

Fachspezifische Instrumente zur
Diagnose und individuellen Förderung
von Lehramtsstudierenden der Physik

Alexander Pusch

Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik

Von der Fakultät für Physik der
Universität Duisburg-Essen genehmigte
Dissertation zur Erlangung des
Doktorgrades der Naturphilosophie
Dr. phil. nat.

von Alexander Pusch aus Lünen

1. Gutachterin: Prof. Dr. Heike Theyßen

2. Gutachter: Prof. Dr. Claus Gößling

Eingereicht am: 18.06.2014

Tag der Disputation: 23.09.2014

Teile dieser Arbeit sind bereits veröffentlicht in

- PUSCH, A. & THEYßEN, H. (2011). Umsetzung von Diagnose und individueller Förderung in der fachinhaltlichen Lehramtsausbildung Physik. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010*. Münster: LIT, 155-157.
- PUSCH, A. & THEYßEN, H. (2011). Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung in der fachwissenschaftlichen Lehramtsausbildung Physik: am Beispiel einer Diagnosecheckliste zur Bearbeitung von Übungsaufgaben. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Münster 2011*. Berlin.
- PUSCH, A. & THEYßEN, H. (2012). Umsetzung von Diagnose und individueller Förderung (DiF) am Beispiel eines DiF-Tutoriums in der fachinhaltlichen Lehramtsausbildung Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011*. Münster: LIT, 440-442.
- BUSCH, H. B., DI FUCCIA, D.-S., FILMER, M., FRYE, S., HUßMANN, S., NEUGEBAUER, B., OTT, B., PUSCH, A., RIESE, K., SCHINDLER, M. & THEYßEN, H. (2013). Diagnose und individuelle Förderung erleben. In S. HUßMANN & C. SELTER (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung: Das Projekt dortMINT*. Münster: Waxmann, 27-96.

Durch die Einbindung in umfangreiche Entwicklungs- und Evaluationsarbeiten des Projekts *dortMINT* sind die Beschreibungen der DiF- und Forschungsinstrumente sowie erste Ergebnisse bereits in der Projektdokumentation BUSCH et al. (2013) und den weiteren oben genannten Quellen veröffentlicht. Diese Arbeit greift die dortigen Ausführungen auf und ergänzt sie um ausführlichere Beschreibungen sowie weitere Ergebnisse. Es handelt sich dabei insbesondere um

- die Beschreibung der DiF-Instrumente (Kapitel 11-14),
- die Beschreibung des DiF-Fragebogens (Kapitel 6.2.1),
- die Beschreibung der Veranstaltungen und Zielgruppen (Kapitel 7),
- Teilergebnisse der Vorstudie und der Forschungsfragen sowie Zitate der Studierenden.

Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit der fachspezifischen Diagnose und individuellen Förderung (DiF) von Lehramtsstudierenden der Physik. Dabei wurden zwei Ansätze verfolgt. Der erste Ansatz sind methodische Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben. Für den häufigsten Aufgabentyp wurde auf der Basis bestehender Modelle zum Problemlösen und der Bearbeitung von Aufgaben ein Bearbeitungsmodell entwickelt, welches die Grundlage für die Entwicklung der folgenden DiF-Instrumente darstellt:

- Die *Diagnosecheckliste* dient der prozessbegleitenden Selbsteinschätzung der eigenen Bearbeitung von Übungsaufgaben und zur Anforderung von Förderangeboten. Sie kann außerdem zur Fremddiagnostik verwendet werden.
- *Selbstlerneinheiten* ermöglichen die eigenständige Bearbeitung von Übungsaufgaben und können durch ausführliche Kommentierungen zu einzelnen Aufgabenschritten gezielte Förderung bieten.
- Durch Studierende erstellte *kommentierte Lösungen* können als Grundlage für eine Individualdiagnostik verwendet werden. Durch gezielte Hinweise in Überarbeitungsschleifen erhalten Studierende eine individuelle Förderung.

Der zweite Ansatz ist die Schließung von Lücken im Bereich des mathematischen und physikalischen Vorwissens. Anhand einer Individualdiagnostik durch *diagnostische Tests* werden individuell *Förderangebote* zugewiesen. Diese bestehen aus Materialien zur selbstständigen Bearbeitung und aus gemeinsamen Fördersitzungen zu Themenschwerpunkten in Tutorien oder Vorkursen.

Die entwickelten DiF-Instrumente wurden in Übungen, Tutorien, Vor- und Onlinekursen an der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen eingesetzt und beforscht. Die Studie konnte unter anderem zeigen, dass die Instrumente *Diagnosecheckliste*, *Selbstlerneinheiten* sowie *Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende* die intendierten Funktionen hinsichtlich Diagnose und individueller Förderung prinzipiell erfüllen können. Die Instrumente *Diagnosecheckliste* und *Erstellen kommentierter Lösungen* wurden von einem Teil der Studierenden positiv erlebt und als nützlich bewertet. Ein Großteil der Studierenden, die *Selbstlerneinheiten* angefordert haben, scheinen davon einen Nutzen zu haben.

Viele der Studierenden, die freiwillig die DiF-Tutorien und den DiF-Vorkurs besuchten, empfanden die angebotenen *diagnostischen Tests* und darauf abgestimmten *Förderangebote* als nützlich und erlebten diese positiv. Neben dem Motiv, eine individuelle Diagnose und Förderung zu erhalten und Zusatzangebote wahrzunehmen, ist für viele Teilnehmer auch das Interesse an den Inhalten für den Besuch des DiF-Tutoriums und der Nutzung der Onlinekurse maßgeblich. Die Wahrnehmung der Angebote scheint dabei zusätzlich stark von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängig zu sein. Aufgrund der Anlage der Studie war es jedoch nicht möglich, zu überprüfen, ob die diagnostizierten mathematischen und physikalischen Wissenslücken tatsächlich geschlossen werden konnten. Die Entwicklung der *Diagnosecheckliste*, der *Selbstlerneinheiten*, der Anleitungen für die *Erstellung von kommentierten Lösungen* sowie Teile der *diagnostischen Tests* und die passenden *Fördermaterialien/-einheiten* bilden einen substanziellen Teil der Ergebnisse dieser Arbeit. Mit Hilfe dieser Instrumente konnten zudem differenzierte Erkenntnisse hinsichtlich der fachmethodischen und fachinhaltlichen Schwierigkeiten der Studierenden gewonnen werden.

summary

This research deals with content diagnosis and individual support of physics education students. Two approaches are pursued: The first approach is to tackle point are potential methodological difficulties of students while solving exercises. For the most frequent type of task, a processing model was developed on the basis of existing models for problem solving and completing tasks. This serves as the basis for the development of the following instruments:

- A *diagnostic checklist* supports in-process self-assessment when solving exercises and is meant to help request assistance services. It can also be used for external diagnostics.
- *Self-learning units* serve independent solving of exercises. They provide specific support through detailed comments on each single step of the solving process.
- *Commented solutions* created by students are used as a basis for individual diagnosis. Through specific revision notes students can receive an individual support.

The second approach concerns closing multiple gaps in mathematical and physical knowledge. On the basis of *diagnostic tests support opportunities* are individually allocated. The support offered consists of material for independent processing and sessions focusing on specific topics in tutorials or preparatory courses.

The instruments were used and researched in exercises, tutorials, preparatory and online courses at the TU Dortmund and the University of Duisburg-Essen. The study showed that the *diagnostic checklist*, the *self-learning units* and the *commented solutions* created by students fit the intended functions of diagnosis and individual support. In addition, the *diagnostic checklist* and *commented solutions* created by students were proven to be suitable to show the students a benefit and to create a positive experience of diagnosis and individual support. The *self-learning units* seem to provide a benefit for a majority of the students requesting them.

The *diagnostic tests* and the individually allocated *support opportunities* were positive appreciated and perceived as useful by a large number of the participating students in the voluntary tutorials and preparatory course. The motive for participating in the tutorials and preparatory course was besides of the offer to obtain a diagnosis and individual support their interest in the contents. The attendance appears to be strongly dependent on the time available. It was not possible, however, to validate if mathematical and physical knowledge gaps had indeed been closed.

The development of the *diagnostic checklist*, the *self-learning units*, the manual for the creation of the *commented solutions* as well as parts of the *diagnostic tests* and the *support opportunities* are a substantial part of the results of this work. With the aid of the instruments differentiated insights regarding the methodical and content difficulties of the students could be obtained.

Keywords: *diagnosis and individual support, methodical and content difficulties of physics education students, mathematical and physical prior knowledge*

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 Einleitung | 11 |
| 2 Diagnose und individuelle Förderung | 15 |
| 2.1 Begriffsverständnis | 15 |
| 2.2 Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit | 16 |
| 2.3 Verankerung in der Lehrerbildung..... | 17 |
| 2.4 DiF-Ansätze und -Instrumente..... | 18 |
| 2.5 Studienerfolg in naturwissenschaftlichen Studiengängen..... | 19 |
| 2.6 Fazit | 20 |
| 3 Das Projekt dortMINT | 21 |
| 3.1 Projektziele..... | 21 |
| 3.2 Projektstruktur | 21 |
| 4 Forschungsfragen | 23 |
| 5 Forschungsdesign und Gütekriterien | 25 |
| 5.1 Explorative Fallstudie | 25 |
| 5.2 Gütekriterien quantitativer und qualitativer Forschung | 26 |
| 5.2.1 Kernkriterien zur intersubjektiven Nachvollziehbarkeit..... | 26 |
| 5.2.2 Objektivität, Reliabilität und Validität | 27 |
| 5.2.3 Nebengütekriterien der entwickelten Diagnose- und Testinstrumente | 29 |
| 5.2.4 Verflechtungen zwischen Interventionen und Forschung..... | 29 |
| 6 Forschungsinstrumente, Datenquellen und Auswertungsmethoden | 31 |
| 6.1 Interviews | 31 |
| 6.1.1 Sampling der befragten Personen..... | 32 |
| 6.1.2 Interviewleitfäden..... | 33 |
| 6.1.3 Interviewdurchführung..... | 34 |
| 6.1.4 Transkription | 34 |
| 6.1.5 Auswertungsmethode | 34 |
| 6.1.6 Überprüfung der Güte der Auswertungsmethodik..... | 36 |
| 6.2 Fragebögen | 39 |
| 6.2.1 DiF-Fragebogen | 39 |
| 6.2.2 Weitere Fragebögen..... | 40 |
| 6.3 DiF-Instrumente als Forschungsinstrumente | 40 |
| 7 Kontexte der Untersuchung | 41 |
| 7.1 Bezugsveranstaltungen | 41 |
| 7.1.1 Bezugsveranstaltung TU Dortmund..... | 41 |
| 7.1.2 Bezugsveranstaltung Universität Duisburg-Essen | 42 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.2 Interventionsveranstaltungen | 42 |
| 7.2.1 Übungen | 42 |
| 7.2.2 Tutorien, Vorkurs und Onlinekurse..... | 44 |
| 8 Voruntersuchung..... | 47 |
| 8.1 Vorgehensweise | 47 |
| 8.1.1 Interviews | 47 |
| 8.1.2 FCI-Test..... | 47 |
| 8.2 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1)..... | 48 |
| 8.2.1 Ergebnisse: Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungsaufgaben..... | 48 |
| 8.2.2 Ergebnisse: Vorwissen newtonsche Mechanik | 50 |
| 8.3 Ableiten des weiteren Vorgehens..... | 52 |
| 9 Übungsaufgaben..... | 53 |
| 9.1 Analyse der Übungsaufgaben..... | 53 |
| 9.2 Physikalische Rechenaufgabe..... | 53 |
| 9.3 Anteil physikalischer Rechenaufgaben an den Übungsaufgaben..... | 54 |
| 10 Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben | 57 |
| 10.1 Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege..... | 57 |
| 10.2 Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben..... | 58 |
| 10.2.1 Wissenskomponenten | 59 |
| 10.2.2 Bearbeitungsschritte und -phasen..... | 60 |
| 10.2.3 Bearbeitungsschema physikalischer Rechenaufgaben | 62 |
| 10.3 Verortung der DiF-Instrumente..... | 64 |
| 11 Diagnosecheckliste | 67 |
| 11.1 Aufbau | 67 |
| 11.2 Funktionen | 68 |
| 11.3 Einsatz und Beforschung..... | 69 |
| 11.4 Validität (Forschungsfrage 2) | 71 |
| 11.4.1 Ergebnisse: Funktionen für Studierende..... | 72 |
| 11.4.2 Ergebnisse: Funktionen für Lehrende..... | 76 |
| 11.5 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1) | 79 |
| 11.5.1 Ergebnisse: Schwierigkeiten und Förderwünsche..... | 79 |
| 11.5.2 Ergebnisse: Analyse der Übungsabgaben..... | 81 |
| 12 Selbsterseinheiten | 83 |
| 12.1 Theoretischer Hintergrund..... | 83 |
| 12.2 Aufbau | 84 |
| 12.3 Funktionen | 85 |
| 12.4 Einsatz und Beforschung..... | 86 |
| 12.5 Validität (Forschungsfrage 2) | 87 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 13 Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende..... | 91 |
| 13.1 Theoretischer Hintergrund..... | 91 |
| 13.2 Aufbau | 91 |
| 13.3 Funktionen | 93 |
| 13.4 Einsatz und Beforschung..... | 94 |
| 13.5 Validität (Forschungsfrage 2) | 95 |
| 13.5.1 Ergebnisse: Funktionen für Studierende..... | 95 |
| 13.5.2 Ergebnisse: Funktionen für Lehrende..... | 98 |
| 14 Diagnostische Tests und Förderangebote..... | 103 |
| 14.1 Theoretischer Hintergrund..... | 103 |
| 14.2 Aufbau | 104 |
| 14.2.1 Diagnostische Tests..... | 104 |
| 14.2.2 Diagnoserückmeldung und Förderangebote | 106 |
| 14.3 Funktionen | 108 |
| 14.4 Einsatz und Beforschung..... | 109 |
| 14.5 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1) | 110 |
| 14.5.1 Ergebnisse: mathematisches Vorwissen | 111 |
| 14.5.2 Ergebnisse: physikalisches Vorwissen | 113 |
| 15 Akzeptanz..... | 115 |
| 15.1 Nutzen und Erleben..... | 115 |
| 15.2 Teilnahmegründe DiF-Tutorium und Onlinekurs..... | 122 |
| 16 Transfer der DiF-Instrumente..... | 129 |
| 16.1 Diagnosecheckliste | 129 |
| 16.2 Erstellen kommentierter Lösungen | 130 |
| 17 Fazit und Ausblick..... | 133 |
| 18 Zusammenfassung der Arbeit | 137 |
| 19 Literaturverzeichnis..... | 141 |
| A DiF-Instrumente | 151 |
| A.1 Kurzbeschreibungen | 152 |
| A.2 Diagnosecheckliste..... | 153 |
| A.3 Selbstlerneinheiten..... | 154 |
| A.3.1 Themen und Inhalte..... | 154 |
| A.3.2 Selbstlerneinheit Ersatzwiderstand von Stromkreisen..... | 155 |
| A.3.3 Selbstlerneinheit Selbstinduktion..... | 160 |
| A.4 Erstellung kommentierter Lösungen durch Studierende | 164 |
| A.4.1 Anleitung zur Erstellung | 164 |
| A.4.2 Gliederungsvorlage..... | 166 |
| A.4.3 Checkbogen der diagnostischen Interviews | 168 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| A.5 Diagnostische Tests | 169 |
| A.5.1 Themenbereiche und Inhalte..... | 169 |
| A.5.2 Testheft Mathematik..... | 171 |
| A.5.3 Ergebnisse: Mathematiktest | 182 |
| A.5.4 Ergebnisse: Physiktests | 185 |
| A.5.5 Quellen der Aufgaben..... | 188 |
| A.6 Diagnoserückmeldung & Fördermaterialien..... | 189 |
| A.6.1 Diagnoserückmeldung Mechaniktest Teil 1 | 189 |
| A.6.2 Themen und Inhalte der Fördermaterialien | 190 |
| A.6.3 Fördermaterial G3.1 - Bruchrechnung..... | 191 |
| B Interviewleitfäden | 195 |
| B.1 WS 09/10 (Übung)..... | 196 |
| B.2 WS 10/11 (DiF-Übung)..... | 197 |
| B.3 SS 11 (DiF-Tutorium)..... | 199 |
| B.4 WS 11/12 (DiF-Tutorium)..... | 201 |
| B.5 WS 11/12 (Übungsleitende)..... | 204 |
| C Fragebögen | 205 |
| C.1 DiF-Fragebogen (DiF-Vorkurs)..... | 206 |
| C.2 Teilnahme am DiF-Tutorium 1 (WS 11/12) | 212 |
| C.3 Teilnahme am DiF-Tutorium 2 (WS 11/12) | 213 |
| C.4 Mathematiktest Universität Duisburg-Essen (WS 11/12)..... | 214 |
| D Ablaufpläne & Curriculare Analysen..... | 217 |
| D.1 Ablaufplan DiF-Tutorium SS 11..... | 218 |
| D.2 Ablaufplan DiF-Tutorium WS 11/12 | 219 |
| D.3 Ablaufplan DiF-Vorkurs WS 12/13..... | 219 |
| D.4 Curriculare Analyse der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund..... | 220 |
| E Manuale | 221 |
| E.1 Transkriptionsregeln..... | 222 |
| E.2 Textsegmentanalyse..... | 223 |
| E.3 Codezuweisung..... | 224 |
| E.4 Einschätzung des Aufgabentyps..... | 225 |
| E.5 Einschätzung der Fehler auf den Übungsabgaben | 227 |
| E.6 Übertragung der Diagnosechecklisten | 231 |
| E.7 Einschätzung kommentierter Lösungen..... | 233 |
| F Teilnehmer an Veranstaltungen und Interviews | 237 |
| F.1 Gesamtübersicht | 238 |
| F.2 Statistische Daten der Veranstaltungsteilnehmer..... | 239 |
| F.3 Statistische Daten der interviewten Personen | 239 |
| F.4 DiF-Vorerfahrungen der Studierenden | 240 |

1 Einleitung

Diagnose und individuelle Förderung (DiF) haben innerhalb des Schulunterrichts einen hohen Stellenwert: Der Leistungs- beziehungsweise Lernstand der Schüler muss von den Lehrkräften diagnostiziert werden, um darauf aufbauend eine individuelle Förderung der Schüler¹ zu gewährleisten (SchulG-NRW, 2012, §1). Aufgrund dieser Forderung von institutioneller Seite hält Diagnose und individuelle Förderung auch Einzug in die Lehrerbildung (KMK, 2004, S. 5 u. S. 7; LABG-NRW, 2012). Um Maßnahmen der Diagnose und individuellen Förderung wirkungsvoll umsetzen zu können, müssen fachspezifische Möglichkeiten zur Diagnose und individuellen Förderung zunächst fundiert erlernt werden, (z.B. HELMKE, 2012 S. 257; WEINERT, 2001, S. 23; BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 489). Da vermutlich die eigenen Erfahrungen der angehenden Lehrkräfte mit Diagnose und individueller Förderung aus ihrer eigenen Schulzeit gering sind, scheint ein erster Schritt für das Erlernen von DiF in der Lehrerbildung zunächst das konkrete Erleben in der eigenen universitären Ausbildung zu sein. In dieser hindern aber vor allem fachliche Schwierigkeiten angehende MINT²-Lehrkräfte an einem erfolgreichen Abschluss ihres naturwissenschaftlichen Studiums (z.B. HEUBLEIN, HUTZSCH, SCHREIBER, SOMMER & BESUCH, 2009, S. 153).

Als Reaktion auf diese beiden Herausforderungen scheint es daher sinnvoll zu sein, Lehramtsstudierenden fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung zur Verfügung zu stellen, sodass sie diese in ihrem eigenen universitären Lernprozess erleben und mit ihrer Hilfe mögliche fachliche Defizite überwinden können.

An der TU Dortmund nimmt sich das Projekt dortMINT dieser Herausforderungen durch Maßnahmen zur Professionalisierung zukünftiger MINT-Lehrkräfte an (Kapitel 3). In einem ersten Schritt sollen Lehramtsstudierende Diagnose und individuelle Förderung in der eigenen fachinhaltlichen Ausbildung und im eigenen Lernprozess erleben. Hierdurch soll neben der Verbesserung von fachinhaltlichen Lernergebnissen die Kenntnis fachspezifischer Möglichkeiten vermittelt sowie eine positive Einstellung der Studierenden gegenüber DiF-Maßnahmen als Voraussetzung für den späteren Einsatz dieser Maßnahmen in der Schule erreicht werden. Weitere Projektmaßnahmen sind das Erlernen und in der schulpraktischen Ausbildung das Erproben von DiF.

Ziel der Arbeit

Während im schulischen Bereich bereits vielfältige Ansätze etabliert sind, ist das Angebot an fachübergreifenden, prinzipiell geeignet erscheinenden oder bereits eingesetzten DiF-Instrumenten für den Hochschulbereich gering. Insbesondere etablierte fachspezifische Instrumente sind bis auf Tests zu Fachwissen oder Fehlvorstellungen nicht vorhanden. Vor diesem Hintergrund hat die Forschungsarbeit das Ziel, physikspezifische Instrumente zur individuellen Diagnose und Förderung (DiF-Instrumente) zu entwickeln und zu erproben. Diese DiF-Instrumente sollen hinsichtlich ihrer intendierten Funktionen der Diagnose oder individuellen Förderung valide sein, einen

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet.

² MINT = **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaft (Biologie, Chemie, Physik) und **T**echnik

Nutzen für die Studierenden bringen sowie positive Akzeptanz als Voraussetzung für die spätere Umsetzungsbereitschaft in der Schule erzeugen können.

Aufbau der Arbeit

Im Rahmen einer Voruntersuchung (Kapitel 8) werden zunächst erste Erkenntnisse zu zwei DiF-Ansätzen gewonnen (Abbildung 1.1). Der erste Ansatzpunkt sind methodische Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben. Für den häufigsten Aufgabentyp (Kapitel 9) wird daher auf der Basis bestehender Modelle zum Problemlösen und der Bearbeitung von Aufgaben ein geeignetes Bearbeitungsmodell entwickelt (Kapitel 10). Dieses Modell dient als Grundlage für die Konzeptionierung und Entwicklung der folgenden DiF-Instrumente:

- Die *Diagnosecheckliste* dient der prozessbegleitenden Selbsteinschätzung der Fähigkeiten beziehungsweise Schwierigkeiten der Studierenden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben. Sie kann außerdem von den Studierenden als strukturierter Leitfaden für die Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben und zur gezielten Anforderung von Förderung genutzt werden. Lehrende können die Selbstdiagnose der Studierenden als Ergänzung oder Ersatz der eigenen Diagnose anhand der Übungsabgaben verwenden (Kapitel 11).
- Die *Selbstlerneinheiten* sind ein von den Studierenden vor allem im Rahmen der Klausurvorbereitung verwendetes Förderinstrument zum Abgleich der eigenen Aufgabenbearbeitung. Bei Schwierigkeiten können gezielt Hilfestellungen (bspw. beim Ansatz oder auch in Form von Bearbeitungsstrategien) entnommen werden und anschließend die eigenständig Bearbeitung fortgesetzt werden (Kapitel 12).
- Die *kommentierten Lösungen der Studierenden* zu physikalischen Rechenaufgaben können für eine Individualdiagnostik durch die Lehrenden verwendet werden. Durch gezielte Hinweise zu einzelnen Schritten erhalten Studierende in Überarbeitungsschleifen eine individuelle Förderung. Die Erstellung anhand vorgegebener Schritte des Bearbeitungsschemas ermöglicht es ihnen, eine Bearbeitungsstrategie anzuwenden und zu verinnerlichen (Kapitel 13).

Der zweite Ansatzpunkt ist die Schließung von inhaltlichen Lücken im Bereich des mathematischen und physikalischen Vorwissens. Anhand der Individualdiagnostik durch *diagnostische Tests* zu schulischem Vorwissen im Bereich der Mathematik und Physik werden individuell *Förderangebote* zugewiesen (Kapitel 14). Diese Förderangebote bestehen aus Materialien zur selbstständigen Bearbeitung und aus angebotenen Fördersitzungen zu Themenschwerpunkten in Tutorien oder Vorkursen.

Forschungsfragen

Die in Übungen, Tutorien, Onlinekursen sowie einem Vorkurs eingesetzten DiF-Instrumente werden hinsichtlich ihrer Validität in Bezug auf die intendierten Funktionen der Diagnose und individuellen Förderung untersucht (Forschungsfrage 2). Einige DiF-Instrumente sollen außerdem differenziertere Hinweise auf die Schwierigkeiten der Studierenden liefern (Forschungsfrage 1). Diese Forschungsfragen werden soweit möglich in den Kapiteln 11 bis 14 der DiF-Instrumen-

te beantwortet. Die Analyse der Akzeptanz seitens der Studierenden (Forschungsfrage 3) erfolgt übergreifend in Kapitel 15.

Der Transfer ausgewählter Instrumente durch den Einsatz an der Universität Duisburg-Essen sowie in einer Übung im Fach Chemie an der TU Dortmund wird als Teilschritt der Objektivierung betrachtet (Kapitel 16).

Abschließend wird ein Fazit zu den entwickelten Instrumenten gezogen und es findet eine Betrachtung der Grenzen sowie offenen Fragen der Arbeit statt.

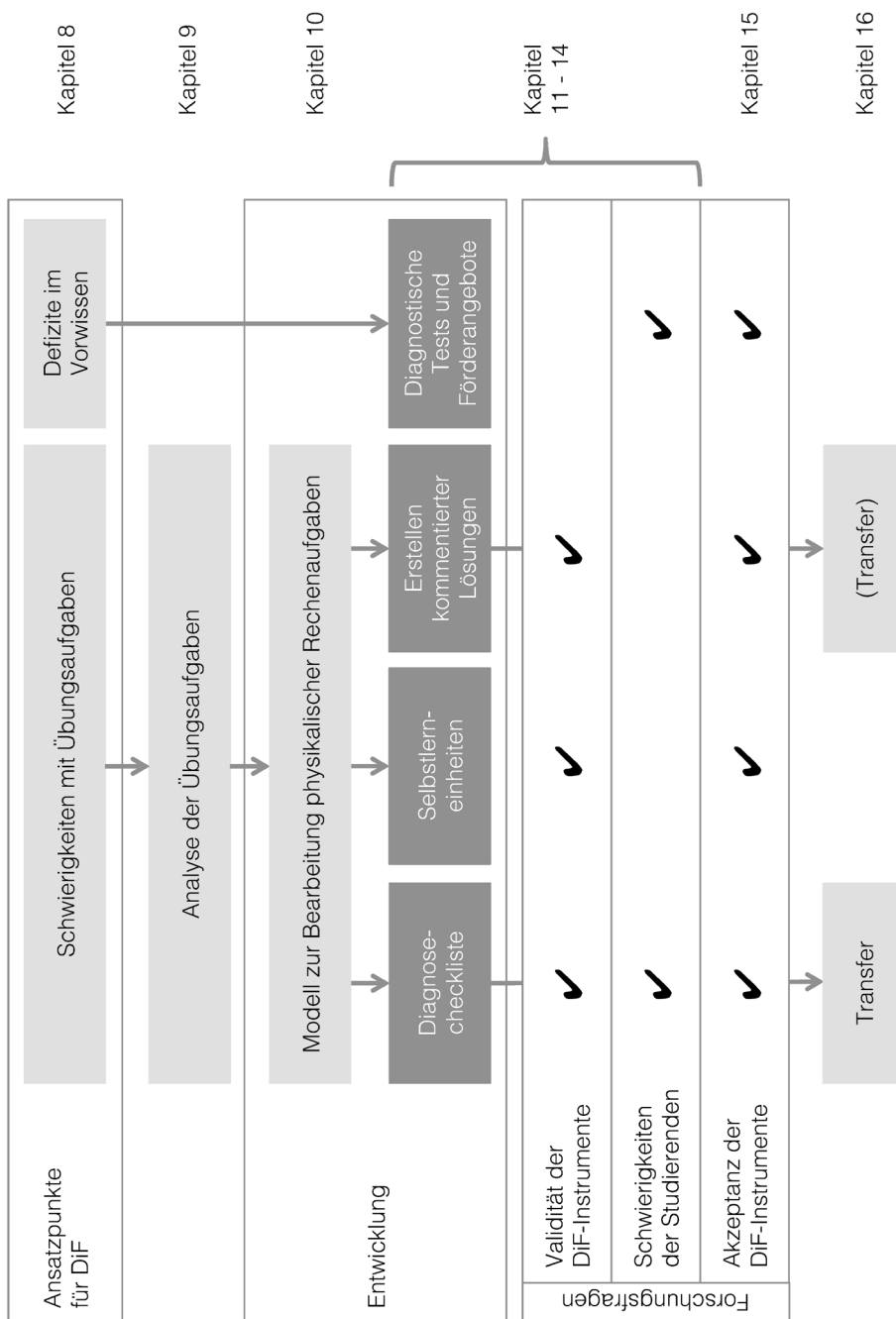


Abbildung 1.1 Aufbau dieser Arbeit.

2 Diagnose und individuelle Förderung

Im Zuge der Auseinandersetzung mit dem Thema *Diagnose und individuelle Förderung* werden zunächst die Begriffe hinsichtlich des Verständnisses und der Verwendung im Rahmen dieser Arbeit erläutert (Kapitel 2.1). Die in Kapitel 2.2 aufgezeigte Forschungslage wirft ein indifferentes Bild auf die Wirksamkeit allgemeiner Konzepte der Diagnose und individuellen Förderung in der Schule. Das Erlernen und vor allem Anwenden von DiF ist für die zukünftigen Lehrkräfte von institutioneller Seite vor dem Hintergrund der wachsenden Heterogenität innerhalb der Klasse gefordert (Kapitel 2.3). Zur Umsetzung von Förder- und Differenzierungsmaßnahmen gibt es vielfältige, aber nur wenige physik- und/oder hochschulspezifische Ansätze und Instrumente (Kapitel 2.4). Die in Kapitel 2.5 dargestellten Untersuchungen zum Studienerfolg beziehungsweise -abbruch im Bereich der Naturwissenschaften weisen vor allem fachliche Schwierigkeiten als einen möglichen Hauptgrund für einen Abbruch aus.

2.1 Begriffsverständnis

Das Verständnis der im Rahmen der Arbeit verwendeten Begriffe *Diagnose* und *Diagnostik* folgt der gebräuchlichen Definition von *pädagogischer Diagnostik* nach INGENKAMP und LISSMANN (2008, S. 13):

„Pädagogische Diagnostik umfasst alle diagnostischen Tätigkeiten, durch die bei einzelnen Lernenden und den in einer Gruppe Lernenden Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr- und Lernprozesse ermittelt, Lernprozesse analysiert und Lernergebnisse festgestellt werden, um individuelles Lernen zu optimieren. Zur Pädagogischen Diagnostik gehören ferner die diagnostischen Tätigkeiten, die die Zuweisung zu Lerngruppen oder zu individuellen Förderungsprogrammen ermöglichen sowie die mehr gesellschaftlich verankerten Aufgaben der Steuerung des Bildungsnachwuchses oder der Erteilung von Qualifikationen zum Ziel haben.“

Man unterscheidet zwischen *Statusdiagnostik*, die meist der Selektion beziehungsweise Auslese dient (z.B. in Form von Zeugnissen oder Gutachten), und *Prozessdiagnostik* mit dem Ziel der Förderung (PARADIES, LINSER & GREVING, 2011, S. 23). Diagnostik lässt sich hinsichtlich des Zeitpunktes als Lernausgangs-, Lernprozess- und Lernergebnisdiagnostik differenzieren (HUBMANN, LEUDERS & PREDIGER, 2007, S. 2) und auf Personen- oder Gruppenebene betreiben. PARADIES et al. (2011, S. 23) resümieren als Ziel schulischer Diagnose, dass diese der Optimierung des individuellen Lernens diene.

Alle Handlungen von Lehrkräften, „die mit der Intention erfolgen bzw. die Wirkung haben, das Lernen der einzelnen Schülerin / des einzelnen Schülers unter Berücksichtigung ihrer/seiner spezifischen Lernvoraussetzungen, -bedürfnisse, -wege, -ziele und -möglichkeiten zu unterstützen“, können als *individuelle Förderung* verstanden werden (KUNZE, 2010, S. 19).

In dieser Arbeit liegt der Fokus auf den fachspezifischen Defiziten der Studierenden. Eventuell bestehende zeitliche oder sonstige Schwierigkeiten seitens der Studierenden werden nicht berücksichtigt. Der Begriff *individuell* bezieht sich dabei sowohl auf die *Diagnostik* fachinhaltlicher Defizite als auch auf die *Förderung* der Studierenden, da eine individuelle Förderung eine Individualdiagnostik voraussetzt. Zum Angleich an den allgemeinen Sprachgebrauch, in dem begrifflich nicht immer zwischen *betriebener Diagnostik* und *erstellter Diagnose* unterschieden wird, wird die durch das Projekt dortMINT (Kapitel 3) geprägte Begrifflichkeit *Diagnose und individuelle Förderung* sowie ihre Abkürzung *DiF* verwendet.

2.2 Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit

Das Themenfeld der Diagnose beziehungsweise Diagnostik sowie der individuellen Förderung ist bereits seit langer Zeit Bestandteil schulischer Untersuchungen. *Individualisierung* ist im regulären Unterricht aber kaum verbreitet und bezieht sich wenn meist nur auf eine Förderung der leistungsschwachen Schüler (HELMKE, 2012, S. 259 f.). Der adäquate Umgang mit der Heterogenität der Schülerschaft durch Diagnose und insbesondere individuelle Förderung gilt allgemein als Qualitätsmerkmal guten Unterrichts (HELMKE, 2012, S. 168 f.; MEYER, 2004, S. 17 f.).

Über die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen wird allerdings kontrovers diskutiert, da in den Studien sehr unterschiedliche Konzepte und Ansätze verglichen werden, die zudem auch nicht immer eindeutige oder erwartungskonforme Ergebnisse liefern (KUNZE, 2010, S. 20 ff.; BLAES, ANUS, KALLWEIT, NAEVE & MELLE, 2012, S. 294; HELMKE 2012, S. 259 ff.). Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse wiedergegeben:

- Für *feedback*, also Rückmeldungen zum Lernfortschritt, findet HATTIE (2009, S. 243) in seiner Metastudie eine hohe Effektstärke ($d = .72$; siehe auch HELMKE, 2012, S. 214 f.). HATTIE kann für weitere Maßnahmen, die dem Bereich der Diagnose und individuellen Förderung zugeschrieben werden (z.B. individualisierter Unterricht), aber meist nur geringe oder keine Effekte nachweisen (HELMKE, 2012, S. 261). In der Metastudie wurden allerdings oftmals verschiedene Unterrichtsszenarien mit unterschiedlichen Unterrichtszielen untersucht (ebenda).
- SCHRADER und HELMKE zeigten in ihrer Studie von 1987, dass der leistungssteigernde Effekt von Strukturierungshilfen von der diagnostischen Kompetenz der Lehrkraft abhängig ist und es im Gegenzug sogar ungünstig ist, wenn trotz hoher diagnostischer Kompetenz nicht zu geeigneten Maßnahmen gegriffen wird (HELMKE, 2012, S. 129 f.). Diagnostische Kompetenz ist demnach eine „Katalysatorvariable“ (ebenda, S. 130).
- *Instructional Tailoring*, die lehrergesteuerte Auswahl geeigneter Aufgaben für die jeweiligen Lernenden, zeigte in einer Studie von BODE (1996) nur für leistungsstarke Schüler einen positiven Effekt (BLAES et al. 2012, S. 294). *Aptitude-treatment interaction* (ATI), die Anpassung der Lehrmethode an die Fähigkeiten beziehungsweise Voraussetzungen der Lernenden, zeigt hingegen positive Effekte bei Schülern mit defizitärem Vorwissen (HELMKE, 2012, S. 253): Während leistungsstarke Schüler besonders gut große Freiräume im Lernprozess nutzen können,

profitieren Schüler mit geringem Leistungsniveau nach einer Studie von WEINERT & HELMKE (1987) am besten von einem hochstrukturierten Unterricht (HELMKE, 2012, S. 253).

Fachspezifische pädagogische Kenntnisse (*paedagogical content knowledge* z.B. nach SHULMAN, 1987, S. 8) zu Ansatzpunkten und Methoden von Diagnose und individueller Förderung sind für die Umsetzung von individueller Förderung notwendig (HELMKE, 2012 S. 257; WEINERT, 2001, S. 23; BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 489). Allerdings wird individuelle Förderung von Lehrkräften sowohl positiv (u.a. bessere Schülerleistungen) als auch negativ (u.a. Überforderung, Belastung) empfunden (SOLZBACHER, 2010, S. 29).

Lehrkräfte diagnostizieren im Rahmen ihrer Lehrtätigkeit durch Beobachten oder Gespräche intuitiv. Nach der Schulstudie SALVE von HOSENFELD, HELMKE und SCHRADER aus dem Jahr 2002 stimmen die Einschätzungen der beforschten Lehrkräfte bezüglich der Schwierigkeit des mathematischen Unterrichts zum Beispiel nicht mit denen ihrer Schüler überein, was adäquate Reaktionen verhindern kann (HELMKE, 2012, S. 130 f.). WEINERT und SCHRADER relativieren die Notwendigkeit einer hohen psychometrischen Genauigkeit von Lehrerurteilen in der Praxis, da durch eine Erhöhung der Genauigkeit der Diagnose didaktische Modelle, Lehrmethoden oder Arbeitsanweisungen nicht wesentlich besser eingesetzt werden könnten (HELMKE 2012, S. 126). Wichtig sei allein die permanente Überprüfung der Diagnose (ebenda).

Die Forschungslage zum Thema ist also uneindeutig: *Diagnose* in Kombination mit *individueller Förderung* scheint wegen des breiten Spektrums an verschiedenen Formen und Ansätzen als Konzept schwer zu untersuchen und zu verallgemeinern zu sein. Maßnahmen der Individualisierung sind nicht per se wirksam (HELMKE 2012, S. 263). Zudem ist unklar, ob Lehrpersonen die von institutioneller Seite geforderten Maßnahmen der Diagnose und individuellen Förderung wirkungsvoll umsetzen können, wenn sie DiF-Ansätze aus ihrem Studium nicht kennen und im Rahmen ihrer Ausbildung fundiert erlernt haben (ARNOLD, 1999, S. 74).

2.3 Verankerung in der Lehrerbildung

Als Konsequenz der empirischen Befunde und vor dem Hintergrund der trotz zunehmender Selektion durch das Schulsystem immer weiter wachsenden Heterogenität innerhalb der Klassen lassen sich die Beschlüsse der Kultusministerkonferenz zur Diagnose und individuellen Förderung begründen (z.B. PISA Ergebnisse zur naturwissenschaftlichen Grundbildung in BAUMERT et al., 2001, S. 243 ff.; zum Umgang mit Heterogenität z.B. PRENZEL & BURBA, 2006, S. 31 f.). Von Lehrkräften wird eine Diagnostik von Lernvoraussetzungen und -prozessen sowie gezielte Förderung und Beratung erwartet und gefordert (KMK, 2004, S. 5 u. S. 7). Nach ARNOLD (1999, S. 75) zählen Diagnose und individuelle Förderung sogar zu den Kernaufgaben der Lehrkräfte.

Die Umsetzung der Beschlüsse zeigt sich unter anderem auf Landesebene im aktuellen Lehrerausbildungsgesetz NRW an ganz zentraler Stelle. Unter §2 (2) wird der Erwerb diagnostischer Kom-

petenz als Ziel zur Befähigung „zur individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern und zum Umgang mit Heterogenität“ genannt (LABG-NRW, 2012).

Der Aspekt der individuellen Förderung ist zudem im ersten Paragraphen des Schulgesetzes NRW (SchulG-NRW, 2012) als zentrale Leitidee sowie „Auftrag der Schule“ verankert: „Jeder junge Mensch hat ohne Rücksicht auf seine wirtschaftliche Lage und Herkunft und sein Geschlecht ein Recht auf schulische Bildung, Erziehung und individuelle Förderung.“

KUNZE (2010, S. 17 f.) sieht als Ziele von individueller Förderung im Unterricht neben dem Erreichen der Bildungsstandards auch die Umsetzung des Rechts auf Bildung und gesellschaftliche Teilhabe. Weiterhin werden als Ziele die „Verbesserung von Selektionsentscheidungen“ (ebenda, S. 17) aber auch das Ermöglichen von „mehr Integration“ (ebenda, S. 18), die Begrenzung der Zunahme von Heterogenität sowie die „Ausschöpfung aller Begabungspotentiale“ genannt (ebenda).

Die Forderung nach einem Erwerb allgemeiner und fachspezifischer diagnostischer Fähigkeiten muss in der universitären Lehrerausbildung umgesetzt werden. Dies schließt die Vermittlung von Wissen um geeignete Möglichkeiten und Maßnahmen der individuellen Förderung ein.

2.4 DiF-Ansätze und -Instrumente

Es gibt im schulischen Bereich etablierte fächerübergreifende diagnostische Instrumente, wie zum Beispiel Beobachtungsbögen für Lehrkräfte (z.B. PARADIES et al., 2011, S. 84 ff.), oder Instrumente zur Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten oder Bewusstmachung von Defiziten und Lernständen, wie zum Beispiel Kompetenzchecks (PARADIES et al., 2011 S. 104 ff.; RÖHMER, 2008, S. 52 f.; REIFF, 2006, 68 ff.; KLIEMANN, 2008, S. 74 ff.).

Bei den Instrumenten zur Selbstreflektion und Metakognition liegt die Datenerhebung (Diagnostik) und Förderplanung meist bei der Lehrperson (PARADIES et al., 2011, S. 31 ff.).

HÄUßLER (2010, S. 274 ff.) beschreibt als Möglichkeit zur Erfassung des Lernerfolgs im kognitiven Bereich verschiedene schriftliche Verfahren, wie beispielsweise: Single- und Multiplechoice-Aufgaben und die Interpretation von offenen Aufgaben, Lückentexten, Zuordnungsaufgaben, Concept Maps, Lerntagebüchern oder Portfolios.

Als Differenzierungsmaßnahmen bei der Bearbeitung von Aufgaben sind beispielsweise die Reduktion oder Erhöhung des Schwierigkeitsgrades (z.B. WODZINSKI, 2007, S. 16 ff.) oder der Einsatz gestufter Lern- beziehungsweise Lösungshilfen (z.B. FORSCHERGRUPPE KASSEL, 2004, S. 38 ff.) in der Physikdidaktik üblich.

Als hochschulspezifische Ansätze sind vor allem das Erstellen von Concept Maps, Portfolios (STRATMANN, PREUSSLER & KERRES, 2009, S. 4 ff.) sowie Lerntagebüchern (RAMBOW & NÜCKLES, 2002, S. 113 ff.) verbreitet. Physikspezifische Instrumente sind mit Aufnahme von Tests zu Fachwissen oder Fehlvorstellungen (bspw. der FCI; HESTENES, WELLS & SWACKHAMMER, 1992, S. 141 ff.) nicht etabliert. Zur Vorbereitung auf ein naturwissenschaftliches Studium

bieten einige Hochschulen Tests zur Orientierung im Rahmen ihrer Vor- beziehungsweise Angleichungskurse an. Diese Tests können Grundlage für eine Eingangsdiagnostik und zur Erstellung von Nutzungsempfehlungen zu Vorkursangeboten sein (z.B. *MINTroduce*, Universität Duisburg-Essen; DUVENBECK & WALZER, 2013, S. 2 ff.).

2.5 Studienerfolg in naturwissenschaftlichen Studiengängen

Die immer mehr in den Vordergrund geratende individuelle Förderung an den Hochschulen ist vor allem durch die fachinhaltlichen Schwierigkeiten von Studierenden in naturwissenschaftlichen Studiengängen begründet und soll den Studienerfolg erhöhen. Naturwissenschaftliche Studiengänge, zu denen auch das fachinhaltliche Grundlagenstudium des Lehramtes Physik zu zählen ist, weisen eine vergleichsweise hohe Abbrecherquote auf (z.B. HEUBLEIN, RICHTER, SCHMELZER, & SOMMER, 2012, S. 16 ff.). Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) vergleicht die Drittsemesterzahlen mit den Neueinschreibungen und ermittelt somit eine „Schwundquote“ (MATZDORF, 2012, S. 30). In den Physiklehramtsstudiengängen (Bachelor und Staatsexamen) beträgt sie 24 % im Jahr 2012 gegenüber 31 % im Vorjahr (ebenda). Diese Quoten sind nur unwesentlich geringer als die Schwundquoten der entsprechenden Semester des Bachelorstudiengangs Fachphysik (34 % bzw. 29 %; ebenda). Nachfolgend sind ausgewählte Befunde zum Studienerfolg dargestellt.

- SCHECKER, ZIEMER und PAWLAK (2006, S. 71) führen gute mathematische und physikalische Vorkenntnisse als entscheidende Voraussetzung zur Bewältigung der Studieneingangsphase in Physik und Elektrotechnik an. Sie empfehlen Vorbereitungskurse, Selbststudienmaterialien sowie Selbsttests.
- Bundesweit lässt sich etwa jeder dritte Studienabbruch in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern auf Probleme mit den fachlichen Anforderungen zurückführen (HEUBLEIN, HUTZSCH, SCHREIBER, SOMMER & BESUCH, 2009, S. 153).
- ALBRECHT (2011, S.117 f.) resümiert, dass exmatrikulierte Lehramtsstudierende in der Physik sich durch schlechte Informiertheit (z.B. falsche bzw. unerfüllte Erwartungen), schlechtere Hochschulzugangsberechtigungsnoten sowie geringe Zufriedenheit mit den Studienbedingungen auszeichnen. Generell sind für Physikstudiengänge die inhaltlichen Anforderungen wie unzureichende Vorkenntnisse (Mathematik und Physik), Probleme mit mathematischen Verfahren sowie Zeitmangel ausschlaggebend (ebenda).
- CRAMER und WALCHER (2010, S.100 ff.) sehen in MINT-Studiengängen mangelnde schulmathematische Kenntnisse als Hürde, die nicht parallel in einer Mathematikvorlesung überwunden werden kann. ABEL und KÜMMERER bestätigen in diesem Bereich ebenfalls „erschreckende Schwächen“ (2003, S.150).

Sinnvolle Ansatzpunkte für *fachinhaltliche* individuelle Förderung scheinen aufgrund dieser Ergebnisse mangelnde (schulische) Vorkenntnisse sowie in der Studieneingangsphase bestehende Schwierigkeiten. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf den grundlegenden mathematischen An-

förderungen, die eine essenzielle Rolle in der Physik einnehmen (z.B. KREY & MIKELSKIS, 2009, S. 275).

2.6 Fazit

Zur wirkungsvollen Umsetzung von *Diagnose und individueller Förderung* im späteren Lehrberuf müssen die Lehrkräfte die Notwendigkeit solcher Maßnahmen erkennen und fachspezifische Ansatzpunkte kennen sowie umsetzen können. Da Diagnose und individuelle Förderung in der eigenen Schullaufbahn nicht zwangsläufig erfahren wurde, haben sie als Bestandteile des Studiums für die zukünftigen Lehrkräfte eine große Bedeutung und müssen vor allem fachspezifische Ansatzpunkte umfassen. Zudem kann ein beachtlicher Teil der Studienanfänger, unter ihnen auch die zukünftigen Lehrkräfte, das Studium mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt nicht erfolgreich abschließen.

Es liegt daher nahe, dass die angehenden Lehrkräfte positive und lernförderliche Aspekte von Diagnose und individueller Förderung in der eigenen Fachausbildung innerhalb des Studiums erleben, um so Akzeptanz und Umsetzungsbereitschaft zu schaffen, fachspezifische Ansätze zu vermitteln und die fachinhaltlichen Lernergebnisse zu verbessern. Das in Kapitel 3 beschriebene Projekt dortMINT hat unter anderem diese Ansätze zum Ziel.

3 Das Projekt dortMINT

Das Projekt *dortMINT* verfolgt die „qualitative Verbesserung der Lehrerausbildung in den MINT-Fächern, konkret die Professionalisierung künftiger Lehrkräfte im Hinblick auf ihre Diagnose- und Förderkompetenz“ (HUßMANN, MELLE, SELTER & THEYBEN, 2012, S. 431). Teile der in dieser Arbeit beschriebenen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten fanden in diesem von der *Deutschen Telekom Stiftung* geförderten Projekt statt. Die Ziele und Strukturen des Projektes sowie die Einbettung dieser Forschungsarbeit werden im Folgenden vorgestellt.

3.1 Projektziele

Die Projektziele ergeben sich aus den in den vorherigen Kapiteln genannten Erkenntnissen und Überlegungen bezüglich der Anforderungen an die zukünftigen Lehrkräfte zum Umgang mit der Leistungsheterogenität der Schülerschaft (HUßMANN & SELTER, 2013, S. 19 u. S. 27 f.; DI FUCIA & THEYBEN, 2011, S. 149 ff.):

- Eine Umsetzung von individueller Förderung im Lehrberuf ist von institutioneller Seite vorgeschrieben, stellt Lehrkräfte aber vor Schwierigkeiten (Kapitel 2.2 und 2.3). Im Rahmen des Lehramtsstudiums müssen für eine berufsbezogene Professionalisierung daher zunächst *fachspezifische Kenntnisse zu Instrumenten und Methoden der Diagnostik und individuellen Förderung* vermittelt werden.
- Daneben werden zudem fundierte Fachkenntnisse als Grundlage für späteres professionelles Handeln im Unterricht benötigt (z.B. RIESE, 2010, S. 31). Aber vor allem die fachlichen Anforderungen hindern angehende MINT-Lehrkräfte am erfolgreichen Abschluss eines Studiums mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (Kapitel 2.5). Aufgrund dessen sollen durch den Einsatz von Diagnose und individueller Förderung die *fachinhaltlichen Lernergebnisse* der Studierenden verbessert werden.
- Um die spätere Umsetzungsbereitschaft von Diagnose und individueller Förderung zu erhöhen, scheint es außerdem sinnvoll, *Akzeptanz* für DiF durch positives eigenes Erleben zu schaffen.

