenzdiagnose und Selbstevaluati-on« durch das Ministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert.

Wir danken Jan Frederik Heger und Gabriele Nitschko für ihre Mitwirkung bei der Aufbereitung und Auswertung der Testbögen und Gottfried Metzger (UAS Karlsruhe) für seine Unterstützung in der statistischen Auswertung. An der Durchführung der Tests an den externen Hochschulen waren die beteiligten Kolleg(inn)en aus der Anfängervorlesung: in Ulm Thomas Baier, Manuela Boin und

Joachim Werner; in Mannheim Wiebke Werft und in Ravensburg Zerrin Harth. Auch Ihnen danke für ihren Einsatz.