3.2 Projektstruktur

Das Projekt *dortMINT* besteht aus drei inhaltlichen und zwei strukturellen Maßnahmen zur Umsetzung von *Diagnose und individueller Förderung* in unterschiedlichen Phasen und Bereichen des Studiums (Abbildung 3.1; HUßMANN & SELTER, 2013, S. 17 f.): In den drei inhaltlichen Teilprojekten (I1, I2 und I3) sollen die Studierenden *Diagnose und individuelle Förderung* zunächst erleben (I1) und erlernen (I2) sowie später in der schulpraktischen Ausbildung erproben (I3).

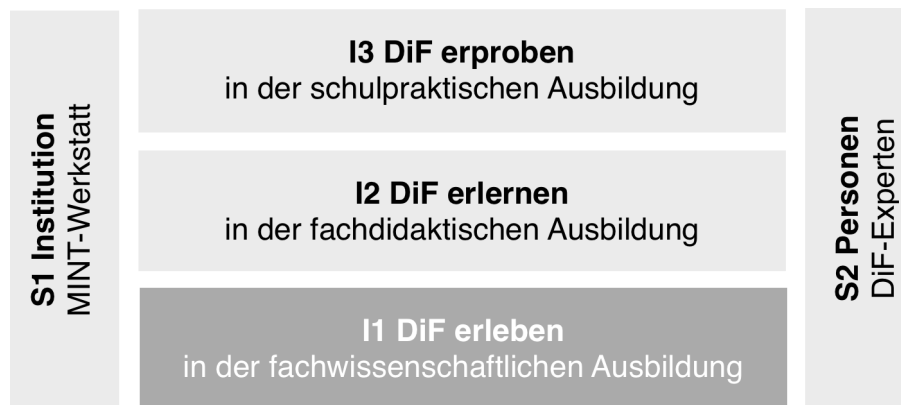


Abbildung 3.1 Struktur des Projektes dortMINT. Eingefärbt ist das Teilprojekt, in dem die dieser Arbeit zugrundeliegenden Entwicklungen und Forschungen statt gefunden haben. Eigene Abbildung in Anlehnung an HUBMANN & SELTER, 2013, S. 18.

Zusätzlich zu den inhaltlichen Projekten gibt es zwei strukturelle Maßnahmen (HUBMANN & SELTER, 2013, S. 17): die dortMINT-Werkstatt (S1), die den Studierenden Möglichkeiten für ein fachübergreifendes forschendes Lernen im DiF-Bereich geben soll, sowie Maßnahmen unter dem Titel "DiF-Experten" (S2), die unter anderem für ein MINT-Lehramtsstudium werben und Studierende durch Bestenförderung weiterqualifizieren sollen.

Innerhalb des Teilprojekts I1, an dem die Fachdidaktiken der Fächer Mathematik, Chemie, Technik und Physik beteiligt sind, sollen die Studierenden vielfältige Maßnahmen der Diagnose und individuellen Förderung in ihrer fachwissenschaftlichen Ausbildung erleben. Perspektivisch sollen in allen Fächern alle inhaltlichen Maßnahmen umgesetzt werden, sodass Studierende die drei Phasen in fachlicher, fachdidaktischer und schulpraktischer Ausbildung durchlaufen. Sie sollen so eine umfassende (berufs- und fachbezogene) Professionalisierung im Themenfeld DiF erlangen können (für weitere Informationen zu den Teilprojekten siehe HUBMANN und SELTER, 2013, S. 15 ff.).

Die vorliegende Forschungsarbeit ist Teil des Projektes I1 und zielt daher vor allem auf die fachinhaltliche Förderung sowie die Schaffung von Akzeptanz für DiF-Maßnahmen ab. Durch den Einsatz vielfältiger Instrumente können die Studierenden in dieser Projektphase bereits einige fachspezifische Möglichkeiten und Ansatzpunkte für DiF kennenlernen.

4 Forschungsfragen

Die Ziele dieser Forschungsarbeit sind eng mit denen des Projekts dortMINT verbunden. Um Diagnose und individuelle Förderung in der fachinhaltlichen Lehramtsausbildung Physik umsetzen zu können, müssen zunächst die Schwierigkeiten der Studierenden untersucht, Ansatzpunkte für Interventionen gefunden und geeignete Instrumente sowie Umsetzungskonzepte adaptiert beziehungsweise entwickelt werden. Während im schulischen Bereich bereits vielfältige Ansätze etabliert sind, ist das Angebot an fachübergreifenden, prinzipiell geeignet erscheinenden oder bereits eingesetzten DiF-Instrumenten für den Hochschulbereich gering (Kapitel 2.4).

Forschungsfrage 1: Schwierigkeiten der Studierenden

Da oftmals fachliche Schwierigkeiten ausschlaggebend für den Abbruch eines naturwissenschaftlichen Studiums sind (Kapitel 2.5), befasst sich die erste Forschungsfrage mit den konkreten *fachmethodischen* sowie *fachinhaltlichen* Schwierigkeiten der Lehramtsstudierenden. Hierbei werden zwei Ansätze verfolgt:

1. *Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben*

Die Bearbeitung von Übungsaufgaben stellt ein zentrales Element innerhalb der fachinhaltlichen Ausbildung dar und stellt Studierende vermutlich vor unterschiedliche Schwierigkeiten. Die *fachmethodischen* Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten von Übungsaufgaben sollen im Rahmen der Forschungsfrage 1.1 exploriert werden.

2. *Defizite im mathematischen und physikalischen Vorwissen*

Das schulische Vorwissen stellt aufgrund seines Einflusses auf die Studienleistung einen weiteren möglichen Ansatzpunkt für Interventionen dar. Die auf die Studienanforderungen bezogenen *fachinhaltlichen* Defizite sollen durch die Beantwortung von Forschungsfrage 1.2 aufgezeigt werden.

Forschungsfrage 1: Schwierigkeiten der Studierenden

FF 1.1 Worin liegen die *fachmethodischen* Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten von Übungsaufgaben?

FF 1.2 Welche *fachinhaltlichen* Defizite weist das mathematische und physikalische Vorwissen der Studierenden bezogen auf die Studienanforderungen auf?

Erste Erkenntnisse zu Schwierigkeiten der Studierenden werden zunächst im Rahmen einer Voruntersuchung gewonnen (Kapitel 8). Hierzu werden zum einen Interviews mit Studierenden durchgeführt und verschiedene schwierigkeiterzeugende Aspekte bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben herausgestellt (FF 1.1). Darüber hinaus wird in der Voruntersuchung als erster Zugang zu dem physikalischen Vorwissen der Studierenden der FCI (HESTENES et al., 1992, S. 141 ff.) herangezogen (FF 1.2).

Einzelne der zu den methodischen (Vorgehensweise) und inhaltlichen (Vorwissen) Schwierigkeiten entwickelten DiF-Instrumente liefern als Forschungsinstrumente differenziertere Ergebnisse hinsichtlich der Schwierigkeiten der Studierenden. Diese Ergebnisse sind in den Kapiteln 11.5 und 14.5 dargestellt.

Forschungsfrage 2: Validität der DiF-Instrumente

Die entwickelten DiF-Instrumente müssen zwei Anforderungen erfüllen: Sie sollen eine valide fachinhaltliche Diagnostik ermöglichen und/oder den Studierenden einen individuellen fachinhaltlichen Nutzen (Förderung) bringen (Projektziele; Kapitel 3.1). Dabei werden je nach Instrument Funktionen der Diagnostik und der individuellen Förderung oder nur der individuellen Förderung intendiert.

Forschungsfrage 2: Validität der DiF-Instrumente

FF2 Erfüllen die DiF-Instrumente die intendierten Funktionen der Diagnostik beziehungsweise individuellen Förderung?

Da die DiF-Instrumente erst in den entsprechenden Kapiteln der Arbeit detailliert vorgestellt werden, werden die jeweiligen Funktionen erst dort präzisiert. Die intendierten Funktionen liefern die genauen Kriterien, anhand derer die Validität der Instrumente geprüft wird (Kapitel 11 bis 14). Hierzu werden vor allem durch ausführliche, interventionsbegleitende Interviews explorativ Erkenntnisse über die individuellen Nutzungsstrategien der Studierenden gewonnen. Außerdem werden bei den diagnostischen Instrumenten soweit möglich die durch sie erstellten Diagnosen mit den durch andere Instrumente gewonnenen Diagnosen verglichen.

Forschungsfrage 3: Akzeptanz der DiF-Instrumente

Die DiF-Instrumente sollen neben ihrer Funktion der Diagnose oder individuellen Förderung auch Akzeptanz im Hinblick auf die Umsetzungsbereitschaft im späteren Lehrberuf erzeugen können (Projektziele; Kapitel 3.1). Die Akzeptanz der DiF-Instrumente seitens der Studierenden ist Kern der Forschungsfrage 3.

Forschungsfrage 3: Akzeptanz der DiF-Instrumente

FF3 Wie ist die Akzeptanz der DiF-Instrumente seitens der Studierenden zu beurteilen?

Die Forschungsfrage 3 wird in Kapitel 15 präzisiert und für die einzelnen DiF-Instrumente durch Einbezug von Fragebögen, Interviews und Teilnahme- bzw. Nutzungsstatistiken beantwortet.

5 Forschungsdesign und Gütekriterien

Das Design dieser Forschungsarbeit ist eine an YIN angelehnte explorative Fallstudie (2003). Die Merkmale und ihre Umsetzung werden in Kapitel 5.1 beschrieben. Die dabei beachteten Gütekriterien der quantitativen und qualitativen Anteile der Studie werden in Kapitel 5.2 dargestellt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit sowie der Methode der Triangulation. Durch letztere werden die Ergebnisse abgesichert und weitere Erkenntnisse über den Forschungsgegenstand gewonnen.

5.1 Explorative Fallstudie

Fallstudien können in ihrer Charakteristik explorativ (erkundend), deskriptiv (beschreibend/darstellend) oder auch erklärend angelegt sein (z.B. YIN, 2003, S. 1). Dieses Kapitel fasst die von YIN (2003) beschriebene *Case-Study-Research-Method* unter Einbezug der Interpretation von HUNDERTMARK (2012, S. 88 ff.) und SABALLUS (2012, S. 138 ff.) zusammen und konzentriert sich dabei auf die Aspekte der explorativen Ausprägung.

YIN beschreibt die *Case-Study-Research-Method* als empirisches Untersuchungsdesign, das ein aktuelles Phänomen in seiner natürlichen Umgebung erforscht. Das Design bietet sich vor allem dann an, wenn die Grenzen zwischen Phänomen und Untersuchungskontext nicht eindeutig voneinander abgegrenzt werden können. Das Phänomen wird zum Fall. Die Fallstudie soll insbesondere die kontextuellen Rahmenbedingungen des Falls berücksichtigen, da diese relevant für die Beschreibung und Erforschung desselbigen sind. Die betrachteten Fälle werden anders als in variablenkontrollierten (Labor-)Studien in ihrem natürlichen Umfeld unter Einbezug unterschiedlicher Methoden und Datenquellen untersucht. Dadurch wird es überhaupt erst möglich, das Phänomen, so wie es natürlich vorkommt, zu erforschen.

Umsetzung in der vorliegenden Forschungsarbeit

Die *Case-Study-Research-Method* nach YIN besteht aus den folgenden fünf Komponenten und ihrem gegenseitigen Zusammenspiel (2003, S. 21 ff.; HUNDERTMARK, 2012, S. 95 ff.). Die Interpretation und Umsetzung in der vorliegenden Forschungsarbeit wird nachfolgend beschrieben:

1. *Forschungsfragen*

Die erste Komponente der Fallstudie nach YIN bilden die Forschungsfragen, die der Studie ihre Ausrichtung geben. Für Fragen nach dem *Warum* und *Wie* sind Fallstudien besonders geeignet. Durch die Ziele dieser Forschungsarbeit und den explorativen Schwerpunkt der Forschungsfragen (Kapitel 4) bietet sich für das Vorhaben das Forschungsdesign der explorativen Fallstudie an. Die qualitative Ausrichtung ergibt sich aus dem Forschungsziel, zunächst die intendierten Funktionen der DiF-Instrumente zu überprüfen. Eine quantitative Intervention mit Kontrollgruppe kommt zu diesem Zeitpunkt aufgrund noch fehlender Hinweise auf Validität der Instrumente nicht infrage. Zudem bieten die im Projekt zur Verfügung stehenden geringen Fallzahlen diese Möglichkeit nicht. Qualitative Methoden ermöglichen aber eine

intensive inhaltliche Erforschung (zur Validierung) der Instrumente bei geringen Stichprobengrößen.

2. *Theoretischer Hintergrund*

Die Forschungsfragen werden verknüpft mit den bisherigen empirischen Erkenntnissen und Annahmen aus der für den Forschungsgegenstand relevanten Literatur. Hierbei handelt es sich neben der Forschungslage zum Studienerfolg beziehungsweise den Faktoren, die einen Abbruch begünstigen (Kapitel 2.5), auch um empirische Erkenntnisse, die in die Konzeption der DiF-Instrumente einfließen. Diese strukturieren zudem die erste theoriegeleitete Auswertung der Forschungsinstrumente.

3. *Untersuchungselemente*

Durch die klare Beschreibung der Untersuchungselemente, vor allem der Interventionsveranstaltungen, Personen, Datenquellen und Rahmenbedingungen, wird es möglich, die untersuchten Fälle klar zu definieren (Kapitel 7).

4. *Verknüpfung und Interpretation der Daten*

In den Kapiteln zur Voruntersuchung und zu den DiF-Instrumenten (Kapitel 8, 11 bis 16) werden Datenquellen ausgewertet und Fallbeschreibungen erstellt. Wenn möglich werden Ergebnisse unterschiedlicher Quellen und Methoden durch Triangulation miteinander verknüpft und diskutiert. Dies dient sowohl der Absicherung der Ergebnisse und der Prüfung auf Plausibilität als auch der Gewinnung zusätzlicher und/oder weiterführender Erkenntnisse über den Forschungsgegenstand. Die Triangulation als wesentliches Merkmal der Fallstudie nach YIN ist nicht nur eine Technik zur Datensammlung, sondern eine Forschungsstrategie, die quantitative und qualitative Elemente verbindet (siehe Kapitel 5.2.2).

5. Gütekriterien

In der Studie wird ein breiter Katalog von Gütekriterien berücksichtigt. Neben den klassischen Gütekriterien wird vor allem Wert auf eine intersubjektive Nachvollziehbarkeit gelegt (siehe Kapitel 5.2.1). Die Gütekriterien und ihre Umsetzung in der Forschungsarbeit werden nachfolgend beschrieben.

5.2 Gütekriterien quantitativer und qualitativer Forschung

Bei der Durchführung der Forschungen und der Erstellung der vorliegenden Arbeit wurden Maßnahmen zur Sicherung der üblichen wissenschaftlichen Standards ergriffen. Diese Sets verschiedener Kriterien werden für die quantitativen und qualitativen Anteile der Studie formuliert und anhand einiger Beispiele erläutert.

5.2.1 Kernkriterien zur intersubjektiven Nachvollziehbarkeit

In der qualitativen Forschung kann kein „Anspruch auf intersubjektive *Überprüfbarkeit* erhoben werden“, da eine „identische Replikation einer Untersuchung [...] aufgrund der begrenzten Standardisierbarkeit“ qualitativer Forschungen nicht möglich ist (STEINKE, 2010, S. 324). Dies be-

zieht sich sowohl auf die Durchführung, da eine Intervention oder qualitative Erhebung nicht exakt repliziert werden kann, als auch auf die Entscheidungen, die im Verlauf der Studie sowie innerhalb der Auswertung (bspw. Kategoriebildung, Paraphrasierung) getroffen werden. Das Gütekriterium der *intersubjektiven Nachvollziehbarkeit*, vor dessen Hintergrund die Daten analysiert und interpretiert werden, ersetzt daher in der qualitativen Forschung das Kriterium der intersubjektiven Überprüfbarkeit. Nach STEINKE (2010, S. 324) ist die wichtigste Methode für die intersubjektive Nachvollziehbarkeit die Dokumentation des Forschungsprozesses, um Außenstehenden die Bewertung des Forschungsprozesses und seiner Ergebnisse zu ermöglichen. Diese schließt in dieser Arbeit unter anderem die Dokumentation der Erhebungsmethoden und -kontexte, der Transkriptionsregeln, der Entscheidungen und Probleme sowie das Dokumentieren der Gütekriterien ein (ebenda, S. 325; z.B. auch HUNDERTMARK, 2012, S. 105).

Das Anwenden und Offenlegen kodifizierter Verfahren zielt ebenfalls auf die Herstellung von Intersubjektivität (und damit Objektivität) zur Standardisierung des methodischen Vorgehens, um eine Kontrolle beziehungsweise einen Nachvollzug der Untersuchung zu erleichtern (STEINKE, 2010, S. 326). Beleg- und Zitatangaben erhöhen die intersubjektive Nachvollziehbarkeit.

5.2.2 Objektivität, Reliabilität und Validität

Die »klassischen« Gütekriterien, Objektivität, Reliabilität und Validität, können vor allem auf die qualitativen Anteile dieser Studie nicht uneingeschränkt angewendet werden (z.B. nach BORTZ & DÖRING, 2006, S. 195 f. u. 326 f.; BÜHNER, 2011, S. 58 ff.; WILD & MÖLLER, 2009, S. 317 ff.). STEINKE (2010, S. 323) weist darauf hin, dass die Verwendung dieser Begriffe dazu führen könnte, dass „unterschiedliche und teilweise ungerechtfertigte Erwartungen“ an diese Kriterien geknüpft werden, da gerade der Begriff der Validität in der qualitativen Forschung anders verstanden wird als in quantitativer Forschung. BORTZ und DÖRING führen ebenfalls an, dass insbesondere in der Interviewforschung anstelle von Reliabilität und Objektivität eher von „unterschiedlichen Kriterien der »Validität«“ gesprochen werden sollte (2006, S. 326). Besonders das Kriterium der *Reliabilität* von qualitativen Studien ist umstritten (ebenda S. 327). Dieses Kriterium kann aufgrund des Studiendesigns und dabei vor allem durch die Entwicklung und den Einsatz der Instrumente im Feld nicht überprüft werden. Eine Messwiederholung bei gleicher Situation ist nicht möglich, denn Zufallsfaktoren, wie zum Beispiel Wohlbefinden oder Stimmung, können im Feldeinsatz nicht berücksichtigt werden (ebenda; WILD & MÖLLER, 2009, S. 318).

Die klassischen Gütekriterien werden im Folgenden nach *Durchführungs-* und *Auswertungsobjektivität* sowie *interner* und *externer Validität* aufgeschlüsselt dargestellt und in Bezug zur vorliegenden Studie gesetzt. Das Kapitel 6 beschreibt die verwendeten Forschungsmethoden und konkretisiert die Maßnahmen zur Sicherstellung ihrer Durchführungs- und Auswertungsobjektivität.

Durchführungsobjektivität

Die Durchführung der Interventionen und Datenerhebung wurde vorab geplant und strukturiert. Diese Struktur wird allen Beteiligten im Vorfeld ausführlich erklärt. An der Durchführung und der anschließenden informellen Evaluation der Interventionen sind oftmals zwei Lehrpersonen beteiligt.

Auswertungsobjektivität

Die Auswertungsobjektivität wird durch Anwendung etablierter statistischer Analyseverfahren bei den quantitativen Daten sowie der regelgeleiteten Analyse der qualitativen Daten angestrebt. Zur Quantifizierung der Übereinstimmung von Urteilen gleicher und verschiedener Rater gibt es je nach Skalenniveau und Categoriesystem verschiedene geeignete Übereinstimmungsmaße (z.B. WIRTZ & CASPAR, 2002, S. 40 ff.). Als ein Maß für Objektivität, das neben prozentualer Übereinstimmung die zufällige Übereinstimmung berücksichtigt, eignet sich bei nominalskalierten Daten *Cohens Kappa* (z.B. ebenda, S. 55 ff.). Werte ab .6 aufwärts sind allgemein als zufriedenstellende Übereinstimmung zu interpretieren (z.B. ebenda, S. 59; BORTZ & DÖRING, 2006, S. 277).

Interne Validität

Es werden mehrere Forderungen an die eingesetzten DiF- und Forschungsinstrumente gestellt, um eine möglichst hohe interne Validität zu erreichen:

- Das theoretische Grundgerüst zur Entwicklung und Konzeption einzelner DiF-Instrumente (*Diagnosecheckliste, Selbstlerneinheiten* und *Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende*) wird anhand etablierter und in der Literatur beschriebener Schemata und Prozesse abgeleitet (*Bearbeitungsmodell physikalischer Rechenaufgaben*; Kapitel 10).
- Die *curriculare Validität* der *diagnostischen Tests* und der *Selbstlerneinheiten* wird vor allem durch den Abgleich mit Lehrplänen, den Inhalten der Bezugsveranstaltung sowie Fachbüchern hergestellt.
- Die Überprüfung der *Validität* der DiF-Instrumente erfolgt unter anderem durch die Analyse der individuellen Nutzungsstrategien (im Rahmen der Forschungsfrage 2; wie z.B. von WILD & MÖLLER (2009, S. 319) als ein Teilaspekt der Validität beschrieben). Dazu werden vor allem ausführliche Interviews geführt und ausgewertet. Zusätzlich erfolgte eine informelle *kommunikative Validierung* der eingesetzten Testinstrumente während des Einsatzes und der Weiterentwicklung im Feld (wie z.B. von STEINKE, 2010, S. 320 vorgeschlagen).
- Die *Triangulation* quantitativer und qualitativer Daten wird in Fallstudien oftmals als eine geeignete Methode zur Beantwortung der Forschungsfragen und Erhöhung ihrer Validität angesehen (z.B. YIN, 2003, S. 97 ff.; KELLE & ERZBERGER, 2010, S. 299 f.). Eine breite Triangulation von Methoden, Theorien und Daten soll Einseitigkeit in der Betrachtung sowie Verzerrungen entgegenwirken (STEINKE, 2010, S. 320) und zusätzliche Erkenntnisse ermöglichen (FLICK, 2010, S. 318). Damit ist aber ausdrücklich nicht gemeint, lediglich unterschiedliche methodische Verfahren zur *Gewinnung* und zur anschließenden *Auswertung* von Daten zu verwenden (FLICK, 2008, S. 12). Die Methode der Triangulation wird in dieser Forschungsarbeit verwendet, um die Datenquellen (Interviews, Fragebögen, Nutzungs-/Teilnahmestatistiken, und Studierendenprodukte) miteinander in Verbindung zu bringen und zu diskutieren. Die Ergebnisse sowie die damit verbundene Argumentation werden offengelegt und erläutert (z.B. YIN 2003, S. 83).

Externe Validität

Fallstudien erheben nicht den Anspruch auf Generalisierung, wie es bei quantitativen Studien durch statistische Generalisierung möglich ist (z.B. HUNDERTMARK, 2012, S. 105). Der Anspruch auf statistische Generalisierbarkeit erlischt bei dieser Studie unter anderem schon aufgrund der geringen und nicht zufallsbedingten Stichproben.

Die quantitativen und qualitativen Daten werden mit dem Ziel der Erkundung des individuellen Nutzungsverhaltens, der Typbildung und der Kontrastierung von Merkmalsausprägungen im Sinne der explorativen Fallstudie nach YIN (2003) ausgewertet. Durch die kontrastierende Fallbeschreibung und die Angabe der Rahmenbedingungen (u.a. Fallzahlen, Semester, Veranstaltungsformen etc.) können Hinweise gegeben werden, in welchen Grenzen die Ergebnisse Gültigkeit haben (z.B. STEINKE, 2010, S. 329 f.). Die Entscheidung, ob von einem Phänomen auf andere Fälle oder auf ein allgemeingültiges Konzept geschlossen werden kann, muss jeweils vor dem Hintergrund der konkreten Fälle getroffen werden und ist unter diesem Vorbehalt zu sehen (z.B. PRZYBORSKI & WOHLRAB-SAHR, 2010, S. 316).

5.2.3 Nebengütekriterien der entwickelten Diagnose- und Testinstrumente

Bei der Entwicklung der Diagnose- und Testinstrumente werden Nebengütekriterien des Nutzens und der Ökonomie beachtet. Dazu werden der Entwicklung und Konzeption der DiF-Instrumente etablierte (fach-)didaktische Konzepte und Theorien zu Grunde gelegt (Kapitel 11-14). Die Ökonomie wird in Form einer kurzen Durchführung, einfachen Handhabung sowie schnellen Auswertbarkeit der Instrumente angestrebt.

Bei den diagnostischen Tests wird soweit möglich auf vorhandene, bereits validierte oder validitätsähnliche Tests beziehungsweise Testaufgaben zurückgegriffen (Kapitel 14). Diese Normierung erhöht die Vergleichbarkeit der Ergebnisse (BÜHNER, 2011, S. 71 f.).

5.2.4 Verflechtungen zwischen Interventionen und Forschung

Eine Besonderheit dieser Forschungsarbeit ist, dass der Autor sowohl bei der Durchführung der Interventionen an der TU Dortmund als auch in deren Beforschung involviert war. Die (partizipative) Aktionsforschung beschreibt die Schwierigkeiten, aber auch Möglichkeiten dieser Involvierung (z.B. ALTRICHTER & POSCH, 1998, S.13 ff.; BERGOLD & THOMAS, 2010, S. 333 ff.). Aktionsforschung wird vor allem zur Unterrichtsanalyse und Entwicklung im schulischen Bereich eingesetzt, wenn eine Person ihr eigenes Handeln und dessen Auswirkungen erforscht (ALTRICHTER & POSCH, 1998, S. 21). ALTRICHTER und POSCH sehen als eine mögliche Datenquelle die eigenen Beobachtungsnotizen vor und beschreiben als ein Charakteristikum der partizipativen Aktionsforschung einen zyklischen Kreislauf von Aktion und Reflexion (ebenda, S. 17, S. 26 ff. u. S. 116 ff.). Die (partizipative) Aktionsforschung eignet sich daher für Vorhaben, bei denen Interventionen im praktischen Einsatz (weiter-)entwickelt und evaluiert werden. Vorteilhaft ist hierbei, dass die Interventionen und eventuell nötige Anpassungen meist direkt, das heißt ohne Trainingsbeziehungsweise Schulungsprogramme umgesetzt werden können.

Die enge Verflechtung zwischen Forscher und Durchführendem bietet in dieser Studie weitere Vorteile. Sie erhöht die Realibilität der Interventionen und die Validität der Beobachtungen, da

die Umsetzung direkt kontrolliert und zusätzliches nicht standardisiertes Feedback einbezogen werden kann. Die direkte Involvierung birgt aber die Gefahr einer mangelnden Durchführungs- und Auswertungsobjektivität. Diesen wird zum Beispiel durch die Verwendung standardisierter Verfahren (z.B. Fragebögen, standardisierte Interviews, kategoriegeleitete Auswertung) und der oben genannten Gütekriterien entgegengewirkt. Weiterhin wurden die Interventionsveranstaltungen und Diagnosen sowie Förderempfehlungen in Kooperation durchgeführt beziehungsweise erstellt. Nach STEINKE (2010, S. 326) ist vor allem die Interpretation und kommunikative Validierung innerhalb der Forschergruppe eine „diskursive Form der Herstellung von Intersubjektivität und Nachvollziehbarkeit“.

6 Forschungsinstrumente, Datenquellen und Auswertungsmethoden

Die DiF-Instrumente werden in so genannten Interventionsveranstaltungen (Kapitel 7) integriert und im Rahmen dieser sowohl während als auch nach Ende der Vorlesungszeit vor allem durch *Interviews* und *Fragebögen* beforscht. Die Durchführung, Auswertungsmethoden und Maßnahmen zur Sicherung ihrer Güte werden in den Kapiteln 6.1 und 6.2 beschrieben. Freie Antworten der Studierenden auf offene Fragen in Fragebögen werden mit derselben Methode ausgewertet wie die Interviews. Bei der Datenerhebung wurde angestrebt, sämtliche Teilnehmer einer Veranstaltung durch Fragebögen sowie (freiwillige) Interviews zu erfassen. Allerdings variiert der Stichprobenumfang, da die Studierenden im Laufe des Semesters die Veranstaltung nicht mehr besuchen oder gar ihr Studium abbrechen. Als weitere Datenquelle werden die während der Durchführung der Interventionen erhobenen *Nutzungsstatistiken* einbezogen. Diese umfassen neben der Regelmäßigkeit der Teilnahme an den Veranstaltungen vor allem die Nutzung von DiF-Instrumenten und -Angeboten. Mit Hilfe dieser Statistiken wurden Angaben in Interviews und in Fragebögen auf Plausibilität und Glaubhaftigkeit überprüft.

Einige der in den späteren Kapiteln dieser Arbeit vorgestellten DiF-Instrumente sowie die zugehörigen Materialien der Studierenden wurden auch als Forschungsinstrument verwendet (Kapitel 6.3).

Die Forschungsarbeit ist im Rahmen des Projekts *dortMINT* (Kapitel 3) in sehr umfangreiche Interview- und Fragebogenstudien eingebettet. Diese haben unter anderem die Entwicklung und Weiterentwicklung verschiedener DiF-Ansätze sowie die Untersuchung des Einflusses der Interventionen auf die Studierenden zum Ziel. Dabei geht es vor allem um die Einstellungen zu DiF, dem eigenen Studium und dem zukünftigen Lehrberuf. Um den gesamten Interventions- und Forschungsprozess transparent darzustellen, sind im Anhang B auch diese Frageblöcke der Projekt- und Veranstaltungsevaluation enthalten.

6.1 Interviews

Die Tabelle 6.1 zeigt eine Übersicht, welche Interviews in den verschiedenen Interventionsveranstaltungen geführt und bezüglich der Entwicklung der Instrumente und Beantwortung von Forschungsfragen nach der im Folgenden beschriebenen Methode ausgewertet wurden. Die folgenden Unterkapitel beschreiben das Sampling, die Erstellung der Leitfäden, die Durchführung, Auswertung und die Güte der Interviewauswertung.

Tabelle 6.1 Zur Beantwortung der Forschungsfragen (FF) ausgewertete Interviews. Zur Evaluation und Entwicklung (E) ausgewertete Interviews.

| | TU Dortmund | | | | |
|----------------------------------------------------|-------------|-----------|-------|--------------|-------|
| | Übung | DiF-Übung | | DiF-Tutorium | |
| | WS | SS | WS | SS | WS |
| | 09/10 | 10 | 10/11 | 11 | 11/12 |
| Interviewte Personen (insgesamt) | 11 | 4 | 7 | 8 | 3 |
| Voruntersuchung | FF | - | - | - | - |
| Diagnosecheckliste | - | E | FF | - | - |
| Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende | - | E | FF | - | - |
| Selbstlerneinheiten | - | E | E | FF | FF |
| Diagnostische Tests | - | E | E | FF | FF |

6.1.1 Sampling der befragten Personen

Geringe Vorkenntnisse zu fachinhaltlicher Diagnose und individueller Förderung in der Hochschulausbildung erfordern einen explorativen und qualitativen Ansatz. Qualitative Forschung zielt auf die „Rekonstruktion *typischer* Muster und nicht auf *Verteilungsaussagen*“ (HELFFERICH, 2011, S. 173). Hierzu eignen sich die projektbedingt gegebenen kleinen Stichproben (Lehramtsstudierende Physik), die aber nur einen geringeren Verallgemeinerungsgrad ermöglichen (vgl. z.B. ebenda, S. 173 ff.; siehe auch Kapitel 5.2.2). Die Ergebnisse der Interviews werden somit vor allem zum Explorieren und Belegen individueller Nutzungsstrategien (im Rahmen der Forschungsfrage 2) verwendet.

Nicht alle Veranstaltungsteilnehmer wurden zu den DiF-Instrumenten interviewt, da diese Interviews auf freiwilliger Basis geführt wurden. Es ist somit anzunehmen, dass die Interviewteilnehmer für neue Konzepte eher offen und der Interventionsveranstaltung sowie den darin eingesetzten DiF-Instrumenten gegenüber tendenziell positiv eingestellt waren. Es handelt sich um eine nur geringe und zudem vermutlich positiv beeinflusste Stichprobe. Das gilt insbesondere für die Teilnehmer derjenigen Veranstaltungen, die auf freiwilliger Basis besucht wurden (DiF-Tutorien und DiF-Vorkurs).

Die Tabellen im Anhang F geben einen Überblick über die Verteilung der Personen in den Veranstaltungen und ihre Teilnahme an den Interviews. Bei der Auswahl der Interviewteilnehmer konnte ein *theoretical sampling* (z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 333; KELLE & KLUGE, 2010, S. 41 ff.) in Form einer möglichst kontrastierenden Fallauswahl bei der kleinen Stichprobe aus freiwilligen Probanden nicht umgesetzt werden. Von einem Teil der interviewten Personen konnten mit Hilfe eines Kurzfragebogens studiumsbezogene Voraussetzungen erhoben werden (u.a. Zeitdauer seit dem letzten Schulunterricht in Mathematik und Physik sowie die jeweilige Schul- sowie Abiturnote. Diese Merkmale verteilten sich bei den Personen sehr inhomogen (Abbildung 6.1 und Tabelle F.3 im Anhang).

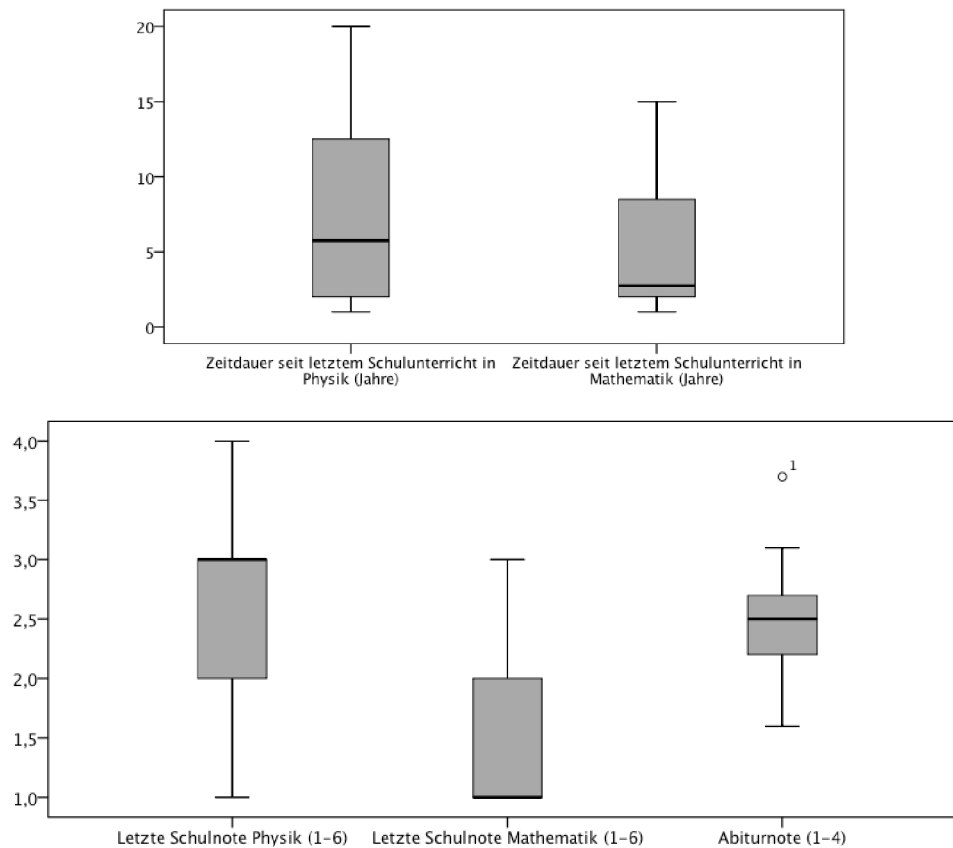


Abbildung 6.1 Studienbezogene Voraussetzungen der interviewten Studierenden (soweit Erhebung möglich). Details und weitere Werte siehe Anhang F.3. Oben: Zeitdauer seit letztem Schulunterricht in Physik und Mathematik (N = 12). Unten: Letzte Schulnote in Physik (N = 11) und Mathematik (N = 12) sowie Abiturnote (N = 10).

6.1.2 Interviewleitfäden

Es wurden durch Leitfäden strukturierte Interviews durchgeführt (z.B. HELFFERICH, 2011, S. 36). Diese ermöglichen eine hohe Standardisierung des Interviewablaufes. Hierzu wurden zunächst in Anlehnung nach HELFFERICH Interviewleitfäden erstellt, die nach der so genannten SPSS-Methode (Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren; ebenda, S. 182 ff.) entwickelt wurden. Die SPSS-Methode soll „der Vergegenwärtigung und dem Explizieren des eigenen theoretischen Vorwissens und der impliziten Erwartungen an die von den Interviewten produzierten Erzählungen“ dienen (ebenda, S. 182). Die SPSS-Methode wurde gewählt, weil durch die Methode ein hohes Maß an Qualität der Interviewfragen in Bezug auf die Forschungsfragen und den Forschungsgegenstand sichergestellt werden kann. HELFFERICH schlägt vor, die Leitfäden in Leitfragen beziehungsweise Erzählaufforderungen sowie Checkpunkte einzuteilen. Letztere dienen der Kontrolle, ob während der Interviewdurchführung alle Themen abgedeckt wurden (ebenda, S. 185).

Wenn möglich wurde zu Beginn der Interviews ein einfaches beziehungsweise allgemeines Thema gewählt, um mit einer einleitenden Frage oder Erzählaufforderung die interviewte Person auf das Erzählen »einzustimmen«. Fragen, die mit *Ja* oder *Nein* beantwortet werden können, wurden möglichst als Block ans Ende gesetzt, um nicht zu Beginn des Interviews zu einem *Ja/Nein-Antwortschema* zu verleiten.

6.1.3 Interviewdurchführung

Die *Durchführungsobjektivität* der Interviews wurde durch die Verwendung standardisierter Interviewleitfäden und einer für alle Probanden gleichbleibenden Interviewsituation (Umgebung, Interviewer) gesichert (z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 326).

Die Interviews fanden zeitnah nach dem Einsatz der DiF-Instrumente statt. Um sicherzustellen, dass „wahrheitsgemäß“ auf die Fragen geantwortet wird, wurde der Forschungsprozess für alle Beteiligten transparent gestaltet (STEINKE, 2010, S. 320). Hierzu wurde den Personen Anonymität zugesichert und ihre besondere Rolle in dem Forschungsprozess erläutert. Es wurde betont, dass ehrlich geantwortet werden soll und dass positive wie auch negative Äußerungen den gleichen Stellenwert für die Forschung besitzen. Den Teilnehmern wurde außerdem angeboten, dass sie im Anschluss oder auch zu einem späteren Zeitpunkt Fragen zu den Interviewinhalten oder dem Forschungsvorhaben stellen können. In den Interviews wurden die besprochenen DiF-Instrumente ausgelegt. Bei längeren Interviews, oder wenn ein größerer Vorbereitungsaufwand bestand, wurde eine Probandenvergütung gezahlt.

6.1.4 Transkription

Die Audiodaten aus den Interviews wurden transkribiert. Im Hinblick auf die spätere computergestützte Auswertung, das Forschungsinteresse sowie zur Wahrung der Güte wurden dabei Transkriptionsregeln in Anlehnung an KUCKARTZ (2010, S. 43 f.) angewendet. Die Transkriptionsregeln befinden sich im Anhang E.1.

Nach der Transkription wurden die personenbezogenen Inhalte (Namen, Zweitfachangaben etc.) durch Substitution mit Codes anonymisiert, um Rückschlüsse auf die einzelnen Personen zu verhindern. Die Personen erhielten einen gleichbleibenden Code, um einen Vergleich zwischen Interviewaussagen, Fragebögen, Materialien, Teilnahmen (Plausibilität der Angaben) und eine Längsschnittbetrachtung zu ermöglichen.

Zitate der befragten Personen werden als Belegstellen wiedergegeben. Diese sind mit dem Code der befragten Person gekennzeichnet. Falls Informationen hinzugefügt oder Textstellen ausgelassen worden sind, werden diese folgendermaßen gekennzeichnet: Informationen aus dem Kontext, aus vorangegangenen oder folgenden Interviewabschnitten oder Informationen, die aus anderen Quellen entstammen, sind in eckigen Klammern dargestellt. Beispiel: „[Nach der Bearbeitung] kann man selbst noch mal gucken, ob man die Sachen [Aspekte der Diagnosecheckliste] wirklich aufgeschrieben hat.“ (S05). Werden für die Kernaussage irrelevante Abschnitte ausgelassen, sind diese Auslassungen mit [...] dargestellt.

6.1.5 Auswertungsmethode

Die qualitative Auswertung der Interviewtranskripte erfolgte mit Hilfe der Software MAXQDA in zwei Schritten, die nachfolgend beschrieben werden. Hierbei wurden die anonymisierten Transkripte verwendet, um zunächst möglichst objektiv und unbeeinflusst von den subjektiven Erfahrungen und Erlebnissen aus den Interventionsveranstaltungen vorgehen zu können.

Schritt 1 - Textsegmentanalyse

Der Interviewleitfaden gibt den Interviewdaten und ihrer Auswertung eine Struktur sowie Abfolge. Die befragten Personen können Themen aber gegebenenfalls schon vorgreifen oder Erklärungen und Ergänzungen in einem späteren Abschnitt nachliefern. Der erste Schritt des kategoriegeleiteten Auswertungsprozesses besteht daher aus dem Auffinden und Markieren sämtlicher für die Beantwortung der Forschungsfragen relevanter Textsegmente in den Transkripten. Dieses Vorgehen erhöht die Auswertungsvalidität (siehe nächstes Kapitel).

Schritt 2 - Codegenerierung und Codezuweisung

Die Antworten beziehungsweise Äußerungen der Personen zu den entsprechenden Fragen des Interviewleitfadens werden im zweiten Schritt codiert. Die *Codes* können sich entweder deduktiv durch Vorüberlegungen und (auch allgemeine) Theorihintergründe ergeben oder induktiv als so genannte offene Codes aus den Daten generiert werden (z.B. BÖHM, 2010, S. 477 f.; KUCKARTZ, 2010, S.75 f.). Codes und Codierungen können im Laufe des Auswertungsprozesses in *Kategorien* organisiert oder zu neuen Codes zusammengefasst werden.

Bereits beim Erstellen und Strukturieren der Interviewleitfäden sind Überlegungen und Annahmen in Bezug auf den Forschungsstand und den Erwartungshorizont (ohne dessen Offenheit zu beschränken) eingeflossen. Zum einen liefern die Leitfäden daher deduktive Codes (bspw. retrospektive oder parallele Verwendung der Instrumente, erlebter Nutzen in Form von Strukturierung des Vorgehens), zum anderen Kategorien (bspw. DiF-Instrumente, Verwendungsbeschreibungen, Verbesserungsvorschläge). Der Auswertungsprozess berücksichtigt die bei der Fallstudie nach YIN geforderten theoretischen Vorhersagen und Annahmen zum Forschungsgegenstand (siehe Kapitel 5.1).

Das induktive Codieren findet zum Beispiel beim Explorieren der individuellen Nutzungsstrategien der Studierenden Anwendung. Im Verlauf des Auswertungsprozesses können aus den anfangs offenen oder *in-vivo-Codes* auch paraphrasierte beziehungsweise allgemeine Codes generiert und auf andere Transkripte angewendet werden (*axiales* sowie *selektives Codieren*; z.B. BÖHM, 2010, S. 478 f.; KUCKARTZ, 2010, S. 77 ff.).

Eine quantitative Auswertung beziehungsweise Interpretation ist dabei nicht immer sinnvoll. Die Häufigkeiten in der Codezuweisung können zwar unter Berücksichtigung des Samplings durchaus als Indiz gewertet werden. Es bedeutet aber im Umkehrschluss nicht, dass beispielsweise eine fehlende oder nur seltene Nennung eines genannten Nutzens von anderen befragten Person nicht auch erlebt wurde. Verwendungsmuster, die erst durch Exploration bekanntgeworden sind, konnten im Zuge der Interviewvorbereitung und Erstellung der Leitfäden nicht aufgegriffen und somit nicht systematisch sowie gezielt befragt werden.

Das beschriebene Vorgehen steht scheinbar im Widerspruch zur *grounded theory*, die anfänglich ein »freies«, von der Theorie losgelöstes Vorgehen forderte (HUNDERTMARK, 2012, S. 92 f.). Neuere Ausprägungen (z.B. KELLE & KLUGE, 2010, S.23; CHI, 1997, S. 309) schließen aber

ganz im Sinne der Fallstudie nach YIN (2003) neben dem unabhängigen induktiven Zugang aus den Daten heraus auch explizit den theoriegeleiteten deduktiven Zugang mit ein (HUNDETMARK, 2012, S. 94 f.).

Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse der Codezuweisung werden in Codetabellen dargestellt und zum Teil mit Zitat- und Belegstellen illustriert, um die Transparenz und intersubjektive Nachvollziehbarkeit zu steigern. Dabei ist die Anzahl der Codezuweisungen zu unterschiedlichen Transkripten angegeben, die somit Codezuweisungen zu unterschiedlichen Personen entsprechen. Wenn mehrere Codes einer Kategorie zu einem Transkript zugewiesen werden konnten, wird die Kategorie mit dem Präfix *M* für *mehrfach* gekennzeichnet (z.B. wenn eine Person mehrere verschiedene Nutzungsstrategien einer Kategorie beschreibt; siehe bspw. Codetabelle 11.1 in Kapitel 11.4.1). Die Häufigkeiten sind unter dem oben beschriebenen Vorbehalt der quantitativen Aussagekraft zu interpretieren.

6.1.6 Überprüfung der Güte der Auswertungsmethodik

Codes und *Kategorien* können sich im Laufe der Auswertungen mehrfach weiterentwickeln. Die Verwendung der Software MAXQDA ermöglicht zu jeder Zeit der Auswertung eine Überprüfung der codierten Textstellen aus sämtlichen Transkripten auf Gültigkeit des Codes und kann somit die Objektivität der Auswertung erhöhen.

Zur Validierung der qualitativen Daten gehört auch der Plausibilitätsvergleich unterschiedlicher Abschnitte der Interviews sowie der Einbezug weiterer Datenquellen (Triangulation), um widersprüchliche Angaben zu ermitteln (z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 328 u. S. 365 f.). Ebenfalls ist die meist informell erfolgte interpersonale Konsensbildung (*konsensuelle Validierung*) der an dem Projekt beteiligten Forscher sowie die *kommunikative Validierung* mit den Beforschten im Rahmen der Interviews und Interventionsveranstaltungen ein Indiz für Validität (ebenda, S. 328). Bei unklaren Codierungen wird die Meinung eines zweiten Forschers eingeholt (*konsensuelles Codieren*; KUCKARTZ, 2010, S. 92).

Die Zuverlässigkeit der im vorherigen Kapitel beschriebenen kriteriengeleiteten Auswertungsmethode ist von der Objektivität der Codierungen abhängig, die zum Beispiel durch die Bestimmung einer *Inter-Coder-Übereinstimmung* sicherzustellen ist (z.B. KUCKARTZ, 2010, S. 172; BECK & MAIER, 1994, S. 57 ff.).

Schritt 1 - Textsegmentanalyse

Die Reliabilität des ersten Auswertungsschritts wurde anhand der Interviews über die DiF-Instrumente überprüft. Sie sind sehr umfangreich (z.B. im WS 10/11 je Transkript im Schnitt ca. 300 Turns) und inhaltlich komplex. Die zugehörigen Interviewleitfäden greifen durch verschiedene Frageblöcke die DiF-Instrumente wiederholt und an verschiedenen Stellen auf. Zudem kann-

ten die Personen auch spontan Aussagen machen, die für die Beantwortung der Forschungsfragen inhaltlich relevant erscheinen.

Der Prozess der Textsegmentanalyse ist zum Teil hoch inferent. Eine (automatisierte) Suche nach Schlagworten alleine ist nicht ausreichend, denn es muss inhaltlich anhand des Kontextes entschieden werden. Zum Beispiel könnten mit den Begriffen *Checkliste* oder *Liste* anstelle des Instruments *Diagnosecheckliste* auch selbst erstellte Listen zur Klausurvorbereitung gemeint sein. Zudem sind nicht alle Abschnitte, die einen auf ein bestimmtes Instrument bezogenen Begriff enthalten, inhaltlich in Bezug auf die Forschungsfragen relevant. Beispielsweise kann der Interviewer im Rahmen einer Frage verschiedene Instrumente zur Auswahl stellen, zu denen die befragte Person sich äußern soll. Die darauf folgenden Passagen sind inhaltlich nur für die dort tatsächlich besprochenen Instrumente relevant.

Es wird überprüft, wie zuverlässig zwei Codierer die Textsegmente bestimmen können. Als Maß dafür dient der Prozentsatz der übereinstimmend identifizierten Überlappungen. Eine Überlappung von Codes wird von der Software MaxQDA anhand der Codeposition und -länge bestimmt. Der Prozentsatz, ab dem eine Überlappung zweier codierter Textsegmente als Übereinstimmung gewertet wird, wurde auf 90 % der Codelänge festgelegt.³

Unterschiedlich codierte Textsegmentgrenzen können sich vor allem dadurch ergeben, dass Übergänge zwischen den Gesprächsthemen oftmals frei von relevanten Inhalten sind und die Turns inhaltlich »ausfransen«. Die zur Auswertung verwendete Software MaxQDA zeigt zudem die vorherigen und folgenden Abschnitte des Transkriptes an, so dass diese bei der weiteren Auswertung berücksichtigt werden können.

Eine turnweise Bewertung der Codierung ist allerdings nicht sinnvoll: Eine Codierung beziehungsweise Nicht-Codierung der Übergänge zwischen den Segmenten ist im Sinne der oben beschriebenen Auswertungsvalidität weder falsch noch richtig. Zudem scheint die Verwendung eines Übereinstimmungsmaßes, wie beispielsweise *Cohens Kappa*, nicht geeignet, da die Codierung bei der Textsegmentanalyse sehr einseitig nur aus der Zuweisung oder Nicht-Zuweisung eines einzigen Codes besteht.

Die Textsegmentanalyse wurde durch das Auffinden aller inhaltlich relevanter Textsegmente zu den Instrumenten *Diagnosecheckliste* (Kapitel 11) sowie *Selbstlerneinheiten* (Kapitel 12) abgesichert. Dazu wurden zwei (zum Instrument *Diagnosecheckliste*, WS 10/11) beziehungsweise drei (zum Instrument *Selbstlerneinheiten*, WS 10/11 und SS 11) Transkripte per Zufall ausgewählt, in denen diese Instrumente laut Interviewleitfaden besprochen wurden. Die Codierung der relevanten Textsegmente erfolgte turnweise anhand des im Anhang E.2 abgedruckten Manuals. Es ergibt sich eine über alle Dokumente gemittelte Inter-Coder-Übereinstimmung von 100 % für das Instrument *Selbstlerneinheiten* und von 67 %⁴ für das Instrument *Diagnosecheckliste*. Eine Analyse der codierten Textstellen liefert dazu eine Erklärung: Bei einem kurzen Abschnitt über die *Diagnosecheckliste*, der zudem inhaltlich stark »ausfranst«, beträgt die Überlappung nur knapp über 60

³ Das bedeutet: Codiert ein Codierer die Turns 1 bis 20 und ein anderer Codierer die Turns 1 bis 19 mit dem gleichen Code, so würde diese Codierung als Übereinstimmung gewertet.

⁴ Das heißt, in zwei Drittel der Fälle überlappen sich die codierten Textsegmente zu mindestens 90 %.

% der Turns. Die Methode funktioniert also systematisch um so besser, je länger die Kernabschnitte (im Vergleich zu den »ausfransenden Rändern«) sind. Eine geringere Überlappung bei vergleichsweise kurzen Abschnitten ist für die weitere Auswertung aber nicht problematisch, da an die markierten Turns angrenzenden Passagen ebenfalls angezeigt werden und in die weitere Auswertung einbezogen werden können. Wertet man diesen Abschnitt als Übereinstimmung, ergibt sich für das Instrument Diagnosecheckliste eine gemittelte Inter-Coder-Übereinstimmung bei der Textsegmentanalyse von 83 %. Die Inter-Coder-Übereinstimmung ist zufriedenstellend und die Objektivität der Textsegmentanalyse somit akzeptabel.

Schritt 2 - Codegenerierung und Codezuweisung

Die deduktive und induktive Generierung der Codes ist bereits Teil der qualitativen Auswertung und sehr stark abhängig von dem Forschungsinteresse beziehungsweise den Forschungsfragen sowie dem Forscher selber. Es kann somit nicht erwartet werden, dass andere Personen die gleichen Codes oder eine gleiche Menge von Codes generieren würden, wohl aber dass sie vorgegebene Codes in den Textsegmenten codieren würden (siehe *intersubjektive Nachvollziehbarkeit*, Kapitel 5.2.1).

Bei der Beurteilung der Güte der Codezuweisung erfolgte anders als bei der Textsegmentanalyse eine Prüfung auf Vorhandensein der Codes und nicht auf Überlappung. Dieses hat den Grund, dass in den Transkripten der Interviews eine Beschreibung der Erlebnisse teilweise über sehr lange Passagen stattfindet und hierbei besonders das »inhaltliche Ausfransen« zum Tragen kommt (s.o). Codes können daher in den gleichen Dokumenten an unterschiedlichen (Beleg-)Stellen und mit unterschiedlicher Codelänge gesetzt werden. Es wird also überprüft, ob die vorgegebenen Textsegmente von unterschiedlichen Codierern gleich interpretiert werden (also der gleiche Code aus einem Codeset zugewiesen wird) und nicht, ob die Position oder Länge der Codierung übereinstimmt.

Das Verfahren der Codezuweisung wurde anhand der Interviews der Voruntersuchung überprüft (Manual im Anhang E.3). Das Codeset besteht aus zwei interpretativen und zwei nicht-interpretativen Codekategorien mit insgesamt zwölf Codes (Kategorien und Codes des Codesets in Code-tabelle 8.1, Kapitel 8.2.1). Zur Bestimmung der Inter-Coder-Übereinstimmung wurden sämtliche elf Transkripte der Voruntersuchung anhand dieses Codesets doppelt codiert. Die gemittelte Inter-Coder-Übereinstimmung ist mit einem *Cohens Kappa* von .98 (.94 - 1.00) zufriedenstellend und die Objektivität der Methode somit akzeptabel.

6.2 Fragebögen

Es wurden Fragebögen mit *Ja/Nein-Fragen*, Bewertungsskalen und kurzen offenen Antworten eingesetzt. Bei den Bewertungsskalen handelt es sich um Ordinalskalen, bei deren Auswertung ein metrisches Skalenmaß unterstellt wird (z.B. BÜHNER, 2011, S. 114 f.). Die Antworten auf die offenen Fragen wurden nach der gleichen Methode wie die Interviews ausgewertet und dargestellt (Kapitel 6.1.5).

Wie auch bei den Interviews wurde den Personen Anonymität bezüglich ihrer Angaben zugesichert und ihnen ihre besondere Rolle in dem Forschungsprozess erläutert. Einige Teilnehmer haben die Fragebögen außerhalb der Veranstaltung ausgefüllt und anschließend abgegeben.

Auf manchen Fragebögen war ein freiwillig auszufüllendes Feld zur Namensnennung enthalten. Bei Auffälligkeiten wurden diese Fragebögen noch einmal kontrolliert und wenn möglich durch Rücksprache mit den Studierenden, die ihren Namen angegeben hatten, abgesichert.

Im Zuge der Beantwortung der Forschungsfragen wurden einzelne Fragen oder Abschnitte aus den Fragebögen herausgegriffen und ausgewertet. Bei der Auswertung wurden widersprüchlich beantwortete Abschnitte ausgeschlossen. Die verwendeten Fragebögen (Anhang C) werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

6.2.1 DiF-Fragebogen

Der DiF-Fragebogen wurde im Rahmen des dortMINT Teilprojektes I1 (Kapitel 3.2) entwickelt und von den beteiligten Fächern adaptiert und eingesetzt (siehe BUSCH et al., 2013, S.6 9 ff.; für Projektergebnisse aus der Mathematik siehe ebenda, S. 71 ff.). Das Hauptaugenmerk des DiF-Fragebogens liegt auf der Erfassung der Einschätzung der Studierenden zu den erlebten DiF-Instrumenten in den Interventionsveranstaltungen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Einfluss der Interventionen auf die Einstellungen zu DiF. Der Fragebogen besteht aus mehreren unabhängigen Frageblöcken, die an die Veranstaltungen angepasst und im Laufe der Forschungsmaßnahmen um weitere Frageblöcke erweitert wurde. Der Einsatz von identischen beziehungsweise an die Veranstaltungsformen angepassten Frageblöcken sollte einen Vergleich der Akzeptanz der in den verschiedenen Veranstaltungen eingesetzten DiF-Instrumente ermöglichen (Kapitel 15). Die übrigen, in dieser Arbeit nicht aufgegriffenen Abschnitte des DiF-Fragebogens dienen der Projektevaluation und sind in BUSCH et al. (2013, S. 69 ff.) beschrieben.

Zur Charakterisierung der Stichprobe wurden einzelne Fragen aufgegriffen (Auswertung im Anhang F.4). Der DiF-Fragebogen umfasst zudem weitere Instrumente, die im Glossar (Anhang A. 1) beschrieben sind, aber im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht ausgewertet worden sind. Interviews haben gezeigt, dass die befragten Personen organisatorische und methodische Aspekte nicht sauber trennen. Daher wurde ab dem Wintersemester 2011/2012 eine Frage zur Einschätzung der DiF-Instrumente (wie zum Beispiel der Diagnosecheckliste) zu beiden Aspekte erweitert.⁵

⁵ „Hat mir organisatorisch etwas gebracht“ wurde erweitert zu „Hat mir organisatorisch/methodisch etwas gebracht“

6.2.2 Weitere Fragebögen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen sowie zur Evaluation und Weiterentwicklung der Instrumente wurden außerdem die nachfolgend beschriebenen Fragebögen eingesetzt.

Teilnahme am DiF-Tutorium (WS 11/12)

Mit einem Fragebogen wurde zum Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2011/2012 in einer Pflichtveranstaltung die Zielgruppe des DiF-Tutoriums befragt, welche Gründe für oder gegen eine Teilnahme sprechen. Die Teilnehmerzahlen am DiF-Tutorium an der TU Dortmund im Wintersemester 2011/2012 waren nach der zweiten Hälfte der Vorlesungszeit deutlich rückläufig. Daher wurden die Personen, die bis dahin regelmäßig teilgenommen hatten, per E-Mail mit einem zweiten Fragebogen nach möglichen Gründen befragt.

Mathematiktest Universität Duisburg-Essen (WS 11/12)

Im Wintersemester 2011/2012 wurde ein Fragebogen in zwei Parallelübungen der Universität Duisburg-Essen eingesetzt. Mit diesem sollten die Gründe der Inanspruchnahme der Individualdiagnose anhand des Mathematiktests erhoben werden.

6.3 DiF-Instrumente als Forschungsinstrumente

Die DiF-Instrumente *Diagnosecheckliste*, *Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende* und die *diagnostischen Tests* wurden sowohl als Diagnose- beziehungsweise Förderinstrumente als auch als Forschungsinstrumente verwendet. Die Auswertungsmethodiken, die Maßnahmen zur Sicherstellung der Auswertungsgüte und die Ergebnisse sind in den Kapiteln 11, 13 und 14 beschrieben.

Wie auch bei den Interviews wurde den Studierenden ihre Rolle bei der Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie erklärt. Dabei wurde vor allem die Wichtigkeit einer reflektierten Nutzung und von ehrlichen Angaben betont. Die Interviews über die individuellen Nutzungsstrategien der DiF-Instrumente liefern Bestätigungen bezüglich der Validität der Daten.

7 Kontexte der Untersuchung

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Fälle sind jeweils in ihrem Kontext zu betrachten und entsprechend zu bewerten. Das folgende Kapitel beschreibt die Kontexte, unter denen die Instrumente an der TU Dortmund sowie der Universität Duisburg-Essen eingesetzt, evaluiert und erforscht wurden. Hierbei werden zunächst die Bezugsveranstaltungen (Kapitel 7.1) und anschließend die verschiedenen Interventionsveranstaltungen dargestellt (Kapitel 7.2).

Während die Übungen Pflichtveranstaltungen sind, erfolgt die Teilnahme an den übrigen Interventionsveranstaltungen sowie die Nutzung der Selbstlerneinheiten (Kapitel 12) auf freiwilliger Basis. Da sich die Bezugsveranstaltungen an der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen über Winter- und Sommersemester erstrecken, waren einige Teilnehmer in mehreren Semestern identisch. Die Tabellen F.1 und F.2 im Anhang geben einen Überblick über die Verteilung der Studierenden in den Veranstaltungen.

7.1 Bezugsveranstaltungen

Die beiden Bezugsveranstaltungen an der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen haben zwei Gemeinsamkeiten: Beide Veranstaltungen stellen die zentralen Grundlagenveranstaltungen für die Lehramtsstudierenden im Bereich Sekundarstufe I dar. Die Studierenden müssen in den Übungen zu den Vorlesungen vorrangig Übungsaufgaben vom Typ *physikalische Rechenaufgabe* bearbeiten (Kapitel 9).

7.1.1 Bezugsveranstaltung TU Dortmund

Die Bezugsveranstaltung an der TU Dortmund ist ein zweisemestriger Experimentalphysikzyklus. Die Vorlesung ist für Nebenfachstudierende im zweiten und dritten Fachsemester konzipiert und nicht lehramtsspezifisch. Es gelten einheitliche Übungsaufgaben (wöchentlich) und Klausuren (jeweils am Ende des Semesters). Die Vorlesung besteht je aus zwei SWS Vorlesung und je einer SWS mathematische Ergänzungen (Vorlesung und Übung). Für Lehrämter gibt es eine eigene Übung (2 SWS) sowie stoffdidaktische Ergänzungen (1 SWS).

Die inhaltlichen Schwerpunkte sind im Wintersemester Mechanik und Wärmelehre sowie im Sommersemester Elektrodynamik und Optik (Anhang D.4). Die Veranstaltung deckt „inhaltlich die physikalische Grundausbildung im Bereich der klassischen physikalischen Themen ab“ (TU DORTMUND, 2010, S. 1) und ist somit der wichtigste Grundstein in der fachinhaltlichen Ausbildung der angehenden Lehrkräfte. Die dort vermittelten Fachinhalte sollten daher im Hinblick auf die spätere Umsetzung von DiF besonders fundiert erworben werden (dortMINT Projektziele; Kapitel 3.1). Den Zyklus beginnen die Studierenden laut Studienverlaufsplan mit der Veranstaltung im Sommersemester. Die Bezugsveranstaltung wurde im Verlauf der Studie von verschiedenen Professoren gehalten. Hierbei sind die fachlichen Inhalte und ein großer Teil der verwendeten Vorlesungsfolien identisch. Die mathematischen Ergänzungen werden in Form einer Vorlesung angeboten und umfassen die für die Bezugsveranstaltung benötigten mathematischen Inhalte

(bspw. Vektoranalysis) sowie ausführliche Ergänzungen zu den Rechnungen der Vorlesung (TU DORTMUND, 2010, S. 1; Anhang D.4).

7.1.2 Bezugsveranstaltung Universität Duisburg-Essen

Die Bezugsveranstaltung an der Universität Duisburg-Essen bildet ein ebenfalls zweisemestriger Experimentalphysikzyklus. Die Vorlesung ist lehramtsspezifisch für Studierende des Lehramts an Haupt- und Realschulen und entsprechenden Jahrgangsstufen der Gesamtschule (Sekundarstufe I) gestaltet. Die Veranstaltung besteht im Wintersemester aus drei SWS Vorlesung und einer Übung im Umfang von zwei SWS sowie im Sommersemester aus zwei SWS Vorlesung und einer Übung im Umfang von einer SWS. Zusätzlich sind mathematische Methoden im Umfang von je drei SWS im Winter- sowie im Sommersemester zu belegen (UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN, 2011, S. 2 ff.).

Ein Großteil der Veranstaltungsinhalte sowie die Aufgabenart auf den Übungszetteln (Kapitel 9) sind mit denen der Bezugsveranstaltung an der TU Dortmund vergleichbar.

7.2 Interventionsveranstaltungen

Die Forschungen im Rahmen dieser Arbeit wurden in mehreren unterschiedlichen Interventionsveranstaltungen durchgeführt (Übungen, Tutorien und Vorkurs). Diese gehören jeweils zu einer der beiden Bezugsveranstaltungen und werden in den folgenden Abschnitten genauer dargestellt.

7.2.1 Übungen

Die Übungen an der TU Dortmund im Sommersemester 2010 und Wintersemester 2010/2011 waren so genannte *DiF-Übungen*, in denen mehrere unterschiedliche DiF-Instrumente eingesetzt, (weiter-)entwickelt und beforscht wurden. In den Übungen an der Universität Duisburg-Essen wurden zwei ausgewählte Instrumente eingesetzt und durch Interviews mit den jeweiligen Übungsleitern unter anderem bezüglich ihrer Übertragbarkeit beforscht (Kapitel 16). Die Tabelle 7.1 gibt eine Übersicht über die in Übungen eingesetzten DiF- und Forschungsinstrumente. Die DiF-Instrumente werden ausführlich in den Kapiteln 11 bis 14 beschrieben und ausgewertet. Eine Kurzbeschreibung der DiF-Instrumente befindet sich im Glossar (Anhang A.1).

Tabelle 7.1 In Übungen eingesetzten DiF-Instrumente und Forschungsinstrumente.

| | TU Dortmund | | | Universität Duisburg-Essen | |
|----------------------------------------------------|-------------|-----------|----------|----------------------------|--------|
| | Übung | DiF-Übung | | Übungen | |
| | WS 09/10 | SS 10 | WS 10/11 | WS 11/12 | SS 12 |
| Teilnehmer | 15 | 16 | 15 | ca. 30 | ca. 20 |
| Umfang der Veranstaltung | 2 SWS | 2 SWS | 2 SWS | 2 SWS | 1 SWS |
| Diagnosecheckliste | - | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende | - | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Selbstlerneinheiten | - | ✓ | ✓ | - | - |
| Mathematiktest | - | - | ✓ | - | - |
| FCI-Test | ✓ | - | ✓ | - | - |
| Elektrizitätslehretest | - | ✓ | - | - | - |
| Optiktest | - | ✓ | - | - | - |
| Interviews | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| Fragebögen | - | ✓ | ✓ | - | - |

DiF-Übung – TU Dortmund – Sommersemester 2010

In der DiF-Übung wurden erstmals die entwickelten und adaptierten Instrumente eingesetzt, erprobt und evaluiert. Die *Diagnosecheckliste* wurde wöchentlich zur verpflichtenden Selbstdiagnose eingesetzt (Kapitel 11). In der Übung wurden die Übungszettel besprochen und eine Aufgabe des Übungszettels in Kleingruppen bearbeitet. Semesterbegleitend sollten die Studierenden *concept maps* zu den zwei zentralen Themenbereichen der Veranstaltung erstellen und erweitern. Alle Studierenden mussten zweimal im Semester als Zweierteam *kommentierte Lösungen* zu Übungsaufgaben erstellen (Kapitel 13). Außerdem wurden *diagnostische Tests* zur Elektrizitätslehre und Optik eingesetzt (Kapitel 14). Es nahmen 16 Studierende an der Übung teil, von denen vier Studierende semesterbegleitend zum Erleben der einzelnen DiF-Maßnahmen befragt wurden.

DiF-Übung – TU Dortmund – Wintersemester 2010/2011

Hier wurde die weiterentwickelte *Diagnosecheckliste* eingesetzt und beforscht (Kapitel 11). Die für den Einsatz der Diagnosecheckliste besonders geeigneten Übungsaufgaben wurden jeweils vorher bekannt gegeben. Es wurde zur Wahl gestellt, anstelle der *Diagnosecheckliste* wöchentlich ein *quantitatives Lerntagebuch* (z.B. RAMBOW & NÜCKLES, 2002, S. 113 ff.) als regelmäßige Reflexion von Zeiteinsatz und Nutzen zu führen. In den ersten drei Wochen waren beide Instrumente verpflichtend zu erproben. *Kommentierte Lösungen* (Kapitel 13) wurden in dieser Übung einmal von jeder Person zu einer Aufgabe erstellt. Diese Aufgabe wurde zuvor in Gruppenarbeit im Rahmen der Übung gelöst, damit eine Kontrolllösung vorlag. Die übrigen Aufgaben wurden vor-

gerechnet und besprochen. Es nahmen 15 Studierende an der Übung teil. Sieben Studierende wurden zum Erleben der einzelnen DiF-Maßnahmen befragt.

Übungen – Universität Duisburg-Essen – Wintersemester 2011/2012

An der Universität Duisburg-Essen wurden in zwei Übungsgruppen des Wintersemesters 2011/2012 die *Diagnosecheckliste* (Kapitel 11) in einer leicht modifizierten Form zur wöchentlichen Selbstdiagnose eingesetzt. In dieser Version konnte die Einschätzung mehrerer Aufgaben auf einer Diagnosecheckliste angegeben werden. Es nahmen insgesamt etwa 30 Studierende teil.

Übungen – Universität Duisburg-Essen – Sommersemester 2012

Die Teilnehmer der beiden Übungsgruppen sind, bis auf Ausnahmen, identisch mit denen des vorherigen Semesters. In beiden Übungsgruppen wurde wöchentlich von jeweils einem Studierenden eine *kommentierte Lösung* (Kapitel 13) erstellt. Die der Erstellung zu Grunde liegende Aufgabe wurde aus Zeitmangel in der Übung nur sehr rudimentär besprochen. Zur Nachbereitung des Inhalts wurde auf die zu erstellende und maximal zwei Wochen später für alle Studierenden verfügbare *kommentierte Lösung* verwiesen. Von den Übungsleitern wurden zu den erstellten kommentierten Lösungen diagnostische Interviews mit den Studierenden geführt.

7.2.2 Tutorien, Vorkurs und Onlinekurse

Im Wintersemester 2009/2010 und 2010/2011 sowie dem Sommersemester 2010 wurde begleitend zu den DiF-Übungen ein freiwilliges Tutorium angeboten. Dieses wurde von den Tutoren anhand der Wünsche der Studierenden und anhand von Hinweisen der Übungsleiter vorbereitet und gestaltet. Diese herkömmlichen Tutorien gehen nicht in die Forschungen im Rahmen dieser Arbeit ein.

Die *Selbstlerneinheiten* (zusätzliche Übungsaufgaben mit ausführlichen kommentierten Lösungen), konnten die Studierenden der TU Dortmund ab dem Wintersemester 2011/2012 im Rahmen von Onlinekursen anfordern (Kapitel 12). Die Tabelle 7.2 zeigt eine Übersicht über die in den Tutorien, Onlinekursen und dem Vorkurs eingesetzten DiF- und Forschungsinstrumente.

Tabelle 7.2 In Tutorien, Onlinekursen und dem Vorkurs eingesetzte DiF- und Forschungsinstrumente.

| | | TU Dortmund | | | Universität Duisburg-Essen | |
|--------------------------|-------------------------------------------|--------------|----------|----------------------------------------------|----------------------------|----------|
| | | DiF-Tutorium | | DiF-Vorkurs | freiwilliges Onlineangebot | |
| | | SS 11 | WS 11/12 | WS 12/13 | WS 11/12 | WS 12/13 |
| Teilnehmer | | 7 | 10 | 7 | 9 | 5 |
| Umfang der Veranstaltung | | 2 SWS | 2 SWS | 1 h Test + bis zu 12 x 45 Min. Fördertermine | - | - |
| Diagnostische Tests | Mathematik | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Mechanik | - | ✓ | - | - | - |
| | Wärmelehre | - | ✓ | - | - | - |
| | Elektrizitätslehre | ✓ | - | - | - | - |
| | Optik | ✓ | - | - | - | - |
| Förderangebote | Gemeinsame Termine | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| | Materialien zur Selbständigen Bearbeitung | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Selbstlerneinheiten | | ✓ | ✓ | - | - | - |
| Interviews | | ✓ | ✓ | - | - | - |
| Fragebögen | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - |

DiF-Tutorium – TU Dortmund – Sommers. 2011 u. Winters. 2011/2012

Ab dem Sommersemester 2011 wurde das freiwillige Tutorium zur DiF-Veranstaltung ausgebaut. In seinem Rahmen wurden diagnostische Tests eingesetzt (Tabelle 7.2). Anhand der Testauswertung wurden Fördertermine zu den Bereichen größter Schwierigkeit konzipiert und angeboten. Zu weiteren, eher individuellen Schwierigkeiten wurden Fördermaterialien zur selbstständigen Bearbeitung erstellt und zur Verfügung gestellt. Die Teilnehmer konnten die Angebote anhand ihrer individuellen Förderempfehlung auswählen und nutzen.

In dem freiwilligen *DiF-Tutorium* wurden im Sommersemester 2011 *diagnostische Tests* zur Elektrizitätslehre und Optik und im Wintersemester 2011/2012 diagnostische Tests zur Mechanik und Wärmelehre sowie zur Mathematik eingesetzt. Zusätzlich wurde im Sommersemester 2011 eine diagnostische Analyse der Übungsabgaben angeboten, auf deren Grundlage die Inhalte einiger Fördereinheiten gestaltet wurden.

Das Tutorium wurde per Aushang, E-Mail sowie in einer Lehrveranstaltung der Zielgruppe beworben. An dem wöchentlichen Tutorium im Umfang von zwei SWS nahmen im Sommersemester 2011 sieben Studierende teil. Zum Ende der Vorlesungszeit wurden diese sieben Personen sowie eine weitere Person interviewt (letztere ausschließlich zu den Selbstlerneinheiten). Im Winter-

semester 2011/2012 nahmen zehn Studierende am Tutorium teil, von denen drei zum Ende der Vorlesungszeit interviewt wurden.

DiF-Vorkurs – TU Dortmund – Wintersemester 2012/2013

Aufgrund der positiven Erfahrungen aus den *DiF-Tutorien* und um bereits vor dem Start der Bezugsveranstaltungen gegebenenfalls vorhandene Defizite erkennen und fördern zu können, wurde vor Beginn des Wintersemesters 2012/2013 ein zusätzlicher freiwilliger *DiF-Vorkurs* für die Studienanfänger angeboten.

Dieser *DiF-Vorkurs* konnte überschneidungsfrei zu dem regulären Physikvorkurses belegt werden. Thematisch gibt es zwischen den beiden Vorkursen keine nennenswerten Überschneidungen, da der DiF-Vorkurs vom mathematischen Niveau deutlich niedriger angesiedelt ist. Der Vorkurs wurde sowohl mit Aushängen als auch über die zentralen Anlaufstellen für Erstsemester im Internet beworben. Sechs Studierende nahmen an dem diagnostischen Test vor Ort teil oder reichten ihn per E-Mail oder persönlich ein. Von diesen besuchten fünf Studierende ein oder mehrere Förderangebote. Ein weiterer Teilnehmer wählte die Inhalte des Vorkurses anhand seines eigenen Interesses aus.

Onlinekurs – Universität Duisburg-Essen – Wintersem. 2011/2012 u. 2012/2013

Den Studierenden der Übungsgruppen der Wintersemester 2011/2012 und 2012/2013 an der Universität Duisburg-Essen wurde angeboten, einen diagnostischen Test zur Mathematik auf freiwilliger Basis zu bearbeiten. Anhand ihres Abschneidens und der individuellen Förderempfehlung konnten die Teilnehmer im Rahmen eines Onlinekurses dazu passende Fördermaterialien auswählen. Die Auswertung der Tests und die Betreuung der Studierenden geschah unabhängig von den Essener Übungsleitern. Insgesamt 14 Studierende nutzten dieses freiwillige Angebot.

8 Voruntersuchung

Ausgangspunkt für die Studie waren Voruntersuchungen in einer Übung an der TU Dortmund im Wintersemester 2009/2010. Diese dienten dazu, fachmethodische Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungszettel sowie fachinhaltliche Defizite im schulischen Vorwissen zu ermitteln (Forschungsfragen 1.1 und 1.2), um geeignete DiF-Instrumente zu entwickeln.

Forschungsfrage 1: Schwierigkeiten der Studierenden

FF 1.1 Worin liegen die *fachmethodischen* Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten von Übungsaufgaben?

FF 1.2 Welche *fachinhaltlichen* Defizite weist das mathematische und physikalische Vorwissen der Studierenden bezogen auf die Studienanforderungen auf?

8.1 Vorgehensweise

Der Übungsbetrieb des Wintersemesters 2009/2010 wurde semesterbegleitend analysiert. Die Teilnahme an der Übung war verpflichtend und es wurden die jeweiligen Übungszettel der Woche besprochen sowie vorgerechnet. Die Übungsabgaben waren zum Teil weder regelmäßig noch vollständig und die Aufgaben wurden in Teams oder Gruppen bearbeitet. Es wurden Interviews mit Lehramtsstudierenden über ihre Schwierigkeiten sowie Bearbeitungsstrategien bei Übungsaufgaben geführt und der FCI⁶-Test (HESTENES et al., 1992, S. 141 ff.) zur ersten Einschätzung des Vorwissens im Bereich der newtonschen Mechanik eingesetzt.

8.1.1 Interviews

An den semesterbegleitenden Interviews nahmen im Wintersemester 2009/2010 elf der 15 Personen aus der lehramtspezifischen Übung teil. Der Schwerpunkt des Leitfadens lag auf der Erfassung der Schwierigkeiten von Studierenden sowie den bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben verwendeten Strategien und Vorgehensweisen (Anhang B.1).

8.1.2 FCI-Test

Der FCI-Test (HESTENES et al., 1992, S. 141 ff.) hat sich als Indikator für Konzeptverständnis der newtonschen Mechanik etabliert (z.B. SAVINAINEN & SCOTT, 2002; SCHECKER & GERDES, 1999). Für die Beantwortung der Single-Choice-Aufgaben ist ein grundlegendes Verständnis physikalischer Begriffe und weder Formelkenntnis noch Rechenfähigkeit notwendig (SCHECKER & GERDES, 1999, S. 75). Die Distraktoren des Tests sind an typische Fehlvorstellungen, wie beispielsweise die Impetusvorstellung, angelehnt (ebenda, S. 76).

⁶ Force Concept Inventory

Der FCI-Test in der deutschen Übersetzung von SCHECKER und GERDES (Version 3.1, 29 Fragen) wurde vor der Mechanikeinheit der Bezugsveranstaltung im Wintersemester 2009/2010 eingesetzt. Die maximale Bearbeitungszeit für die 29 Fragen lag bei 30 Minuten (z.B. GIRWIDZ, KURZ & KAUTZ, 2003, S. 1). Die Testung ist somit als *Speed-Test* (ROST, 2004, S. 43 f.) anzusehen. Jedes richtig beantwortete Item wurde mit einem Punkt bewertet.

Nach HESTENES und HALLOUN (1995, S. 505) gilt beim FCI allgemein ein Testergebnis ab 60 % richtiger Antworten als Schwelle für ein Verständnis und ab 85 % als Schwelle für Beherrschung der newtonschen Mechanik. Typische Werte von Oberstufenschülern liegen nach der Mechanikeinheit in der Regel zwischen 35 und 40 % (Tabelle 8.1, Kapitel 8.2.2).

8.2 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1)

Die Ergebnisse aus den Interviews und dem FCI-Test werden nachfolgend dargestellt. Sie liefern explorativ Antworten auf die Forschungsfrage 1.1 zu den fachmethodischen Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben und erste Anhaltspunkte zur Beantwortung der Forschungsfrage 1.2 bezüglich der fachinhaltlichen Defizite im schulischen Vorwissen.

8.2.1 Ergebnisse: Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungsaufgaben

Die elf vor Beginn der Interventionen geführten Interviews zeigen hinsichtlich der Bearbeitung der Übungsaufgaben vier wichtige Ergebnisse (Codetabelle 8.1):

1. *Schwierigkeitsgrad*: Die Übungszettel sind für die Studierenden nach eigenen Angaben von mittlerem Schwierigkeitsgrad (Mittel: 9 Nennungen; Schwer: 2)
2. *Bearbeitungszeit*: Die Bearbeitungszeit des wöchentlichen Übungszettels liegt mehrheitlich bei etwa 1-3 Stunden (Mittelwert: 2,5 h). Die aufgewendete Bearbeitungszeit ist aber inhomogen, da es starke Ausreißer nach oben und unten gibt: Bei zwei der Personen liegt die Bearbeitungszeit sehr deutlich über drei Stunden (4-6 h und 6 h), bei zwei weiteren liegt sie in der Regel unter einer Stunde.
3. *Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungsaufgaben*: Es werden von den Personen teils mehrere unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben genannt, die sich drei Schwerpunkten zuordnen lassen:
 - Schwierigkeiten mit dem Verständnis der Frage- beziehungsweise Aufgabenstellung (5 Nennungen).
 - Schwierigkeiten mit dem Herausfinden beziehungsweise der Anwendung der Formeln (2 Nennungen).
 - Schwierigkeiten mit den mathematischen Inhalten der Übungsaufgaben (2 Nennungen).

Zudem wurden zweimal Schwierigkeiten genannt, die eigentlich durch einen zumutbaren zusätzlichen Zeiteinsatz nicht auftreten würden beziehungsweise zu beheben wären.

4. *Bearbeitungsstrategie*: Nur zwei der elf Personen können eine sinnvolle Bearbeitungsstrategie angeben, die auf typische systematische Bearbeitungsschemata wie zum Beispiel nach GIANCOLI (2010, S. 38) oder LÜHE (1995, S. 59) hinweist (siehe dazu Kapitel 10).

Die übrigen nennen eher pragmatische Vorgehensweisen wie zum Beispiel die Suche nach Formeln oder Anhaltspunkten zur Bearbeitung in den Vorlesungsunterlagen. Es ist allerdings nicht klar, ob die befragten Personen Bearbeitungsstrategien kennen und anwenden, aber nicht beschreiben können, oder ob sie keine Bearbeitungsstrategien kennen.

Auffällig ist, dass es manchen der befragten Personen anscheinend an konkretem Vokabular zur Beschreibung der auftretenden Schwierigkeiten fehlt. Zum Beispiel wird in der Beschreibung „*Das ist eigentlich die größte [Schwierigkeit], erstmal rausfinden was braucht man und wenn das dann geklärt ist, dann geht es meistens.*“ (S04) nicht direkt ersichtlich, ob nun zum Beispiel Formeln oder gegebene Größen gemeint sind.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.1

Nur wenige Studierende können geeignete Bearbeitungsstrategien nennen. Die berichten zudem von individuell unterschiedlichen Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben: Verständnis der Frage- beziehungsweise Aufgabenstellung, Schwierigkeiten mit dem Herausfinden bzw. der Anwendung der Formeln sowie mit den mathematischen Inhalten.

Codetabelle 8.1 Kodierungen der Interviews (WS09/10, Übung, N = 11).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Empfundene Schwierigkeit der Übungsaufgaben | Leicht | 0 | - |
| | Mittel | 9 | - |
| | Schwer | 2 | - |
| Bearbeitungszeit | < 1 h | 2 | - |
| | 1 h - 3 h | 7 | - |
| | > 3 h | 2 | - |
| M_Größte Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungszettel | Verständnis der Frage- bzw. Aufgabenstellung | 5 | <ul style="list-style-type: none"> „Die Fragestellung meistens.“ (S05) „Teilweise sind die Fragen nicht ganz klar gestellt, so dass ich nicht genau weiß, was die von mir möchten.“ (S20) |
| | Herausfinden bzw. Anwenden der benötigten Formeln | 2 | „Die neuen Formeln anzuwenden und auf den Sachverhalt anzuwenden“ (S10) |
| | Mathematische Inhalte der Übungsaufgaben | 2 | „Also bei mir ist es jetzt meistens die Mathematik, wo ich da am meisten dran knacke.“ (S06) |
| | Schwierigkeiten, die durch Eigeninitiative mit geringem Zeiteinsatz zu beheben wären | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Das wir eigentlich mehr Zeit benötigen. Aber ich habe da auch sonst nicht intensiv weiter gelernt.“ (S02) • „die größten Schwierigkeiten für mich sind glaube ich, dass ich halt viele Sachen aus dem schulischen her wieder vergessen habe. Dass ich viele Formeln noch mal nachschlagen muss.“ (S07) |
| Bearbeitungsstrategie innerhalb von Übungsaufgaben | Keine sinnvolle systematische Bearbeitungsstrategie | 9 | <ul style="list-style-type: none"> • „Wir gucken, also zuerst in den Folien nachgucken, was wir zu dem Thema gemacht haben. Und mir dann aufschreiben, was man daraus braucht und dann weitergucken, wenn man dann angefangen hat.“ (S04) • „Lesen, Überlegen, Hinschreiben.“ (S08) • „Ja, ich suche mir die Formeln von den Folien raus und dann versuche ich halt es damit zu verstehen.“ (S09) • „Nein, eigentlich nicht. Ich gehe von vorne nach hinten durch.“ (S10) |
| | Sinnvolle systematische Bearbeitungsstrategie | 2 | „normalerweise mache ich das eben so, ja klar, dass ich mir die Aufgabe durchlese [...] was ist gegeben, was ist gesucht, mir dann hier Formeln raussuche und das dann [...] umformen, einsetzen.“ (S06) |

8.2.2 Ergebnisse: Vorwissen newtonsche Mechanik

Die Lehramtsstudierenden erreichen vor Beginn der Mechanikeinheit im Wintersemester 2009/2010 47 % \pm 23 % beim FCI (Gesamtscore und Standardabweichung). Die Tabelle 8.1 stellt weitere Ergebnisse zum Vergleich dar. Hierbei handelt es sich um Lehramtsstudierende der DiF-Übung des folgenden Wintersemesters (WS 10/11), Studierende des Maschinenbaus der TU Dortmund (Beginn 4. Semester; SS 12) sowie Studienanfänger diverser Fächer mit unterschiedlichem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt aus einer Studie der FH Esslingen, Universität Würzburg und FH Mannheim (Details siehe GIRWIDZ et al., 2003, S. 2; umgerechnet auf Grundlage der Testversion mit 30 Aufgaben). Weiterhin werden Ergebnisse von Oberstufenschülern eines

Dortmunder Gymnasiums (Schuljahr 10/11; BIEKER, 2011, S. 17 f.; Standardabweichung berechnet anhand persönlicher Mitteilung) und bayerischen Elftklässlern (Schuljahr 03/04; WILHELM, 2005, S. 48) nach dem Mechanikunterricht angegeben.

Das Vorwissen beziehungsweise Konzeptverständnis der Lehramtsstudierenden im Bereich der newtonschen Mechanik erscheint vergleichsweise durchschnittlich. Die hohen Standardabweichungen weisen auf eine Inhomogenität innerhalb der Übungsgruppe hin, die durch die unterschiedliche schulische Vorerfahrung begründet sein kann. Testergebnisse einzelner Schulklassen sind naturgemäß weit weniger inhomogen (Tabelle 8.1).

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.2

Das physikalische Vorwissen der Studierenden erscheint im Bereich der newtonschen Mechanik insgesamt durchschnittlich aber innerhalb der Lerngruppe sehr inhomogen.

Tabelle 8.1 Ergebnisse des FCI-Tests für die befragten Studierenden und mehrere Vergleichsgruppen, Details siehe Text. Mittelwert der Gesamtlösungswahrscheinlichkeit (P) und Standardabweichung (SD).

| Gruppe | Lehramtsstudierende TU Dortmund | | Vergleichsgruppe TU Dortmund | GIRWIDZ et al. (2003) | BIEKER (2011) | WILHELM (2005) |
|------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|
| | WS 09/10 | WS 10/11 | SS 12 | | | |
| Teilnehmer | Studierende 15 | Studierende 12 | Studierende 77 | Studierende 1125 | Schüler (G12) 13 | Schüler (G11) 258 |
| pre/post | pre | pre | pre | pre | post | post |
| P | 47 % | 50 % | 50 % | 45 % | 37 % | 41 % |
| SD | ± 23 % | ± 27 % | ± 19 % | ± 21 % | ± 11 % | ± 16 % |

8.3 Ableiten des weiteren Vorgehens

Ausgehend von den explorativ gewonnenen Erkenntnissen der Voruntersuchung wird das weitere Vorgehen zur Umsetzung einer fachinhaltlichen individuellen Förderung zu den beiden Ansatzpunkten konkretisiert.

1. Die Studierenden haben individuell unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben, zudem fehlte einigen eine geeignete Bearbeitungsstrategie. Daher müssen für die Entwicklung geeigneter DiF-Instrumente zunächst der häufigste Aufgabentyp der Übungszettel der Bezugsveranstaltung (Kapitel 9) charakterisiert und ein Bearbeitungsmodell für diesen Aufgabentyp entwickelt werden (Kapitel 10). Das Bearbeitungsmodell soll die Voraussetzungen sowie ein geeignetes Schema (Vorgehen) für die Bearbeitung des häufigsten Aufgabentyps beschreiben. Auf der Grundlage dieses Modells werden drei DiF-Instrumente entwickelt (Kapitel 11-13), die Funktionen der Selbst- und Fremddiagnose, der individuellen Förderung zu einzelnen Bearbeitungsschritten sowie der Vermittlung einer Bearbeitungsstrategie erfüllen sollen.
2. Infolge der Ergebnisse des FCI-Tests erweist sich das Vorwissen der untersuchten Gruppe als sehr inhomogen, wobei einzelne Personen große Defizite aufwiesen. Weitere individuell unterschiedliche Defizite im physikalischen und mathematischen Vorwissen sowie ihr Einfluss auf die Studienleistung (Kapitel 2.5) werden vermutet. Eine Förderung von sämtlichen möglicherweise relevanten Themen und Inhalten kann aber vor allem aus Zeitgründen weder pauschal noch im regulären Veranstaltungsbetrieb erfolgen. Defizite im schulischen Vorwissen sollen daher im Rahmen von freiwilligen Zusatzveranstaltungen (Tutorium/Onlinekurs/Vorkurs) diagnostiziert und individuell gefördert werden.
Für eine breitgefächerte inhaltsspezifische Individualdiagnose werden dazu zunächst auf Grundlage der Inhalte der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund diagnostische Tests zu schulischem Vorwissen entwickelt (Kapitel 14). Neben physikalischen Inhalten liegt ein Fokus dabei auf den für die Bearbeitung der Übungsaufgaben benötigten grundlegenden mathematischen Anforderungen, da diese von den Studierenden als schwierigkeitserzeugend genannt wurden. Anhand der Individualdiagnosen soll eine individuelle Förderung umgesetzt werden. Hierzu werden sowohl Materialien zur selbstständigen Bearbeitung als auch gemeinsame Fördersitzungen zu besonderen Themenschwerpunkten entwickelt und angeboten.

9 Übungsaufgaben

In schulischen Kontexten spielen Übungsaufgaben eine zentrale Rolle bei der Erarbeitung, Festigung sowie Anwendung der physikalischen Inhalte (z.B. LEISEN, 2001, S. 402; DUIT, FISCHER & MÜLLER, 2002, S. 4 ff.). Auch in der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund sind Übungsaufgaben ein zentrales Element (Kapitel 7.1.1). Die Klausuren zum Ende der Vorlesungszeit bestehen aus den gleichen oder ähnlichen Aufgaben wie die Übungszettel. Im Rahmen der Voruntersuchung wurden verschiedene Schwierigkeiten mit der Bearbeitung von Übungsaufgaben herausgestellt (Kapitel 8.2.1).

In diesem Kapitel wird daher der häufigste Aufgabentyp der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund beschrieben und hinsichtlich seines Anteils an den Übungsaufgaben der Übungszettel analysiert. Für diesen Typ, der so genannten *physikalischen Rechenaufgabe*, wird in Kapitel 10 ein Bearbeitungsmodell vorgestellt.

9.1 Analyse der Übungsaufgaben

Die Analyse der wöchentlichen Übungszettel zeigt, dass diese meist aus drei oder vier Übungsaufgaben bestehen. Die Übungsaufgaben beziehungsweise ihre Teilaufgaben variieren sehr stark in ihrem Umfang, ihrer Komplexität und den Anforderungen an die Lösung.

Die Teilaufgabenstellungen können durch Aufzählungszeichen oder durch einen zusammenhängenden Fließtext gegeben sein. Es handelt es sich hierbei entweder um inhaltlich eigenständige Teilaufgaben oder die Teilaufgaben gliedern und strukturieren die Schritte der Bearbeitung einer komplexeren zusammenhängenden Übungsaufgabe.

Manche Aufgaben der Übungszettel ähneln Aufgaben aus bekannten Experimentalphysik-Lehrbüchern, wie beispielsweise GIANCOLI (2010), HALLIDAY, RESNICK und WALKER (2007), MESCHÉDE (2006) oder TIPLER (1994), den von LÜHE (1995, S. 64 ff.) beschriebenen *physikalischen Aufgaben* sowie den von FRIEGE (2001, S. 21 f.) beschriebenen *Einsetzaufgaben* und *wissenszentrierten Aufgaben*.

9.2 Physikalische Rechenaufgabe

Die folgende Beschreibung der physikalischen Rechenaufgabe bezieht sich entweder auf komplette Aufgaben oder falls vorhanden auf einzelne explizierte Teilaufgaben. Die analysierten Übungsaufgaben weisen ein großes Spektrum an inhaltlicher Komplexität auf. Es ist außerdem kein einheitliches Schema bei der Konstruktion der Aufgaben erkennbar. Aufgrund dessen wird für die Beschreibung der Aufgaben in Anlehnung an das Categoriesystem von FISCHER und DRAXLER nur das Kriterium *Lösungsweg* verwendet, welches nach DRAXLER (2006, S. 66 ff.) zitiert und beschrieben wird.

Die Aufgaben des Typs *physikalische Rechenaufgabe* sind je nach Komplexität mit den von FRIEGE (2001, S. 21 f.) beschriebenen *Einsetzaufgaben* und *wissenszentrierten Aufgaben* sowie den *physika-*

lischen Aufgaben nach LÜHE (1995, S. 64 ff.) vergleichbar. Sie erfordern zur Lösung die Kenntnis und gegebenenfalls die Kombination eines oder mehrerer physikalischer Wissensselemente, wie beispielsweise Formeln oder anderen Fakten (FRIEGE, 2001, S. 22). Hinweise auf die benötigten Wissensselemente können aus dem Aufgabentext oder dem Kontext der Übungsaufgabe beziehungsweise der Vorlesung erschlossen werden. Zur Lösung der weniger komplexen physikalischen Rechenaufgaben ist meist nur die formelmäßige Definition eines physikalischen Faktors beziehungsweise Konzepts erforderlich. Nach dem Einsetzen von Werten erfolgt die Berechnung durch „Verwendung elementarer mathematischer Fähigkeiten“ (s. *Einsetzungsaufgaben* nach FRIEGE, 2001, S. 22).

Bei komplexeren physikalischen Rechenaufgaben müssen mehrere Fakten und Konzepte sinnvoll miteinander kombiniert werden (s. *wissenszentrierte Aufgaben* nach FRIEGE, 2001, S. 22). Die folgende Abbildung 9.1 zeigt Beispiele für physikalische Rechenaufgaben unterschiedlicher Komplexität.

- I. Eine S-Bahn startet mit einer praktisch konstanten Beschleunigung von $0,8 \text{ m/s}^2$. Wie lang ist die Beschleunigungsstrecke, die die S-Bahn braucht, um 90 km/h zu erreichen?

- II. Ein Auto wiegt eine Tonne und fährt mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h auf einer flachen Straße durch eine Kurve mit einem Radius von 50 m . Wird das Auto die Kurve schaffen oder wird es ins Schleudern kommen, wenn...
 - a) der Straßenbelag trocken ist und die Haftreibungszahl $0,6$ beträgt?
 - b) die Straße nass und laubbedeckt ist und dadurch die Haftreibungszahl $0,25$ beträgt?

- III. Sie legen einen Strom der Stärke 1 A an die folgende Spule an: Länge $l = 10 \text{ cm}$, Windungen $N = 5000$, Radius $r = 4 \text{ cm}$. Das Magnetfeld baut sich auf. Durch eine Schaltung wird der Strom innerhalb von 1 ms von 1 A auf 0 A ausgeschaltet. Wie groß ist die induzierte Spannung?

Abbildung 9.1 Beispiele für den Aufgabentyp physikalische Rechenaufgabe von unterschiedlicher Komplexität.

9.3 Anteil physikalischer Rechenaufgaben an den Übungsaufgaben

Aufgrund der höchst unterschiedlichen inhaltlichen Komplexität und gestalterischen Inhomogenität der Aufgabenstellungen wurden die kompletten ausgewiesenen Aufgaben als Analyseeinheiten gewählt. Die Analyse umfasst zwei hoch inferente Ratings:

- (A) Sind die betrachteten Übungsaufgaben zu mindestens einem Teil dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen?
- (B) Sind die Übungsaufgaben schwerpunktmäßig dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen?

Das Manual beschreibt zur Abgrenzung der physikalischen Rechenaufgabe weitere Aufgabentypen (anhand des Kriteriums *Lösungsweg* in Anlehnung an DRAXLER, 2006, S. 66 ff.) samt typischer Ankerbeispiele (Anhang E.4). Der Anteil physikalischer Rechenaufgaben wird durch die beiden Analysen einmal über- sowie einmal unterschätzt. Zur Ermittlung der Interraterübereinstimmung

wurde eine Stichprobe von über 20 % aus den Übungsaufgaben von sechs Semestern gezogen (gleichmäßig auf die Semester verteilt) und *Cohens Kappa* für beide Ratings berechnet. Die Ergebnisse sind mit .81 und .78 für beide Einschätzungen zufriedenstellend.

Die Tabelle 9.1 zeigt die Ergebnisse der Analyse nach Semestern aufgeschlüsselt. 71 % der analysierten Übungsaufgaben der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund beinhalten mindestens eine Teilaufgabe vom Typ physikalische Rechenaufgabe. 46 % der Übungsaufgaben sind diesem Typ sogar schwerpunktmäßig zuzuordnen. Weiterhin scheint der Anteil dieses Typs unabhängig vom Semester an der TU Dortmund relativ konstant. Aufgrund der Häufigkeit dieses Aufgabentyps und der von den Studierenden benannten Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben werden DiF-Angebote zunächst für diesen Aufgabentyp konzipiert (Kapitel 10).

Die Übungsaufgaben der Bezugsveranstaltung an der Universität Duisburg-Essen haben einen etwas geringeren Schwerpunkt beim Typ physikalische Rechenaufgaben.

Tabelle 9.1 Anzahl der Übungsaufgaben der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen, die teilweise (A) oder überwiegend (B) physikalische Rechenaufgaben enthalten.

| | TU Dortmund | | | | Universität Duisburg-Essen | |
|-------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| | WS 09/10 | SS 10 | WS 10/11 | SS 11 | WS 11/12 | SS 12 |
| Übungsaufgaben gesamt | 50 | 42 | 55 | 44 | 46 | 36 |
| Physikalische Rechenaufgabe enthalten (A) | 37 (74 %) | 31 (74 %) | 38 (69 %) | 29 (66 %) | 30 (65 %) | 19 (53 %) |
| Physikalische Rechenaufgabe als Schwerpunkt (B) | 23 (46 %) | 17 (40 %) | 27 (49 %) | 21 (48 %) | 20 (43 %) | 13 (36 %) |

10 Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben

Der häufigste Aufgabentyp in den Übungen der Bezugsveranstaltung an der TU Dortmund ist die *physikalische Rechenaufgabe* (Kapitel 9), die der von FRIEGE (2001, S. 21 f.) beschriebenen *wissenszentrierten Aufgabe* sehr ähnlich ist. Daher wird das *Modell des wissenszentrierten Problemlösens*, das die Lösung *wissenszentrierter Aufgaben* beschreibt, zunächst vorgestellt (Kapitel 10.1) und im Hinblick auf die Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben konkretisiert (Kapitel 10.2). Das Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben berücksichtigt die beiden Ansatzpunkte für fachinhaltliche Diagnose und individuelle Förderung, nämlich die fachmethodischen *aufgabenbezogenen Schwierigkeiten* (u.a. fehlende Bearbeitungsstrategien) sowie Defizite im schulischen *Vorwissen* (Kapitel 8.2). Das Modell dient als Grundlage für die Entwicklung der DiF-Instrumente (Kapitel 10.3).

10.1 Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege

Die Lösung *wissenszentrierter Aufgaben* wird von FRIEGE (2001, S. 76 ff.) mit Hilfe des *Modells des wissenszentrierten Problemlösens* beschrieben. Das Modell verbindet die in der Expertiseforschung üblicherweise getrennt betrachteten Zugänge *Wissenskomponenten* und *Problemlösefähigkeit* (ebenda, S. 77). Diese beiden beeinflussen sich gegenseitig: Während das Problemlösen erst durch Wissenskomponenten ermöglicht wird, ist es gleichzeitig eine aktive gestalterische Lernform zum Aufbau von Wissen (ebenda, S. 78). Die wechselseitige Beeinflussung wird vereinfacht dargestellt (Abbildung 10.1).

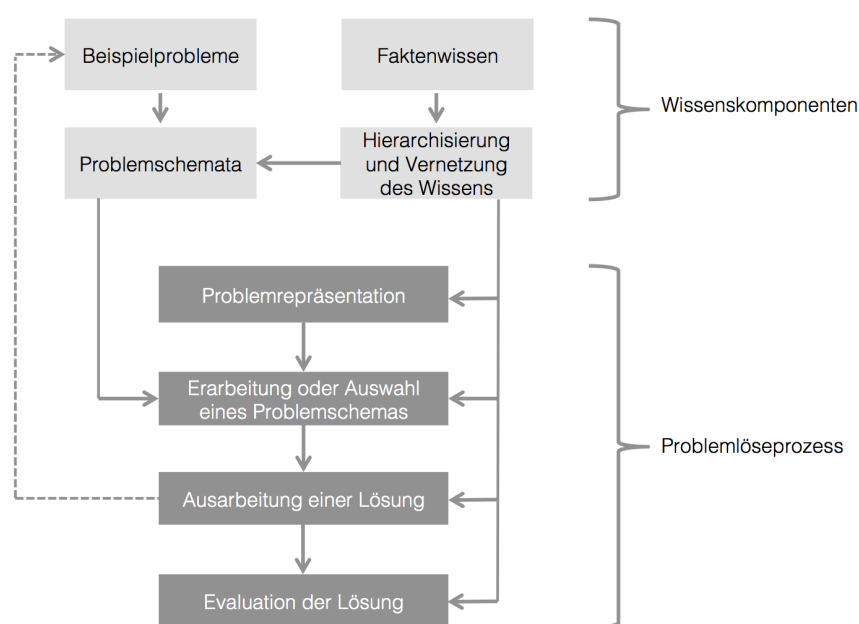


Abbildung 10.1 Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach FRIEGE (2001, S. 76, eigene Darstellung). Die Pfeile stellen einige wichtige Wechselwirkungen zwischen Wissenskomponenten und dem Problemlöseprozess dar (ebenda, S. 78 f.). Eigene Einfärbung in hellgrau: Wissenskomponenten. Dunkelgrau: Problemlöseprozess.

Wissenskomponenten

Zu den vier Wissenskomponenten des Modells gehören Wissen über *Beispielaufgaben* beziehungsweise *Beispielprobleme*, *Problemschemata* sowie *Fakten*. Eine weitere Wissenskomponente ist die *Vernetzung* und Hierarchisierung des *Faktenwissens*.

Problemlöseprozess

Der Problemlöseprozess besteht aus vier Phasen: der *Problemrepräsentation*, der Erarbeitung oder *Auswahl* eines *Problemschemas*, der *Ausarbeitung* einer Lösung sowie der *Evaluation* der Lösung.

Die Wissenskomponenten (insbesondere Hierarchisierung und Vernetzung des Wissens) sind mit den einzelnen Phasen des Problemlöseprozesses verknüpft (Abbildung 10.1). Hervorgehoben wird von FRIEGE der besondere Einfluss der Wissenskomponente *Problemschemata*. Diese Komponente ist mit dem Schritt der *Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas* innerhalb des Problemlöseprozesses verknüpft. Umgekehrt beschreibt FRIEGE nur eine einzige Rückkopplung aus dem Problemlöseprozess zu den Wissenskomponenten, und zwar der Komponente *Ausarbeitung einer Lösung* mit *Beispielproblemen*. FRIEGE stellt aus Gründen der Übersichtlichkeit weitere vorhandene Wechselwirkungen zwischen den Komponenten, vor allem zwischen dem *Faktenwissen* und den vier Komponenten des Problemlöseprozesses, nicht dar.

Einzelne Aspekte des Modells wurden durch empirische Ergebnisse der Expertiseforschung sowie auch nahe liegender in der Literatur formulierter „Interpretationen und Vermutungen“ unterschiedlich gut abgesichert (FRIEGE, 2001, S. 76). Das Modell des wissenszentrierten Problemlösens weist Parallelen zu den Arbeiten beziehungsweise Modellen von SAVELBERGH et al., DEVEY und POLYA auf (FRIEGE, 2001, S. 76).

10.2 Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben

Die im folgenden herangezogenen Quellen behandeln den physikalischen Rechenaufgaben ähnliche Aufgaben und sind einschlägige Lehrbücher der Experimentalphysik sowie ein Übungsbuch für Studienanfänger von LÜHE (1995). Das *Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben* besteht analog zu dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens aus für die Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben notwendigen beziehungsweise hilfreichen *Wissenskomponenten* (Kapitel 10.2.1) sowie einem konkretisierten *Bearbeitungsschema* (Kapitel 10.2.3).

Wie im Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach FRIEGE (2001, S. 76 ff.) wird auch in dem *Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben* ein komplexes Zusammenspiel der beiden Bereiche *Wissenskomponenten* und *Bearbeitungsschema* vermutet. Da dieses Zusammenspiel im Rahmen der Arbeit nicht untersucht wird, enthalten die folgenden Darstellungen des Modells zwischen diesen beiden Bereichen keine Verbindungspfeile. Vereinfacht werden bei den Wissenskomponenten nur zwei Komponenten, das Wissen über *Vorgehensweisen und ihre Generalisierung* sowie Wissen über *Fakten und ihre Vernetzung* unterschieden. Einzelne Aspekte der im nächsten Kapitel beschriebenen Wissenskomponenten, wie beispielsweise mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten, die Kenntnis von Lösungsansätzen oder Formeln, treten innerhalb der beiden Wis-

senskomponenten und auch als Schritt des Bearbeitungsschemas auf. Abbildung 10.2 zeigt den Aufbau des Bearbeitungsmodells, dessen Bestandteile in den folgenden Kapiteln konkretisiert werden.



Abbildung 10.2 Aufbau des Bearbeitungsmodells physikalischer Rechenaufgaben.

10.2.1 Wissenskomponenten

Die Wissenskomponente *Vorgehensweisen und ihre Generalisierung* umfasst Wissen über typische Aufgaben und Beispielprobleme sowie mögliche Lösungsschemata und -ansätze (FRIEGE, 2001, S. 62 f.; LÜHE, 1995, S. 3 u. S. 59 f.). Typische Lösungsschemata beziehungsweise -ansätze zur Anwendung bei physikalischen Rechenaufgaben sind beispielsweise das Aufstellen von Bilanzgleichungen, Kräftegleichgewichten oder die Nutzung von Energie- oder Impulsansätzen (FRIEGE, 2001, S. 64; LÜHE, 1995, S. 59 f.). Wissen über mögliche *Vorgehensweisen und ihre Generalisierung* ist die Voraussetzung für den Transfer der Strategien auf ähnliche oder auch neue Aufgaben (in Anlehnung an LÜHE, 1995, S. 3; FRIEGE, 2001, S. 62 f.).

Zu der Komponente *Fakten und ihre Vernetzung* zählen sowohl physikalische als auch mathematische Fakten, Formeln und Konzepte (LÜHE, 1995, S. 3; FRIEGE, 2001, S. 22). Dieses sollten untereinander vernetzt sein (FRIEGE, 2001, S. 22, S. 52 u. S. 77).

Die mathematischen Anforderungen nehmen einen besonderen Stellenwert beim Bearbeiten physikalischer Rechenaufgaben ein. Schwierigkeiten, die schon bei grundlegenden mathematischen Operationen, wie beispielsweise dem Umformen von Gleichungen, auftreten, verhindern oftmals die korrekte Lösung der nachfolgenden Aufgabenteile. Auf diesbezüglich mögliche Schwierigkeiten weisen LÜHE (1995, S. 3), die Ergebnisse der Voruntersuchung (Kapitel 8.2.1) sowie die in Kapitel 2.5 vorgestellten Studien hin.

Die mathematischen Kenntnisse (Fakten und Verfahren) sowie Fähigkeiten zur Bearbeitung der physikalischen Rechenaufgaben werden in dem Modell innerhalb der *Wissenskomponenten* vereinfacht als Wissen über Fakten und Vorgehensweisen (deklarativ und prozedural), aber auch innerhalb des *Bearbeitungsschemas* im Schritt *Rechnungen* berücksichtigt (s. folgendes Kapitel). Die

konkreten mathematischen Anforderungen zur Bearbeitung typischer physikalischer Rechenaufgaben werden im Rahmen des Mathematiktests in Kapitel 14 beschrieben. Es handelt sich hierbei vorrangig um elementare mathematische Operationen beziehungsweise Verfahren, wie beispielsweise Bruchrechnen oder Umformen von Gleichungen (siehe z.B. auch LÜHE, 1995, S. 3).

10.2.2 Bearbeitungsschritte und -phasen

Das Bearbeitungsschema ist für die Bearbeitung *physikalischer Rechenaufgaben* konkretisiert. Die einzelnen Schritte werden im nächsten Abschnitt anhand von Schemata und didaktischen Ansätzen aus Lehrbüchern und induktiv anhand typischer, wiederkehrender Lösungsschritte verschiedener physikalischer Rechenaufgaben abgeleitet. Die Schritte werden anschließend in Anlehnung an gängige theoretische Problemlöseprozesse in vier Phasen gegliedert.

Lösungsbeispiele und Bearbeitungsschemata in Lehrbüchern

Exemplarisch wurden die für den universitären Bereich gängigen Experimentalphysik-Lehrbücher GIANCOLI (2010), HALLIDAY et al. (2007), MESCHÉDE (2006) und TIPLER (1994) bezüglich der Darstellung von Lösungsbeispielen und gegebenenfalls vorhandenen Bearbeitungsschemata untersucht. Ein verbreitetes Lehrbuch für die Oberstufe und die universitäre Eingangsphase von GREHN und KRAUSE (1998) behandelt hauptsächlich einfache *physikalische Rechenaufgaben* beziehungsweise *Einsetzungsaufgaben* (Kapitel 9) und bietet zu diesen nur recht knappe Musterlösungen.

Die Lösungsbeispiele in Lehrbüchern dienen hauptsächlich der Illustration von allgemeinen Gesetzmäßigkeiten (REINHOLD, LIND & FRIEGE, 1999, S. 47). Sie beginnen meist mit dem Aufgreifen vormals eingeführter Formeln beziehungsweise dem »Kombinieren« geeigneter Formeln. In diese werden die relevanten und gegebenenfalls vorher noch passend umgeformten Größen eingesetzt. Diese Schritte sind in den Lehrbüchern in unterschiedlicher Ausführlichkeit beschrieben. Der Schwerpunkt der Beschreibungen liegt auf dem, »was« gemacht wird (Einsetzen, Umformen), aber weniger darauf, »warum« und unter welchen Annahmen oder Überlegungen die Handlungen erfolgen.

Einige der dargestellten Lösungen sind ergänzt um die Angabe der gegebenen und gesuchten Größen sowie einer Skizze. Es fehlt aber oftmals die Darstellung einer generellen »Lösungsidee« und des angewandten (abstrakten) Lösungsschemas.

Bei manchen Lösungen findet abschließend eine Diskussion des Ergebnisses statt, indem dieses zu dem jeweiligen physikalischen Kontext oder der ursprünglichen Fragestellung der Aufgabe in Bezug gesetzt wird. So wird gelegentlich diskutiert, warum der berechnete Wert in der Realität abweichen müsste, wenn zum Beispiel idealisiert ohne Reibungsverluste gerechnet wurde. Manchmal findet auch eine Abschätzungen der Richtigkeit durch Plausibilitätsbetrachtungen statt (bspw. „Wir können die Plausibilität unserer Antwort durch Berechnen der Endgeschwindigkeit v überprüfen“, GIANCOLI, 2010, S. 39).

Explizierte und für physikalische Rechenaufgaben geeignete Bearbeitungsschemata lassen sich in den fünf genannten Experimentalphysik-Lehrbüchern nur in GIANCOLI finden. GIANCOLI empfiehlt die Verwendung seines Verfahrens mit dem Hinweis, dass die „einfache Suche nach einer

Gleichung, die passen könnte, [...] verheerend sein und zu einem falschen Ergebnis führen“ kann (2010, S. 38; Zusammenfassung des dort beschriebenen Verfahrens in Tabelle 10.1). Gerade diese von GIANCOLI nicht empfohlene Strategie scheint jedoch von den Studierenden bisher verwendet worden zu sein (Kapitel 8.2.1). HALLIDAY et al. geben kein allgemeines Bearbeitungsschema vor, weisen aber bei den behandelten Lösungsbeispielen meist explizit verschiedene „Lösungsideen“ aus (z.B. 2007, S. 14). In den einzelnen Buchkapiteln werden außerdem thematisch passende „Lösungsstrategien“ (z.B. ebenda, S. 4) in Form von Hinweisen, Heuristiken, Spezialfällen und typischen Fehlern angegeben. Lösungsideen und -strategien sind in der Wissenskomponente *Vorgehensweisen und ihre Generalisierung* verortet.

LÜHE (1995, S. 59) beschreibt ein Bearbeitungsschemata zur „sachgerechten Lösung einer physikalischen Aufgabe“. Dieses wird in Tabelle 10.1 dem Bearbeitungsschema nach GIANCOLI (2010) gegenübergestellt. Identische beziehungsweise inhaltlich ähnliche Schritte stehen nebeneinander. Auffällig sind dabei entstehende Unterschiede in der Reihenfolge. Aus diesen Schritten leiten sich die in Kapitel 10.2.3 beschriebenen Bearbeitungsschritte physikalischer Rechenaufgaben ab.

Tabelle 10.1 Bearbeitungsschritte aus Giancoli (2010, S. 38) und Lühe (1995, S. 59). Eigene Hervorhebungen. Ursprüngliche Hervorhebungen (fett/kursiv) wurden ignoriert.

| GIANCOLI (2010) | LÜHE (1995) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Lesen Sie die gesamte Aufgabenstellung zweimal sorgfältig durch, bevor Sie versuchen, die Lösung zu finden. | |
| 3. Schreiben Sie auf, welche Größen „bekannt“ oder „gegeben“ sind und was Sie wissen wollen. | 1. Gegebene und gesuchte Größen notieren. Textanalyse, Sachgebiet bestimmen. |
| 2. Zeichnen Sie eine Kurve oder eine Skizze von der Aufgabenstellung [...]. | 2. Skizze anfertigen oder (und) Diagramm zeichnen, Größen eintragen. |
| 4. Denken Sie darüber nach, welche Grundsätze der Physik auf diese Aufgabenstellung zutreffen. Planen Sie die Herangehensweise. | 3. Lösungsansatz [...] formulieren. Dazu aus Skizze oder Diagramm einen Zusammenhang der Größen entnehmen oder von anderen allgemeinen Beziehungen ausgehen. [...] zum Beispiel einer Beziehung zwischen den wirkenden Kräften oder einer Energiebilanz [...]. |
| 5. Überlegen Sie sich, welche Gleichungen [...] sich auf die jeweiligen Größen beziehen. Stellen Sie vor der Anwendung von Gleichungen sicher, dass ihr Gültigkeitsbereich Ihre Aufgabenstellung mit einschließt [...] lösen Sie die Gleichung algebraisch nach der unbekanntem Größe auf . | 4. Der Lösungsansatz ist nun so umzuwandeln, daß für die gesuchte Größe eine allgemeine Lösung entsteht. |
| 6. Führen Sie die Berechnung durch, wenn es sich um eine numerische Aufgabenstellung handelt. | |
| 7. Denken Sie sorgfältig über das erhaltene Ergebnis nach: Ist es plausibel ? [...] Ein gutes Prüfungsverfahren ist eine grobe Abschätzung, bei der nur Zehnerpotenzen verwendet werden [...] | 6. Diskussion der allgemeinen Lösung. |
| 8. Ein sehr wichtiger Aspekt bei der Bearbeitung von Aufgaben ist, auf die Einheiten zu achten. | 5. Die entwickelte allgemeine Lösung wird abschließend einer Einheitenkontrolle unterzogen. |

Phasen theoretischer Problemlöseprozesse

In der Literatur finden sich (abstrakte) Beschreibungen von Problemlösephasen und -prozessen. Viele ähneln dem Prozess nach POLYA (1945) oder lassen sich darauf zurückführen (Zusammenfassung in Tabelle 10.2). Dieses Modell aus der Mathematik bildet auch eine der Grundlagen für das wissenszentrierte Problemlösen nach FRIEGE (2001, S. 70 f.).

Nach FRACKMANN und TÄRRE (2009, S. 34) erweisen sich theoretische Schemata alleine allerdings als zu abstrakt und allgemein, um als konkrete „Handlungsanleitung“ verinnerlicht zu werden, sodass die Vermittlung allgemeiner Problemlösestrategien daher wenig erfolgsversprechend ist. Auch das deutsche PISA-Konsortium kommt zu dem Ergebnis, „dass die Idee einer universellen bereichsübergreifenden Problemlösefähigkeit nicht haltbar ist“ (ebenda).

Ein mögliches Bearbeitungsschema für physikalische Rechenaufgaben braucht daher konkrete Handlungsschritte in den einzelnen Phasen. Die abstrakteren Phasen dienen als Gliederung und Struktur dieser Schritte und wurden anhand theoretischer Problemlöseprozesse sowie der konkretisierten Bearbeitungsschritte physikalischer Rechenaufgaben abgeleitet.

Die Tabelle 10.2 stellt ausgewählte theoretische Problemlöseprozesse den Phasen der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben gegenüber, die im folgenden Kapitel genauer beschrieben werden. Die einzelnen Phasen der Modelle wurden in der Tabelle inhaltlich passend zugeordnet. Die Modelle unterscheiden sich im Umfang und ihren Schwerpunkten.

Tabelle 10.2 Gegenüberstellung verschiedener Problemlöseprozesse. Phasen des Problemlösens nach Polya (1945, XVI f.; sinngemäße Übersetzung in Anlehnung an Friege 2001, S.76 ff.), Problemlöseprozess nach Friege (2001, S. 76), Problemlöseprozess nach Koppelt & Tiemann (2010, S. 173) sowie Phasen des Schemas zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben (hellgrau; Kapitel 10.2.3).

| POLYA (1945) | FRIEGE (2001) | KOPPELT & TIEMANN (2010) | Bearbeitungsphasen physikalischer Rechenaufgaben |
|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Verstehen des Problems | | Problem verstehen und charakterisieren | Aufgabenstellung lesen und verstehen |
| | | | Aufgabenstellung analysieren |
| | Problemrepräsentation | Problem angemessen repräsentieren | Problemstellung der Aufgabe bearbeiten |
| Aufstellen eines Plans | Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas | Problem lösen | |
| Durchführung des Plans | Ausarbeitung einer Lösung | | |
| Überprüfung der Lösung | Evaluation der Lösung | Lösung reflektieren und kommunizieren | Abschätzung der Richtigkeit des Ergebnisses |

10.2.3 Bearbeitungsschema physikalischer Rechenaufgaben

Die Phasen des Bearbeitungsschemas physikalischer Rechenaufgaben sind aus den im vorherigen Kapitel beschriebenen Problemlöseprozessen (Tabelle 10.2) abgeleitet. Die Reihenfolge der vier

Phasen ist vorgeschrieben. Sie beinhalten konkrete Handlungsschritte, die auf Grundlage der Bearbeitungsschritte von LÜHE sowie GIANCOLI (Tabelle 10.1) und induktiv anhand typischer Lösungen physikalischer Rechenaufgaben erstellt wurden. Sofern sinnvoll kann die Reihenfolge der Handlungsschritte innerhalb der Phasen variiert und auch einzelne Schritte ausgelassen werden. Dazu gehört beispielsweise das Anfertigen einer Skizze, falls die Anfertigung nicht erforderlich, nützlich oder möglich ist. Die Tabelle 10.3 gibt die Phasen und einzelnen Schritte wieder.

Tabelle 10.3 Bearbeitungsschema physikalischer Rechenaufgaben. Die Reihenfolge der Phasen ist vorgegeben, die der Schritte nicht. Einzelne Schritte können entfallen.

| Phase | Schritt |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aufgabenstellung lesen und verstehen | Text- und Darstellungsverständnis herstellen |
| 2. Aufgabenstellung analysieren | Einordnen der Aufgabe in ein Themengebiet |
| | Gegebene und gesuchte Größen herausfinden und aufschreiben |
| 3. Problemstellung der Aufgabe bearbeiten | Ansätze und Ideen zur Lösung der Aufgabe finden (bspw. Kräftegleichgewicht, Energieansatz etc.) |
| | (Eigene) Skizze oder zeichnerische Lösung erstellen (wenn möglich) |
| | Herausfinden der benötigten Formel(n) mit passendem Gültigkeitsbereich |
| 4. Abschätzung der Richtigkeit des Ergebnisses | Rechnungen: • Aufstellen, Umformen und Auflösen von Gleichungen • Einsetzen von Zahlenwerten und Ausrechnen des Ergebnisses |
| | Ergebnisbetrachtung: • Vergleichen der Fragestellung mit dem Ergebnis • Richtigkeitsabschätzung der Größenordnung • Kontrolle der Einheiten • Plausibilitätsbetrachtungen |

Zusammenspiel zwischen Wissenskomponenten und Bearbeitungsschema

Zwischen den Wissenskomponenten und den einzelnen Schritten des Bearbeitungsschemas wird analog zum Modell des wissenszentrierten Problemlösens ein komplexes Zusammenspiel vermutet. So verbindet zum Beispiel der Schritt *Einordnen der Aufgabe in ein Themengebiet*, als Teil der zweiten Phase *Aufgabenstellung analysieren*, das Bearbeitungsschema mit beiden Wissenskomponenten: Ausgehend von der thematischen Einordnung der Aufgabenstellung kann zum Beispiel schon auf in Frage kommende *Beispielprobleme* oder *Formeln mit geeignetem Gültigkeitsbereich* geschlossen werden.

Den *Lösungsideen* des Schrittes *Ansatz und Ideen zur Lösung der Aufgabe finden* (in Anlehnung an HALLIDAY et al., 2007; Kapitel 10.2.2) wird innerhalb des Bearbeitungsschemas eine große Bedeutung zugemessen. Die Lösungsideen stellen eine direkte Verbindung mit der Wissenskomponente *Vorgehensweisen und ihre Generalisierung* her (s. Wechselwirkungen in FRIEGE, 2001, S. 76 ff.). Weitere Verknüpfungen bestehen vor allem im Bereich der Wissenskomponente *Fakten und ihre Vernetzung* bei den Schritten *Herausfinden der passenden Formel* sowie der Anwendung von mathematischen Fähigkeiten mit dem Teilschritt *Rechnungen*.

Während des Durchlaufens des Bearbeitungsschemas werden also verschiedene Aspekte der Wissenskomponenten benötigt (z.B. Formeln), aber auch durch die Bearbeitung erhalten (vgl. Kapitel 10.1).

10.3 Verortung der DiF-Instrumente

Das Modell zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben dient der Konzeption, Entwicklung und Verortung der in den nächsten Kapiteln ausführlich beschriebenen DiF-Instrumente. In Abbildung 10.3 ist dargestellt, in welchen Komponenten des Modells die DiF-Instrumente schwerpunktmäßig ansetzen.

Die *Diagnosecheckliste* (Kapitel 11) bildet das Bearbeitungsschema für physikalische Rechenaufgaben ab und fokussiert vollständig auf diese Komponente. Sie dient sowohl als Leitfaden für die Strukturierung der Bearbeitung der Aufgaben als auch zur prozessbegleitenden Diagnose und gegebenenfalls Förderung.

Das Bearbeitungsschema wird auch zur Gliederung der Aufgabenbearbeitung (Erklären/Vorrechnen von Übungsaufgaben) in den Interventionsveranstaltungen sowie in den *Selbstlerneinheiten* (Kapitel 12) verwendet und dient den Studierenden als vorgegebene Gliederung beim *Erstellen kommentierter Lösungen* (Kapitel 13). In kommentierten Lösungen (die in *Selbstlerneinheiten* enthalten sind) werden aufgabenspezifisches Faktenwissen, wie beispielsweise geeignete Formeln, aber auch Beispielprobleme und Lösungsschemata beschrieben. Somit können die Instrumente *Erstellen kommentierter Lösungen* sowie *Selbstlerneinheiten* das gesamte Modell abdecken.

Die physikbezogenen *diagnostischen Tests und dazugehörigen Förderangebote* (Kapitel 14) decken den Bereich *Fakten und deren Vernetzung* in Form der Erkennung und gegebenenfalls Schließung von Defiziten im Vorwissen ab. Die zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben notwendigen mathematischen Kenntnisse (Fakten und Verfahren) sowie Fähigkeiten sind sowohl in den Wissenskomponenten (deklarativ und prozedural) als auch im Bearbeitungsschema (Schritt *Rechnungen*) enthalten. Diese Kenntnisse und Fähigkeiten werden von den Instrumenten *diagnostische Tests und Förderangebote* (zu mathematischen Grundlagen) sowie der *Diagnosecheckliste* (im Schritt *Rechnungen*) aufgegriffen.

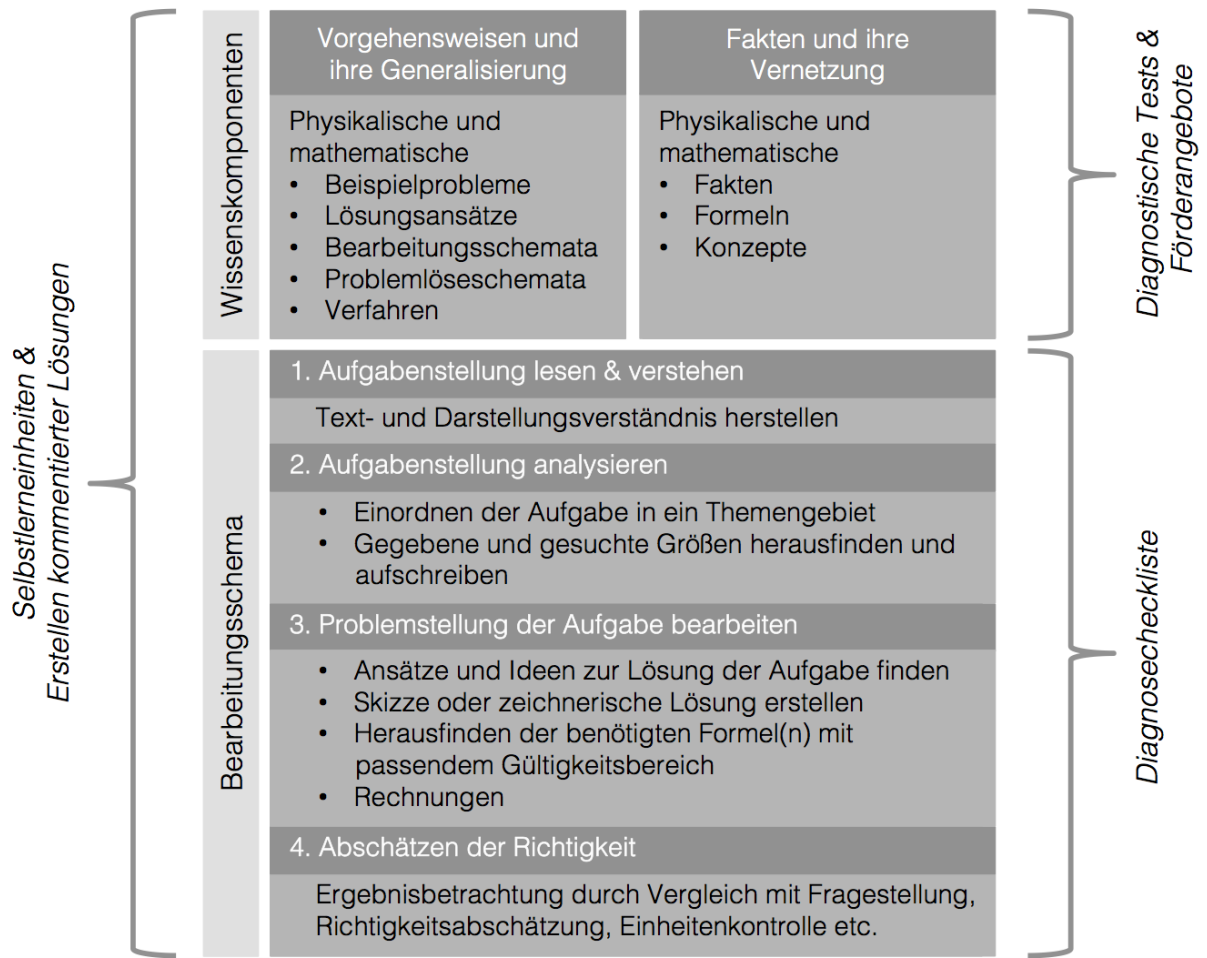


Abbildung 10.3 Bearbeitungsmodell physikalischer Rechenaufgaben mit Verortung der Schwerpunkte der DiF-Instrumente (kursiv).

11 Diagnosecheckliste


Die Diagnosecheckliste stellt in erster Linie ein Diagnoseinstrument (Selbst- und Fremddiagnose) dar. Sie erfüllt aber auch Funktionen der Förderung und dient im Rahmen dieser Arbeit außerdem als Forschungsinstrument. In den folgenden Unterkapiteln werden Aufbau, Funktionen und Einsatz sowie Ergebnisse zur Validität und den aufgabenbezogenen Schwierigkeiten der Studierenden vorgestellt.⁷

11.1 Aufbau

Die erfolgreiche Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben setzt mehrere komplexe Bearbeitungsschritte voraus, die durch das Bearbeitungsschema physikalischer Rechenaufgaben beschrieben werden (Kapitel 10.2.3). Die Diagnosecheckliste bildet diese typischen Bearbeitungsschritte ab und enthält weitere Erläuterungen in Form von Beispielen und Konkretisierungen, um die abstrakten Schritte verständlicher zu machen. Zu jedem Bearbeitungsschritt können die Studierenden auf einer dichotomen Skala ihre Schwierigkeiten einschätzen (Abbildung 11.1). Zusätzlich zu dieser Einschätzung ist für jeden Schritt ein Feld zur freien Beschreibung der Schwierigkeiten vorgesehen. In einem weiteren Feld können die Studierenden durch Ankreuzen gezielt Förderung zu den einzelnen Schritten anfordern.

Diagnosecheckliste
für Übungsaufgaben mit Formeln und Rechnungen

© Pusch / TheyBen 2011



| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <p>Name: _____</p> <p>Datum: _____</p> <p>Aufgabe: _____</p> | | Das konnte ich Dabei hatte ich Schwierigkeiten | Freie Beschreibung der Schwierigkeiten (was genau machte Schwierigkeiten?) | Dafür möchte ich Förderung |
| 1 Aufgabenstellung lesen und verstehen | | | | |
| Textverständnis & Darstellungsverständnis | | | | |
| Verstehe ich die den Aufgabentext? Verstehe ich die Skizze oder die Tabelle? Verstehe ich die beschriebene phys. Situation und die Fragestellung? | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 Aufgabenstellung analysieren | | | | |
| 2a Einordnen der Aufgabe in ein Themengebiet | | | | |
| Kann ich die Aufgabe in ein Themengebiet einordnen, z.B. Mechanik, gleichförmige Bewegungen? Kenne ich ein analoges Problem? | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2b Herausfinden und Aufschreiben von Gegeben und Gesucht | | | | |
| Kann ich herausfinden und aufschreiben, welche physikalische Größen gegeben und gesucht sind? Beispiel: $v_0 = 4 \text{ m/s}$, $s = 10 \text{ m}$, $t = ?$, Ist $U_{\text{Verbraucher}}$ oder U_{Leitung} gesucht? | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Abbildung 11.1 Ausschnitt aus der Diagnosecheckliste (Version 2011). Vollständige Version im Anhang A.2.

⁷ In der Projektdokumentation BUSCH et al. (2013) wurden das Instrument und einige vorläufige Ergebnisse der Untersuchungen bereits beschrieben. Die folgenden Kapitel greifen die Ausführungen auf und erweitern sie.

Weiterentwicklung

Im Sommersemester 2010 wurde die Diagnosecheckliste zunächst mit einer vierstufigen Skala⁸ eingesetzt. Interviews zeigten, dass den befragten Personen die Einschätzung aufgrund der Skalengröße schwerfällt (PUSCH & THEYßEN, 2011, S. 157). Dieser Befund deckt sich mit der Erkenntnis, dass in der Regel zwar Validität sowie Reliabilität steigen, je mehr Antwortkategorien benutzt werden (BÜHNER, 2011, S. 111). Allerdings können zu viele Antwortkategorien sich „auch negativ auf die Messeigenschaften eines Items auswirken“ (ebenda). Dies geschieht insbesondere dann, wenn „die Probanden mit dem Differenzierungsgrad des Antwortformats überfordert sind.“ (ebenda). Im Wintersemester 2010/2011 wurde daher eine dichotome Skala (*Das konnte ich/Dabei hatte ich Schwierigkeiten*) gewählt.

Die Ergebnisse eines Fragebogens aus dem Sommersemester 2010 zeigten, dass die Diagnosecheckliste in der dort eingesetzten ersten Version den Studierenden tendenziell bei der Strukturierung der Aufgabenbearbeitung helfen kann, aber nur wenigen Studierenden hilft, Stellen zu finden, bei denen Schwierigkeiten auftraten. Als Konsequenz wurden einige Schritte der Diagnosecheckliste bei der Überarbeitung zum Wintersemester 2010/2011 gestrichen, zusammengefasst oder entsprechend umformuliert. Beispielsweise bestand in der Version des Sommersemesters 2010 die erste Phase *Verstehen der Aufgabenstellung* aus drei Items zum Text-, Darstellungs- sowie inhaltlichem Verständnis. In der überarbeiteten Version sind diese Items zu *Textverständnis & Darstellungsverständnis herstellen* zusammengefasst worden. Die Diagnosecheckliste umfasst in der weiterentwickelten Version 2011 somit acht statt 15 Items (Anhang A.2).

11.2 Funktionen

Übungsaufgaben vom Typ physikalische Rechenaufgaben sind ein zentrales Element der Bezugsveranstaltung an der TU-Dortmund und ähnlicher Veranstaltungen anderer Hochschulen (Kapitel 9.3). Deren Bearbeitung stellt Studierende aber oftmals vor Schwierigkeiten (Kapitel 8.2.1). Die Voruntersuchung zeigte außerdem, dass kaum eine bewusste Strukturierung der Aufgabenbearbeitung stattgefunden hat. Um diese Schwierigkeiten aufgreifen zu können, soll die Diagnosecheckliste Funktionen für die Studierenden (F1-F3) sowie für die Lehrenden (F4) erfüllen. Die intendierten Funktionen liefern die genauen Kriterien, anhand derer die Validität der Instrumente geprüft wird.

F1 *Selbstdiagnostik*

Die Diagnosecheckliste soll den Studierenden eine Kontrollmöglichkeit der eigenen Bearbeitung der Übungsaufgaben vom Typ physikalische Rechenaufgabe ermöglichen, damit sie sich möglicher Schwierigkeiten bewusst werden.

F2 *Förderung zu Bearbeitungsschritten*

Die Diagnosecheckliste soll den Studierenden ermöglichen, zu schwierigkeiterzeugenden

⁸ *Das kann ich bei der Aufgabe: gut + + bis nicht gut - -*

Bearbeitungsschritten zeitnah gezielt Förderwünsche zu äußern, um so gezielte Förderung zu den einzelnen Bearbeitungsschritten erhalten können.

F3 *Bearbeitungsstrategie*

Die Diagnosecheckliste soll als Leitfaden den Studierenden eine mögliche Struktur zur Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben geben.

Eine Individualdiagnostik durch die Lehrenden der bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben auftretenden Schwierigkeiten ist durch eine Analyse der Übungsabgaben meist zeitaufwendig und aus verschiedenen Gründen kaum möglich. Die Aufgaben können in Teams oder größeren Gruppen bearbeitet worden sein. Lösungen können aus Lehrbüchern oder von anderen Studierenden abgeschrieben worden sein, vor allem wenn eine Abgabepflicht besteht oder Punkte für eine Klausurzulassung benötigt werden. Die Auswertung der Diagnosecheckliste soll als Ergänzung oder Ersatz für die zeitintensive Analyse der Übungsabgaben valide Hinweise auf die eventuell bei der Bearbeitung aufgetretenen Schwierigkeiten geben.

F4 *Fremddiagnostik*

Durch die Selbsteinschätzung der Studierenden zu den bei der Bearbeitung aufgetretenen Schwierigkeiten soll die Diagnosecheckliste Hinweise auf erkennbare Fehler bei Übungsabgaben liefern.

Da Übungsabgaben zu physikalischen Rechenaufgaben üblicherweise nur aus den geforderten Rechnungen und Skizzen bestehen, wird diese Funktion ausschließlich anhand der explizierten Schritte *Skizze* und *Rechnungen* überprüft.

11.3 Einsatz und Beforschung

Die Diagnosecheckliste wurde in den beiden DiF-Übungen an der TU Dortmund (SS 10 und WS 10/11) sowie in zwei Übungsgruppen an der Universität Duisburg-Essen (WS 11/12; Ergebnisse dazu in Kapitel 16) eingesetzt und beforscht.

KLIEMANN (2008, S. 85) betont, dass Selbsteinschätzung erlernt und geübt werden muss. Daher wurde die Diagnosecheckliste in den ersten Semesterwochen jeweils anhand geeigneter physikalischer Rechenaufgaben erläutert. Dabei wurde besonderer Wert auf die Vermittlung des Bearbeitungsschemas gelegt.

Die Nutzung war für die Teilnehmer der DiF-Übung im Sommersemester 2010 verpflichtend. In den ersten drei Wochen der DiF-Übung des Wintersemesters 2010/2011 war die Nutzung zunächst für alle Studierenden verpflichtend. Anschließend konnte alternativ ein vorstrukturiertes Lerntagebuch über den eigenen wöchentlichen Zeiteinsatz (Vor- und Nachbereitung sowie Veranstaltungsbesuch) und dem dabei subjektiv empfundenen Nutzen geführt werden.

Die Diagnosecheckliste wurde immer bezogen auf eine spezielle Übungsaufgabe ausgefüllt, die vom Typ physikalische Rechenaufgabe sein sollte. Da die Teilnehmer im vorherigen Semester Schwierigkeiten bei der Auswahl geeigneter Aufgaben hatten, wurden diese im Wintersemester

2010/2011 zuvor festgelegt. Es stand den Studierenden aber frei, für weitere geeignete Übungsaufgaben Diagnosechecklisten auszufüllen und abzugeben.

Erläuterungen zur Datenbasis

Die Diagnosecheckliste wurde durch Interviews, Fragebögen und Nutzungsstatistiken beforcht (Tabelle 11.1). Außerdem dient die Diagnosecheckliste selber als Forschungsinstrument für die Validierung der Funktion der Fremddiagnostik (im Rahmen der Forschungsfrage 2) und zur Exploration der Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1.1). Bevor die Forschungsfragen in den folgenden Kapiteln beantwortet werden, werden vorab Erläuterungen der zugrundeliegenden Datenbasis dargestellt.

Tabelle 11.1 Zur Evaluation und Entwicklung (E) sowie zusätzlich zur Beantwortung der Forschungsfragen (FF) ausgewertete Datenquellen.

| | TU Dortmund | |
|---------------------|-------------|----------|
| | DiF-Übung | |
| | SS 10 | WS 10/11 |
| Interviews | E | FF |
| Fragebogen | E | FF |
| Nutzungsstatistik | E | FF |
| Diagnosechecklisten | E | FF |
| Übungsabgaben | E | FF |

Auswertbare Stichprobe

Zur Beantwortung der Forschungsfragen 1 und 2 wurde eine gemeinsame Datenbasis von insgesamt 97 Diagnosechecklisten samt dazugehörigen Übungsabgaben aus dem Wintersemester 2010/2011 untersucht. Durch die Involvierung in die DiF-Übung und den Vergleich zu dem Verhalten in den Veranstaltungen, konnte die Plausibilität der verpflichtenden Nutzung und der Angaben beurteilt werden. Wenige unplausibel bearbeitete Diagnosechecklisten, die zum Beispiel undifferenziert für mehrere Aufgaben ausgefüllt wurden oder zu denen keine Übungsabgabe existiert, wurden so aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Einige Studierende arbeiteten in Kleingruppen (fünf bis sechs Personen) und gaben Übungsabgaben im Team ab. Hinweise auf die Bearbeitung in Kleingruppen gaben Interviews, Angaben auf Diagnosechecklisten sowie Auffälligkeiten auf den analysierten Übungsabgaben.

Für die Auswertung des Wintersemesters 2010/2011 ergeben sich die nachfolgenden zwölf Fälle: Neun Studierende haben Diagnosecheckliste und Übungsabgaben alleine abgegeben und werden jeweils als ein Fall betrachtet. Vier Studierende gaben als Zweierteam ab. Sie gaben an, dass die Angaben auf der Diagnosecheckliste ihrer einvernehmlichen Einschätzung entspricht. Diese

Teams werden jeweils als ein Fall behandelt. Es gab außerdem ein Zweierteam, welches sich ab der fünften Semesterwoche zusammengeschlossen hat. Da ein Teammitglied bis dahin keine Diagnosechecklisten abgegeben hat, wird dieses Team ebenfalls als ein Fall betrachtet. Wenn vereinzelt weitere Namen auf den Diagnosechecklisten beziehungsweise Übungsabgaben standen, wurden diese nicht berücksichtigt.

Erfassung der Diagnosechecklisten

Die Angaben der Diagnosechecklisten wurden zur weiteren automatisierten Auswertung anhand eines Manuals in einem Excel-Sheet erfasst (Anhang E.6). Um die Korrektheit der Erfassung zu überprüfen, wurde die Inter-Coder-Übereinstimmung anhand 17 der 97 ausgewerteten Diagnosechecklisten aus dem Wintersemester 2010/2011 bestimmt. Pro Diagnosecheckliste waren je acht Angaben zu übertragen. Über diese 136 doppelt kodierten Angaben ergibt sich ein *Cohens Kappa* von .98, welches als zufriedenstellend zu werten ist.

Einschätzung der erkennbaren Fehler auf den Übungsabgaben

Für einen Teil der Analyse der Validität der Diagnosecheckliste (Kapitel 11.4.2) sowie der Analyse der sichtbaren Fehler auf den Übungsabgaben (Kapitel 11.5.2) wird ein Manual anhand des Bearbeitungsschemas physikalischer Rechenaufgaben abgeleitet (Anhang E.5). Die Überprüfung der Objektivität der Einschätzung wurde durch einen Inter-Rater-Vergleich sichergestellt. Die Doppelkodierung von insgesamt 325 Analyseeinheiten (Aufgaben bzw. Teilaufgaben) aller abgegebenen Aufgabenbearbeitungen von sechs der zwölf Fälle des Wintersemesters 2010/2011 ergibt ein mittleres *Cohens Kappa* von .7 (min = .59 max = .81). Die prozentuale Übereinstimmung beträgt insgesamt 86 %. Da es sich hierbei um ein hoch-inferentes Rating handelt und zum Teil zusätzlich eine stark einseitige Verteilung in der Kategorie *kein Fehler zu sehen* vorliegt, ist diese Übereinstimmung als zufriedenstellend zu werten. Die feine Gliederung der Analyseeinheiten sowie der Kategorien wurde für die weitere Auswertung zusammengefasst.

11.4 Validität (Forschungsfrage 2)

Aus den in Kapitel 11.2 formulierten Funktionen werden Kriterien abgeleitet, anhand derer die Validität des Instruments geprüft wird. Die Forschungsfrage 2 präzisiert sich dadurch zu:

Forschungsfrage 2: Validität der DiF-Instrumente

FF 2.1 Inwieweit erfüllt die Diagnosecheckliste die Funktionen der Bewusstmachung von Schwierigkeiten, der Ermöglichung gezielter Äußerung von Förderwünschen sowie der Strukturierung der Bearbeitung bei den Studierenden (F1 bis F3)?

FF 2.2 Inwieweit ermöglicht die Diagnosecheckliste eine Fremddiagnose der bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben auftretenden Schwierigkeiten (F4)?

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 2.1 wurden vor allem Interviews mit Studierenden hinsichtlich ihrer individuellen Nutzungsstrategien analysiert (Funktionen F1 bis F3). Zusätzlich wurden Angaben ausgefüllter Diagnosechecklisten einbezogen.

Durch einen Vergleich der Einschätzungen durch die Diagnosechecklisten mit den erkennbaren Fehlern auf den Übungsabgaben wird die Forschungsfrage 2.2 beantwortet (Funktion F4).

11.4.1 Ergebnisse: Funktionen für Studierende

Sieben Studierende der DiF-Übung wurden bezüglich ihrer individuellen Nutzungsstrategien der Diagnosecheckliste befragt. Der dabei verwendete Leitfaden umfasste offene Fragen nach der Verwendung und der dabei möglicherweise erlebten Diagnose, Förderung sowie dem Nutzen. Die Fragen waren für die DiF-Instrumente der Kapitel 12 und 13 identisch (Leitfaden im Anhang B.2). Durch die zum Teil sehr offenen Fragen sollte eine Beeinflussung der Studierenden vermieden werden. Die dadurch entstandenen Äußerungen sind aufgrund der Offenheit der Fragen aber nicht hinsichtlich ihrer Häufigkeit zu interpretieren.

Alle befragten Studierenden haben die Diagnosecheckliste im Anschluss an die Bearbeitung der Übungsaufgaben ausgefüllt und ihre Schwierigkeiten somit nach der Bearbeitung eingeschätzt (Codetabelle 11.1). Die Übergänge zwischen der beschriebenen Verwendung der Diagnosecheckliste und des dabei erlebten beziehungsweise bezweckten Nutzens sind zum Teil fließend und werden nachfolgend den drei intendierten Funktionen zugeordnet. Dabei wurden von den sieben befragten Personen vor allem Funktionen der *Selbstdiagnostik* (6 Nennungen⁹) und der *Bearbeitungsstrategie* (4) genannt.

F1 *Selbstdiagnostik*

Die Einschätzung der Bearbeitung mit Hilfe der Diagnosecheckliste diente als Anlass zur Reflexion über die Bearbeitung (4 Nennungen). Dadurch konnten neue Überlegungen zur Aufgabe eingebracht werden. Die Verwendung der Diagnosecheckliste ermöglicht ein Auffinden beziehungsweise eine Bewusstmachung von bei der Aufgabenbearbeitung auftretenden Schwierigkeiten (2). Durch die retrospektive Einschätzung der eigenen Bearbeitung mit Hilfe der Diagnosecheckliste können zum Teil Fehler gefunden und sogar korrigieren werden (1).

F2 *Förderung zu Bearbeitungsschritten*

Knapp die Hälfte der Studierenden haben die Diagnosecheckliste mindestens einmal zur Anforderung von Förderung zu konkreten Bearbeitungsschritten genutzt (7 von 15 Studierende bei 22 Förderwünschen insgesamt; s. Auswertung ausgefüllter Diagnosechecklisten in Kapitel 11.5.1).

Eine Person berichtet, dass sie mit Hilfe der auf den Diagnosechecklisten gemachten Angaben auch konkrete inhalts- und aufgabenbezogene Wünsche im Tutorium äußern konnte.

F3 *Bearbeitungsstrategie*

Die von der Diagnosecheckliste vorgegebene Struktur wird als nützlich für die Bearbeitung der Übungsaufgaben empfunden (3 Nennungen). Eine Person äußert, dass sie zu Beginn ih-

⁹ Nennungen bedeuten stets eine Personenzahl, d.h., wie viele verschiedene Personen eine dem jeweiligen Code beziehungsweise Codekategorie zuzuordnende Äußerung getätigt haben. Zur Auswertungsmethodik der Interviews siehe Kapitel 6.1.5

res Studiums nicht wusste, wie sie an solche Aufgaben herangehen soll.

Die Diagnosecheckliste kann auch eine Kontrollfunktion erfüllen, ob die Schritte des Bearbeitungsschemas durchgeführt und aufgeschrieben wurden (2). Eine der befragten Personen berichtet, ausgehend von der Grobstruktur der Diagnosecheckliste Strategien für die Bearbeitung anderer Aufgaben abgeleitet zu haben.

Nutzung im Rahmen der Klausurvorbereitung

Vier der sieben Personen verwendeten die Diagnosecheckliste auch im Rahmen der Klausurvorbereitung (Codetabelle 11.1), um rückblickend noch einmal eine aufgabenbezogene Übersicht über die während des Semesters aufgetretenen Schwierigkeiten zu erhalten. Dort dient die Diagnosecheckliste dem Informieren über bisherige Schwierigkeiten und greift auf die im Semester getätigte *Selbstdiagnostik* (F1) zurück. Eine weitere Person, welche die Diagnosecheckliste auch in der Klausurvorbereitung verwendet hat, gibt dazu aber keine genauere Erläuterung. Ein möglicher Grund für eine fehlende Verwendung in der Klausurvorbereitung ist Zeitmangel (1 Nennung).

Hintergründe zu den Selbsteinschätzungen

Die Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben werden von den Studierenden individuell unterschiedlich eingeschätzt (Codetabelle 11.2). Eine längere Beschäftigung mit einem bestimmten Lösungsschritt einer Aufgabe wird daher nicht zwangsläufig als Schwierigkeit empfunden. Die Interviews zeigen unterschiedliche Hintergründe zu den getroffenen Einschätzungen und liefern mögliche Erklärungen dafür, dass bei der Nennung von Schwierigkeiten nur selten ein Förderwunsch angegeben wurde (Kapitel 11.5.1):

- Unsicherheiten können trotz einer erfolgreichen Bearbeitung als Schwierigkeit eingetragen werden. Sie erfordern aber nicht unbedingt eine konkrete Förderung (1 Nennung).
- Bei der Bearbeitung aufgetretene Schwierigkeiten können von anderen Personen zum Beispiel durch Erklärungen behoben worden sein. Daher besteht kein Bedarf mehr nach Förderung durch die Lehrenden (1 Nennung).
- Ohne Kenntnis der richtigen Lösung kann die Selbsteinschätzung schwierig sein (1 Nennung).
- Die Diagnosecheckliste kann stellenweise unreflektiert ausgefüllt sein. Eine Person berichtet, dass sie bei bestimmten Bearbeitungsschritten (wie dem 1. Schritt *Herstellen von Text- und Darstellungsverständnis*) kaum Probleme hatte und sich daher dort nicht reflektiert einschätzt.

Diese Hintergründe legen nahe, dass die mit der Selbsteinschätzung in Verbindung stehenden Funktionen zum Teil differenzierter zu interpretieren sind. Die Person S04 äußert zum Beispiel, dass sie bei Aufgaben von geringer Schwierigkeit die Diagnosecheckliste unreflektiert ausfüllt (Codetabelle 11.2). Somit muss auch der von ihr beschriebene Nutzen zur Bewusstmachung vorheriger Schwierigkeiten im Rahmen der Klausurvorbereitung (Codetabelle 11.1) vorsichtiger interpretiert werden, da er sich dann wohl nur auf wenige Schritte bezieht.

Auch die Anregung dieser Person, an der Selbsteinschätzung festzuhalten, ob die Schwierigkeiten bestanden aber möglicherweise bereits durch andere Personen behoben wurden (Codetabelle 11.2), ist im Hinblick auf den Wert der Diagnosecheckliste im Rahmen der Klausurvorbereitung interessant: Anhand einer mit Fremdhilfe erstellten (oder abgeschriebenen) Aufgabenbearbeitung kann im Rahmen der Klausurvorbereitung nicht mehr auf im Semester aufgetretene Schwierigkeiten geschlossen werden. Ein Konkretisieren und Festhalten von Schwierigkeiten sowie einer etwaig erfolgten Förderung auf den Diagnosechecklisten kann allerdings bei einer gezielten Nachbereitung helfen. Wurde allerdings wie bei Person S26 „praktisch auch jede Unsicherheit“ als Schwierigkeit vermerkt (Codetabelle 11.2), ist ein retrospektives Informieren über aufgetretene Schwierigkeiten kaum möglich.

Diskussion

Die Analyse der individuellen Nutzungsstrategien zeigt, dass die Studierenden von der Verwendung der Diagnosecheckliste sehr unterschiedlich profitieren konnten. Die Funktion der *Selbstdiagnostik* (F1) ist bei diesem Instrument anscheinend sehr facettenreich und deutet auf eine besondere Intensität der Nutzung hin. Die Hintergründe zu den Selbsteinschätzungen legen nahe, dass diese auf den Diagnosechecklisten teilweise sehr differenziert zu interpretieren sind. Wurde die eigene Selbsteinschätzung sehr gewissenhaft durchgeführt und vermerkt, kann sie im Rahmen der Klausurvorbereitung noch einmal zur Information über eigene aufgabenspezifische Schwierigkeiten genutzt werden und bei der gezielten Aufarbeitung der eigenen Defizite unterstützen.

Die Nutzung der Diagnosecheckliste als Leitfaden zur Strukturierung der Bearbeitung der Übungsaufgaben (Funktion *Bearbeitungsstrategie* F3) ist vor dem Hintergrund der Voruntersuchung, die auf eine kaum bewusste beziehungsweise fehlende Strukturierung der Aufgabenbearbeitung bei den Studierenden hingewiesen hat, sehr wichtig (Kapitel 8.2.1). Die Diagnosecheckliste fungiert dabei als Vermittlungs- und Trainingsinstrument.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 2.1

Die Diagnosecheckliste kann prinzipiell die drei vorgesehenen Funktionen erfüllen: die Bewusstmachung von Schwierigkeiten, das Äußern von Förderwünschen sowie die Strukturierung der Aufgabenbearbeitung.

Codetabelle 11.1 Kodierungen der Interviews (WS 10/11, DiF-Übung, N = 7)

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zeitpunkt des Ausfüllens der Diagnosecheckliste | Im Anschluss an Bearbeitung ausgefüllt | 7 | „Also es war auf jeden Fall, so im Nachhinein, also wir haben ja versucht, die Aufgaben zu lösen und dann hinterher die Checkliste anzukreuzen.“ (S14) |
| | Bewusstmachung eigener Schwierigkeiten | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • „Ja, dass ich auch selber gesehen hatte, wo bei mir die, die Schwierigkeiten liegen.“ (S02) • „Genau, und dann kann ich die Checkliste benutzen und sagen: »Wo ist jetzt mein Stolperstein?«“ (S25) |
| M_Selbstdiagnostik (F1) | Finden und Korrigieren von Fehlern | 1 | „Ich hatte eine Aufgabe falsch gelöst und beim Abarbeiten der Diagnosecheckliste konnte ich gelegentlich den Fehler selber finden und korrigieren.“ (S26) |
| | Anlass zur Reflexion | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • „Ja, weil ich dann sehe, an welchen Punkten ich wirklich noch mal selber üben oder was nachgucken muss.“ (S22) • „Und manchmal habe ich auch erst durch das Ausfüllen der Diagnosecheckliste Überlegungen gehabt oder bin auf Überlegungen geführt worden, die ich vorher noch nicht hatte.“ (S26) |
| Förderung zu Bearbeitungsschritten (F2) | Äußern von Förderwünschen für Tutorium | 1 | „Ich habe Tutor6 dann meistens montags oder sonntags eine E-Mail geschrieben, weil ich ja wußte, wo jetzt die Schwierigkeiten liegen.“ (S02) |
| | Diagnosecheckliste liefert Struktur zur Bearbeitung | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • „Sie [die Diagnosecheckliste] zeigt mir, wie ich an die Aufgaben herangehen kann.“ (S25) • „Es bedeutet auch Struktur für die Aufgaben.“ (S26) |
| | Herangehensweise an Aufgaben zu Beginn des Studiums unbekannt | 1 | „Und ich kann mich daran erinnern, dass ich anfangs gar nicht so recht wusste, wie gehe ich denn an so eine Aufgabe überhaupt ran.“ (S22) |
| M_Bearbeitungsstrategie (F3) | Diagnosecheckliste erfüllt Kontrollfunktion | 2 | „[Nach der Bearbeitung] kann man selbst noch mal gucken, ob man die Sachen [Schritte der Diagnosecheckliste] wirklich aufgeschrieben hat.“ (S05) |
| | Verwenden des Bearbeitungsschemas für andere Aufgaben | 1 | „Letztlich habe ich sie [die Diagnosecheckliste] ja, sobald ich den Ablauf drin hatte, für jede Aufgabe verwendet. Weil ich [...] an jede Aufgabe so quasi rangegangen bin. Zumindest, was den ersten Teil angeht. [...] So diese grobe Struktur, ohne jetzt irgendwo Kreuze zu setzen. Aber diese grobe Struktur habe ich eigentlich bei jeder Aufgabe angewandt.“ (S25) |
| Verwendung zur Klausurvorbereitung | Informieren über vorherige Schwierigkeiten bei Aufgaben | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • „Um noch mal zu gucken: »Was war die Aufgabe? Welche, konnte ich die überhaupt selber? Konnte ich die erst nachher?«“ (S04) • „»Wo habe ich Probleme? Wo nicht?« [...] dann mache ich mich an die Aufgaben und dann kommt das mit den, mit den Diagnosechecklisten, mit den Rückmeldungen, dass ich das alles miteinander abgleiche.“ (S14) |
| | Verwendung ohne genauere Nutzungsbeschreibung | 1 | - |
| | Keine Verwendung zur Klausurvorbereitung | 2 | „Ich habe die Diagnosecheckliste nicht genutzt. [...] Es war zu zeitaufwendig.“ (S26) |

Codetabelle 11.2 Kodierungen der Interviews (WS 10/11, DiF-Übung, N = 7).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Unsicherheiten als Schwierigkeit eingetragen | 1 | „Also ich habe praktisch auch jede Unsicherheit eingetragen.“ (S26) |
| | Schwierigkeiten mit Selbsteinschätzung ohne Kenntnis richtiger Lösung | 1 | „Ich gebe die Aufgabe dann ja ab und ich weiß nicht, ob es richtig oder falsch ist. Und deswegen kann ich ja noch nicht wissen, ob ich da dann Förderung brauche.“ (S14) |
| M_Äußerungen zur Selbst-einschätzung | Von anderen Personen Hilfe erhalten | 1 | „Also, ich fände es wirklich sinnvoll, wenn noch eine Spalte wäre, von wegen: »Ich konnte es erst nicht, dann hat es mir jemand erklärt und jetzt weiß ich, dass ich es beim nächsten Mal auch kann.«“ (S04) |
| | Unreflektiertes Ausfüllen bei Stellen ohne Schwierigkeiten | 1 | „Es war nur bei ganz wenigen Aufgaben, wo man dann bei gegeben und gesucht noch mal überlegen musste. Aber das meiste ging einfach immer. Und da hat man sich auch gar nicht mehr direkt noch mal die Aufgabe erst angeguckt [...], sondern einfach nur noch so »kreuz kreuz kreuz.«“ (S04) |

11.4.2 Ergebnisse: Funktionen für Lehrende

Die Einschätzungen der Studierenden mit Hilfe der Diagnosecheckliste sollen Hinweise auf erkennbare Fehler liefern (Funktion *Fremddiagnostik*) und somit die zeitintensive Analyse der Übungsabgaben ergänzen oder gar ersetzen. Um diese Funktion zu untersuchen, werden die Fehler in den Übungsabgaben aus den beiden Kategorien *Skizze* und *Rechnungen* mit den Angaben auf den Diagnosechecklisten verglichen. Andere Bearbeitungsschritte werden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben zu selten expliziert, da sie in der Regel auch nicht gefordert sind (Kapitel 9). Die Datenbasis, bestehend aus 97 Paaren von Diagnosecheckliste und Übungsabgaben des Wintersemesters 2010/2011, ist in Kapitel 11.3 beschrieben.

Für die beiden Kategorien *Skizze* und *Rechnungen* wurde jeweils pro Paar (Diagnosecheckliste und Übungsabgabe) verglichen, ob eine Schwierigkeit benannt wurde (ja/nein) und ob ein Fehler erkennbar ist (ja/nein). Anschließend wurden die Korrelationen der Einschätzungen über die 97 Paare betrachtet. Der *Phi-Koeffizient* als Maß der Korrelation zweier dichotomer Variablen (z.B. BORTZ, 1999, S. 218 f.) beträgt für die Kategorie *Skizze* .351 (Signifikanz: $p < .001$), wird aber für die Kategorie *Rechnungen* nicht signifikant. Die Korrelation ist in Anlehnung an BÜHL und ZÖFEL (2006, S. 263) als gering zu bewerten. Die relative Übereinstimmung ist mit 78 % beziehungsweise 70 % recht hoch und hat jeweils einen Verteilungsschwerpunkt in der Kategorie *keine Fehler – keine Schwierigkeiten* (Tabelle 11.2). Diese Asymmetrie erklärt vermutlich die geringe Korrelation, da bei der Interpretation des *Phi-Koeffizienten* der Effekt der Asymmetrie nicht von dem der Nicht-Übereinstimmung getrennt werden kann (vgl. ZYSNO, 1997, S. 42 f.).

Für eine Defizitdiagnostik und Zuweisung individueller Förderangebote gibt es drei »nützliche« Kombinationen. Hierzu werden die Hauptdiagonale (1 und 2) sowie ein weiterer Fall (3) »positiv« gewertet:

1. und 2. Die Schwierigkeitseinschätzungen der Studierenden stimmen mit den sichtbaren Fehlern auf den Übungsabgaben überein. Bei der *Skizze* bestehen in 78 % der Fälle Übereinstimmungen, bei den *Rechnungen* in 70 %. Die Kombination *keine Fehler sichtbar – keine Schwierigkeiten* vermerkt überwiegt jeweils.
3. Bei dem Fall, dass kein Fehler sichtbar und eine Schwierigkeit vermerkt ist, überschätzt die Diagnosecheckliste den Fehler. Dieses kommt bei der Kategorie *Rechnung* bei nahezu jedem fünften untersuchten Fall (19 %) und bei der Kategorie *Skizze* nur bei 4 % vor. Es ist zu vermuten, dass die Überschätzung der Kategorie *Rechnungen* unter anderem an dem Austausch mit anderen Personen und dem subjektiven Schwierigkeitsempfinden liegt (siehe dazu auch Kapitel 11.4.1).
4. In der vierten Kombination, es sind Fehler sichtbar, aber keine Schwierigkeit vermerkt, unterschätzt die Diagnosecheckliste den Fehler bei der Kategorie *Skizze* in 18 % und bei der Kategorie *Rechnungen* in 11 % der Fälle.

Die unter diagnostischem Aspekt »nützlichen« Kombinationen (1 bis 3) machen insgesamt 82 % der Fälle bei *Skizzen* sowie 89 % bei *Rechnungen* aus.

Tabelle 11.2 Ergebnisse der Kreuztabelle der sichtbaren Fehler auf Übungsabgaben sowie Angaben auf Diagnosechecklisten (97 untersuchte Paare aus Diagnosecheckliste und Übungsabgabe aus dem WS 10/11).

| | | Diagnosecheckliste | | | |
|--------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | | Skizze | | Rechnungen | |
| | | <u>Keine</u> Schwierigkeit vermerkt | Schwierigkeit vermerkt | <u>Keine</u> Schwierigkeit vermerkt | Schwierigkeit vermerkt |
| Übungsabgabe | <u>Keine</u> Fehler sichtbar | 68 (70 %) | 4 (4 %) | 63 (65 %) | 18 (19 %) |
| | Fehler sichtbar | 17 (18 %) | 8 (8 %) | 11 (11 %) | 5 (5 %) |

Diskussion

Die Selbsteinschätzung der Schwierigkeiten stimmt in der Mehrzahl der Fälle mit den sichtbaren Fehlern in den Kategorien *Skizze* und *Rechnungen* auf den Übungsabgaben überein (78 bzw. 70 %). Die Korrelation der Einschätzungen wird für die Kategorie *Skizze* signifikant. Die zweithäufigste Kombination *keine Fehler sichtbar – Schwierigkeiten vermerkt* der Kategorie *Rechnungen* kann damit erklärt werden, dass gerade die Rechnungen teilweise mit Hilfe anderer Personen in der Gruppe erstellt oder von anderen Personen abgeschrieben wurden. Äußerungen von Studierenden bestätigen die Vermutung, dass die Aufgabenlösungen oftmals zunächst selber bearbeitet, dann aber mit Hilfe der Lerngruppe, Bücher oder Musterlösungen „nachvollzogen“ oder „vervollständigt“ wurden (Zitate von Diagnosechecklisten). Gerade diese Fälle geben Hinweise für individuellen Förderbedarf, der durch die alleinige Analyse der Übungsabgaben nicht erkannt werden konnte.

Die Interviews geben außerdem Hinweise auf eine sehr unterschiedliche Wahrnehmung sowie Angabe der Schwierigkeiten (Kapitel 11.4.1). Da die Studierenden zudem zum Teil Schwierigkeiten mit den grundlegenden mathematischen Anforderungen der physikalischen Rechenaufgaben hatten (Kapitel 14.5.1), fiel ihnen vermutlich die Einschätzung der Richtigkeit ihrer Rechnungen und damit möglicher Schwierigkeiten auch besonders schwer (siehe dazu auch die Äußerung von S14; Codetabelle 11.2).

Für ein Förderinstrument ist vor allem die Validität der Defizitdiagnose maßgeblich. Die drei unter diagnostischem Aspekt »nützlichen« Kombinationen machen bei den Schritten *Skizze* und *Rechnungen* jeweils über 80 % der Fälle aus. Somit kann die Diagnosecheckliste einen diagnostischen Mehrwert für Lehrende liefern. Während durch eine Analyse der Übungsabgaben bei *Skizzen* Fehler und Schwierigkeiten recht schnell erfasst werden können, ist eine detaillierte diagnostische Analyse von teils sehr langen *Rechnungen* in der Regel zeitaufwendiger. Bei diesem Schritt überschätzt die Diagnosecheckliste im schlechtesten Fall die tatsächlich vorhandenen Schwierigkeiten – im besten Fall deckt sie aber Schwierigkeiten auf, die bei der Bearbeitung vorhanden waren und durch Hilfe behoben wurden. Zu diesen Schwierigkeiten besteht aber unter Umständen immer noch Förderbedarf.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 2.2

Für eine Defizitdiagnostik zur Zuweisung individueller Förderangebote und zur Ausgestaltung der Übungsschwerpunkte ist die Diagnose mit Hilfe der Diagnosecheckliste zusammenfassend als praktikabel und weitgehend valide einzuschätzen.

In einer ausführlichen Einführungsphase sollten die Schritte des Bearbeitungsschemas physikalischer Rechenaufgaben an verschiedenen Beispielen geübt werden. Der Zeitaufwand für die Lehrenden beschränkt sich anschließend auf eine Sichtkontrolle der abgegebenen Diagnosechecklisten. Der Aufwand für die Umsetzung der Förderung kann von Besprechungen bis hin zur Erstellung schriftlicher Materialien reichen. Häufungen von Schwierigkeitsnennungen und/oder Förderwünschen können beispielsweise auch im Übungsbetrieb zur Schwerpunktsetzung aufgegriffen werden.

Die Äußerungen von Übungsleitern, welche die Diagnosecheckliste zur gezielten Schwerpunktsetzung der Besprechung von Übungsaufgaben verwendet haben (Kapitel 16), liefern zusätzliche Indizien zur Eignung der Diagnosecheckliste für eine Fremddiagnostik.

Andere Bearbeitungsschritte als das Erstellen einer *Skizze* und sowie der *Rechnungen* werden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben in der Regel nicht gefordert und werden von den Studierenden daher auch nur selten oder gar nicht expliziert. Somit stellt in diesen nicht explizierten Bereichen praktisch jede ernsthafte Nennung auf einer Diagnosecheckliste einen diagnostischen Mehrwert dar. In kommenden Studien könnten diagnostische Interviews weitere Anhaltspunkte zur Aussagekraft der Diagnosecheckliste zu diesen Schritten liefern. Dazu müssten die Interviews in Anlehnung an die Untersuchungen zur Validität der *erstellten kommentierten Lösungen* (Kapitel 13.5.2) im Anschluss an die Bearbeitung von Übungsaufgaben und die Selbsteinschätzung eben dieser Schritte geführt werden.

Die fehlende Normierung der Diagnosecheckliste und die Feldbedingungen (v.a. wechselnde Inhalte und Anforderungen der Aufgaben) erschweren eine konvergente Validierung. Für weitere Studien zur Validität (und auch bezüglich der Schwierigkeiten der Studierenden mit physikalischen Rechenaufgaben; siehe dazu Kapitel 11.5) wären neben einer Normierung auch eine größere Homogenität der Aufgaben sowie Sicherstellung der eigenständigen Bearbeitung wichtig.

11.5 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1)

Die Diagnosecheckliste ist nicht nur als Instrument zur (Selbst-)Diagnose und zur Anforderung individueller Förderangebote nutzbar, sie liefert als Forschungsinstrument auch Hinweise auf fachmethodische Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben (Kapitel 11.5.1; Forschungsfrage 1.1). Die Analyse der abgegebenen physikalischen Rechenaufgaben liefert einen zusätzlichen objektiven, aber nicht direkt mit den Angaben der Diagnosecheckliste vergleichbaren Blick auf die Bearbeitungsfehler bei physikalischen Rechenaufgaben (Kapitel 11.5.2).

Forschungsfrage 1: Schwierigkeiten der Studierenden

FF 1.1 Worin liegen die *fachmethodischen* Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten von Übungsaufgaben?

11.5.1 Ergebnisse: Schwierigkeiten und Förderwünsche

Grundlage der Analyse sind 97 Diagnosechecklisten des Wintersemesters 2010/2011, die das subjektive Schwierigkeitsempfinden der Teilnehmer abbilden.

Die Tabelle 11.3 stellt die auf Diagnosechecklisten im Wintersemester 2010/2011 geäußerten Schwierigkeiten dar. Die Prozentangaben beziehen sich auf insgesamt 98 geäußerte Schwierigkeiten. In der gesamten Stichprobe wurden vor allem die Schritte *Herausfinden der benötigten Formeln* (28 %; Schritt 3c), *Herausfinden von Ansätzen und Ideen zur Lösung der Aufgabe* (26 %; 3a) sowie *Rechnungen* (21 %; 3d) genannt.

Fünf der zwölf Fälle (s. Kapitel 11.3) gaben mit Hilfe der Diagnosecheckliste mindestens einmal Förderwünsche an (entspricht 7 von 15 Studierenden; s. dazu auch Funktion *Förderung zu Bearbeitungsschritten* (F2), Kapitel 11.4.1). Eine Angabe von Schwierigkeiten bei einer Aufgabe bedingte dabei nicht zwangsläufig einen Förderwunsch, da 22 Förderwünsche bei insgesamt 98 Schwierigkeitsnennungen genannt wurden (Verhältnis ca. 1:5). Die Förderwünsche konzentrieren sich auf die gleichen Bereiche, in denen am häufigsten Schwierigkeiten genannt wurden und bestätigen damit die inhaltliche Interpretation der genannten Schwierigkeiten (Tabelle 11.3).

Tabelle 11.3 Geäußerte Schwierigkeiten und Anzahl der Förderwünsche auf Grundlage von 97 Diagnosechecklisten zu Aufgabenbearbeitungen im WS 10/11.

| | Schwierigkeiten in % (absolut) | Förderwünsche in % (absolut) |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| (1) Textverständnis und Darstellungsverständnis herstellen | 5 % (5) | 5 % (1) |
| (2a) Einordnen der Aufgabe in ein Themengebiet | 2 % (2) | 0 % (0) |
| (2b) Herausfinden und Aufschreiben von Gegeben und Gesucht | 1 % (1) | 5 % (1) |
| (3a) Ansätze und Ideen zur Lösung der Aufgabe finden | 26 % (25) | 32 % (7) |
| (3b) Eigene Skizze/zeichnerische Lösung erstellen | 12 % (12) | 5 % (1) |
| (3c) Herausfinden der benötigten Formel | 28 % (27) | 27 % (6) |
| (3d) Rechnungen | 21 % (21) | 23 % (5) |
| (4) Abschätzung der Richtigkeit des Ergebnisses | 5 % (5) | 5 % (1) |
| Summe (absolut) | 98 | 22 |

Diskussion

Die Studierenden äußerten bei der Einschätzung der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben vor allem zu drei Schritten der dritten Phase *Problemstellung der Aufgabe bearbeiten* Schwierigkeiten. Auf diese konzentrierten sich auch die Förderwünsche und bestätigten dadurch diese Schwierigkeitsäußerungen. Eine Nennung von Schwierigkeiten zog aber nur in knapp jedem fünften Fall den Wunsch nach Förderung nach sich. Interviews liefern mögliche Gründe dafür, dass die Möglichkeit der Anforderung von Fördermaterialien nicht bei jeder Schwierigkeitsnennung genutzt wurde. Diese liegen vermutlich vor allem in der subjektiv unterschiedlichen Beurteilung von Schwierigkeiten und der möglicherweise durch Dritte erhaltenen Hilfe (Codetabelle 11.2; Kapitel 11.4.1).

Da die Diagnosecheckliste das Empfinden der Teilnehmer abbildet und eine Normierung bislang fehlt, können ebenso wie aus den Interviews der Voruntersuchung (Kapitel 8.2.1) keine objektiven Aussagen über Schwierigkeiten gemacht werden. Nichtsdestotrotz sind auch Schwierigkeiten, die nur subjektiv bestehen, oder aber nicht objektiv nachweisbar sind, problematisch (vgl. Zusammenhang zwischen Selbstkonzept und fachlicher Leistung; z.B. in BRELL, 2008, S. 32) Aussagen über einen Verlauf der Schwierigkeiten, beispielsweise ob sich diese im Laufe des Semesters oder nach der Nutzung von Förderangeboten verlagern, können aufgrund der Feldbedingungen (wechselnder Inhaltsbereich, Schwierigkeitsgrad, Abgaben) weder auf Individual- noch auf Gruppenebene gemacht werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.2

Die Studierenden geben am häufigsten Schwierigkeiten bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben mit den Schritten *Herausfinden der benötigte Formeln, Herausfinden von Ansätzen und Ideen zur Lösung der Aufgabe* sowie den *Rechnungen* an.

In den Interviews im Rahmen der Voruntersuchung gaben die Studierenden als ihre größte Schwierigkeit am häufigsten Antworten der Kategorie *Verständnis der Frage- beziehungsweise Aufgabenstellung* an (Kapitel 8.2.1). Die Entsprechungen dieser Kategorie in den Schritten der Diagnosecheckliste (Schritt 1, eventuell auch Schritte 2a und 2b) wurden weitaus weniger häufig genannt. Allerdings wurden in den Interviews der Voruntersuchung auch keine Kategorien oder konkrete Aufgabentypen vorgegeben. Weitere, wenn auch weniger häufig genannte Kategorien waren *Schwierigkeiten mit dem Herausfinden beziehungsweise der Anwendung der Formeln* sowie *Schwierigkeiten mit den mathematischen Inhalten*. Diese Schwierigkeiten werden durch die Auswertung der Diagnosechecklisten gestützt (Schritte 3c und 3d).

11.5.2 Ergebnisse: Analyse der Übungsabgaben

Die Analyse bezieht sich auf sämtliche abgegebene Bearbeitungen zu insgesamt 25 physikalischen Rechenaufgaben¹⁰ der DiF-Übung des Wintersemesters 2010/2011. Zum Teil werden diese durch die Aufgabenstellung in Teilaufgaben gegliedert (a, b, c etc.). Es ergeben sich dadurch insgesamt 89 Analyseeinheiten. Die Beurteilung der erkennbaren Fehler wurde anhand der in Kapitel 11.3 beschriebenen Methode durchgeführt und abgesichert.

Setzt man die Anzahl der analysierbaren Abgaben mit der maximal möglichen Anzahl an Bearbeitungen, die alle Kursteilnehmer im Semester theoretisch hätten abgeben können, ins Verhältnis, so fehlen der Analyse fast 39 % der Abgaben. Dies zeigt, dass viele Übungszettel unvollständig oder gar nicht abgegeben wurden.

Die Prozentangaben der Tabelle 11.4 beziehen sich jeweils auf die Anzahl der hinsichtlich des Kriteriums analysierbaren Abgaben, da beispielsweise Skizzen gar nicht in allen Analyseeinheiten gefordert sind. In den analysierten Aufgaben der Übungszettel wurde viermal öfter eine *Rechnung* als die Erstellung einer *Skizze* gefordert. Es zeigt sich, dass über die Hälfte der untersuchten *Skizzen* falsch, unpräzise oder unvollständig waren (58 %). Etwa jede sechste analysierte *Rechnung* ist fehlerhaft (16 %).

Tabelle 11.4 Ergebnisse der Analyse der Übungsabgaben auf Grundlage von insgesamt 669 Bearbeitungseinheiten des WS 10/11.

| | Anzahl der hinsichtlich dieser Kategorie analysierbaren Abgaben | gefundene Fehler in % (absolut) |
|----------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Skizze | 110 | 58 % (64) |
| Rechnung | 482 | 16 % (78) |

¹⁰ 38 der 55 Aufgaben der Übungszettel des Wintersemesters 2010/2011 sind zu mindestens einem Teil vom Typ physikalische Rechenaufgabe (Kapitel 9.3). Je eine physikalische Rechenaufgabe pro Übungszettel wurde erst in der DiF-Übung von den Studierenden als Vorbereitung für die Erstellung der kommentierten Lösungen (Kapitel 13) bearbeitet. Diese Aufgaben gehen somit nicht in die insgesamt 25 Aufgaben umfassende Analyse ein.

Diskussion

Die Aussagen über die häufigsten Fehler bei physikalischen Rechenaufgaben müssen aufgrund der Diversität der Aufgaben (Umfang, Inhalt, Schwierigkeit) sowie der Art der Bearbeitung (zum Teil im Team) unter Vorbehalt gesehen werden und eignen sich angesichts der umfangreicheren Datenbasis nur bedingt für einen Vergleich mit den entsprechenden Kategorien auf der Diagnosecheckliste. Die große Anzahl nicht abgegebener Analyseeinheiten verzerrt zudem eine zusammenfassende Beurteilung der Schwierigkeiten. Übungsabgaben könnten auch wegen einer abgebrochenen Bearbeitung nicht abgegeben worden sein. Zu diesen fehlenden Abgaben beziehungsweise Bearbeitungen könnten reflektiert ausgefüllte Diagnosechecklisten einen Zugang darstellen.

Die Analyse der Übungsabgaben liefert aber einen objektiveren Blick als die studentischen Selbsteinschätzungen (siehe Äußerungen zur Selbsteinschätzung; Kapitel 11.4.1). Am häufigsten waren in den analysierten Abgaben die erstellten *Skizzen* zu beanstanden (58 %), was auch auf allgemeine Verständnisschwierigkeiten schließen lässt. Fehler in etwa jeder sechsten *Rechnung* (16 %) scheinen zunächst eher nachrangig. Allerdings wurden viermal öfter *Rechnungen* als die Erstellung von *Skizzen* gefordert. Zudem lieferten Gespräche Hinweise darauf, dass gerade die Rechnungen mit Hilfe anderer Personen in der Gruppe erstellt oder von anderen abgeschrieben wurden, was sich daher auch in einheitlichen Rechnungen beziehungsweise gleichen Fehlern zeigt. Bei der Erstellung der *Skizzen* scheint weniger häufig die Hilfe anderer in Anspruch genommen worden zu sein. Die Kategorie *Rechnungen* wird in dieser Analyse also vermutlich stark unterschätzt und ist somit ein weiteres Indiz für die Schwierigkeiten der Studierenden mit den mathematischen Anforderungen der physikalischen Rechenaufgaben.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.2

Die Analyse der Fehler bei physikalischen Rechenaufgaben zeigt deutliche Schwierigkeiten mit der Erstellung von *Skizzen*. Bei *Rechnungen* zeigen sich weniger Fehler, allerdings werden diese vermutlich stark unterschätzt.

12 Selbstlerneinheiten

Selbstlerneinheiten stellen ein reines Förderinstrument dar und können von den Studierenden als freiwilliges Zusatzangebot verwendet werden. Sie bestehen aus *zusätzlichen Übungsaufgaben* vom Typ physikalische Rechenaufgabe (Kapitel 9) und dazugehörigen *kommentierten Lösungen*. Die Lösungen sind nach dem Bearbeitungsschema für physikalische Rechenaufgaben (Kapitel 10.2.3) strukturiert. Die Konzeption des Instrumentes sowie dessen Einsatz werden in den folgenden Kapiteln dargestellt und hinsichtlich einzelner Kriterien der Validität ausgewertet.¹¹

12.1 Theoretischer Hintergrund

Die Erwartungen an die positive Wirkung auf die Lernprozesse der Studierenden sind bei der Arbeit mit Selbstlerneinheiten vor allem auf die Erkenntnisse bezüglich des *Lernens aus Lösungsbeispielen* begründet. Diese Lernmethode ist im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich weit verbreitet (z.B. RENKL, SCHWORM & HOFE, 2001, S. 14. ff.; RENKL, SCHWORM & HILBERT, 2004, S. 77 ff.). Die Effektivität des Ansatzes konnte bereits vielfach belegt werden (ebenda). Lernprozesse sollen dabei um so effektiver sein, je länger und intensiver die Phase der Beschäftigung mit den Lösungsbeispielen ausfällt. (RENKL et al., 2004, S. 77). Durch eine begleitende Bereitstellung aller relevanten Hintergrundinformationen wird vor allem die wahrgenommene Schwierigkeit beziehungsweise die Belastung (*extraneous load*) bei Novizen gesenkt (RENKL, GRUBER, WEBER, LERCHE & SCHWEIZER, 2003, S. 95). Somit steht mehr kognitive Kapazität für die Gestaltung des eigenen Lernprozesses (*germane load*) zur Verfügung (ebenda).

Es konnte gezeigt werden, dass Lernen aus Lösungsbeispielen gegenüber dem Lesen von Lehrbuchtexten von Anfängern bevorzugt wird (HÄUßLER & LIND, 2000, S. 4). Die implizite Vermittlung von Lösungstechniken durch Lösungsbeispiele erscheint der Expertiseforschung günstiger als die explizite Vermittlung (ebenda). LIND, FRIEGE, KLEINSCHMIDT und SANDMANN (2004, S. 46) weisen allerdings darauf hin, dass trotz der Bereitstellung der notwendigen Hintergrundinformationen in Lösungsbeispielen auch das Vorwissen bei der Effektivität der Methode eine Rolle spielt.

Durch seine im nächsten Abschnitt beschriebene einheitliche Struktur weist das Instrument ebenfalls Parallelen zum *Lernen mit gestuften Lösungshilfen* auf (z.B. FORSCHERGRUPPE KASSEL, 2004, S. 38 ff.; HEPP, 2010, S. 38). Die Wirksamkeit dieser Methode zur Unterstützung von Lösungsprozessen (Lernerfolg und Lernerleben) und zur inneren Differenzierung ist belegt (z.B. WODZINSKI, 2013, S. 46 ff.). Lernende scheinen außerdem durch die wiederholte Bearbeitung von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ihre eigenen Schwierigkeiten besser erkennen zu können (ebenda, S. 49).

¹¹ In der Projektdokumentation BUSCH et al. (2013) wurden das Instrument und einige vorläufige Ergebnisse der Untersuchungen bereits beschrieben. Die folgenden Kapitel greifen die Ausführungen auf und erweitern sie.

12.2 Aufbau

Selbstlerneinheiten bestehen aus zusätzlichen Übungsaufgaben vom Typ physikalische Rechenaufgabe sowie passenden kommentierten Lösungen. Anhand exemplarischer Aufgaben werden prototypische Vorgehensweisen und Lösungsansätze sowie die zur Lösung der Aufgaben benötigten Fakten in den kommentierten Lösungen vermittelt und erklärt. Die kommentierten Lösungen bilden das Bearbeitungsschema physikalischer Rechenaufgaben (Kapitel 10.2.3) ab und sind daher (bis auf inhaltlich begründete Ausnahmen) einheitlich nach der folgenden Struktur aufgebaut:

1. *Thematische Einordnung*
Die Aufgabe wird in ein Themengebiet eingeordnet. Wenn möglich wird auf analoge Probleme und ähnliche Aufgaben verwiesen.
2. *Gegeben*
Die relevanten gegebenen Informationen (Größen, Vereinfachungen etc.) aus der Aufgabenstellung werden dargestellt und erklärt.
3. *Gesucht & Fragestellung*
Die Fragestellung der Aufgabe wird mit anderen Worten formuliert. Die gesuchten beziehungsweise zu berechnenden Größen werden beschrieben und falls notwendig erklärt.
4. *Ansatz und Idee zur Lösung der Aufgabe*
Dieser Abschnitt umfasst den Ansatz der Aufgabe sowie Erläuterungen zu den zentralen Lösungsideen, wie zum Beispiel Annahmen oder Vereinfachungen. Der weitere Lösungsablauf der Aufgabe wird umrissen. Dieser Abschnitt hat einen besonderen Stellenwert, da er das konkrete Vorgehen zur Lösung der Aufgabe und sämtliche Annahmen und Vereinfachungen zusammenfasst (Abbildung 12.1; für ein weiteres Beispiel zu diesem Abschnitt siehe BUSCH et al., 2013, S. 45).
5. *Formeln und Konstanten*
Die benötigten Formeln werden aufgeführt und samt Gültigkeitsvoraussetzungen (Variablen und Konstanten) erklärt.
6. *Skizze*
Wenn es für die Lösung der Aufgabe sinnvoll oder notwendig ist, beinhaltet dieser Punkt eine beschriftete und erläuterte Skizze.
7. *Rechnung*
Dieser Punkt umfasst die Lösung der Gleichungen mit einem nachvollziehbaren Lösungsweg. Umformungen und das Einsetzen von Zahlenwerten sind Schritt für Schritt durchgeführt und erklärt.
8. *Antwort*
Rückbezug auf die Fragestellung: Das Ergebnis der Rechnung und gegebenenfalls daraus resultierende Überlegungen werden formuliert.

9. *Abschätzen der Richtigkeit des Ergebnisses*

Das Ergebnis wird hinsichtlich seiner Plausibilität eingeschätzt. Dieses kann über eine Dimensionsanalyse oder durch Plausibilitätsbetrachtungen erfolgen.

Durch die ausführliche Kommentierung sämtlicher Schritte des Bearbeitungsschemas gehen die kommentierten Lösungen über knappe Lösungsbeispiele beziehungsweise Musterlösungen hinaus, die oft nur auf den Schritt der Rechnung fokussieren.

Aufgabe

Gegeben ist eine Schaltung aus 4 Ohm'schen Widerständen zu je 10 Ohm. Zwei davon sind parallel geschaltet. Die restlichen beiden Widerstände sind hinter dieser Parallelschaltung in Reihe geschaltet. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand (Gesamtwiderstand) der Schaltung und geben sie die Leistungsaufnahme beim Betrieb mit einer Konstantspannungsquelle mit gegebener Spannung $U = 1.5V$ an. Erstellen Sie eine Skizze von der beschriebenen Schaltung.

[...]

Ideen zur Lösung der Aufgabe:

Zunächst gilt es zu überlegen, was man sinnvollerweise zuerst bearbeitet. Die Erstellung der Skizze ziehen wir bei der Bearbeitung dieser Aufgabe vor. Eine Skizze liefert uns oftmals einen besseren Überblick über die beschriebene physikalische Situation und visualisiert bei dieser Aufgabe Informationen über den Aufbau der Schaltung. Mit Hilfe der Skizze können wir die Bauteile eindeutig benennen und zuordnen. Wir gliedern unser weiteres Vorgehen in

- a) Erstellen einer Skizze
- b) Bestimmung des Gesamtwiderstands und
- c) Berechnung der Leistungsaufnahme.

Bei der Skizze setzen wir zunächst die in der Aufgabenstellung beschriebene Schaltung um, hierbei sind mehrere Lösungen möglich. Um den Gesamtwiderstand zu bestimmen, wird die Schaltung schrittweise vereinfacht, und die Widerstände werden zusammengefasst. Hierfür sind die Gesetzmäßigkeiten für das Verhalten von Widerständen in Parallel- und Reihenschaltungen zu benutzen. Für die Berechnung der Leistungsaufnahme benötigen wir den vorher berechneten Gesamtwiderstand der Schaltung sowie eine Information entweder über die Gesamtspannung oder über die Gesamtstromstärke. Die Spannung ist in unserem Fall gegeben.

Abbildung 12.1 Aufgabenstellung und Abschnitt *Ansatz und Ideen zur Lösung der Aufgabe* aus der kommentierten Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“. Vollständige Version in Anhang A.3.2.

12.3 Funktionen

Die kommentierten Lösungen der Selbstlerneinheiten sind anhand des Bearbeitungsschemas aufgebaut und als Förderinstrument für fachmethodische Schwierigkeiten angelegt. Die damit einhergehenden Funktionen bilden die Kriterien für die Validierung (Forschungsfrage 2; Kapitel 12.5).

F1 *Selbstdiagnostik*

Die kommentierten Lösungen der Selbstlerneinheiten sollen eine Kontrolle jedes einzelnen

Schritts der Aufgabenbearbeitung ermöglichen und somit die Sicherheit der Studierenden erhöhen.

F2 *Förderung zu einzelnen Schritten*

Durch die ausführlichen Erklärungen zu jedem einzelnen Lösungsschritt sollen die Selbstlerneinheiten gezielt Hilfestellung zu jedem abgebildeten Bearbeitungsschritt bereitstellen.

F3 *Bearbeitungsstrategie*

Durch die konkrete Anwendung des Bearbeitungsschemas auf verschiedene physikalische Rechenaufgaben sollen Bearbeitungsstrategien vermittelt werden können.

12.4 Einsatz und Beforschung

Die Studierenden der TU Dortmund konnten Selbstlerneinheiten seit dem Sommersemester 2010 unabhängig vom regulären Veranstaltungsbetrieb nutzen (Tabelle 12.1). Das Angebot an Selbstlerneinheiten wurde semesterbegleitend erweitert. Die inhaltlichen und methodischen Schwerpunkte wurden anhand der Schwierigkeiten sowie Rückmeldungen der Studierenden und der Analyse der Anforderungen der Übungsaufgaben festgelegt. Eine Übersicht über die eingesetzten Selbstlerneinheiten und vollständige Beispiele befinden sich im Anhang A.3. Über die getrennte Anforderung der zusätzlichen Übungsaufgaben sowie der passenden kommentierten Lösungen wurde in den ersten drei Semestern eine Statistik erhoben, die auch im Rahmen der Akzeptanzbewertung in Kapitel 15 ausgewertet wird. Die Studierenden wurden um eine aufgabenbezogene Rückmeldung zu der Bearbeitung der zusätzlichen Übungsaufgaben (u.a. auftretende Schwierigkeiten) und dem spezifischen Nutzen der kommentierten Lösungen per E-Mail gebeten. Diese Rückmeldungen wurden bei der Entwicklung weiterer Selbstlerneinheiten berücksichtigt und werden auch im Rahmen der Untersuchung zur Validität (Forschungsfrage 2) ausgewertet.

Das Instrument wurde in vier Semestern in Interviews thematisiert (SS 10 bis WS 11/12). Die Interviews und E-Mail-Rückmeldungen dienten neben der Evaluation ebenfalls der bedarfsge rechten Entwicklung weiterer Selbstlerneinheiten. Die anhand eines identischen Leitfadens geführten Interviews des Sommersemesters 2011 und des Wintersemesters 2011/2012 werden zusammen mit der Nutzungsstatistik und den E-Mail-Rückmeldungen durch Analyse der individuellen Nutzungsstrategien zur Untersuchung der Validität (Forschungsfrage 2) ausgewertet.

Seit dem Wintersemester 2011/2012 wurden die Selbstlerneinheiten über eine Online-Plattform angeboten und keine Statistiken sowie E-Mail-Rückmeldungen dazu erhoben.

Tabelle 12.1 Zur Evaluation und Entwicklung (E) sowie zusätzlich zur Beantwortung der Forschungsfragen (FF) ausgewertete Datenquellen.

| | | TU Dortmund | | | |
|------------------------|------------------------|-------------|----------|--------------|----------|
| | | DiF-Übung | | DiF-Tutorium | |
| | | SS 10 | WS 10/11 | SS 11 | WS 11/12 |
| Verfügbarkeit | Anforderung per E-Mail | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| | frei im Onlinekurs | - | - | - | ✓ |
| Interviews | | E | E | FF | FF |
| Fragebögen | | E | E | - | E |
| Anforderungsstatistik | | FF | FF | FF | - |
| Rückmeldung per E-Mail | | FF | FF | FF | - |

12.5 Validität (Forschungsfrage 2)

Aus den in Kapitel 12.3 formulierten intendierten Funktionen werden Kriterien abgeleitet, anhand derer die Validität des Instruments geprüft wird. Dadurch lässt sich die Forschungsfrage 2 für dieses Instrument präzisieren zu:

Forschungsfrage 2: Validität der DiF-Instrumente

FF 2.3 Inwieweit erfüllen die Selbstlerneinheiten die Funktionen der Kontrolle der eigenen Bearbeitung, der Förderung zu einzelnen Schritten sowie der Vermittlung einer Bearbeitungsstrategie (F1 bis F3)?

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 2.3 werden die Interviewaussagen und die mit der Anforderungsstatistik einhergehenden Rückmeldungen der Studierenden per E-Mail hinsichtlich ihrer individuellen Nutzungsstrategien analysiert (Funktionen F1 bis F3).

Sechs Personen haben im Sommersemester 2011 beziehungsweise Wintersemester 2011/2012 zum Zeitpunkt des Interviews Selbstlerneinheiten verwendet und sich dazu geäußert (Codetabelle 12.1). Alle sechs interviewten Personen gaben an, die Selbstlerneinheiten im Rahmen der Klausurvorbereitung zu verwenden, und äußerten dabei vor allem Funktionen der *Selbstdiagnostik* (6 Nennungen) und der *Bearbeitungsstrategie* (3).

F1 *Selbstdiagnostik*

Die kommentierten Lösungen können nach der selbstständigen Bearbeitung der Aufgaben zur Kontrolle der eigenen Bearbeitung verwendet werden (6 Nennungen).

F2 *Förderung zu einzelnen Schritten*

Aus den kommentierten Lösungen können gezielt Hinweise entnommen werden, wenn wäh-

rend der Bearbeitung Schwierigkeiten auftreten. Anschließend kann so die eigenständige Bearbeitung weitergeführt werden (2 Nennungen).

F3 *Bearbeitungsstrategie*

Aus den kommentierten Lösungen können Bearbeitungsstrategien entnommen werden (3 Nennungen).

Anhand der Anforderungsstatistiken zeigt sich, dass der Schwerpunkt der Anforderungen der Selbstlerneinheiten am Ende der Vorlesungszeit beziehungsweise am Anfang der vorlesungsfreien Zeit und somit in der Klausurvorbereitungsphase liegt. Die Studierenden forderten dabei meistens pauschal alle verfügbaren Selbstlerneinheiten an und eher selten gezielt eine bestimmte Auswahl. Zwischen der Anforderung der zusätzlichen Übungsaufgaben und der dazugehörigen kommentierten Lösungen lagen meist wenige Tage. Die E-Mail-Rückmeldungen von insgesamt neun unterschiedlichen Studierenden wurden mit den gleichen Kategorien und Codes wie die Interviews ausgewertet (SS 10, WS 10/11, SS 11; jeweils 5 Personen pro Semester). Es wurden dabei Funktionen der *Selbstdiagnostik* (5 Nennungen) und der *Förderung zu einzelnen Schritten* (3) genannt, sodass die Auswertung der E-Mail-Rückmeldungen die Ergebnisse der Interviews hinsichtlich dieser beiden Funktionen bestätigt (Codetabelle 12.2).

Die *Förderung zu einzelnen Schritten* (F2) scheint anhand der Äußerungen der Studierenden vor allem auf den Ansatz zu fokussieren (Codetabelle 12.1 und 12.2). Schwierigkeiten der Studierenden mit diesem Schritt zeigten sich ebenfalls durch die Selbsteinschätzung der Studierenden mit Hilfe der Diagnosecheckliste (jede vierte geäußerte Schwierigkeit liegt im Schritt *Ansatz*; Kapitel 11.5.1).

Am Beispiel der Äußerungen von Person S05, die zudem sehr selbständig zu arbeiten scheint (vgl. Äußerungen zur Funktion *Bearbeitungsstrategie* in Codetabelle 11.1, Kapitel 11.4.1), lassen sich zwei Anwendungen der Selbstlerneinheiten nachzeichnen: Wenn keine Probleme mit der Übungsaufgabe vorliegen, werden nur die Ergebnisse verglichen (Funktion *Selbstdiagnostik* in Codetabelle 12.1 und 12.2). Falls Probleme mit der Aufgabe vorliegen, wie mit der Fragestellung (vgl. Äußerung zur *größten Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungszettel* in Codetabelle 8.1, Kapitel 8.2.1) oder dem Ansatz (vgl. Äußerung zur Funktion *Förderung zu einzelnen Schritten* in Codetabelle 11.2, Kapitel 11.4.1), kann die Verwendung der kommentierten Lösungen dieser Person gezielt Hilfestellung geben, damit anschließend die eigenständige Bearbeitung der Aufgabe fortgesetzt werden kann (Codetabelle 12.2).

Diskussion

Die Interviews, Nutzungsstatistiken und E-Mail-Rückmeldungen zeigen, dass die Selbstlerneinheiten ein hauptsächlich im Rahmen der Klausurvorbereitung verwendetes Förderinstrument darstellen. Bei den Funktionen der individuellen Förderung zeichnet sich dabei besonders die Kontrolle der eigenen Lösung (*Selbstdiagnostik*, F1) ab. Bei auftretenden Schwierigkeiten ist das Instrument auch in der Lage, gezielt Hilfestellung zu einzelnen Schritten, vor allem den Ansätzen, zu geben (*Förderung zu Bearbeitungsschritten*, F2). Diese Funktion sowie die Vermittlung von Be-

arbeitsstrategien (*Strategiewissen*, F3) werden vermutlich vor allem durch die Strukturierung anhand des Bearbeitungsschemas physikalischer Rechenaufgaben und den ausführlichen Erklärungen zu jedem Lösungsschritt ermöglicht.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 2.3

Die Selbstlerneinheiten können die drei vorgesehenen Funktionen für die Studierenden erfüllen: die Kontrolle der Bearbeitung, die gezielte Hilfestellung zu einzelnen Schritten sowie die Vermittlung von Bearbeitungsstrategien.

Die Erstellung von Selbstlerneinheiten erfordert zunächst einen deutlich größeren Zeitaufwand als die Erstellung einer Musterlösung ohne Erklärungen. Durch die Ausführlichkeit der kommentierten Lösungen wiederholen sich einzelne Erläuterungen zur Aufgabenlösung (bspw. gegebene und gesuchte Größen oder Formeln) und führen zum Teil zu sehr umfangreichen Selbstlerneinheiten (über 10 Seiten). Nachdem ein Pool an Selbstlerneinheiten generiert wurde, kann dieser den Studierenden für ihre Klausurvorbereitung unabhängig vom Veranstaltungsbetrieb und ohne zusätzlichen Zeitaufwand für die Lehrenden zur Verfügung gestellt werden. Ein solcher Pool kann durch von Studierenden erstellte kommentierte Lösungen ergänzt werden (s. nächstes Kapitel).

Codetabelle 12.2 Kodierungen der E-Mail-Rückmeldungen zu den Selbstlerneinheiten (SS 10, N = 5; WS 10/11, N= 5; SS 11, N = 5).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selbstdiagnostik (F1) | Kontrolle der eigenen Bearbeitung | 5 | <ul style="list-style-type: none"> „Bei den Aufgaben, bei denen ich keine Probleme hatte, habe ich die KLs nur benutzt, um zu sehen, ob meine Ergebnisse richtig sind.“ (S05) „Habe die Aufgaben 1-5 bearbeitet und keine Schwierigkeiten gehabt (abgesehen davon, dass ich die Formeln nicht alle im Kopf habe). Um mein Gefühl zu überprüfen, hätte ich gern die Lösungen.“ (S22) „ich habe nun die Aufgaben KL 9 und KL 10 mit meinen Ergebnissen verglichen und wieder stimmten bei beiden Aufgaben die Ansätze. [...] Die kommentierten Lösungen haben mir, besonders bei Aufgabe 9 sehr weitergeholfen, da man so die verschiedenen kleinen Fehler gut aufdecken konnte.“ (S24) |
| Förderung zu einzelnen Schritten (F2) | Gezielte Hilfestellung zu einzelnen Schritten | 3 | „Bei den Aufgaben, bei denen ich Probleme hatte, haben mir die KLs geholfen einen Ansatz zu finden, nachdem ich den hatte, konnte ich den Rest der Aufgabe meistens selbst lösen.“ (S05) |
| Bearbeitungsstrategie (F3) | Vermittlung von Bearbeitungsstrategien | 0 | - |
| Verwendung zur Klausurvorbereitung | Zur Klausurvorbereitung verwendet | 2 | <ul style="list-style-type: none"> „Die kommentierten Lösungen haben bei der Klausurvorbereitung durchaus geholfen, da ich damit selbst prüfen konnte, ob ich die Aufgaben richtig verstanden und berechnet hatte oder nicht.“ (S05) „Alle KLs waren aus meiner Sicht zur Vorbereitung für die Klausur sehr hilfreich.“ (S15) |

Codetabelle 12.1 Kodierungen der Interviews (SS 11, DiF-Tutorium, N = 5; WS 11/12, DiF-Tutorium, N = 1). Nges = 6.

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selbstdiagnostik (F1) | Kontrolle der eigenen Bearbeitung | 6 | <ul style="list-style-type: none"> • „Habe dann geguckt: »So, wie habe ich das gemacht? War ich da jetzt auf dem richtigen Weg oder war ich auf dem falschen Weg?« Und dann habe ich dementsprechend dann entweder verbessert oder es abgehakt.“ (S02) • „Wenn die Vorüberlegungen schon übereinstimmten, dann habe ich mir manchmal auch überlegt: »Nein, brauchst du nicht weiterlesen, passt bestimmt schon.« habe nur die Ergebnisse verglichen.“ (S05) • „Also, zu allererst habe ich mir immer das Ergebnis angeschaut, um erstmal zu gucken ... »warst du denn überhaupt auf dem richtigen Weg?«“ (S22) |
| Förderung zu einzelnen Schritten (F2) | Gezielte Hilfestellung zu einzelnen Schritten | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • „[...] ich habe den Ansatz mir dann rausgeschrieben und habe dann versucht, damit weiterzurechnen.“ (S24) • „ich habe erstmal geguckt, ob mein Weg bis dahin soweit schon mal richtig ist. Weil es hätte ja auch sein können, dass ich irgendwo einen Denkfehler hatte und deshalb nicht weitergekommen bin. Und dann habe ich ein Stück weiter gelesen, um zu gucken, was für Tipps es gibt und habe dann nochmal versucht, weiterzurechnen.“ (S30) |
| Bearbeitungsstrategie (F3) | Vermittlung von Bearbeitungsstrategien | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • „Einfach um diesen Ablauf mal einzuüben. Dass ich mich genau an diese Struktur halte. Zuerst aufschreibe: "was ist gegeben, was brauche ich?" und dann weiter darüber nachdenke: »wie komme ich dahin? wie kann ich Formeln miteinander kombinieren um die Lösung zu kriegen« - das hat mir schon geholfen. Weil wirklich alles ja Schritt für Schritt erklärt war.“ (S30) • „Also, ich habe als erstes das Ergebnis verglichen. Aber wenn das sogar identisch war, habe ich mir trotzdem noch mal die den Lösungsweg durchgelesen, weil der hätte ja auch anders sein können oder kürzer, [...] schneller.“ (S24) • „Ja, und habe anhand dessen eben auch versucht ... ja meine Lösungsansätze zu optimieren, weil ich häufig so ein bisschen umständlich arbeite, oder habe zumindest das Gefühl, dass es immer elegantere, kürzere Lösungen gibt.“ (S22) |
| Verwendung zur Klausurvorbereitung | Zur Klausurvorbereitung verwendet | 6 | <ul style="list-style-type: none"> • „Also, zur Klausurvorbereitung habe ich eigentlich erst mir die ganzen Übungsaufgaben [...] noch mal angeguckt. Habe die auch noch mal alle durchgerechnet [...] manchmal [war ich] wirklich verzweifelt, weil ich manche Themen echt nicht verstanden habe. Dann ist mir das die E-Mail mit den kommentierten Lösungen noch mal eingefallen ... und dann war ich, habe ich zusätzliche Übungsaufgaben angefordert, habe die dann auch noch gemacht, nur als ich dann die ganzen kommentierten Lösungen bekommen habe (Lachen) da habe ich, da habe ich mich, da waren wirklich richtig genau die Themen bei, nicht alle, aber es waren die Themen bei, die ich nicht verstanden habe und die ich wirklich noch mal nachlesen konnte und da habe ich, das war wirklich sehr gut.“ (S23) |

13 Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende

Die in Kapitel 12 beschriebenen Selbstlerneinheiten bestehen aus zusätzlichen Übungsaufgaben und dazu passenden kommentierten Lösungen. Werden diese kommentierten Lösungen durch Studierende erstellt, können sie für eine Individualdiagnostik durch die Betreuer verwendet werden. Das Instrument wird in den nächsten Kapiteln in seiner Konzeption und seinem Einsatz dargestellt und hinsichtlich einzelner Kriterien der Validität und Akzeptanz ausgewertet.¹²

13.1 Theoretischer Hintergrund

Das Instrument greift Grundideen des Prinzips *Lernen durch Lehren* auf (z.B. RENKL 1997, S. 115 ff.; RENKL, HILBERT, SCHWORM & REISS, 2006, S. 219 ff.), beschränkt sich allerdings auf die Formulierung schriftlicher Erklärungen für die eigene Lerngruppe. Die Studierenden sollen einen tieferen Einblick in die Thematik und durch die Reflexion der eigenen Vorgehensweise Sicherheit in der Anwendung allgemeiner Lösungsschritte gewinnen. Adressaten der Kommentierung sind alle anderen Studierenden der eigenen Übungsgruppe, welche die Aufgabe zwar kennen, sich aber weniger intensiv damit befasst haben.

Um eine kommentierte Lösung selbst erstellen zu können, müssen die Problemstellung der Aufgabe und die einzelnen Lösungsschritte zunächst verstanden und dann detailliert ausgearbeitet werden. Die Studierenden müssen sich mit der Aufgabe und dem Lösungsweg sehr intensiv auseinandersetzen. Dadurch ist es für sie möglich, neue Erkenntnisse, einen tieferen Einblick in die Thematik sowie Sicherheit im Lösen und Erläutern von Aufgaben zu erhalten. Diese Fähigkeiten sind im Hinblick auf die erfolgreiche Bearbeitung von Klausuren und den späteren Lehrberuf erforderlich.

13.2 Aufbau

Die Grundlage für die ausführliche Kommentierung der Bearbeitung bilden ausgewählte Übungsaufgaben vom Typ physikalische Rechenaufgaben (Kapitel 9). Die von den Studierenden zu erstellenden kommentierten Lösungen sollen wie die kommentierten Lösungen der Selbstlerneinheiten sämtliche Aspekte des Bearbeitungsmodells physikalischer Rechenaufgaben beinhalten (s. Kapitel 12.2 und 10.2.3). Hierzu erhalten die Studierenden eine ausführliche Anleitung und eine mit Erläuterungen und Beispielen versehene Gliederung, die wesentliche Ziele, Schritte und erwartete Inhalte beschreibt (Anhang A.4.1 und A.4.2). Die anschließenden Korrektur- und Überarbeitungshinweise der Betreuer zu den erstellten kommentierten Lösungen orientieren sich an den folgenden Leitfragen:

¹² In der Projektdokumentation BUSCH et al. (2013) wurden das Instrument und einige vorläufige Ergebnisse der Untersuchungen bereits beschrieben. Die folgenden Kapitel greifen die Ausführungen auf und erweitern sie.

1. *Fachliche Richtigkeit*

Sind die Lösung der Aufgabe und die Erklärungen fachlich korrekt?

2. *Ausführlichkeit*

Ist jeder Lösungsschritt ausführlich und nachvollziehbar erklärt?

3. *Gliederung und roter Faden*

Wurde die Gliederung (soweit sinnvoll) eingehalten oder fehlen Schritte? Existiert ein nachvollziehbarer roter Faden für die Aufgabenbearbeitung?

4. *Aufgabenspezifische »Problemstellen«*

Wurden die Problemstellen und besonderen Schwierigkeiten der Aufgabe erkannt, aufgegriffen und kommentiert?

5. *Vorkenntnisse*

Wurde auf eventuell nicht vorhandene Vorkenntnisse, zum Beispiel durch Erklärung von Fachbegriffen, eingegangen?

6. *Erklärung der Lösungsidee*

Wurden durch die Kommentierung die zentralen Fragen der Aufgabenlösung beantwortet?

- Was wird gemacht?
- Warum wird es gemacht?
- Wie wird es gemacht?

Die Hinweise werden in Form von Fragen »zum Nachdenken« oder Anmerkungen in das eingereichte Dokument geschrieben. Tabelle 13.1 stellt einige Beispiele zu den Leitfragen dar. Durch eine Überarbeitung der kommentierten Lösung und das Aufgreifen der Anmerkungen können die Studierenden eine sehr gezielte individuelle Förderung erfahren. Die Studierenden überarbeiten in einem oder mehreren Durchgängen ihre kommentierten Lösungen anhand der Hinweise. Anschließend können diese in Form von Selbstlerneinheiten (Kapitel 12) von der gesamten Lerngruppe als Förderinstrument verwendet werden.

Tabelle 13.1 Beispiele von Korrektur- und Überarbeitungshinweisen für kommentierte Lösungen aus dem Wintersemester 2010/2011.

| Kriterium | Beispiel | Korrektur- und Überarbeitungshinweise |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Fachliche Richtigkeit | „Da W (Watt) die Einheit der Energie ist, kann man davon ausgehen, dass die Gleichung richtig ist.“ | Es kommt nicht Watt heraus, sondern Joule. Zum Glück, denn Watt ist die Einheit der Leistung, und das wäre hier falsch. Wenn schon Einheitenkontrolle, dann bitte richtig! |
| | „Aus der Vorlesung weiß man, dass die Arbeit mit Kraft mal Weg ($W = F \cdot s$) berechnet werden kann.“ | Das gilt nur unter bestimmten Bedingungen, die zum Glück hier gegeben sind. Im schlimmsten Fall muss man über ein Skalarprodukt integrieren. Warum ist das hier nicht nötig? Dazu muss man Überlegungen zur Richtung (wegen des Skalarproduktes) und Konstanz der Kraft (wegen des Integrals) anstellen. |
| 2. Ausführlichkeit der Kommentierung | „Die Aufgabe gehört in das Themengebiet der Mechanik.“ | Kann man anhand der Aufgabenstellung noch genauere Einordnungen machen? |
| | [Zum Schritt <i>Rechnungen</i>] [Zum Schritt <i>Abschätzung der Richtigkeit</i>] | Hier fehlen ein paar [...] Zwischenschritte der Ableitung. Was kann man zu den errechneten Größen sagen? Scheinen die Größen plausibel? Passt eine knapp 40 m große Startbahn auf einen Flugzeugträger? Machen Sie eine Richtigkeitsabschätzung! |
| 3. Gliederung & Roter Faden | „Gegeben: Durchmesser der Scheibe $D = 1,2$ m, daraus Radius $R = 0,6$ m“ | Dass ich später den Radius brauche, kann man anhand der Formel aus b) erahnen, aber streng genommen hier noch nicht wissen. |
| | [Zum Schritt <i>Rechnungen</i>] | An der Stelle ist Ansatz und Lösung/Rechnung sehr verwoben. Ich schlage diese Trennung vor. Nun fehlt natürlich ein Teil des Ansatzes, vielleicht kannst du [...] kurz umreißen, wie die Aufgabe im Weiteren bearbeitet werden muss. |

13.3 Funktionen

Durch Korrektur- und Überarbeitungshinweise erhalten die Studierenden eine Rückmeldung, die eine gezielte individuelle Förderung zu den einzelnen Schritten der Aufgabenbearbeitung darstellt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf den Rechenschritten, Vereinfachungen und notwendigen Annahmen. Das Erstellen der kommentierten Lösungen sowie das Überarbeiten anhand der Hinweise soll für die Studierenden die folgenden Funktionen haben:

F1 *Förderung zu Bearbeitungsschritten*

Durch die intensive Beschäftigung mit der Erstellung der Aufgabenlösung und Kommentierung sowie durch das Aufgreifen der Anmerkungen zur Überarbeitung soll gezielt Förderung zu den einzelnen Lösungsschritten ermöglicht werden.

F2 *Bearbeitungsstrategie*

Das vorgegebene Bearbeitungsschema soll beim Erstellen der Lösung und durch Kommentieren der einzelnen Bearbeitungsschritte verinnerlicht werden.

Falsche, ungenaue oder fehlende Kommentierungen können auf Verständnisprobleme hindeuten, sodass anhand der Analyse der kommentierten Lösungen durch Lehrende eine Diagnose von Verständnisproblemen erstellt werden kann.

F3 *Fremddiagnostik*

Anhand der Analyse der Aufgabenlösung soll durch die Lehrenden eine Diagnose von Verständnisproblemen erfolgen können.

13.4 Einsatz und Beforschung

Das Erstellen kommentierter Lösungen durch Studierende wurde drei Semester an zwei verschiedenen Universitäten erprobt (Tabelle 13.2; zum Einsatz an der Universität Duisburg-Essen s. Kapitel 16). Studierende erstellten an der TU Dortmund im Sommersemester 2010 zunächst in Teams jeweils zwei und im Wintersemester 2010/2011 in Einzelarbeit jeweils eine kommentierte Lösung zu physikalischen Rechenaufgaben. Die Grundlage bildeten Übungsaufgaben, die zuvor im Rahmen der Übung in Kleingruppen bearbeitet und gelöst wurden. Es wurde dabei sichergestellt, dass den Studierenden vor dem Erstellen der kommentierten Lösung das korrekte Endergebnis bekannt war und Fragen zur Aufgabe gestellt werden konnten. Zur Erstellung der Kommentierung hatten die Studierenden etwa fünf Tage Zeit. Ihre kommentierten Lösungen wurden anschließend korrigiert und mit Überarbeitungshinweisen versehen. Die Anmerkungen wurden mit den Studierenden jeweils vor der nächsten Übungsstunde besprochen. Nach einem Überarbeitungsdurchgang, für den ebenfalls etwa fünf Tage Zeit blieben, wurden die kommentierten Lösungen letztmalig durch die Betreuer korrigiert und für alle Teilnehmer der Übungsgruppe veröffentlicht.

Im Sommersemester 2012 wurde das Instrument an der Universität Duisburg-Essen eingesetzt. Aus diesem Einsatz wurden elf kommentierte Lösungen für die Validierung verwendet (Kapitel 13.5.2). Die Umsetzung der Intervention wurde durch ausführliche Instruktionen sichergestellt sowie durch Interviews mit den Übungsleitern kontrolliert.

Tabelle 13.2 Zur Evaluation und Entwicklung (E) sowie zusätzlich zur Beantwortung der Forschungsfragen (FF) ausgewertete Datenquellen.

| | | TU Dortmund | | Universität Duisburg-Essen |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|
| | | SS 10 | WS 10/11 | SS 12 |
| | Einzel-/Teamerstellung | Team | Einzel | Einzel |
| Einsatz | erstellte kommentierte Lösungen pro Semester | 2 | 1 | 1 |
| | vorherige Bearbeitung der Aufgabe | Gruppenarbeit | Gruppenarbeit | Tafel |
| Interviews | | E | FF | FF |
| Fragebogen | | E | FF | - |
| Studierendenprodukte | | E | E | FF |

13.5 Validität (Forschungsfrage 2)

Aus den in Kapitel 13.3 formulierten intendierten Funktionen werden Kriterien abgeleitet, anhand derer die Validität des Instruments geprüft wird. Dadurch lässt sich die Forschungsfrage 2 für dieses Instrument präzisieren zu:

Forschungsfrage 2: Validität der DiF-Instrumente

FF 2.4 Inwieweit erfüllt das Erstellen kommentierter Lösungen die Funktionen der Förderung zu einzelnen Bearbeitungsschritten und der Bearbeitungsstrategie (F1 und F2)?

FF 2.5 Inwieweit ermöglichen die erstellten kommentierten Lösungen der Studierenden eine Fremddiagnose von Verständnisschwierigkeiten (F3)?

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 2.4 werden Interviews mit Studierenden hinsichtlich ihrer individuellen Nutzungsstrategien analysiert (Funktionen F1 und F2). Durch einen Vergleich der Diagnose anhand der kommentierten Lösung mit diagnostischen Interviews wird die Forschungsfrage 2.5 beantwortet (Funktion F3).

13.5.1 Ergebnisse: Funktionen für Studierende

Die Erstellung einer kommentierten Lösung anhand einer zuvor in der DiF-Übung in Gruppenarbeit gelösten physikalischen Rechenaufgabe war für alle Studierenden im Wintersemester 2010/2011 verpflichtend. Sechs Studierende dieser DiF-Übung wurden in einem Interview zu der Erstellung kommentierter Lösungen und des dabei erlebten Nutzens befragt (Codetabelle 13.1). Dabei wurden von den befragten Personen neben den Funktionen der *Förderung zu Bearbeitungsschritten* (3 Nennungen) und der *Bearbeitungsstrategie* (2) vor allem auch ein konkreter aufgabenbezogener Nutzen (4) geäußert.

F1 *Förderung zu Bearbeitungsschritten*

Anmerkungen wie vor allem Korrektur- und Überarbeitungshinweise (Tabelle 13.1) wurden in sehr unterschiedlichem Umfang und Anzahl an die erstellten kommentierten Lösungen geschrieben. Diese Anmerkungen werden als nützlich empfunden (2 Nennungen) und auch als Förderung der eigenen mathematischen Fähigkeiten beschrieben (1).

F2 *Bearbeitungsstrategie*

Durch die Anwendung und Übertragung des bei der Erstellung der kommentierten Lösung zu befolgenden Bearbeitungsschemas kann sich die Bearbeitungsweise anderer Übungsaufgaben verbessern (2 Nennungen).

Die Tragweite der gezielten *Förderung zu Bearbeitungsschritten* (Funktion F1) lässt sich am Beispiel der Person S02 nachzeichnen: Sie berichtet, dass sie erst durch die intensive Beschäftigung im Rahmen der Erstellung der kommentierten Lösung die Aufgabe verstanden habe und erinnert sich im Interview an eine für sie sehr wichtige Anmerkung, die für sie somit eine gezielte Förde-

nung zu einem Bearbeitungsschritt darstellt (Codetabelle 13.1). Dadurch, dass die Person auch vergleichsweise überdurchschnittlich viele Anmerkungen zu der von ihr erstellten kommentierten Lösung erhalten hat, erklärt sich ihre Äußerung zum hohen Zeitaufwand, den sie aber im Nachhinein im Verhältnis zum Nutzen angemessen findet (ebenda).

Die Vermittlung einer möglichen *Bearbeitungsstrategie* (Funktion F3) durch die Erstellung einer kommentierten Lösung zeigt sich sehr deutlich am Beispiel der Person S04: Im Rahmen der Voruntersuchung konnte diese Person keine sinnvolle Bearbeitungsstrategie explizieren (Codetabelle 8.1, Kapitel 8.2.1). Durch die Verwendung des Instruments wurde ihr ein mögliches Schema vermittelt, welches sie nun auch bei der Bearbeitung anderer Aufgaben verwendet (s. Funktion *Bearbeitungsstrategie* (F2) in Codetabelle 13.1).

Die Anfertigung einer kommentierten Lösung und die Umsetzung der Hinweise wird insgesamt als nutzbringend (Äußerungen von 6 unterschiedlichen Personen), aber zeitaufwendig angesehen (3 Nennungen). Die Erstellung einer kommentierten Lösung geht teilweise mit einem Gewinn von Bearbeitungssicherheit einher (2). Die gerade im Hinblick auf den späteren Lehrberuf wichtige Funktion des schriftlichen Festhaltens physikalischer Argumentationen beim Kommentieren der Lösung, die als solche auch in der Anleitung für die Studierenden erwähnt wurde (Anhang A.4.1), wird als erlebter Nutzen beschrieben (1). Die Kommentierung einer Aufgabenlösung führt vereinzelt auch dazu, die Aufgabe überhaupt erst richtig zu verstehen und die Aufgabe im Gedächtnis zu behalten (jeweils 1 Nennung; s. Beispiel oben).

Diskussion

In den Interviews wird ein vielfältiger Nutzen beschrieben, der eher auf das Beherrschen der konkreten Aufgaben und nicht primär auf bestimmte methodische Schritte der Bearbeitung bezogen zu sein scheint. Aufgrund dessen, dass nur eine kommentierte Lösung pro Teilnehmer erstellt wurde und eine große Varianz zwischen der Passung der Fähigkeiten der Studierenden und den Anforderungen der Aufgaben bestand, konnten keine Schwerpunkte bei den Funktionen ermittelt werden. Dass die Funktion *Förderung zu Bearbeitungsschritten* (F1) im Rahmen der offenen Interviewfragen zum Nutzen sowie erlebter Diagnose und Förderung wider Erwarten nicht häufiger genannt wurde, kann daran liegen, dass die Befragten diese Funktion für einen dem Interviewer bekannten Fakt gehalten haben. Denn der Interviewer hat zuvor auch die Hinweise und Anmerkungen zu den kommentierten Lösungen erstellt.

Es liegt die Vermutung nahe, dass der von den Studierenden beschriebene Nutzen des Instruments vor allem durch die intensive Beschäftigung (*time-on-task*; vgl. Äußerung von S04 zum aufgabenbezogenen Nutzen in Codetabelle 13.1) sowie durch die gezielten Hinweise zu fehlerhaften Passagen sowie deren Überarbeitung entsteht.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 2.4

Das Erstellen kommentierter Lösungen kann prinzipiell die beiden intendierten Funktionen erfüllen: die Förderung zu Bearbeitungsschritten sowie die Strukturierung der Bearbeitung. Das Instrument scheint aber vor allem auch zum allgemeinen Verständnis der kommentierten Aufgabe beizutragen.

Codetabelle 13.1 Kodierungen der Interviews (WS 11/12, DiF-Übung, N = 6).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Förderung zu Bearbeitungsschritten (F1) | gezielt Hinweise zu einzelnen Schritten erhalten | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • „Ich hatte [...] da was Falsches hingeschrieben und da ist es ja auch noch mal hilfreich, wenn noch mal jemand drüber guckt und auch relativ ausführlich dann hinschreibt, [...] dass da was falsch ist (lachen) und vielleicht auch schon was da falsch ist. Also das ist, war schon gut so.“ (S04) • „Und das man irgendwie Kräfte nicht gleich eins setzen darf, habe ich dann auch (lachen) erfahren.“ (S02) |
| | mathematische Fähigkeiten | 1 | „Die hat mich mathematisch weitergebracht. (lachen) [...] das hat mich weitergebracht, das noch mal herzuleiten.“ (S25) |
| Bearbeitungsstrategie (F2) | Strukturierung der Bearbeitung | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • „Also, seit wir die kommentierten Lösungen erstellen, arbeiten wir an unseren Übungsaufgaben auch anders. [...] Da gehen wir tatsächlich auch fast diese Schritte einmal kurz ab. Wir schreiben sie zwar nicht immer hin, aber wir gehen sie tatsächlich ab.“ (S04) • „dass man weiß, [...] wie man generell auch bei Aufgaben herangeht. Also, dass man sich das erst vorstellt, mit welchem Thema das insgesamt zu tun hat und dann gesucht ... also gegeben, gesucht aufschreibt und das man sich dann darüber im klaren wird, worum es wirklich geht.“ (S14) |
| Zeitaufwand | hoher Zeitaufwand | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • „ich finde, das ist immer unwahrscheinlich viel Aufwand. Aber im Nachhinein ist es in Ordnung.“ (S02) • „obwohl die sehr zeitaufwendig sind, [...] aber wenn man die einmal hat und dann da später mit arbeiten kann, sind die wirklich gut.“ (S04) • „Erstellen dauert sehr viel Zeit, sehr, sehr viel Zeit. ... Ist aber ok, wenn man sich dann mit einzelnen Aufgaben mehr beschäftigt.“ (S05) |
| Aufgabenbezogener Nutzen | Aufgabe besser im Gedächtnis | 1 | „Ja, schon, weil man auch dann die Aufgabe dann nicht so schnell vergisst [...] man behält [...] die dann besser.“ (S14) |
| | Bearbeitungssicherheit | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • „Also, ich habe mich wesentlich intensiver mit der Aufgabe noch mal auseinandergesetzt, weswegen ich die wahrscheinlich jetzt hinkriegen werde. [...] Vor allen um sicherer zu werden.“ (S04) • „Ja, es hat mich schon sicherer gemacht was, was dieses Thema angeht“ (S26) |
| | nach KL-Erstellung Aufgabe verstanden – vorher nicht | 1 | „ich hatte die ja gar nicht verstanden die Aufgabe. Hatte ja dann die Lösung von jemanden. Und anhand dieser Lösung habe ich ja dann die kommentierte Lösung erstellt. Und das war irgendwie ... ich hatte ja quasi nur diese Rechnung und musste mich dann wirklich doch intensiv [...] auseinandersetzen bei dieser Aufgabe und habe dann wirklich erstmal gemerkt, dass die Aufgabe doch gar nicht so schwer war, wie ich die hier (lachen) gefunden hatte“ (S02) |
| Übergreifender Nutzen | Argumentieren | 1 | „Auch physikalisches Argumentieren, was wir ja auch in den Gruppenaufgaben hatten, so dieses festhalten. Nicht einfach nur jetzt in der Gruppe zu sitzen und zu diskutieren, sondern auch das aufzunehmen und physikalisch zu argumentieren.“ (S25) |

13.5.2 Ergebnisse: Funktionen für Lehrende

Ausführlich und richtig kommentierte Stellen deuten sehr wahrscheinlich (aber nicht zwangsläufig) auf tiefgreifendes Verständnis hin. Fachliche Fehler in den Kommentierungen weisen hingegen auf Verständnisschwierigkeiten hin. Es ist aber nicht klar, ob ungenaue oder nicht vorgenommene Kommentierungen ebenfalls als Verständnisschwierigkeit zu werten sind. Es muss daher zunächst geklärt werden, wie diese Stellen tendenziell zu bewerten sind. Hierzu soll das Verständnis der Studierenden zu ausgewählten Stellen jeweils anhand der eingereichten kommentierten Lösungen sowie den dazu geführten diagnostischen Interviews durch unabhängige Rater eingeschätzt werden. Da die durch Interviews gewonnene Diagnose als genauer angenommen wird, werden Interviews als Maßstab für die konvergente Validierung der Funktion der *Fremddiagnostik* (F3) genommen.

Einschätzung anhand kommentierter Lösungen

Im Sommersemester 2012 wurden in zwei Übungsgruppen an der Universität Duisburg-Essen durch Studierende kommentierte Lösungen zu physikalischen Rechenaufgaben erstellt. Aus elf kommentierten Lösungen¹³ wurden jeweils exemplarisch fünf Stellen ausgewählt. Diese Stellen waren falsche, richtige, ungenaue oder fehlende Kommentierungen und bilden die einzuschätzenden Fälle. Eine gleichmäßige Verteilung dieser Kategorien war zwar angestrebt, konnte aber durch die Feldbedingungen (unterschiedliche Aufgaben und Inhaltsbereiche) sowie das ungleiche Leistungsvermögen der Studierenden nicht umgesetzt werden.

Die Einschätzung über das Verständnis der Studierenden (*verstanden/nicht verstanden/nicht entscheidbar, ob verstanden*) anhand der ausgewählten Stellen der kommentierten Lösungen wurde anhand eines Manuals durch zwei Rater doppelt vorgenommen (Anhang E.7). *Cohens Kappa* über insgesamt 55 Stellen ergibt .82 und ist als zufriedenstellend zu werten. Die Einschätzung des Verständnisses anhand der vorgegebenen Stellen ist also objektivierbar.

Einschätzung anhand Interviews

Für die Durchführung der diagnostischen Interviews wurde zu jeder kommentierten Lösung ein Checkbogen angefertigt, der die fünf zu überprüfenden Stellen konkretisiert. Dieser umfasste eine vorformulierte Frage zu dem beschriebenen Lösungsschritt, einen Erwartungshorizont bezüglich der Kommentierung und gegebenenfalls eine konkrete Textstelle beziehungsweise ein Zitat aus der kommentierten Lösung (beispielsweise zum Gültigkeitsumfang einer Formel; s. Beispiel im Anhang A.4.3).

Auf Grundlage der Checkbögen wurden durch die Essener Übungsleiter diagnostische Einzelinterviews mit den Studierenden geführt. Die Übungsleiter bewerteten parallel beziehungsweise unmittelbar im Anschluss (also nicht anhand einer Audioaufzeichnung) das Verständnis der Studierenden bezüglich der einzelnen Stellen auf Grundlage der Interviewaussagen. Es galt dabei zu klären, ob die befragte Person die herausgegriffenen Stellen der Aufgabenlösung verstanden beziehungsweise

¹³ Eine der kommentierten Lösungen wurde nicht von der einreichenden Person erstellt und daher von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

ungsweise nicht verstanden hat oder das Verständnis nicht eindeutig eingeschätzt werden kann (*Verständnis unsicher*).

Vergleich der Einschätzungen

Die Tabelle 13.3 stellt die Einschätzungen beider Methoden zu 55 Fällen dar. Die Einschätzung anhand der kommentierten Lösungen stimmt in nur 27 % (15 von 55 Fällen) mit der Einschätzung anhand der Interviews überein. *Kendall-Tau* als Maß der Korrelation zweier ordinalskaliertes Merkmale wird nicht signifikant (z.B. BORTZ & LIENERT, 2008, S. 290 ff.).

Unsichere Intervieweinschätzungen beziehungsweise *nicht-entscheidbare* Einschätzungen anhand der kommentierten Lösungen machen insgesamt etwa 67 % der Fälle aus (37 von 55). Darunter liegt die »Fehlerrate« eines falsch-positiven Urteils¹⁴, also anhand kommentierter Lösungen nicht erkannter Defizite, bei nur 4 % (2 Fälle). Ein falsch-negatives Urteil¹⁵ anhand der kommentierten Lösung liegt bei 11 % (6 Fälle), und ist unter didaktischen Aspekten sinnvoll und vertretbar, da es trotz Verständnisses eine Überarbeitung der entsprechenden Kommentierung auslösen würde (z.B. hinsichtlich der Ausführlichkeit oder Aufgreifen der aufgabenspezifischen »Problemstellen«; vgl. Kapitel 12.2).

Tabelle 13.3 Kreuztabelle der Einschätzung zu 55 Stellen anhand kommentierter Lösungen und Interviews.

| | | Interview | | |
|------------------------|--------------------|--------------|-------------|------------------|
| | | verstanden | unsicher | nicht verstanden |
| kommentierte Lösung | verstanden | 8 (15 %) | 6 (11 %) | 2 (4 %) |
| | nicht entscheidbar | 11 (20 %) | 5 (9 %) | 13 (24 %) |
| | nicht verstanden | 6 (11 %) | 2 (4 %) | 2 (4 %) |

Nutzt man das Instrument im Sinne einer Defizitdiagnose zum Aufspüren von Förderbedarf und zum Initiieren von Korrektur- und Überarbeitungshinweisen, ist es ratsam, die Kategorien *nicht entscheidbar* beziehungsweise *unsicher* jeweils mit *nicht verstanden* zusammenzufassen (Tabelle 13.4). Durch die Zusammenlegung vergrößert sich die Übereinstimmung zwischen den Diagnosen anhand der kommentierten Lösung und der Interviews auf 55 % (30 der 55 Fälle). Der *Phi-Koeffizient* als Maß der Korrelation zweier dichotomer Variablen (z.B. BORTZ, 1999, S. 218 f.) wird allerdings abermals nicht signifikant.

¹⁴ Das heißt, die Stelle wurde anhand der schriftlichen Bearbeitung als verstanden eingeschätzt, aber zeigte sich im Interview als nicht verstanden.

¹⁵ Das heißt, die Stelle wurde anhand der schriftlichen Bearbeitung als nicht verstanden eingeschätzt, aber zeigte sich im Interview als verstanden.

Eine anhand der kommentierten Lösung vorgenommene Defizitdiagnose¹⁶ ist in über der Hälfte der Fälle durch die Interviews bestätigt (22 von 39). Die Zahl der unter didaktischen Aspekten vertretbaren falsch-negativen Urteile¹⁷ ist nach der Zusammenfassung höher und liegt bei 31 % (17 von 55 Fälle). Falsch-positive Urteile, also nicht erkannte Defizite, liegen bei etwa 15 % (8 von 55 Fälle).

Tabelle 13.4 Kreuztabelle der Einschätzung zu 55 Stellen anhand kommentierter Lösungen und Interviews. Zusammenfassung der Kategorien „nicht entscheidbar“ beziehungsweise „unsicher“ mit „nicht verstanden“ beziehungsweise „nicht vorhanden“.

| | | Interview | |
|---------------------|---------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | | verstanden | nicht verstanden oder unsicher |
| kommentierte Lösung | verstanden | 8 (15 %) | 8 (15 %) |
| | nicht verstanden oder nicht entscheidbar | 17 (31 %) | 22 (40 %) |

Diskussion

Es wurde das Verständnis von richtig, falsch, ungenau oder nicht kommentierten Stellen untersucht. Diese Fälle waren aufgrund der Feldbedingungen ungleich und mit teilweise sehr geringen Fallzahlen in der Analyse vertreten. Die Passung der Diagnosen anhand der kommentierten Lösungen und der Interviews ist nicht besonders hoch und vor allem nicht statistisch signifikant. Neben den *nicht entscheidbaren* beziehungsweise *unsicheren* Einschätzungen können die Gründe dafür in den personenbezogenen Variablen (v.a. Tagesform, Wahrnehmung und Einschätzung der eigenen Schwierigkeiten) und den Feldbedingungen liegen. Zwischen der Erstellung der kommentierten Lösung, bei der unter Umständen auch Fremdhilfe erfolgen konnte, und dem diagnostischen Interview lagen mehrere Tage, in denen es Veränderungen im Verständnis gegeben haben könnte (z.B. Beispiel durch den Besuch der Vorlesung oder Übung).

Da neben den oben genannten personenbezogenen Variablen vor allem der Schwierigkeitsgrad und die Inhalte der Aufgaben und somit auch die jeweils verglichenen Stellen wechseln, wären weitere Studien mit größeren Stichproben zur Klärung der konvergenten Validität der Diagnose nötig. Hierbei sollten dann die zu kommentierenden Aufgaben für alle Versuchspersonen identisch sein, damit gleichbleibende Bedienungen bei der Erstellung der Kommentierung sowie der Analyse identischer Stellen anhand der kommentierten Lösungen und der Interviews gegeben sind.

¹⁶ Das heißt, die Stelle wurde anhand der schriftlichen Bearbeitung als nicht verstanden oder nicht entscheidbar eingeschätzt.

¹⁷ Das heißt, die Stelle wurde anhand der schriftlichen Bearbeitung als nicht verstanden eingeschätzt, aber zeigte sich im Interview als verstanden.

Für ein Förderinstrument ist die Validität der Defizitdiagnose maßgeblich. Unter defizitdiagnostischen Gesichtspunkten und auf Grundlage der konvergenten Validierung scheint es ratsam, die Kategorie *nicht entscheidbar* der Kategorie *nicht verstanden* zuzurechnen.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 2.5

Eine Defizitdiagnostik auf Grundlage der erstellten kommentierten Lösungen ist zusammenfassend als praktikabel und überwiegend valide einzuschätzen.

Der Einsatz des Instruments ist sowohl für die Studierenden (bei der Erstellung der kommentierten Lösung und ihrer Überarbeitung) als auch für die Lehrenden (bei der Erstellung der Anmerkungen und Überarbeitungshinweise sowie ihrer Besprechung) mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden. Aus diesem Grund war (und ist) eine Beschränkung der Erstellung von einer kommentierten Lösung pro Student nötig, obwohl theoretisch von jedem Studierenden möglichst frühzeitig beginnend mehrere kommentierte Lösungen über das Semester verteilt erstellt werden sollten.

14 Diagnostische Tests und Förderangebote

Diagnostische Tests und darauf abgestimmte *Förderangebote* sollen in Kombination als DiF-Instrument zur Erkennung und Behebung von Defiziten im schulischen Vorwissen fungieren. Die diagnostischen Tests decken Bereiche der Mathematik sowie Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik ab (Tabelle 14.1). Auf Grundlage der Auswertungen werden für die Teilnehmer individuelle bereichsspezifische Rückmeldungen erstellt. Diese beinhalten eine Aufschlüsselung der Diagnose sowie Empfehlungen zur individuellen Nutzung der speziell angepassten Förderangebote, wie *Fördertermine* (Präsenzveranstaltungen) und *Fördermaterialien* (Selbstlernmaterialien), in den DiF-Tutorien, dem DiF-Vorkurs sowie Onlinekursen.

Die diagnostischen Tests und Förderangebote werden in den folgenden Kapiteln in ihrer Konzeption und ihrem Einsatz dargestellt und hinsichtlich ihrer Validität ausgewertet. Die diagnostischen Tests werden außerdem zur Exploration der Schwierigkeiten der Studierenden im mathematischen und physikalischen Bereich verwendet.¹⁸

Tabelle 14.1 Themengebiete und inhaltliche Schwerpunkte der diagnostischen Tests. Ausführliche Aufschlüsselung im Anhang A.5.1.

| Themengebiet | Inhaltliche Schwerpunkte |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mathematik | Auflösen von Gleichungen, Zehnerpotenzen, Trigonometrie, Vektorrechnung, Differential- und Integralrechnung |
| Mechanik | Interpretieren und Erstellen von x-y-Diagrammen, vektorielle Darstellung von Größen, ausgewählte Grundprinzipien von Kräften |
| Wärmelehre | Thermisches Gleichgewicht, Temperatur, Wärme, innere Energie, Zustandsänderungen |
| Elektrizitätslehre | Schaltung von Messgeräten, Gesetze und Berechnungen in Stromkreisen, Potentialdifferenz |
| Geometrische Optik | Blende, Spiegel, Brechung, Linsen |

14.1 Theoretischer Hintergrund

Verschiedene Untersuchungen weisen auf einen Zusammenhang schulischer Vorkenntnisse in Mathematik und Physik mit einer erfolgreichen Absolvierung der Studieneingangsphase in naturwissenschaftlichen Studiengängen hin (z.B. SCHECKER, ZIEMER & PAWLAK, 2006, S. 71; ALBRECHT, 2011, S. 117 f.; s. Kapitel 2.5). Zudem fördert fachspezifisches Vorwissen (sogar noch vor allgemeiner Intelligenz) das Lernen am stärksten (KLAUER & LEUTNER, 2007, S. 9 f.).

Die Voruntersuchung zeigte bei der Zielgruppe Schwierigkeiten mit den mathematischen Anforderungen der Übungsaufgaben (Kapitel 8.2.1) sowie ein im Vergleich mit anderen Kohorten durchschnittliches, aber inhomogenes Vorwissen im Bereich der newtonschen Mechanik (Kapitel 8.2.2). Die mit dem Ziel der Individualdiagnostik eingesetzten Tests sollen fehlendes oder lückenhaftes physikalisches Grundwissen (Begriffe, Verfahren etc.), mögliche Fehlvorstellungen so-

¹⁸ In der Projektdokumentation BUSCH et al. (2013) wurden die Umsetzung der Individualdiagnostik und der Förderangebote sowie einige vorläufige Ergebnisse der Untersuchungen bereits beschrieben. Die folgenden Kapitel greifen die Ausführungen auf und erweitern sie.

wie mathematische Defizite aufzeigen und Grundlage für die individuelle Zuweisung von Förderung sein (Ansatz z.B. nach KRETSCHMANN, 2008, S. 5 ff. oder PALLACK, 2008, S. 22).

14.2 Aufbau

14.2.1 Diagnostische Tests

Die Auswahl der Testinhalte erfolgte auf Grundlage der Inhalte der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund sowie der mathematischen Anforderungen der physikalischen Rechenaufgaben. Die Tests sollen ein möglichst breit gefächertes Spektrum abdecken. Wegen der begrenzten Testzeit können die Inhalte aber oft nur punktuell mit einzelnen Aufgaben abgebildet werden. Die Diagnose hat somit einen breiten Ansatz, ist aber durch die zum Teil geringe Anzahl an Aufgaben und den Fokus auf bestimmte Inhalte hinsichtlich ihrer Reliabilität limitiert (z.B. im Gegensatz zum FCI; HESTENES et al., 1992, S. 141 ff.; Kapitel 8.1.2). Vereinfacht wird nachfolgend von getesteten Inhalten gesprochen.

Mathematiktest

Die mathematischen Anforderungen der physikalischen Rechenaufgaben (Kapitel 9) können für die Studierenden schwierigkeiterzeugend sein (Kapitel 8.2.1; Kapitel 11.5). Eine Übersicht der durch den Test abgedeckten Inhalte, die über Grundrechenarten sowie das Einsetzen von Werten in Variablen hinausgehen, befindet sich im Anhang A.5.1. Ihre Beherrschung wird von der Konferenz der Fachbereiche Physik als vorausgesetzt angesehen (KFP, 2012, S. 2 ff.). Diese Inhalte sind mit Ausnahme der Auffrischung von Vektor-, Differential- und Integralrechnung auch nicht Bestandteil der mathematischen Ergänzungen der Bezugsvorlesung an der TU Dortmund (Anhang D.4).

Der Mathematiktest legt daher einen Schwerpunkt auf grundlegende mathematische Bereiche (38 Aufgaben; Kennzeichnung der Skalen durch G). Zu diesen Inhalten wurden Skalen mit je drei bis acht Aufgaben von normativ aufsteigender Schwierigkeit zusammengestellt. Die übrigen Bereiche (Trigonometrie, Vektorrechnung, Differential- und Integralrechnung) bestehen aus testökonomischen Gründen aus weniger Aufgaben (insgesamt 20).

Eine Sicht-Analyse von anderen universitären Eingangstests (z.B. dem *Kenntnistest Mathematik* der Hochschule Esslingen von KURZ¹⁹) oder den von CRAMER und WALCHER (2010, S. 113) empfohlenen Inhalten für mathematische Vorkurse zeigt, dass das fachliche Niveau des Mathematiktests als vergleichsweise niedrig anzusehen ist. Das Testheft befindet sich im Anhang A.5.2.

Physiktests

Das themenspezifische Vorwissen zu den Inhalten der Bezugsveranstaltung kann nicht als einheitlich vorausgesetzt werden, da die Zielgruppe sowohl vom Bildungsweg als auch vom Alter und

¹⁹ private Mitteilung

somit dem Zeitraum, seit dem der letzte Schulunterricht in Physik und Mathematik stattgefunden hat, sehr inhomogen ist (s. Stichprobenbeschreibungen, Kapitel 6.1.1).

Die Bezugsveranstaltung an der TU Dortmund ist als Grundlagenvorlesung so konzipiert, dass sie an den »Einstiegspunkten« in neue Inhaltsabschnitte kein spezifisches Vorwissen voraussetzt und somit quasi »bei Null« anfängt (z.B. zu den Abschnitten zu Kräften, Temperatur und Wärme, Spannung und Stromstärke; vgl. Anhang D.4). Bei Inhalten, zu denen der benötigte Schulstoff auf universitärem Niveau in kurzer Zeit durchgenommen werden muss, erscheinen fundierte Vorkenntnisse für das Verständnis und die Erarbeitung der weiteren Inhalte dennoch hilfreich. Für die Erstellung von individuellen Förderplänen müssen die diagnostischen Tests diese Inhalte breit gefächert abdecken. Eine Übersicht der Testinhalte befindet sich im Anhang A.5.1.

Da eine ausführliche Pilotierung unter den Zeit- und Projektbedingungen nicht möglich ist, sollten für die Individualdiagnostik möglichst viele bereits erprobte Aufgaben verwendet werden. Die Aufgaben wurden zum Teil aus anderen Tests übernommen, teilweise wurden die Aufgabenstellung, das Antwortformat sowie die Distraktoren erweitert beziehungsweise abgewandelt. Der Anhang A.5.5 listet die adaptierten beziehungsweise übernommenen Aufgaben und die entsprechenden Quellen auf. Konnten keine geeigneten Aufgaben übernommen oder adaptiert werden, wurden neue Aufgaben konstruiert. Die Aufgaben sollten nur durch Kenntnis oder Anwendung der Inhalte und nicht durch Raten, Ausschlussprinzip oder Alltagswissen zu lösen sein. Es wurden hauptsächlich Single- und Multiple-Choice Aufgaben erstellt. Wenige Inhalte, wie beispielsweise das Einzeichnen von Vektoren oder die Konstruktion von Abbildungen, erforderten offene Formate. Die Aufgaben und ihre Distraktoren sind soweit möglich an empirisch belegte Schülervorstellungen angelehnt (wie z.B. von MAROHN & SCHMIDT, 2003, S. 41 ff. beschrieben). Eine Übersicht über typische Schülervorstellungen liefern zum Beispiel MÜLLER, WODZINSKI und HOPF (2011) oder DUIT (2010).

Auswertungsmethodik und Testgüte

Zur Bestimmung der mittleren Schwierigkeit der Aufgaben wurde der *Schwierigkeitsindex P* über die Anzahl der Personen berechnet, welche die Testaufgaben bearbeitet haben (entspricht der *Itemschwierigkeit*; s. dazu z.B. BÜHNER, 2011, S. 222; BORTZ & DÖRING, 2006, S. 218 f.; LIENERT & RAATZ, 1998, S. 74; Ergebnisse im Anhang A.5.3 und A.5.4). Je größer der Schwierigkeitsindex, desto einfacher ist die Aufgabe (Minimum 0, Maximum 1). Die Beurteilung von Schwierigkeitsindizes ist unter anderem vom Kontext abhängig (BÜHNER 2011, S. 81). Eine Zufallskorrektur (vgl. ebenda, S. 222) entfällt, da unterstellt wird, dass die Teilnehmer an einem Diagnoseergebnis interessiert sind (siehe dazu Kapitel 14.3) und es sich zum Teil um offene Antwortformate handelt. Die offenen Aufgaben des Physiktests wurden nur bei vollständig richtiger Bearbeitung als richtig gewertet. Die Richtigkeit der Aufgaben des Mathematiktests wurden hinsichtlich der zu überprüfenden mathematischen Fähigkeit beurteilt. Das bedeutet, dass offensichtliche Flüchtigkeitsfehler, wie zum Beispiel Zahlendreher bei ansonsten korrekter Lösung (z.B. Umrechnen einer Größe), nicht berücksichtigt wurden.

Für die Auswertung der Tests sind zwei Varianten möglich. Nicht bearbeitete Aufgaben können entweder als falsch gewertet oder von der Auswertung ausgeschlossen werden. Für die Erstellung der Diagnoserückmeldungen und die Planung der Fördertermine wurden aufgrund der Annahmen hinsichtlich des diagnostischen Interesses der Teilnehmer (Kapitel 14.3) sowie der großzügig bemessenen Bearbeitungszeit nicht bearbeitete Aufgaben als falsch gewertet (Auswertungsvariante A). Schriftliche Hinweise im Mathematiktest an unbearbeiteten Aufgaben, wie beispielsweise „*nie gemacht*“ (zu Aufgabe T1.1 von S43) oder „?“ (zu Aufgabe D1.e von S53), bestätigen eine diesbezügliche Interpretation. Dass die Teilnehmer Aufgaben übersehen haben oder sonstige Gründe für eine Nichtbearbeitung vorliegen, kann allerdings auch nicht ausgeschlossen werden.

Da es sich um einen im Feld entwickelten Test zur Diagnose und Zuweisung von Förderangeboten handelt, sind Maße zur Skalenqualität aufgrund fehlender Pilotierung erst im Nachhinein berechenbar gewesen. Auf Basis aller Testdaten wurden somit für die gesamte Stichprobe retrospektiv *Cronbachs Alpha* und die Inter-Item-Korrelation berechnet. *Cronbachs Alpha* für nicht standardisierte Items ist ein Maß für die Reliabilität (interne Konsistenz) der Skala (z.B. BÜHNER, 2011, S. 241). *Cronbachs Alpha* sollte über .70, die Trennschärfe r der Aufgaben mindestens über .3 liegen (z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 222 f.). Die Auswertungen der inhaltlich begründeten Skalen berücksichtigen einen Fallausschluss bei Aufgaben mit zu geringer Varianz. Während von allen Teilnehmern fast alle Aufgaben der Physiktests bearbeitet wurden, sind von einzelnen Personen Aufgaben des Mathematiktests unbeantwortet geblieben. Es zeigt sich retrospektiv, dass die Reliabilität einzelner Skalen des Mathematiktests nach Auswertungsvariante A (nicht bearbeitete Aufgaben = falsch) größer als bei Variante B (Ausschluss nicht bearbeiteter Aufgaben), aber nicht für alle Skalen zufriedenstellend ist (Anhang A.5.3). Diese Ergebnisse bestätigen die oben beschriebene Überlegungen hinsichtlich der Auswertungsvariante A. Sie wird daher auch für die Beschreibung der Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1.2) gewählt. Für die Physiktests werden diese Kennwerte aufgrund der zu geringen Fallzahlen nicht angegeben.

14.2.2 Diagnoserückmeldung und Förderangebote

Diagnoserückmeldung

Für jeden Testteilnehmer wurde anhand der Testergebnisse eine Diagnoserückmeldung mit einer Einschätzung des individuellen Förderbedarfs erstellt. Diese Einschätzung erfolgte in der Regel im Team. Als Leitkriterium wird ab der Hälfte an falsch oder nicht beantworteten Aufgaben zu einem Thema *Förderbedarf* diagnostiziert.

Die Diagnoserückmeldung enthält eine tabellarische Übersicht von Förderangeboten zu den verschiedenen Inhalten. Dabei wird zwischen *Fördermaterialien* zur selbstständigen Bearbeitung und *Förderterminen* (Präsenzveranstaltungen) unterschieden. Die Diagnoserückmeldung soll die Teilnehmer über ihren Leistungsstand informieren, sie motivieren, an ihren Defiziten zu arbeiten, und bei der Auswahl der passenden Förderangebote durch Empfehlungen unterstützen.

Es werden je nach Test und zur Verfügung stehenden organisatorischen Möglichkeiten verschiedene Varianten der Diagnoserückmeldung angeboten. Beispielsweise konnten die Teilnehmer des Mathematiktests an der Universität Duisburg-Essen aus organisatorischen Gründen nur *Förder-*

materialen, aber keine *Fördertermine* in Anspruch nehmen. Exemplarisch ist eine Diagnoserückmeldung im Anhang A.6.1 dargestellt.

Fördertermine (Präsenzveranstaltungen)

Die Planung der Fördertermine war von der Anzahl der Teilnehmer und den zur Verfügung stehenden Terminen abhängig (pro Test etwa dreimal 2 SWS). Zu den Skalen, bei denen die Gruppen die größten Schwierigkeiten gehabt haben, wurden modular aufgebaute *Fördertermine* als Tutoriums- beziehungsweise Vorkurseinheiten angeboten.

Unter dem Aspekt der Zeitökonomie eignet sich zur Vermittlung komplexer Sachverhalte die frontale Darbietung und die direkte Instruktion (z.B. KIRCHER, 2010, S. 198 f.; WEINERT, 1996, S. 32 f.). Die Fördertermine sind durch Arbeitsblätter vorstrukturiert, werden aber in ihrer Schwerpunktsetzung offen und dynamisch an die Vorkenntnisse und Fähigkeiten der Teilnehmer angepasst. Sie sind somit auch in Anlehnung an die als wirksam herausgestellten pädagogischen Konzepte des *instructional tailoring* und des *adaptiven Unterrichts* gestaltet (Kapitel 2.2).

Die Fördertermine beginnen in der Regel mit einem allgemeinen Einstieg, in dem die Themen gemeinsam im Plenum erarbeitet und besprochen werden. Dieser Teil führt in den Inhalt ein und enthält grundlegende Definitionen und Konzepte. Sich überschneidende Inhalte werden zunächst parallel und unabhängig voneinander erarbeitet und anschließend in Anlehnung an den *sinnvoll übernehmenden Unterricht* (KIRCHER, 2010, S. 176 f.) zusammengeführt.

Weitere Aufgaben zur Anwendung und Vertiefung sind in Einzelarbeit oder Teams zu bearbeiten. Im direkten Anschluss an diese Phasen findet eine Besprechung im Plenum statt. Hierbei stellen die Studierenden ihre Lösungen an der Tafel vor und besprechen diese gemeinsam mit den Lehrenden. Durch die Abfolge von Aufgabenbearbeitung und gemeinsamer Besprechung können verbliebene oder neu aufgetretene Schwierigkeiten durch die Lerngruppe oder die Lehrenden aufgegriffen und geklärt werden. So können kurzfristig Themenschwerpunkte eingeschoben oder durch einen weiteren Tutor in Binnendifferenzierung behandelt werden. Vor allem in Sitzungen zu mathematischen Themen sind dazu in der Regel je zwei Lehrende für Binnendifferenzierung anwesend.

Fördermaterialien (Selbstlernmaterialien)

Es wurden im Projektverlauf sukzessive Fördermaterialien zu fast allen mathematischen Inhalten des Tests erstellt (Übersicht im Anhang A.6.2). Die Fördermaterialien sind zur selbstständigen Bearbeitung gedacht und sind bis auf inhaltlich begründete Ausnahmen nach einem einheitlichen deduktiven Schema aufgebaut:

1. *Fachliche Grundlagen*

1.1. *Sinn und Zweck*

Es werden die Ziele und Relevanz des Inhalts dargestellt. Beispiel. „Zehnerpotenzen werden in den Naturwissenschaften gerne verwendet, um sehr große oder sehr kleine Zahlen besser handhaben zu können.“

1.2. *Definitionen, Rechenregeln, Begriffe, Hinweise und/oder abstrakte Vorgehensweise*

Die kompakte fachliche Zusammenfassung und Übersicht dient als Grundlage für das Nachvollziehen des ausführlich gelösten Beispiels und der Übungsaufgaben.

2. *Ausführlich gelöstes Beispiel*

An einem ausführlich gelösten Beispiel werden die zuvor vorgestellten fachlichen Grundlagen angewendet und die Lösung erklärt.

3. *Aufgaben zum Üben und Festigen*

Die Übungsaufgaben zeichnen sich durch einen ähnlichen Umfang wie die Aufgaben der diagnostischen Tests, aber durch eine breitere Streuung der Schwierigkeit aus. Wenn möglich sind auch Anwendungs- und Transferaufgaben enthalten.

4. *Kontrolllösungen*

Zur Selbstkontrolle werden die Lösungen zu den Übungsaufgaben angegeben.

Sämtliche zur Bearbeitung der Übungsaufgaben notwendigen Fachinformationen sind in den Fördermaterialien enthalten um den *extraneous Load* (s. dazu Kapitel 12.1) bei der Arbeit mit dem Material gering zu halten. Durch die ausführlich gelösten Beispiele wird wie bei den kommentierten Lösungen der Selbstlerneinheiten das Konzept des Lernens aus Lösungsbeispielen umgesetzt. Exemplarisch ist im Anhang A.6.3 das zum Thema *Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten* (G3.1) erstellte Fördermaterial dargestellt.

14.3 Funktionen

Durch die Kombination der diagnostischen Tests mit den Förderangeboten sollen fachinhaltliche Defizite im schulischen Vorwissen individuell erkannt und behoben werden. Dazu müssen die durch die Tests erstellten Diagnosen valide sein und die diagnostizierten Defizite durch die Nutzung der Angebote gefördert werden können. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels der diagnostischen Tests und Förderangebote in verschiedenen, freiwillig zu besuchenden Veranstaltungsformen ist diese Funktionen schwer zu validieren. Die Forschungsfrage 2 zur Validität dieser Funktion kann daher im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden.

Annahmen zur Validität der Diagnose

Es können nur Annahmen zur Ernsthaftigkeit der Bearbeitung gemacht werden. Die Teilnahme an den DiF-Tutorien, dem DiF-Vorkurs sowie den Onlinekursen und somit auch an den dort eingesetzten Tests erfolgte freiwillig. Den Studierenden wurde vor Testbeginn ausführlich erklärt, dass es sich um eine freiwillige Defizitdiagnose handelt. Ihnen wurde auch erklärt, dass die Tests mit dem Ziel der Individualdiagnostik und darauf aufbauender Zuweisung von Förderangeboten ohne Notenkonsequenz ausgewertet werden. Die Studierenden wurden angehalten, nicht zu raten und Aufgaben unbeantwortet zu lassen, falls sie die Antwort nicht kennen oder erarbeiten können. Äußerungen der Studierenden zu ihren Teilnahmegründen an den DiF-Tutorien sowie am

Onlinekurs bestätigen die Annahme, dass sie die Aufgaben ernsthaft bearbeitet haben (Kapitel 15.2).

Bei den Tests war die Bearbeitungszeit ausreichend dimensioniert (*Power Test*; ROST, 2004, S. 43). Unklarheiten bezüglich der Formulierung oder Aufgabenstellung hätten während der Testdurchführung vor Ort geklärt werden können. Aus organisatorischen Gründen haben einige Studierende die Tests außerhalb der Veranstaltung ausgefüllt.

14.4 Einsatz und Beforschung

Die diagnostischen Tests wurden in verschiedenen Veranstaltungen und Stichproben eingesetzt (Tabelle 14.2). Die Bearbeitung der Tests erfolgte im Rahmen der DiF-Übungen verpflichtend. Ziel war die Erstellung von Diagnoserückmeldungen sowie vor allem die Erprobung und Weiterentwicklung. Die Tests wurden anhand informeller Gespräche mit den Teilnehmern überarbeitet. Einzelne Aufgaben mit fehlender oder zu geringer Varianz wurden ausgetauscht. Fördertermine wurden innerhalb der DiF-Übungen nicht angeboten. In den freiwilligen DiF-Tutorien (SS 11, WS 11/12) und dem DiF-Vorkurs (WS 12/13) wurden Förderangebote auf Grundlage der diagnostischen Tests zugewiesen. Einige Tests wurden aus organisatorischen oder zeitlichen Gründen in zwei Teilen an unterschiedlichen Testtagen eingesetzt (Ablaufpläne im Anhang D.1, D.2 und D.3).

In den Wintersemestern 2011/2012 und 2012/2013 hatten die Teilnehmer der Übungen an der Universität Duisburg-Essen die Möglichkeit, den Mathematiktest als Zusatzangebot losgelöst von der dortigen Veranstaltung zu bearbeiten. Da dabei ausschließlich *Fördermaterialien* über eine Onlineplattform angeboten wurden, wird dieser Einsatz als *Onlinekurs* bezeichnet.

Für die Beschreibung der Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1.2) wird mit Ausnahme der ersten Entwicklungsversionen des Mathematiktests (WS 10/11 und SS 11) auf die Daten der gesamten Stichprobe zurückgegriffen. Ein Anspruch auf Generalisierung der Ergebnisse wird aufgrund der Zusammensetzung des Samplings und der geringen Fallzahlen nicht erhoben.

Eine Aufgabenauswahl aller vier Physiktests wurde bei einer Vergleichsgruppe eingesetzt (Ergebnisse im Anhang A.5.4). Die Kohorte bestand aus 77 Maschinenbaustudierenden der TU Dortmund im 4. Semester zu Beginn ihrer ersten Physiknebenfachvorlesung.

Die Beforschung hinsichtlich der Akzeptanz (Forschungsfrage 3) erfolgt in Kapitel 15 auf Grundlage der Veranstaltungen, die ab dem Sommersemester 2011 auf freiwilliger Basis stattfanden (DiF-Tutorien, DiF-Vorkurs und Onlinekurs; Tabelle 14.3).

Tabelle 14.2 Anzahl der zur Beantwortung der Forschungsfrage 1.2 ausgewerteten diagnostischen Tests. (E) nur zur Evaluation und Entwicklung ausgewertete Tests. Zweiteilung aus organisatorischen oder zeitlichen Gründen.

| | TU Dortmund | | | | | | Universität Duisburg-Essen | | | | |
|------------------------|-------------|-------|-----------|-------|------------------------|-------|----------------------------|-------------|----------|------------|--|
| | Übung | | DiF-Übung | | DiF-Tutorium | | Vergleichsgruppe | DiF-Vorkurs | | Onlinekurs | |
| | WS 09/10 | SS 10 | WS 10/11 | SS 11 | WS 11/12 | SS 12 | WS 12/13 | WS 11/12 | WS 12/13 | | |
| Bearbeitung freiwillig | - | - | - | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Mathematik | - | - | E | E | Teil 1: 9 Teil 2: 6 | - | 6 | 9 | 5 | | |
| Mechanik | - | - | - | - | Teil 1: 8 Teil 2: 6 | - | - | - | - | | |
| Elektrizitätslehre | - | 13 | - | 6 | - | - | - | - | - | | |
| Optik | - | 13 | - | 7 | - | - | - | - | - | | |
| Wärmelehre | - | - | - | - | 5 | - | - | - | - | | |
| Itemauswahl | - | - | - | - | - | 77 | - | - | - | | |

Tabelle 14.3 Zur Beantwortung der Forschungsfragen (FF) ausgewertete Datenquellen. (E) nur zur Evaluation und Entwicklung ausgewertete Datenquellen.

| | TU Dortmund | | | Universität Duisburg-Essen | |
|--------------------|-----------------|----------|-------------|----------------------------|------------|
| | DiF-Tutorium | | DiF-Vorkurs | | Onlinekurs |
| | SS 11 | WS 11/12 | WS 12/13 | WS 11/12 | WS 12/13 |
| Tests | s. Tabelle 14.2 | | | | |
| Interviews | E | FF | - | - | - |
| Fragebögen | FF | FF | FF | FF | - |
| Teilnahmestatistik | FF | FF | FF | - | - |

14.5 Schwierigkeiten der Studierenden (Forschungsfrage 1)

Die Tests sind als informelle lernzielorientierte Instrumente zur Diagnose und Zuweisung von Förderangeboten anzusehen. Es ist zu vermuten, dass die Ergebnisse die maximal mögliche Testperformanz bei diesen konkreten Aufgaben zum Testzeitpunkt darstellen, da die Studierenden an einer Diagnose interessiert waren und die Bearbeitungszeit ausreichend dimensioniert war. Mit Hilfe der Tests sollen Erkenntnisse über die *fachinhaltlichen* Defizite des mathematischen und physikalischen Vorwissens der Studierenden gewonnen werden (Forschungsfrage 1.2).

Forschungsfrage 1: Schwierigkeiten der Studierenden

FF 1.2 Welche *fachinhaltlichen* Defizite weist das mathematische und physikalische Vorwissen der Studierenden bezogen auf die Studienanforderungen auf?

14.5.1 Ergebnisse: mathematisches Vorwissen

Der durchschnittliche Schwierigkeitsindex des gesamten Mathematiktests liegt bei 63 % und weist eine hohe Standardabweichung von ± 42 % auf. Ein gemittelter Schwierigkeitsindex von 67 % (± 40 %) über den gesamten Grundlagenbereich (mit G gekennzeichnete Skalen) ist auffällig, da diese Operationen die Grundlage fast aller Rechnungen bei physikalischen Rechenaufgaben darstellen. Die weiteren getesteten Bereiche Trigonometrie (49 % \pm 50 %), lineare Algebra (61 % \pm 46 %) und Analysis (54 % \pm 46 %) weisen ähnliche Schwierigkeitsindizes mit hohen Standardabweichungen auf (Details siehe Anhang A.5.3).

Aufgrund der hohen Standardabweichungen ist das Vorwissen der Kohorte in diesen Inhaltsbereichen als sehr inhomogen anzusehen. In allen Bereichen sind Förderangebote nötig, nur nicht immer für alle Personen: Auf der Individualebene betrachtet gibt es neben Studierenden, die über die Inhaltsbereiche hinweg durchgängig gut abschneiden, auch Studierende, die durchgängig oder nur in einzelnen Inhaltsbereichen Defizite aufweisen.

Da der Grundlagenbereich des Mathematiktests aufgrund umfangreicherer Skalen differenzierter misst, wird dieser Bereich nachfolgend genauer betrachtet (Tabelle 14.4). Die folgenden drei Inhalte des Grundlagenbereiches weisen die niedrigsten Schwierigkeitsindizes auf und sollten durch Förderangebote (durchaus auch in der Breite) abgedeckt werden:

- Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe (G1.3)
- Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten (G3.1)
- Flächen und Volumen umrechnen (G2.3)

Vergleichsweise gut werden demgegenüber die folgenden Inhalte beherrscht:

- Umstellen und Auflösen von linearen Gleichungen (G1.1)
- Runden auf zwei Dezimalstellen (G4.1)
- Umrechnen von Größen in SI-Einheiten (G2.2)

Tabelle 14.4 Ergebnisse des Mathematiktests für den Grundlagenbereich. (TU Dortmund: DiF-Tutorium WS 11/12, DiF-Vorkurs WS 12/13; Universität Duisburg-Essen: WS 11/12, WS 12/13; Kapitel 14.4). Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD). Kein Fallausschluss bei fehlender Varianz.

| Inhalt | Skala/Aufgabe | P | SD |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|
| Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe | G1.3 | 40 % | 44 % |
| Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten | G3.1 | 44 % | 49 % |
| Flächen und Volumen umrechnen | G2.3 | 59 % | 44 % |
| Vorfaktoren umrechnen | G2.1 | 66 % | 41 % |
| 10er-Potenzen umrechnen | G3.2 | 69 % | 46 % |
| | G4.2 | 74 % | 43 % |
| Umstellen und Auflösen von quadratischen Gleichungen | G1.2 | 75 % | 43 % |
| Umrechnen von Größen in SI-Einheiten | G2.2 | 83 % | 34 % |
| Runden auf 2 Dezimalstellen | G4.1 | 93 % | 19 % |
| Umstellen und Auflösen von linearen Gleichungen | G1.1 | 94 % | 18 % |
| Grundlagen (gesamt) | G | 67 % | 40 % |

Diskussion

Der Mathematiktest testet die grundlegenden mathematischen Fähigkeiten, die zur Bearbeitung der Übungsaufgaben benötigt werden. Diese Inhalte sind vorwiegend Stoff der Sekundarstufe I (siehe dazu auch Kapitel 14.2.1). Die Auswertung der Mathematiktests mehrerer Kohorten zeigt eine sehr inhomogene Verteilung und teilweise große Defizite bei grundlegenden mathematischen Fähigkeiten. Vermeintlich schwierigere Themen der linearen Algebra und Analysis fallen ähnlich schwer oder in Einzelfällen sogar einfacher als grundlegende Operationen wie das *Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe* (G1.3) oder das *Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten* (G3.1). Gerade diese Grundlagen werden aber für die Lösung vieler physikalischer Rechenaufgaben benötigt. Aus den Testergebnissen kann geschlossen werden, dass die Studierenden mit den Rechnungen der Übungsaufgaben Schwierigkeiten haben.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.2

Das mathematische Vorwissen der getesteten Lehramtsstudierenden ist sehr inhomogen und in den folgenden Bereichen als besonders defizitär anzusehen: *Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe* (G1.3), *Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten* (G3.1) sowie *Flächen und Volumen umrechnen* (G2.3).

Die Ergebnisse des Mathematiktests bestätigen und konkretisieren die Ergebnisse der Voruntersuchung (Kapitel 8.2.1), der Diagnosecheckliste (Kapitel 11.5.1) sowie der Analyse der Übungsaufgaben (Kapitel 11.5.2). Zudem wurden unzureichende mathematische Kenntnisse bereits in verschiedenen Studien als entscheidender Faktor für den Abbruch eines naturwissenschaftlichen Stu-

diums herausgestellt (Kapitel 2.5). Grundlegende mathematische Inhalte aus der Sekundarstufe I können im Rahmen regulärer Vorkurse oftmals aus Zeitgründen sowie der Notwendigkeit der Thematisierung von Inhalten der Sekundarstufe II (bspw. lineare Algebra und Analysis) nicht (vertieft) behandelt werden. Der Ausgleich grundlegender mathematischer Defizite muss aber möglichst frühzeitig erfolgen, um Schwierigkeiten mit den Rechnungen bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben zu vermeiden. Empfehlungen zur Umsetzung der Förderung in Anbetracht von nur begrenzt zur Verfügung stehender Zeit finden sich in der Diskussion in Kapitel 15.2.

14.5.2 Ergebnisse: physikalisches Vorwissen

Die Ergebnisse der Lehramtskohorten in den einzelnen Inhaltsfeldern der Tests sind sehr inhomogen, aber aufgrund der Stichprobengröße (z.B. $N_{\text{Wärmelehre}} = 5$) und des Samplings nicht repräsentativ (Gesamtergebnisse: Mechanik $66 \% \pm 36 \%$; Wärmelehre $57 \% \pm 35 \%$; Elektrizitätslehre $51 \% \pm 47 \%$; Optik $51 \% \pm 43 \%$; $N_{\text{min}} = 5$, $N_{\text{max}} = 20$; Kohorten siehe Kapitel 14.4, Details siehe Anhang A.5.4). Aufgrund der nicht repräsentativen Auswahl der Inhalte und fehlender Normierung können keine Aussagen aus den Schwierigkeitsindizes abgeleitet werden.

Bei einer Aufgabenauswahl aus dem Bereichen der E-Lehre und der Optik liegen kumulierte Lehramtsstichproben von $N_{\text{E-Lehre}} = 19$ und $N_{\text{Optik}} = 20$ vor, deren Ergebnisse mit denen der Vergleichsgruppe ($N = 77$) anhand des *Mann-Whitney-U-Test* verglichen werden (z.B. BORTZ, 1999, S. 146 ff.). Die Tabelle 14.5 zeigt die Ergebnisse dieses Vergleichs. Während sich bei den verglichenen E-Lehre-Aufgaben kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zeigt, ist der Unterschied zwischen den Gruppen bei den verglichenen Optik-Aufgaben signifikant. Bei den Optik-Aufgaben ist das Abschneiden der Lehrämter deutlich besser als das der Vergleichsgruppe, aber auch inhomogener.

Tabelle 14.5 Ergebnisse des Vergleichs einer Aufgabenauswahl der kumulierten Lehramtskohorten mit der Vergleichsgruppe (Details siehe Text).

| Aufgabenauswahl | Lehrämter | Vergleichsgruppe | Signifikanz |
|------------------------------|-------------|------------------|-------------------------------------------|
| E-Lehre (L1, B1, P1.1, P1.2) | 41 % ± 42 % | 27 % ± 29 % | U (19, 77) = 625,5; z = -1,021; p = 0,307 |
| Optik (Bl1, Sp1, Sp2, Br1) | 49 % ± 30 % | 18 % ± 18 % | U (20, 77) = 313,0; z = -4,345; p < 0,001 |

Diskussion

Die vier zu den Themen der Bezugsveranstaltung eingesetzten Tests zu schulischem Vorwissen sowie typischen Fehlkonzepten fallen bei den Lehramtskohorten sehr inhomogen aus. Aufgrund der fehlenden Normierung der entwickelten Tests kann das jeweilige Gesamtabschneiden nicht interpretiert werden. Gerade die große Inhomogenität der Ergebnisse der Tests bestätigt aber den Bedarf von individueller Förderung. Es lassen sich für die Themenfelder der Physik allerdings keine allgemeinen Empfehlungen für Inhalte von Unterstützungsangeboten ableiten.

Die Unterschiede im schulischen Vorwissen der einzelnen Studierenden können unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass der letzte Unterricht in Physik teilweise längere Zeit zurückliegt (vgl. Stichprobenbeschreibung; Kapitel 6.1.1) und an unterschiedlichen Schulen stattgefunden hat. Einzelne Inhalte könnten zudem wegen Unterrichtsausfall oder Abwahl der Kurse nicht behandelt oder vertieft worden sein.

Der Vergleich ausgewählter Aufgaben des Optik-Tests mit Studierenden einer Ingenieurwissenschaft ergab ein vergleichsweise besseres Vorwissen der Lehramtskohorte. Der Vergleich sollte aber aufgrund der Stichproben und der fehlenden Repräsentativität durch die geringe Aufgabenanzahl unter Vorbehalt gewertet werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 1.2

Das getestete physikalische Vorwissen der Lehramtsstudierenden ist insgesamt sehr inhomogen. Anhand der mit Studierenden einer Ingenieurwissenschaft verglichenen Aufgabenauswahl aus der Optik erscheint das Vorwissen vergleichsweise besser. Für die übrigen Bereiche können diesbezüglich keine Aussagen getroffen werden.

Durch die Auswertung des FCI wurde im Rahmen der Voruntersuchung bereits ein sehr inhomogenes, aber verglichen mit Schülern und anderen Studierenden durchschnittliches Vorwissen diagnostiziert (Kapitel 8.2.2), das für weitere Inhaltsreiche tendenziell bestätigt werden kann.

15 Akzeptanz

Die Akzeptanz der DiF-Instrumente seitens der Studierenden muss untersucht werden, da sie sich auf die Nutzung der Angebote auswirkt und ein wichtiger Aspekt für einen späteren Einsatz von DiF in der Schule ist (dortMINT Projektziele, Kapitel 3.1).

Die Forschungsfrage 3 zur Akzeptanz der Instrumente geht daher auf das subjektive Erleben aller Instrumente (Forschungsfrage 3.1) und auf die Teilnahmegründe an dem DiF-Tutorium und Onlinekurs ein (Forschungsfrage 3.2).

Forschungsfrage 3 - Akzeptanz der DiF-Instrumente

FF3.1 Wie ist der von den Studierenden empfundene Nutzen und das Erleben der DiF-Instrumente zu beurteilen?

FF3.2 Aus welchen Gründen besuchen die Studierenden das DiF-Tutorium und nehmen an dem Onlinekurs teil?

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3.1 werden die Einschätzungen der Studierenden standardisiert durch den DiF-Fragebogen (Kapitel 6.2.1) jeweils am Ende der Interventionsveranstaltungen erhoben (Tabelle 15.1 und Tabelle 15.4). Weiterhin werden Nutzungs- beziehungsweise Teilnahmestatistiken sowie die im Rahmen der Analyse der Instrumentenfunktionen gewonnen Ergebnisse einbezogen. Diese Äußerungen der Studierenden können dabei als weitere Indizien für einen erfahrenen Nutzen gewertet werden. Eine objektive Beurteilung des Erlebens ist anhand der geführten Interviews wegen des Samplings sowie einer möglicherweise zu unterstellenden *sozialen Erwünschtheit* der Antworten allerdings nicht möglich (zu möglichen Verfälschungen siehe z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 231 ff.).

Die Gründe der Studierenden zur freiwilligen Teilnahme an einem DiF-Tutorium und einem Onlinekurs werden anhand verschiedener Fragebögen und mit Interviews zu einem DiF-Tutorium ermittelt (Forschungsfrage 3.2).

15.1 Nutzen und Erleben

Ergebnisse: Diagnosecheckliste

Der DiF-Fragebogen wurde am Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2010/2011 von elf Studierenden ausgefüllt, welche die Diagnosecheckliste während des Semesters verwendet haben (Tabelle 15.1). Die Diagnosecheckliste wurde von knapp der Hälfte der Studierenden positiv erlebt (5 von 11) und lieferte auch knapp der Hälfte der Studierenden einen Nutzen (5 von 11). Sie wurde von keinem der Befragten negativ empfunden (0), allerdings geben zwei Studierende an, dass die Diagnosecheckliste unnötig Zeit und Mühe gekostet habe (und somit wohl keinen Nutzen gebracht hat).

Die im Wintersemester 2010/2011 getätigten Interviewaussagen zu den Funktionen des Instruments sind weitere Indizien für den erlebten Nutzen der Studierenden. Diese beschreiben neben der *Selbstdiagnostik* (6 von 7; Codetabelle 11.1 in Kapitel 11.4.1) vor allem eine erlebte Förderung bei der *Bearbeitungsstrategie* (4 von 7) sowie die Verwendung im Rahmen der Klausurvorbereitung (5 von 7).

Die Nutzung der Diagnosecheckliste war in den ersten drei Wochen des Wintersemesters 2010/2011 zunächst für alle Studierenden verpflichtend, anschließend konnte alternativ ein vorstrukturiertes Lerntagebuch geführt werden (Kapitel 11.3). Eine Weiternutzung der Diagnosecheckliste kann daher auch als Indiz für einen erfahrenen Nutzen gewertet werden.

Von den anfänglichen zwölf Fällen (Einzelpersonen bzw. Teams, s. Kapitel 11.3) gaben fünf Fälle mindestens zehnmal Einschätzungen zur empfundenen Schwierigkeit bei der Aufgabenbearbeitung ab (Tabelle 15.2). Durchschnittlich wurden acht Einschätzungen pro Fall abgegeben. Ein Vergleich mit der maximalen möglichen Abgabezahl (es gab 13 Übungszettel in diesem Semester) ist allerdings unter Vorbehalt zu werten, da beispielsweise bei Krankheit keine Aufgabenbearbeitungen und Diagnosechecklisten abgegeben werden. Zudem nimmt die Teilnahme an der Veranstaltung und damit die Abgabe von Aufgabenbearbeitungen und somit auch der Diagnosechecklisten gegen Ende der Vorlesungszeit erfahrungsgemäß ab.

Tabelle 15.1 Ergebnisse der DiF-Fragebögen. Zur besseren Vergleichbarkeit mit Tabelle 15.4 sind die Nennungen, bezogen auf die Nutzung der Instrumente, in Prozent angegeben.

| | Diagnosecheckliste | Erstellen kommentierter Lösungen |
|---------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Befragte Personen | 11 | 11 |
| Verpflichtende Nutzung | ✓ | ✓ |
| Nutzung/Teilnahme | 11 | 11 |
| Positive Erinnerung | 45 % (5) | 55 % (6) |
| Negative Erinnerung | 0 % (0) | 0 % (0) |
| Interessant | 27 % (3) | 27 % (3) |
| Inhaltlicher Nutzen | 27 % (3) | 73 % (8) |
| Organisatorischer/methodischer Nutzen | 36 % (4) | 27 % (3) |
| Unnötige Zeit und Mühe | 18 % (2) | 18 % (2) |
| Inhaltlicher oder organisatorischer/methodischer Nutzen | 45 % (5) | 73 % (8) |

Tabelle 15.2 Abgabestatistik der Diagnosecheckliste (WS 10/11, DiF-Übung) im Vergleich zu 13 Übungszetteln in diesem Semester.

| Abgaben | Fälle |
|-----------------------|-------|
| Mindestens 1 Abgabe | 12 |
| Mindestens 6 Abgaben | 8 |
| Mindestens 10 Abgaben | 5 |

Ergebnisse: Selbstlerneinheiten

Das Konzept der Selbstlerneinheiten war den Studierenden durch semesterbegleitende Informationen in den jeweiligen DiF-Veranstaltungen bekannt. Da der Anforderungszeitpunkt und die Verwendung der Selbstlerneinheiten im Zeitraum der Klausurvorbereitung lagen (Kapitel 12.5) und somit die meisten Studierenden die Selbstlerneinheiten zum Erhebungszeitpunkt des DiF-Fragebogens noch nicht verwendet haben, sind die Angaben auf dem DiF-Fragebogen nicht aussagekräftig. Aus diesem Grund können nachfolgend nur die Anzahl der Anforderungen der Selbstlerneinheiten sowie die Aussagen zu den Funktionen des Instruments ausgewertet werden.

Die zusätzlichen Übungsaufgaben wurden im Sommersemester 2010 und dem Wintersemester 2010/2011 von fast zwei Drittel der Übungsteilnehmer angefordert (Tabelle 15.3). Die dazu passenden kommentierten Lösungen wurden (mit Ausnahme des SS 10) ebenfalls von einem Großteil der Personen angefordert, die auch die zusätzlichen Übungsaufgaben angefordert haben.

Die Personen, die Selbstlerneinheiten anforderten, waren teilweise in mehreren Semestern identisch (vgl. Anhang F.1 und F.2). Sieben Studierende erhielten in mindestens zwei Semestern Selbstlerneinheiten, drei Studierende sogar in allen drei Semestern. Die Anforderung von zumeist mehreren Selbstlerneinheiten durch die gleichen Personen in mehreren Semestern kann bei diesen Personen als deutliches Indiz für einen erlebten Nutzen gewertet werden.

In den E-Mail-Rückmeldungen und Interviews mehrerer Semester (Details s. Codetabelle 12.1 und 12.2 in Kapitel 12.5) wurden der Erhalt gezielter *Förderung zu einzelnen Bearbeitungsschritten* sowie die Vermittlung von *Bearbeitungsstrategien* als erfahrener Nutzen beschrieben. Diese lassen sich auch als deutliche Indizien für den erlebten Nutzen der Studierenden interpretieren.

Tabelle 15.3 Anforderungsstatistik der Selbstlerneinheiten.

| | | TU Dortmund | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|----------|--------------|
| | | DiF-Übung | | DiF-Tutorium |
| | | SS 10 | WS 10/11 | SS 11 |
| Anzahl inhaltlich zum Semester passender Selbstlerneinheiten | | 8 | 6 | 13 |
| Teilnehmer der jeweiligen DiF-Veranstaltung | | 16 | 15 | 7 |
| Anfordernde Personen | aus DiF-Veranstaltung | 9 | 10 | 4 |
| | von außerhalb der DiF-Veranstaltung | 1 | - | 2 |
| die zusätzliche Übungsaufgaben anfordern | | 10 | 10 | 6 |
| Personen | die kommentierte Lösungen anfordern | 6 | 8 | 5 |
| | die Rückmeldung per E-Mail geben | 5 | 5 | 5 |
| Insgesamt angeforderte | zusätzliche Übungsaufgaben | 75 | 52 | 37 |
| | kommentierte Lösungen | 33 | 41 | 33 |

Ergebnisse: Erstellen kommentierter Lösungen

Jeweils eine kommentierte Lösung war von jedem Teilnehmer der DiF-Übung des Wintersemesters 2010/2011 zu erstellen. Die Auswertung des DiF-Fragebogens zeigt, dass das Instrument von über der Hälfte (6) der elf Personen positiv erlebt wurde und fast drei Viertel der Studierenden einen Nutzen gebracht hat (8 Nennungen; Tabelle 15.1). Das Erstellen der kommentierten Lösung wurde zwar von keinem der Befragten negativ empfunden (0), allerdings geben zwei Studierende an, dass es dieses unnötig Zeit und Mühe gekostet habe (und somit wohl keinen Nutzen gebracht hat).

In den im Wintersemester 2010/2011 geführten Interviews zu den Funktionen des Instruments wurden von den befragten Personen neben den Funktionen der *Förderung zu Bearbeitungsschritten* (3 Nennungen) und der *Bearbeitungsstrategie* (2) vor allem auch ein konkreter aufgabenbezogener Nutzen (4) geäußert (Codetabelle 13.1 in Kapitel 13.5.1).

Diskussion

Da die Instrumente *Diagnosecheckliste* und *Erstellen kommentierter Lösungen* in derselben DiF-Übung verpflichtend zu verwenden waren, können die jeweiligen Ergebnisse des DiF-Fragebogens verglichen werden: Die Erstellung von kommentierten Lösungen scheint im Vergleich zur Nutzung der Diagnosecheckliste einen etwas größeren Nutzen (73 % zu 45 %; Tabelle 15.1) für die Personen zu haben, auch wenn beide Instrumente ähnlich positiv erlebt wurden.

Dabei bleibt zu beachten, dass eine Funktionen der Diagnosecheckliste (Erhalt einer aufgabenbezogenen Übersicht über die während des Semesters aufgetretenen Schwierigkeiten; Kapitel 11.4.1) erst in der Klausurvorbereitung und somit nach dem Erhebungszeitpunkt des DiF-Fragebogens zum Tragen kam. Aufgrund der fehlenden Zuordnungsmöglichkeit der DiF-Fragebögen zu den Studierenden und somit zu den Diagnosechecklisten können Vermutungen, inwieweit die Angabe eines Nutzens mit der Abgabe sowie Anforderung von Förderung in Verbindung stehen, nicht überprüft werden.

Die *Selbstlerneinheiten* konnten aufgrund des hauptsächlichen Nutzungszeitraums im Rahmen der Klausurvorbereitung nicht durch den DiF-Fragebogen erfasst werden. Die Anforderungsstatistiken sowie die Rückmeldungen bezüglich der Verwendung und ihres Nutzens liefern allerdings deutliche Hinweise für einen erlebten Nutzen. Über das positive Erleben der Selbstlerneinheiten können aber keine objektiven Aussagen gemacht werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 3.1

Die Instrumente Diagnosecheckliste und Erstellen kommentierter Lösungen wurden von einem Teil der Studierenden positiv erlebt und als nützlich bewertet. Ein Großteil der Studierenden, die Selbstlerneinheiten angefordert haben, scheint von diesen einen Nutzen gehabt zu haben.

Ergebnisse: diagnostische Tests und Förderangebote

Die diagnostischen Tests und dazugehörigen Förderangebote werden anhand der Angaben der Studierenden auf dem DiF-Fragebogen (Tabelle 15.4) sowie der Analyse der Teilnahme an den diagnostischen Tests und Förderterminen in den DiF-Tutorien bewertet.

Tabelle 15.4 Ergebnisse des DiF-Fragebogens (SS 11, DiF-Tutorium, Studierende, N = 7; WS 11/12, DiF-Tutorium, Studierende, N = 6; WS 12/13, DiF-Vorkurs, Studierende, N = 4). Nges = 17. M-Test = Mathematiktest, P-Test = Mechanik-, Wärmelehre-, Elektrizitätslehre- u. Optik-Tests. In den DiF-Fragebögen zu den DiF-Tutorien wurden jeweils Fragen zu dem Mathematiktest sowie zu den zwei jeweils eingesetzten Physiktests gestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander und mit Tabelle 15.1 sind die Nennungen bezogen auf die Nutzung/Teilnahme in Prozent angegeben.

| | M-Test | P-Tests | Fördertermine | Fördermaterialien |
|-------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------------|-------------------|
| Befragte Personen | 17 | 13 | 17 | 17 |
| Verpflichtende Nutzung | - | - | - | - |
| Nutzung/Teilnahme | 17 | 22 | 15 | 7 |
| Positive Erinnerung | 65 % (11) | 64 % (14) | 80 % (12) | 43 % (3) |
| Negative Erinnerung | 12 % (2) | 5 % (1) | 0 % (0) | 0 % (0) |
| Interessant | 53 % (9) | 64 % (14) | 60 % (9) | 43 % (3) |
| Inhaltlicher Nutzen | 59 % (10) | 77 % (17) | 87 % (13) | 86 % (6) |
| Organisatorisch/methodischer Nutzen | 47 % (8) | 23 % (5) | 40 % (6) | 86 % (6) |
| Unnötige Zeit und Mühe | 0 % (0) | 0 % (0) | 0 % (0) | 0 % (0) |
| Inhaltlicher oder organisatorisch/methodischer Nutzen | 71 % (12) | 82 % (18) | 93 % (14) | 100 % (7) |

Diagnostische Tests

Die Einschätzungen der Studierenden zu den diagnostischen Tests und Förderangeboten wurden in mehreren Semestern und Veranstaltungsformen durch den DiF-Fragebogen erhoben (SS11 und WS11/12 im DiF-Tutorium, WS12/13 im DiF-Vorkurs). Die befragten Personen waren in den Veranstaltungen nicht identisch, so dass insgesamt 17 verschiedene Personen befragt wurden (Anhang F.1). Die Angaben der Befragten zu den Tests und Förderangeboten sind innerhalb der einzelnen Semester sehr ähnlich, sodass die Angaben kumuliert betrachtet werden.

Insgesamt zeigt sich, dass der Mathematiktest bei über der Hälfte der befragten Personen positiv und als interessant in Erinnerung behalten wurde (Tabelle 15.4). Die Physiktests, von denen jeweils zwei Tests²⁰ pro Semester in den DiF-Tutorien eingesetzt wurden, schneiden in der Gesamtbetrachtung ähnlich ab. Der Mathematiktest sowie einer der Physiktests wurden nur in Einzelfällen negativ erlebt (2 von 17 bzw. 1 von 22). Die Tests wurden jeweils in etwa drei Viertel der Fälle als nützlich empfunden (12 von 17 bzw. 18 von 22). Die Teilnahme an den diagnostischen Tests wurde in keinem Fall als unnötige Zeit und Mühe wahrgenommen.

²⁰ Im Wintersemester: Mechanik- und Wärmelehre-Test. Im Sommersemester: E-Lehre- und Optik-Test.

Förderangebote (Fördertermine und Fördermaterialien)

Neben den Terminen mit den diagnostischen Tests nahmen fast alle Studierenden in den oben genannten DiF-Tutorien und dem DiF-Vorkurs auch Fördertermine wahr (15 von 17). Die in den DiF-Tutorien und dem DiF-Vorkurs angebotenen Fördertermine wurden von einem großen Teil der Teilnehmer positiv (12 von 15) und in keinem Fall negativ erlebt. Fast zwei Drittel der Teilnehmer empfanden die Fördertermine als interessant (9 von 15).

Von den Studierenden, die Fördertermine besuchten, nutzten etwa die Hälfte auch die Fördermaterialien (7 von 15). Die Fördermaterialien wurden weniger positiv und interessant erlebt als die Fördertermine (jeweils 3 von 7).

Zusammengefasst empfanden fast alle Personen, die Förderangebote genutzt haben, diese als inhaltlich nützlich (Fördertermine 14 von 15; Fördermaterialien: 7 von 7). Keines der Förderangebote wurde als unnötige Zeit und Mühe erachtet.

Teilnahme an den DiF-Tutorien

In den DiF-Tutorien des Sommersemester 2011 nahmen etwa die Hälfte der Teilnehmer der jeweiligen Übung zur Bezugsveranstaltung an mindestens einem diagnostischen Test teil und in dem des Wintersemesters 2011/2012 zwei Drittel.

Die durchschnittliche Teilnahme an den Terminen der DiF-Tutorien mit DiF-Inhalt (*diagnostische Tests* und/oder *Fördertermine*; s. Anhang D.1 u. D.2) war im Sommersemester 2011 relativ hoch (5,8 von maximal 8; Tabelle 15.5) und hat im Laufe des Vorlesungszeit nur leicht abgenommen.

Das DiF-Tutorium im Wintersemester 2011/2012 weist demgegenüber eine geringe durchschnittliche Teilnehmerzahl von unter der Hälfte der anfänglichen zehn Studierenden auf. Die Teilnehmerzahl sank zudem deutlich nach dem ersten Drittel der Termine mit Schwerpunkt auf mathematischer Förderung. Vor allem im letzten Drittel (zum Thema Wärmelehre) war die Teilnehmerzahl in diesem DiF-Tutorium sehr gering. Die Gründe für die nachlassende Teilnahme wurden mit einem Fragebogen per E-Mail erhoben. Es wurde von nur fünf der acht befragten Studierenden eine Rückmeldung gegeben, die damit für die Gruppe nur eingeschränkt aussagekräftig ist. Die rückmeldenden Personen nannten aber einheitlich Zeitgründe (zum Faktor Zeit siehe auch nächstes Kapitel). Von jeweils zwei dieser Personen wurden zusätzlich das Fehlen von Schwierigkeiten sowie der geringe Schwierigkeitsgrad der Themen genannt.

Ein grundsätzliches Interesse an dem DiF-Tutorium zeigt sich außerdem durch die Angabe von 13 der 14 im Wintersemester 2011/2012 befragten Studierenden, die (falls es zeitlich möglich ist) im kommenden Semester (wieder) an einem DiF-Tutorium zu anderen Themen teilnehmen wollen.

Tabelle 15.5 Nutzungsstatistik der diagnostischen Tests und Teilnahmestatistik der Tutorien.

| | TU Dortmund DiF-Tutorium | |
|--------------------------------------------------|--------------------------|----------|
| | SS 11 | WS 11/12 |
| Teilnehmerzahl der Übung des Semesters (c.a.) | 15 | 15 |
| Teilnehmerzahl an diagnostischen Tests | 8 | 10 |
| Durchschnittliche Teilnehmerzahl an DiF-Terminen | 5,8 | 4,3 |

Diskussion

Das positive Erleben und vor allem der Nutzen der diagnostischen Tests und Förderangebote ist relativ hoch. Der Nutzen der Förderangebote (93 % bzw. 100 %; Tabelle 15.4) ist dabei höher als der Nutzen der Tests (71 % bzw. 82 %). Das ist dadurch zu erklären, dass zwar auch die Diagnose und das Wissen um die eigenen Defizite nützlich sind, aber die Defizite meist erst durch die Förderangebote behoben werden.

Die Teilnahme an den verschiedenen Test- und Förderterminen in den Veranstaltungen kann im jeweiligen Einzelfall als erlebter Nutzen interpretiert werden, da sonst vor allem wegen der generellen Zeitknappheit seitens der Studierenden (nächstes Kapitel) vermutlich der Besuch der zusätzlichen Veranstaltung nach wenigen Terminen abgebrochen worden wäre.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Forschungsfrage 3.1

Insgesamt empfand ein großer Teil der Studierenden, die freiwillig die DiF-Tutorien und den DiF-Vorkurs besuchten, die angebotenen diagnostischen Tests und darauf abgestimmten Förderangebote als nützlich und erlebte diese positiv.

15.2 Teilnahmegründe DiF-Tutorium und Onlinekurs

DiF-Tutorium

In der Mitte der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2011/2012 wurden 14 Studierende mit Hilfe eines Fragebogens zu möglichen Gründen für die Teilnahme beziehungsweise Nicht-Teilnahme an dem angebotenen DiF-Tutorium befragt (Tabelle 15.6).

Bei den zehn Studierenden, die das DiF-Tutorium nach eigenen Angaben mindestens einmal besucht haben, wird deutlich, dass neben dem allgemeinen Konzept des DiF-Tutoriums (7 Nennungen), der gezielten Diagnose (6) und vor allem der Förderung (9; DiF-Motiv) auch andere Gründe für die Teilnahme ausschlaggebend sind: Die generelle Nutzung von Zusatzangeboten (7), was auch einem undifferenzierten Wunsch nach Förderung entsprechen könnte, sowie das Interesse an den Themen und Inhalten (7). Weitere Gründe, wie einen guten Eindruck machen zu wollen (0) oder die Teilnahme der Lerngruppe (1), werden praktisch nicht genannt.

Die vier Studierenden, die das DiF-Tutorium nicht besuchten, gaben entweder Terminprobleme an (2) oder vermuteten keinen eigenen Förderbedarf (2).

Nur eine Person gab an, gezielt zu den Tests und den für sie relevanten Fördersitzungen zu kommen. Die übrigen Personen kommen zu den zeitlich gut passenden (5) beziehungsweise zu so vielen Sitzungen wie möglich (2) und wählen die Fördersitzungen gezielt nach eigenem Interesse, Relevanz oder persönlicher Einschätzung aus (3).

Interviews, die mit drei Teilnehmern des DiF-Tutoriums des Wintersemesters 2011/2012 geführt wurden, zeigen ebenfalls diese Motive (Codetabelle 15.1): Neben dem Konzept des DiF-Tutoriums (1 Nennung) sind das Interesse an einer Defizitdiagnose (3) sowie das Interesse an den behandelten Themen (1) für den Besuch des DiF-Tutoriums beziehungsweise der diagnostischen Tests ausschlaggebend. Die Auswahl der besuchten Fördertermine ist in dieser kleinen Stichprobe geprägt von der zur Verfügung stehenden Zeit (3), dem Schulbezug des Themas (1) und dem Wunsch, in dem behandelten Thema mehr Sicherheit zu bekommen (1).

Der Einfluss der Inhalte der Termine lässt sich am Beispiel der Person S28 zeigen: Sie kam zunächst gezielt zu den diagnostischen Tests, um ihr Vorwissen zu überprüfen (Codetabelle 15.1). In den Tests zeigten sich bei dieser Person aber kaum Defizite. Zu einzelnen Förderterminen kam sie anschließend, wenn es zeitlich passte und der Schulbezug der Inhalte gegeben war, die sie vor dem Hintergrund ihres Studiums für relevant hielt (ebenda). Die besuchten Fördersitzungen sah sie als Vertiefung und wollte durch den Besuch der Fördertermine thematische Sicherheit erlangen (ebenda).

Onlinekurs

Im Wintersemester 2011/2012 wurde die Individualdiagnostik anhand des Mathematiktests sowie die Zuweisung von Fördermaterialien an der Universität Duisburg-Essen für die Teilnehmer zweier Übungsgruppen in Form eines freiwilligen Onlinekurses angeboten (Kapitel 7.2.2). Ein Fragebogen zu den Gründen der Nutzung des Angebots wurde von 17 Studierenden eines Semes-

ters beantwortet. Von diesen machten allerdings nur sechs Personen Angaben zu den Gründen für die Testabgabe (Tabelle 15.7).

Wie bei den Gründen zur Teilnahme an dem DiF-Tutorium (s.o.) zeigt sich auch hier, dass neben einem DiF-Motiv, also der Nutzung aufgrund des Konzepts (6 Nennungen), der gezielten Diagnose (6) sowie Förderung (5) weitere Gründe für die Teilnahme ausschlaggebend sind: Die Nutzung von Zusatzangeboten (5) und das Interesse an den Themen und Inhalten (5). Gründe, wie einen guten Eindruck zu machen (1) oder die Teilnahme der Lerngruppe (0), werden ebenfalls praktisch nicht genannt.

Die Auswertung der offenen Fragen zur Bearbeitung des Mathematiktests zeigt, dass elf der 17 befragten Personen den Test mindestens zu einem Teil angesehen oder bearbeitet haben (Codetabelle 15.2). Als Grund für eine nicht erfolgte Abgabe wird vor allem fehlende Zeit (7 Nennungen) oder fehlendes Interesse (3) angegeben. Das Fehlen eigener Schwierigkeiten wurde nur von zwei Personen als Grund angegeben.

Diskussion

Neben einem DiF-Motiv und der Nutzung von Zusatzangeboten scheint das Interesse an den Inhalten ausschlaggebend für die Teilnahme am DiF-Tutorium beziehungsweise dem Onlinekurs. Dieses Interesse scheint sich aus der Relevanz der Inhalte für die Bezugsveranstaltung zu ergeben (Teilnahmegründe in Codetabelle 15.1). Die Ergebnisse aus Kapitel 15.1 bestätigen die hohe Interessantheit der Tests und Fördertermine.

Eine andere Konstruktion der Fragen (Ermöglichung von Mehrfachantworten, Differenzierung nach Inhalten, Ergreifen von Maßnahmen, um den Einfluss sozialer Erwünschtheit zu reduzieren; dazu z.B. BORTZ & DÖRING, 2006, S. 232 ff.) sowie eine größere Zahl interviewter Personen könnten in nachfolgenden Studien fundiertere Erkenntnisse zu den Motiven bringen.

Der Faktor der zur Verfügung stehenden Zeit scheint bei der Teilnahme an den DiF-Tutorien sowie dem Onlinekurs eine größere Rolle zu spielen, als bei den übrigen vorgestellten Instrumenten: Diese sind entweder im regulären Übungsbetrieb eingebettet (*Diagnosecheckliste*), erfordern einen einmaligen Zeitaufwand (*Erstellen kommentierter Lösungen*) oder können zeitlich flexibel im Rahmen der Klausurvorbereitung verwendet werden (*Selbstlerneinheiten*).

Die Beherrschung mathematischer Inhalte für die erfolgreiche Bearbeitung der physikalischen Rechenaufgaben ist schon ab Beginn des Semesters notwendig. Da die Diagnose der mathematischen Defizite und die Durchführung der Fördertermine zu Schwierigkeitsschwerpunkten stets einige Wochen zu Beginn eines Semesters umfasste und Studierende innerhalb der Vorlesungszeit oftmals (zu) wenig Zeit zur Nutzung von Zusatzangeboten zur Verfügung haben, bestätigt sich auch die Einschätzung von CRAMER und WALCHER (2010, S.100 ff.; Kapitel 2.5), dass mangelnde schulmathematische Kenntnisse schwer parallel zum Studium aufgeholt werden können. Aus diesen Gründen erscheint die Behebung grundlegender schulmathematischer Defizite durch Diagnose und individuellen Förderung im Rahmen von kompakten Vorkursen sowie die (zusätzliche) Abdeckung defizitärer Bereiche durch selbstständig zu bearbeitende Fördermaterialien als sinnvoll.

Aufgrund der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Zeit ist also eine durch Diagnostik ermittelte thematische Schwerpunktsetzung einer pauschalen Förderung vorzuziehen, da durch pauschale Förderangebote bei gleichem Zeiteinsatz weniger Defizite ausgeräumt werden könnten. Tendenziell defizitäre Inhalte zur Thematisierung in möglichen pauschalen Fördersitzungen konnten zudem bisher nur im Bereich der Mathematik, aber nicht in den getesteten physikalischen Themenfeldern ermittelt werden (Kapitel 14.5).

Zusammenfassung der Ergebnisse zu Forschungsfrage 3.2

Neben dem Motiv, eine individuelle Diagnose und Förderung zu erhalten und Zusatzangebote wahrzunehmen, ist für viele Teilnehmer auch das Interesse an den Inhalten für den Besuch des DiF-Tutoriums und der Nutzung der Onlinekurse maßgeblich. Die Wahrnehmung der Angebote scheint dabei zusätzlich stark von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängig zu sein.

Codetabelle 15.1 Kodierungen der Interviews (WS 11/12, DiF-Tutorium, N = 3).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Teilnahme- gründe DiF-Tutorium | Konzept des DiF- Tutoriums | 1 | <ul style="list-style-type: none"> „Ich kannte das Konzept ja noch nicht. Ich habe zwar von ein paar anderen schon gehört, dass das ganz gut ist, die das schon mal gemacht haben. Aber ansonsten dachte ich mir, ich gucke es mir einfach mal an und kann dann ja immer noch entscheiden, ob ich da mitmache oder nicht.“ (S30) |
| M_Teilnahme- gründe diagnostische Tests | Diagnose von Wissenslücken | 3 | <ul style="list-style-type: none"> „Ich denke, ich war jetzt hauptsächlich am Anfang ein paar Mal da. Bei den Tests. Und ich hätte eigentlich gedacht, dass ich mehr Probleme hätte in den Tests [...]. Ich hatte zwischendurch [...] noch Zivildienst, dass es doch schon ein bisschen her war. Deswegen war ich eigentlich erstmal positiv überrascht, wie gut ich damit zurechtkam (lachen). ... gerade bei Wärmelehre hätte ich am ehesten noch gedacht, dass ich damit ein Problem hätte und deswegen war es eigentlich ganz gut, zuerst mal eine Rückmeldung für sich zu haben, dass auch noch Schulstoff da war. Ganz kurz im Kopf. Und das denke ich mal jetzt ... dass dann halt da jetzt gar nicht mehr so viel Nachholbedarf erstmal da war“ (S28) „Ich bin ja auch dahin gegangen, um ja eigentlich mein Wissen noch mal zu erproben, also zu gucken, ob ich ja das weiß (unverständlich), was in der Vorlesung halt gefragt ist, ob ich da die Grundlagen für habe.“ (S34) |
| | Interesse | 1 | „Also meistens zu den Themen, die mich auch interessiert hatten und wo ich vielleicht Schwierigkeiten hatte.“ (S34) |
| M_Teilnahme- gründe Fördertermine | Immer wenn Zeit | 3 | <ul style="list-style-type: none"> „Nicht unbedingt, also ich bin vorwiegend erstmal zu den Tests gegangen und wenn also ich habe nicht genau darauf geachtet, an welchen Tagen welches Förderangebot gemacht wurde. Wenn ich Zeit hatte, bin ich einfach so auch gekommen.“ (S30) „Wenn ich Zeit hatte.“ Interviewer: „Auch wenn ich gesagt hatte: Da solltest du unbedingt hinkommen, auf diese Rückmeldung. Bist du da auch extra deswegen gekommen? Oder war das eher nebensächlich?“ Befragte Person: Das war eher nebensächlich.“ (S34) „Und passte alles gut und dann habe ich mir gedacht, da gehe ich dann hin. Ja, sonst war es, bei mir immer so ein bisschen eine Sache, wie mir das in den Tag passte.“ (S28) |
| | Schulbezug des Themas | 1 | „Zum Thema Schwerelosigkeit bin ich auf jeden Fall gezielt gekommen. Weil ich fand das, also das haben wir dann noch mal in der didaktischen Ergänzung gemacht. Und ich fand das gerade, weil das eben so ein schulbezogenes Thema ist, wollte ich da [hin].“ (S28) |
| | Sicherheit bekommen | 1 | „Aber dann in den Tutoriumssitzungen, wo ich dann da war, fand ich es doch einfach als Vertiefung sehr gut. Noch mal um Sicherheit zu kriegen“ (S28) |

Tabelle 15.6 Ergebnisse des Fragebogens Teilnahme am DiF-Tutorium 1 (WS 11/12, N = 14, auswertbare Anzahl pro Abschnitt in Klammern). Zur Auswahl der Sitzungen sollten keine Mehrfachantworten gegeben werden, dennoch äußerte eine Person, dass sie sowohl gezielt zu den diagnostischen Tests und den für sie relevanten Fördersitzungen als auch zu den Sitzungen, die ihr zeitlich passen, kommt.

| Veranstaltung: DiF-Tutorium, TU Dortmund, WS 11/12 | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|---------|-----------|------------------|--------------|------------|
| Teilnahme am DiF-Tutorium (N = 14) | | | | | | | Zustimmung |
| Ja an mindestens einem Termin | | | | | | | 10 |
| Ausschlaggebende Gründe für Teilnahme (N = 10) | | | | Nennungen | | Summe | |
| | Nein | eher Nein | eher Ja | Ja | Nein + eher Nein | Ja + eher ja | |
| Ich möchte viele Zusatzangebote wahrnehmen | 2 | 1 | 3 | 4 | 3 | 7 | |
| Ich möchte eine gezielte Diagnose haben | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 6 | |
| Ich möchte gezielt gefördert werden | 1 | 0 | 5 | 4 | 1 | 9 | |
| Ich finde die Inhalte und Themen des DiF-Tutoriums interessant | 0 | 2 | 3 | 4 | 2 | 7 | |
| Weil meine Lerngruppe am Tutorium teilnimmt | 8 | 1 | 1 | 0 | 9 | 1 | |
| Ich möchte einen guten Eindruck machen | 8 | 2 | 0 | 0 | 10 | 0 | |
| Das Konzept des DiF-Tutoriums (Diagnostik und darauf abgestimmte Förderangebote) ist für mich interessant | 2 | 0 | 4 | 3 | 2 | 7 | |
| Auswahl der Sitzungen (N = 10, keine Mehrfachnennungen möglich) | | | | | | | Zustimmung |
| Ich komme zu so vielen Sitzungen wie möglich. | | | | | | | 2 |
| Ich komme gezielt nur zu den diagnostischen Tests. | | | | | | | 0 |
| Ich komme gezielt zu den diagnostischen Tests und den für mich relevanten Fördersitzungen | | | | | | | 1 |
| Ich komme gezielt nur zu bestimmten Fördersitzungen, die ich selbst auswähle (Interesse, Relevanz nach persönlicher Einschätzung). | | | | | | | 3 |
| Ich komme zu den Sitzungen, die mir zeitlich gut passen. | | | | | | | 5 |
| Ich komme zu den Sitzungen, zu denen meine Lerngruppe geht. | | | | | | | 0 |
| Gründe für nicht-Teilnahme (N = 4, keine Mehrfachnennungen möglich) | | | | | | | Zustimmung |
| Der Termin passt mir nicht. | | | | | | | 2 |
| Die Teilnahme ist zu zeitaufwendig. | | | | | | | 0 |
| Das Konzept des DiF-Tutoriums ist für mich nicht interessant. | | | | | | | 0 |
| Ich denke nicht, dass die Teilnahme am DiF-Tutorium mir im Studium helfen wird. | | | | | | | 0 |
| Ich kenne meine ggf. vorhandenen Defizite und kümmere mich alleine darum. | | | | | | | 0 |
| Ich denke, dass bei mir kein Förderbedarf vorhanden ist. | | | | | | | 2 |
| Teilnahmewunsch bei zeitlichen Problemen (Zustimmung) | | | | | | Ja | Nein |
| Falls zeitliche Probleme der Grund sind: Hätten Sie gerne teilgenommen? | | | | | | 2 | 0 |

Tabelle 15.7 Ergebnisse des Fragebogens Mathematiktest Universität Duisburg-Essen (WS 11/12, N = 17). 6 Personen machten Angaben zu den Gründen für die Testabgabe.

| Falls Sie den Test abgegeben haben: Versuchen Sie bitte zu beschreiben, ob die folgenden Gründe für die Abgabe des Tests ausschlaggebend sind. | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------|----|------------------|--------------|
| | Nennungen | | | | Summe | |
| | Nein | eher Nein | eher Ja | Ja | Nein + eher Nein | Ja + eher Ja |
| Ich möchte generell Zusatzangebote wahrnehmen. | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| Ich möchte eine gezielte Diagnose haben. | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 6 |
| Ich möchte gezielt gefördert werden. | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| Ich finde die Inhalte und Themen des Tests interessant. | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 5 |
| Weil meine Kommilitonen das Angebot genutzt haben. | 4 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Ich möchte einen guten Eindruck machen. | 2 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1 |
| Das Konzept (Diagnostik und darauf abgestimmte Förderangebote) ist für mich interessant. | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 6 |

Codetabelle 15.2 Kodierungen der freien Angaben des Fragebogens Mathematiktest Universität Duisburg-Essen (WS 11/12, N = 17).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Bearbeitung des Mathematiktests | Test (zum Teil) bearbeitet | 11 | • „Bearbeitet, nicht abgegeben“ (UDE16) • „Angeschaut, bearbeitet aber nicht zuende gemacht und abgegeben“ (UDE10) |
| | Test nicht bearbeitet | 6 | „Keine Lust, keine Zeit, beim drüber schauen keine Schwierigkeiten festgestellt“ (UDE5) |
| | Keine Zeit zur Bearbeitung | 7 | „Ich habe den Test nicht abgegeben aus Zeitmangel“ (UDE10) |
| M_Gründe für nicht-Bearbeitung oder nicht-Abgabe | Keine Lust oder kein Interesse | 3 | „Wie oben gesagt: keine Zeit, keine Lust“ (UDE2) |
| | Keine Schwierigkeiten festgestellt | 2 | „Keine Schwierigkeiten gehabt“ (UDE3) |
| | Verloren oder vergessen | 2 | „Keine Zeit, vergessen“ (UDE13) |
| | Keine Ruhe zum Bearbeiten | 1 | „Keine Ruhe zum Bearbeiten gehabt“ (UDE7) |

16 Transfer der DiF-Instrumente

Der nächste Schritt auf dem Weg zu einer Verallgemeinerung sowie Objektivierung der bisherigen Ergebnisse ist der Transfer auf ähnliche Veranstaltungen. Dieser wird nachfolgend für die *Diagnosecheckliste* sowie das Instrument *Erstellen kommentierter Lösungen* beschrieben und diskutiert.

16.1 Diagnosecheckliste

Der Transfereinsatz der Diagnosecheckliste (Kapitel 11) erfolgte in zwei Physikübungen an der Universität Duisburg-Essen (WS 11/12) und in zwei Übungen zur anorganischen Chemie an der TU Dortmund (SS 11 und WS 11/12) durch die jeweiligen Übungsleiter (ÜLE und ÜLCH). Den Übungsleitern wurde vor dem Einsatz der Diagnosecheckliste die Verwendung und ihre möglichen Funktionen erklärt. Die Durchführung wurde durch Interviews mit den Übungsleitern am Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2011/2012 kontrolliert und beforscht. Die Zielgruppe, die Bezugsveranstaltung und die Übungen an der Universität Duisburg-Essen sind weitgehend vergleichbar mit denen an der TU Dortmund (Kapitel 7.1). Der häufigste Aufgabentyp der wöchentlich zu bearbeitenden Übungszettel ist an der Universität Duisburg-Essen ebenfalls die physikalische Rechenaufgabe (Kapitel 9.3).

In den Übungen zur anorganischen Chemie kommen Aufgaben, die von den Anforderungen her der physikalischen Rechenaufgabe entsprechen, seltener vor. Daher konnte die Diagnosecheckliste nur bei wenigen Aufgaben sinnvoll eingesetzt werden. Diese Übungsaufgaben hatten zum Beispiel die Berechnung der Stoffmenge oder das Aufstellen von Redoxgleichungen zum Inhalt. Die Diagnosecheckliste wurde durch den Übungsleiter abgewandelt, sodass die Erläuterungen chemische Inhalte anstelle der physikalischen beschrieben.

Die Übungsleiter äußerten sich hinsichtlich des Nutzens der Diagnosecheckliste wie folgt (Code-tabelle 16.1):

F4 *Fremddiagnostik*

Die Diagnosecheckliste wurde von beiden Übungsleitern der Universität Duisburg-Essen als nützliches Instrument eingeschätzt, um eine Rückmeldung über die Schwierigkeiten der Studierenden zu erhalten. Beide Übungsleiter ermittelten anhand der wöchentlichen Selbsteinschätzung der Studierenden die größten Schwierigkeiten bei den einzelnen Aufgaben und legten so den Schwerpunkt der Übungen auf diese Bereiche. Die Festlegung der Schwerpunkte erfolgte aber im Verlauf der Vorlesungszeit nicht mehr nur auf Grundlage der Diagnosecheckliste, da die Anzahl der Nennungen von Schwierigkeiten stieg und gleichzeitig weniger Bearbeitungen abgegeben wurden. Somit mussten gegen Ende der Vorlesungszeit fast alle Aufgaben intensiv besprochen werden. In den Übungen der anorganischen Chemie wurden die Schwierigkeiten der Studierenden durch den Übungsleiter vor allem bei dem Vorrechnen der Studierenden an der Tafel und nicht durch die Diagnosecheckliste erfasst. Der Übungsleiter gab zudem an, aus Erfahrung zu wissen, wo die typischen Schwierigkeiten bei den Aufga-

ben lagen. Er konnte aber einmal bei der Besprechung der Übungsaufgaben anhand der Diagnosecheckliste einen neuen Schwerpunkt setzen.

Die Übungsleiter sehen in dem Einsatz der Diagnosecheckliste auch Nutzen für ihre Studierenden: Zwei äußern die Bewusstmachung der Schwierigkeiten (*Selbstdiagnostik*; F1), je einmal wird die Möglichkeit zur Einflussnahme auf die Ausgestaltung der Übung durch die Explikation von Schwierigkeiten auf der Diagnosecheckliste (*Förderung zu Bearbeitungsschritten*; F2) sowie die Strukturierung der Aufgabenbearbeitung (*Bearbeitungsstrategie*; F3) als Mehrwert für die Studierenden genannt.

Diskussion

Nach dem Einsatz wurden Interviews mit den jeweiligen Übungsleitern geführt. In diesen bestätigten sich die intendierten Funktionen der Studierenden und vor allem die Funktion der *Fremddiagnostik* (F4). Ob die Übungsleiter dabei durch die Vorbesprechung hinsichtlich möglicher Funktionen beeinflusst waren, ist nicht auszuschließen. In dem Interviewleitfaden wurde aus diesem Grund nicht konkret nach den intendierten Funktionen, sondern allgemein nach dem Nutzen gefragt.

Die Diagnosecheckliste konnte so lange einen Mehrwert für die Übungsleiter zur Ausgestaltung der Übung bringen, wie die Schwierigkeiten tatsächlich differenziert auftraten. Somit scheint neben dem Aufgabentyp der physikalischen Rechenaufgabe auch der Schwierigkeitsgrad der einzuschätzenden Aufgabe wichtig für die Nutzung der Diagnosecheckliste.

16.2 Erstellen kommentierter Lösungen

In zwei Übungen der Universität Duisburg-Essen ließen die Übungsleiter im Sommersemester 2012 kommentierte Lösungen durch Studierende erstellen. Da die erstellten kommentierten Lösungen im Rahmen dieser Arbeit beforscht wurden (Kapitel 13), lag die Erstellung der Diagnose sowie der Anmerkungen zur Überarbeitung und Förderung beim Autor dieser Arbeit und nicht bei den Übungsleitern. Letztere übernahmen die Organisation des Einsatzes, die diagnostischen Interviews und die anschließenden Fördergespräche mit den Studierenden auf Grundlage der zu besprechenden Lösungsschritte.

Die Studierenden waren in der Lage, mit Hilfe der Anleitung und der Vorlage (Anhang A.4) sowie der Instruktionen der Übungsleiter kommentierte Lösungen zu erstellen. Die erstellten kommentierten Lösungen waren zu einem Großteil von ähnlicher Qualität und Umfang wie die in der DiF-Übung der TU Dortmund erstellten. Der Einsatz wurde durch Interviews mit den Übungsleitern kontrolliert und evaluiert (Anhang B.5). Er kann aber streng genommen nicht als vollständiger Transfer gewertet werden, da die Erstellung der Diagnose noch beim Autor dieser Arbeit lag.

Codetabelle 16.1

Kodierungen der Interviews (WS 11/12, Übungsleiter, N = 3).

| Kategorie | Code | N | exemplarische Belegstellen |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M_Nutzen der Diagnosecheckliste für Übungsleiter (Funktion <i>Fremddiagnostik</i> F4) | Erfassung der Schwierigkeiten der Studierenden | 2 | <ul style="list-style-type: none"> „Aber am Anfang war es dann so, dass ich mir den Zettel angeschaut habe und geguckt habe: »Ok, wo haben sie wirklich Probleme?« und diese Aufgabe dann auch intensiver besprochen habe.“ (ÜLE1) „Ja, also ich finde es auf jeden Fall nützlich, weil man eben auf einem Blick sehr schnell sehen kann, wo haben die Studenten jetzt Schwierigkeiten. Und auch wirklich aus Sicht der Studenten und aus Sicht, was man selbst sieht.“ (ÜLE2) |
| | Nicht zur Erfassung der Schwierigkeiten verwendet, erkennt Schwierigkeiten in Übungsbetrieb | 1 | „Für mich selber eher weniger, da ich relativ viel von den Studierenden machen lasse und da schon merke, ob sie es können oder nicht. Also auch an der Tafel vorrechnen bzw. Reaktionsgleichungen aufstellen lasse. Und dann geht es ja auch ohne. Also eigentlich, ich glaube, es ist für die Studierenden wichtiger, für mich jetzt nicht so.“ (ÜLCH) |
| | Ausgestaltung der Übungsschwerpunkte | 3 | <ul style="list-style-type: none"> „Aber es hat auf jeden Fall der Übung dann eine bestimmte Richtung gegeben auf den Schwerpunkt der Aufgabe.“ (ÜLE1; s. auch obige Äußerung) „Also, ich probiere die komplette Übung durchzugehen. Probiere aber auch, eben das Gewicht auf diese Teile zu legen, wo – also das ist schon Mehrheitsprinzip – wo viele Leute Probleme mit hatten“ (ÜLE2) „Einmal einen neuen Schwerpunkt reingenommen, das dann noch ein paar Mal vertiefend gemacht mit schwereren Gleichungen, schwereren Rechnungen. Aber sonst nicht, weil es eigentlich immer das war, was wir vorher schon erwartet haben, wo die Schwierigkeiten auftauchen. Man weiß ja irgendwie mittlerweile doch, wo Probleme liegen.“ (ÜLCH) |
| M_Eingeschätzter Nutzen der Diagnosecheckliste für Studierende | Bewusstmachung von Schwierigkeiten (F1) | 2 | <ul style="list-style-type: none"> „Weil sie natürlich merken: »Wo ist das Problem?«“ (ÜLCH) „Aber dadurch, dass sie das am Anfang gemacht haben, sie trotzdem irgendwie im Kopf haben und genau wissen: »An welcher Stelle gibt es eigentlich Probleme?«“ (ÜLE1) |
| | Äußern von Förderwünschen (F2) | 1 | „Ich glaube, für die ist die Diagnosecheckliste auch so eine Art Hoffnung, dass sie denken: »Ok, wenn ich jetzt hier ankreuze, dass ich das nicht so gut kann, vielleicht behandeln wir dadurch das noch mal sehr ausführlich?«“ (ÜLE2) |
| | Strukturierung der Bearbeitung (F3) | 1 | „Und einmal, weil sie von Anfang an sorgfältiger damit umgehen und das sehr viel mehr strukturieren, was sie tun müssen. Weil Sie ja quasi schon die Vorgaben haben, welche Schritte wann kommen.“ (ÜLCH) |

17 Fazit und Ausblick

Nachdem in den vorherigen Kapiteln eine ausführliche Darstellung der entwickelten Instrumente und die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen erfolgt ist, soll nun ein kurzes Fazit zu den DiF-Instrumenten gezogen werden. Hierbei findet auch eine Betrachtung der Grenzen sowie der offenen Fragen dieser Arbeit statt.

Fazit zu den DiF-Instrumenten

Ausgehend von den Erkenntnissen der Voruntersuchung wurden für die Umsetzung der individuellen Förderung Instrumente entwickelt und eingesetzt um sowohl den methodischen Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben zu begegnen, als auch um Lücken im Bereich des mathematischen und physikalischen Vorwissens zu schließen. Durch den Einsatz der DiF-Instrumente konnten die methodischen Schwierigkeiten und Defizite tendenziell bestätigt und ausdifferenziert werden.

Die Instrumente *Diagnosecheckliste*, *Selbstlerneinheiten* und *Erstellen kommentierter Lösungen* wurden primär dafür konzipiert, den fachmethodischen Schwierigkeiten der Studierenden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben zu begegnen. Bei der Analyse der Funktionen zeigte sich, dass die Studierenden die *Erstellung kommentierter Lösungen* sowie die Verwendung von *Selbstlerneinheiten* auch als eine deutliche aufgabenbezogene inhaltliche Förderung ansehen.

Da anzunehmen ist, dass an diesen konkreten inhaltlich-lernwirksamen Beispielen auch die durch die Instrumente zu vermittelnde *Bearbeitungsstrategie* besser verinnerlicht werden kann, entspricht dieser Nutzen einer positiv anzusehenden Erweiterung der Funktionen dieser Instrumente. Die prinzipielle Eignung der Instrumente, um den fachmethodischen Schwierigkeiten der Studierenden zu begegnen, konnte durch Analyse und Bestätigung ihrer Funktionen gezeigt werden.

Der komplexe, mehrteilige Ansatz zur Defizitdiagnose und individuellen Förderung im mathematischen und physikalischen Vorwissen wurde von den Studierenden als nutzbringend bewertet und ist augenscheinlich als funktionierend anzusehen.

Vor dem Hintergrund der individuell unterschiedlichen fachmethodischen und fachinhaltlichen Schwierigkeiten der Studierenden und der unterschiedlichen Interventionsmöglichkeiten können aber keine pauschalen Empfehlungen zu bestimmten DiF-Instrumenten beziehungsweise Interventionsveranstaltungen ausgesprochen werden. Die Auswahl geeigneter Instrumente ist neben der Wahl des Schwerpunkts auf methodischen oder fachinhaltlichen Defiziten vor allem von den Rahmenbedingungen der Intervention abhängig: Die fachmethodischen DiF-Instrumente, *Diagnosecheckliste* und *Erstellen kommentierter Lösungen*, sind für die Integration in einen »regulären« Übungsbetrieb geeignet. *Selbstlerneinheiten* können unabhängig von einer bestimmten Veranstaltung eingesetzt werden. Für die Aufarbeitung fachinhaltlicher Defizite durch *diagnostische Tests* und *Förderangebote* empfiehlt sich der Rahmen einer zusätzlichen Veranstaltung (Tutorium/Vorkurs/Onlinekurs).

Grenzen und Ausblick der Studie

Die Grenzen dieser Studie und ihrer Ergebnisse wurden bereits an verschiedenen Stellen der vorausgegangenen Kapitel thematisiert. Dabei handelt es sich vor allem um Einschränkungen aufgrund der zum Teil sehr geringen Fallzahlen, der Zusammensetzung des Samplings, der Einflüsse aus der Entwicklung und Beforschung im Feld, der verpflichtenden beziehungsweise freiwilligen Teilnahme an den Veranstaltungen, fehlender Kontrollgruppen sowie der Strategien der Datenerhebung. Die wichtigsten Aspekte und die sich daraus ergebenden Implikationen und Fragen werden nachfolgend diskutiert:

- Die Fragen in den Interviewleitfäden zu den DiF-Instrumenten wurden bewusst offen gestaltet, um die Nutzungsstrategien im Rahmen der Validierung der Instrumente *Diagnosecheckliste*, *Selbstlerneinheiten* und *Erstellen kommentierter Lösungen* möglichst unbeeinflusst zu erheben. Durch die Interviews sowie den Einbezug weiterer Datenquellen konnte die Validität dieser Instrumente hinsichtlich ihrer intendierten Funktionen gezeigt werden. Durch den offenen Ansatz konnten aber keine Erkenntnisse über die Verteilung der Nutzungsstrategien beziehungsweise der verschiedenen Aspekte des empfundenen Nutzens gewonnen werden.
- In der Studie konnte ein von den Studierenden subjektiv empfundener Nutzen durch die Verwendung der DiF-Instrumente festgestellt werden. Da Kontrollgruppen fehlen, konnte der Einfluss auf die fachliche Leistung nicht untersucht werden. Die Untersuchung der Wirkung der Instrumente auf die Lernergebnisse der Studierenden sollte daher Kern weiterer Studien sein.
- Es gibt Anhaltspunkte zur Validität der Diagnose von individuellen Defiziten durch diagnostische Tests, die sich vor allem in der Verwendung erprobter Aufgaben in den Physiktests (soweit möglich), im Fehlen von Decken- oder Bodeneffekten bei einem Großteil der Aufgaben sowie den Äußerungen der Studierenden begründen. Diese Funktion konnte im Rahmen der Arbeit aber nicht weiter untersucht werden. Während sich die Validierung der Diagnose (vorrangig der neu entwickelten Aufgaben) durch unmittelbar an die Testung erfolgende diagnostische Interviews überprüfen lassen könnte, würde sich die Untersuchung der Förderwirkung der Förderangebote im Feld aufgrund der verschiedenen Einflüsse äußerst schwierig gestalten.
- Die Ergebnisse der Studie können vor allem auf Grund der geringen Fallzahlen und der Zusammensetzung des Samplings nicht generalisiert werden. Hierzu sind weitere Einsätze der Instrumente und ihre Beforschung an anderen Zielgruppen, Veranstaltungen und Universitäten notwendig. Die Erkenntnisse dieser Studie haben aber durch die ausführlichen kontrastierenden Fallbeschreibungen, die Bestätigung beziehungsweise Reproduktion der Ergebnisse anhand mehrerer Datenquellen beziehungsweise Kohorten sowie den Transfer eines der Instrumente auf andere Veranstaltungen und Zielgruppen eine größere externe Validität erreicht.
- Durch den Einsatz der DiF-Instrumente sollten neben der fachlichen Förderung zwei weitere Projektziele umgesetzt werden (Kapitel 3.1). Die Vermittlung von fachspezifischen DiF-Kenntnissen sowie die mögliche Auswirkungen des Erlebens von DiF auf das Handeln im späteren Lehrberuf wurden im Rahmen der Arbeit nicht untersucht. Es bleibt also die Frage offen, ob die späteren Lehrkräfte durch das eigene Erleben von Diagnose und individueller Förderung in der Ausbildung DiF-Maßnahmen in der Schule häufiger und wirksamer einsetzen werden. Aufgrund der großen Zeitspanne zwischen dem Erleben der Instrumente im Studium und einem

möglichen Einsatz von Maßnahmen der Diagnose und individuellen Förderung im späteren Lehrberuf kommen weitere und schwer zu kontrollierende Einflussfaktoren zum Tragen. Außerdem ist die Umsetzung (z.B. Häufigkeit, Qualität und/oder Erfolg des Einsatzes) von DiF-Maßnahmen im späteren Schuleinsatz nicht einfach zu messen.

18 Zusammenfassung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Projekts dortMINT, sodass die Ziele der Arbeit eng mit denen des Projekts verbunden sind (Kapitel 3). Die Ziele dieser Arbeit waren die Entwicklung und Erprobung von fachspezifischen Instrumenten zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik. Die entwickelten DiF-Instrumente sollen die intendierten Funktionen der Diagnose und individuellen Förderung erfüllen, einen Nutzen für die Studierenden bringen sowie eine positive Akzeptanz als Voraussetzung für eine spätere Umsetzungsbereitschaft in der Schule erzeugen.

Es wurden drei Forschungsfragen zu den *fachmethodischen und fachinhaltlichen Schwierigkeiten* der Studierenden, zur *Validität* sowie der *Akzeptanz* der entwickelten DiF-Instrumente untersucht. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden Interviews, Fragebögen, Nutzungs- beziehungsweise Teilnahmestatistiken sowie einzelne DiF-Instrumente ausgewertet.

Zunächst konnten in einer Voruntersuchung durch explorative Interviews und den Einsatz des FCI erste Erkenntnisse zu den Schwierigkeiten der Studierenden und damit zu zwei DiF-Ansätzen gewonnen werden:

1. Nur wenige Studierende können geeignete Strategien für die Bearbeitung von Übungsaufgaben nennen. Sie berichten zudem von individuell unterschiedlichen Schwierigkeiten: dem *Verständnis der Frage- beziehungsweise Aufgabenstellung*, dem *Herausfinden beziehungsweise der Anwendung der Formeln* sowie mit den *mathematischen Inhalten*.
2. Das physikalische Vorwissen der Studierenden erscheint im Bereich der newtonschen Mechanik insgesamt durchschnittlich, aber innerhalb der Lerngruppe sehr inhomogen.

Der erste Ansatzpunkt für die Umsetzung fachspezifischer Diagnose und individueller Förderung ist demnach die Behebung methodischer Schwierigkeiten der Studierenden beim Bearbeiten der Übungsaufgaben. Um diesen Ansatz aufzugreifen, wurden zunächst die Übungsaufgaben analysiert. Für den häufigsten Aufgabentyp, die sogenannte *physikalische Rechenaufgabe*, wurde auf der Basis bestehender Modelle zum Problemlösen und zur Bearbeitung von Aufgaben ein Bearbeitungsmodell entwickelt. Dieses Modell dient als inhaltliche und strukturelle Grundlage der folgenden DiF-Instrumente:

- Die *Diagnosecheckliste* dient der prozessbegleitenden Selbsteinschätzung der Fähigkeiten beziehungsweise Schwierigkeiten der Studierenden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben. Sie kann außerdem von den Studierenden als strukturierter Leitfaden für die Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben und zur gezielten Anforderung von Förderung genutzt werden. Lehrende können die Selbstdiagnose der Studierenden als Ergänzung oder Ersatz der eigenen Diagnose anhand der Übungsabgaben verwenden.
- Die *Selbstlerneinheiten* sind ein von den Studierenden vor allem im Rahmen der Klausurvorbereitung verwendetes Förderinstrument zum Abgleich mit der eigenen Aufgabenbearbeitung. Bei Schwierigkeiten können gezielt Hilfestellungen (bspw. beim Ansatz oder auch in Form von

Bearbeitungsstrategien) entnommen werden und anschließend kann die Bearbeitung eigenständig fortgesetzt werden.

- Die *erstellten kommentierten Lösungen der Studierenden* zu physikalischen Rechenaufgaben können für eine Individualdiagnostik durch die Lehrenden verwendet werden. Durch gezielte Hinweise zu einzelnen Schritten erhalten Studierende in Überarbeitungsschleifen eine individuelle Förderung. Die Erstellung anhand vorgegebener Schritte des Bearbeitungsschemas ermöglicht es ihnen, eine Bearbeitungsstrategie anzuwenden und zu verinnerlichen.

Der zweite Ansatzpunkt ist die Schließung von Lücken im Bereich des mathematischen und physikalischen Vorwissens. Mit dem Ziel der Individualdiagnostik wurden dazu *diagnostische Tests* zu schulischem Vorwissen im Bereich der Mathematik und Physik entwickelt. Anhand der Testergebnisse wurden individuell *Förderangebote* zugewiesen. Diese Förderangebote bestanden aus Materialien zur selbstständigen Bearbeitung und aus gemeinsamen Fördersitzungen in Tutorien oder Vorkursen.

Die entwickelten DiF-Instrumente wurden in verschiedenen Veranstaltungsformen (Übungen, Tutorien, Vor- und Onlinekursen) an der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen eingesetzt. In den DiF-Übungen (SS 10 und WS 10/11) wurden zunächst die drei erstgenannten DiF-Instrumente sowie weitere Ansätze aus dem Projekt dortMINT erprobt. Die DiF-Instrumente wurden evaluiert und weiterentwickelt. In den nachfolgenden Semestern wurde der Fokus auf die Zuweisung individueller Förderangebote auf Grundlage der diagnostischen Tests gelegt. Dieses Konzept wurde in den DiF-Tutorien (SS 11 und WS 11/12), einem DiF-Vorkurs (WS 12/13) sowie einem Onlinekurs an der Universität Duisburg-Essen umgesetzt (WS 11/12 und WS 12/13).

Die Studie konnte zeigen, dass die entwickelten Instrumente *Diagnosecheckliste*, *Selbstlerneinheiten* sowie *Erstellen kommentierter Lösungen* die in den jeweiligen Kapiteln beschriebenen intendierten Funktionen hinsichtlich Diagnose und individueller Förderung prinzipiell erfüllen können (Übersicht in Tabelle 18.1). Von einem Teil der Studierenden werden die Instrumente *Diagnosecheckliste* und *Erstellen kommentierter Lösungen* positiv erlebt und auch als nützlich empfunden. Ein Großteil der Studierenden, der die *Selbstlerneinheiten* angefordert hat, scheint davon einen Nutzen zu haben.

Tabelle 18.1 Erfüllte Funktionen der Diagnose und individuellen Förderung der Instrumente Diagnosecheckliste, Selbstlerneinheiten sowie Erstellen kommentierter Lösungen.

| Funktion | Diagnosecheckliste | Selbstlerneinheiten | Erstellen kommentierter Lösungen |
|----------------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Selbstdiagnose | ✓ | ✓ | - |
| Fremddiagnose | ✓ | - | ✓ |
| Förderung zu einzelnen Bearbeitungsschritten | ✓ | ✓ | ✓ |
| Förderung zur Bearbeitungsstrategie | ✓ | ✓ | ✓ |

Insgesamt empfand die große Mehrheit der Teilnehmer der freiwilligen DiF-Tutorien und des DiF-Vorkurses die diagnostischen Tests und darauf abgestimmten Förderangebote als nützlich und erlebte diese positiv. Neben dem Motiv, eine individuelle Diagnose und Förderung zu erhalten und Zusatzangebote wahrzunehmen, ist für viele Teilnehmer auch das Interesse an den Inhalten für den Besuch des DiF-Tutoriums und der Nutzung der Onlinekurse maßgeblich. Die Wahrnehmung der Angebote scheint dabei aber zusätzlich stark von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängig zu sein.

Die *Diagnosecheckliste* und die *diagnostischen Tests* liefern als Forschungsinstrumente auch Ergebnisse zu den Schwierigkeiten der Studierenden. So zeigt sich, dass die fachmethodischen Schwierigkeiten der Studierenden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben bei *Ansätzen, Skizzen* und vor allem den *Rechnungen* liegen. Das mathematische und physikalische Vorwissen erweist sich als sehr inhomogen. Das mathematische Vorwissen weist bei den grundlegenden, für die Bearbeitung der Übungsaufgaben notwendigen Inhalten zum Teil große Defizite auf (*Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe, Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten sowie Flächen und Volumen umrechnen*). Für eine Aufgabenauswahl der Optik zeigt sich das Vorwissen der Lehramtsstudierenden verglichen mit dem von Studierenden einer Ingenieurwissenschaft tendenziell besser aber inhomogener. Für die übrigen getesteten Bereiche können diesbezüglich keine Aussagen abgeleitet werden.

Die Grenzen der Arbeit liegen primär in der durch die geringen Stichprobengrößen bedingten fehlenden Quantifizierung einiger Ergebnisse. Somit war es aufgrund der Rahmenbedingungen nicht möglich zu überprüfen, ob die inhaltlichen Lücken im Bereich des mathematischen und physikalischen Vorwissens durch den kombinierten Einsatz *diagnostischer Tests* und *Förderangebote* geschlossen werden konnten und ob die DiF-Instrumente messbare Auswirkungen auf den Lernerfolg haben. Dennoch stellen die entwickelten, evaluierten und (zum Teil) validierten DiF-Instrumente nun die Grundlage für weitere Studien dar, in denen die bisherigen Erkenntnisse überprüft, weiter objektiviert und die Wirksamkeit der Instrumente untersucht werden sollten.

Da zu Beginn der Arbeit keine geeigneten fachspezifischen Instrumente zur Verfügung standen, mussten diese zunächst theoriegeleitet entwickelt und hinsichtlich ihrer Funktionen validiert werden. Die Entwicklung der *Diagnosecheckliste*, der *Selbstlerneinheiten*, der Anleitungen für die *Erstellung von kommentierten Lösungen* sowie der *diagnostischen Tests* und der passenden *Fördermaterialien/-einheiten* stellen somit einen substanziellen Teil der Ergebnisse dieser Arbeit dar.

19 Literaturverzeichnis

- ABEL, H. & KÜMMERER, H. (2003). Studienanfänger und Mathematik. In Studienkommission für Hochschuldidaktik an Fachhochschulen in Baden-Württemberg (Hrsg.), *Beiträge zum 5. Tag der Lehre*. Karlsruhe, 150-153.
- ALBRECHT, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik*. Verfügbar unter http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf [16.09.2013]
- ALTRICHTER, H. & POSCH, P. (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht: Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- ARNOLD, K.-H. (1999). Diagnostische Kompetenz erwerben: Wie das Beurteilen zu lernen und zu lehren ist. *Pädagogik*, 51 (7-9), 73-77.
- BAUMERT, J., KLIEME, E., NEUBRAND, M., PRENZEL, M., SCHIEFELE, U., SCHNEIDER, W., STANAT, P., TILLMANN, J. & WEIB, M. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- BAUMERT, J. & KUNTER, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520.
- BECK, C. & MAIER, H. (1994). Zu Methoden der Textinterpretation in der empirischen mathematikdidaktischen Forschung. In H. Maier & J. Voigt (Hrsg.), *Verstehen und Verständigung* (IDM-Band 19). Köln: Aulis, 43-76.
- BERGOLD, J. & THOMAS S. (2010). Partizipative Forschung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS, 333-344.
- BIEKER, U. (2011). *Einführung eines Diagnoseinstruments und Entwicklung von Selbstlerneinheiten für das Fach Physik in der gymnasialen Oberstufe zur Nutzung in einem Selbstlernzentrum*. Nicht veröffentlichte 2. Staatsarbeit, Dortmund.
- BLAES, C., ANUS, S., KALLWEIT, I. NAEVE, S. & MELLE, I. (2012). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. *MNU Der Naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(5), 293-300.
- BÖHM, A. (2010). Theoretisches Codieren: Textanalyse in der Grounded Theory. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (8. Auflage). Reinbeck: Rowohlt, 475-485.
- BORTZ, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (3. Auflage). Berlin: Springer.
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Berlin: Springer.
- BORTZ, J. & LIENERT, G. A. (2008). *Kurzgefasste Statistik für klinische Forschung* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.
- BRELL, C. (2008). *Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht: Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*. Berlin: Logos.
- BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (2006). *SPSS 14: Einführung in die moderne Datenanalyse* (10. Auflage). München: Pearson Studium.
- BÜHNER, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Auflage). München: Pearson Education.

- BUSCH, H. B., DI FUCCIA, D.-S., FILMER, M., FRYE, S., HUßMANN, S., NEUGEBAUER, B., OTT, B., PUSCH, A., RIESE, K., SCHINDLER, M. & THEYßEN, H. (2013). Diagnose und individuelle Förderung erleben. In S. Hußmann & C. Selter (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung: Das Projekt dortMINT*. Münster: Waxmann, 27-96.
- CHI, M. T. H. (1997). Quantifying qualitative analysis of verbal data: a practical guide. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(3), 271-315.
- CRAMER, E. & WALCHER, S. (2010). Schulmathematik und Studierfähigkeit. *Mitteilungen der DMV*, 18(2), 110-114.
- DI FUCCIA, D.-S., THEYßEN, H. (2011). Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT, 149-151.
- DRAXLER, D. (2006). *Aufgabendesign und basismodellorientierter Physikunterricht*. Verfügbar unter <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=14098> [16.09.2013]
- DUIT, R. (2010). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis Einführung* (2. Auflage). Berlin: Springer, 605-630.
- DUIT, R., FISCHER H. E. & MÜLLER, W. (2002). Vielfalt und Anregung statt Routine: Der Physikunterricht braucht eine andere Aufgabenkultur. *Unterricht Physik*, 67, 4-7.
- DUVENBECK, A. & WALZER, M. (2013). Das MINT-Starter Vorstudienprogramm der Universität Duisburg-Essen: Blick auf die Physik“. Tagungsband „Exzellenzpunkt Lehre“ des AK Evaluation und QM Berliner und Brandenburger Hochschulen 2012.
- EINHAUS, E. (2007). *Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre: Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*. Berlin: Logos.
- ENGELHARDT, P. & BEICHNER, R. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72, 98-115.
- FLICK, U. (2008). *Triangulation: Eine Einführung* (2. Auflage). Wiesbaden: VS.
- FLICK, U. (2010). Triangulation in der qualitativen Forschung. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (8. Auflage). Reinbeck: Rowohlt, 309-318.
- FORSCHERGRUPPE KASSEL (2004). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Lernchancen*, 42, 2004, 38-43.
- FRACKMANN, M. & TÄRRE, M. (2009). *Lernen und Problemlösen in der beruflichen Bildung*. Bielefeld: Bertelsmann.
- FRIEGE, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos.
- GIANCOLI, D. C. (2010). *Physik: Lehr- und Übungsbuch* (3. Auflage). München: Pearson Studium.
- GIRWIDZ, R., KURZ, G. & KAUTZ, C. (2003). Zum Verständnis der newtonschen Mechanik bei Studienanfängern: der Test „Force Concept Inventory (FCI)“. In V. Nordmeier (Hrsg.), *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG - Augsburg 2003*. Berlin.
- GREHN, J. & KRAUSE, J. (1998). *Metzler Physik* (3. Auflage). Hannover: Schrödel.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R. & WALKER, J. (2007). *Halliday Physik: Bachelor Edition* (6. Auflage). Weinheim: Wiley-VCH.

- HATTIE, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement*. Oxford, UK: Routledge.
- HÄUßLER, P. (2010). Wie lässt sich der Lernerfolg messen? In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis Einführung* (2. Auflage). Berlin: Springer, 265-310.
- HÄUßLER, P. & LIND, G. (2000). „Aufgabenkultur“ - Was ist das? *Praxis der Naturwissenschaften - Physik*, 49(4), 2-10.
- HELFFERICH, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung Qualitativer Interviews* (4. Auflage). Wiesbaden: VS.
- HELMKE, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- HEPP, R. (2010). Gestufte Lernhilfen. Ein wichtiges Methoden-Werkzeug zur Differenzierung. In *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 21(117/118), 38-44.
- HERDT, D. (1990). *Einführung in die elementare Optik: Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs*. Essen: Westarp-Wissenschaften.
- HESTENES, D., & HALLOUN, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory: A Response to the Critique by Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.
- HESTENES, D., WELLS, M. & SWACKHAMER, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- HEUBLEIN, U., HUTZSCH, C., SCHREIBER, J., SOMMER, D. & BESUCH, G. (2009). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen (Projektbericht, 2010)*. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08, Hannover.
- HEUBLEIN, U., RICHTER, J., SCHMELZER, R. & SOMMER, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010*. HIS: Forum Hochschule Nr. F03/2012, Hannover.
- HUNDERTMARK, S. (2012). *Einblicke in kollaborative Lernprozesse: Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*. Berlin: Logos.
- HUßMANN, S., LEUDERS, T. & PREDIGER, S. (2007). Schülerleistungen verstehen: Diagnose im Alltag. In *Praxis der Mathematik in der Schule*, 49 (15), 1-8.
- HUßMANN, S., MELLE, I., SELTER, C. & THEYßEN, H. (2012). dortMINT: Diagnose und individuelle Förderung in der Lehrerbildung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Berlin: LIT, 431-433.
- HUßMANN, S. & SELTER C. (2013). Das Projekt dortMINT. In S. Hußmann & C. Selter (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung: Das Projekt dortMINT*. Münster: Waxmann, 15-25.
- INGENKAMP, K.-H. & LISSMANN, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (6. Auflage). Weinheim: Beltz.
- KELLE, U. & ERZBERGER, C. (2010). Qualitative und quantitative Methoden: kein Gegensatz. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (8. Auflage). Reinbeck: Rowohlt, 299-308.
- KELLE, U. & KLUGE, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung*. Wiesbaden: VS.

- KFP (2012). *Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik*. Verfügbar unter <http://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf> [19.09.2013]
- KIRCHER, E. (2010). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis Einführung* (2. Auflage). Berlin: Springer, 149-202.
- KLAUER, K. & LEUTNER, D. (2007). *Lehren und Lernen: Einführung in die Instruktionspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- KLIEMANN, S. (2008). Nachdenken über das eigene Lernen. In S. Kliemann (Hrsg.), *Diagnostizieren und Fördern in der Sekundarstufe I: Schülerkompetenzen erkennen, unterstützen und ausbauen*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 74-85.
- KMK (2004). Vereinbarung zu den Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf [16.09.2013]
- KOPPELT, J. & TIEMANN, R. (2010). Modellbasierte Analyse von Problemlöseprozessen im Chemieunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Jahrestagung in Dresden 2009*. Münster: LIT, 173-175.
- KRETSCHMANN, R. (2008). Individuelles Fördern: Von der Förderdiagnose zum Förderplan. *Schulmagazin 5 bis 10*, 4 2008, 5-8.
- KREY, O. & MIKELSKIS, H. F. (2009). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009*. Münster: LIT, 275-277.
- KUCKARTZ, U. (2010). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten* (3. Auflage). Wiesbaden: VS.
- KUNZE, I. (2010). Begründungen und Problembereiche individueller Förderung in der Schule: Vorüberlegungen zu einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 13-26.
- LABG-NRW (2012). *Gesetz über die Ausbildung für Lehrämter an öffentlichen Schulen (Lehrerausbildungsgesetz - LABG). Fassung 2009, Änderung vom 13.11.2012*. Verfügbar unter http://www.schulministerium.nrw.de/BP/Schulrecht/Lehrerausbildung/LABG__Fassung_12_05_2009.pdf [19.09.2013]
- LEISEN, J. (2001). Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. *MNU Der Naturwissenschaftliche Unterricht*, 54 (7), 401-405.
- LIENERT, G. & RAATZ, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6 Auflage). Weinheim: Beltz.
- LIND, G., FRIEGE, G., KLEINSCHMIDT, L. & SANDMANN, A. (2004). Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 29-49.
- LÜHE, F. (1995). *Gleichungen zur Physik: Formelsammlung und Anleitung zur Lösung physikalischer Rechenaufgaben*. Berlin: Verlag Technik.
- MAROHN, A. & SCHMIDT, H.-J. (2003). Mehrfachwahlaufgaben als Instrument zur Erforschung von Schülervorstellungen: zur Methodik der Entwicklung einer Mehrfachwahlaufgabe zum Aspekt „Stromfluss in wässrigen Lösungen“. *Chimica didacta*, 29 (91), 38-51.

- MATZDORF, R. (2012). Mehr Physikstudierende als je zuvor. *Physik Journal*, 11 (9), 29-33.
- MESCHEDÉ, D. (2006). *Gerthsen Physik* (23. Auflage). Berlin: Springer.
- MEYER, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* (2. Auflage). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- MÜLLER, R., WODZINSKI, R., & HOPF, M. (2011). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- PALLACK, A. (2008). Diagnostische Tests: alter Hut oder konkrete Utopie? In S. Kliemann (Hrsg.), *Diagnostizieren und Fördern in der Sekundarstufe I: Schülerkompetenzen erkennen, unterstützen und ausbauen*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 22-35.
- PARADIES, L., LINSER H. & GREVING J. (2011). *Diagnostizieren, Fordern und Fördern* (4. Auflage). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- PÓLYA, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton University Press.
- PRENZEL, M. & BURBA, D. (2006). PISA-Befunde zum Umgang mit Heterogenität. In G. Opp, T. Hellbrügge & L. Stevens (Hrsg.), *Kindern gerecht werden: Kontroverse Perspektiven auf Lernen in der Kindheit*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 23-33.
- PRZYBORSKI, A. & WOHLRAB-SAHR, M. (2010). Generalisierung. In A. Przyborski & M. Wohlrab-Sahr (Hrsg.), *Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch* (3. Auflage). München: Oldenbourg, 311-350.
- PUSCH, A. & THEYßEN, H. (2011). Umsetzung von Diagnose und individueller Förderung in der fachinhaltlichen Lehramtsausbildung Physik. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010*. Münster: LIT, 155-157.
- RAMBOW, R. & NÜCKLES, M. (2002). Der Einsatz des Lerntagebuchs in der Hochschullehre. *Das Hochschulwesen*, 50(3), 113-120.
- REIFF, R. (2006). Selbst- und Partnerdiagnose im Mathematikunterricht. *Friedrich Jahresheft Diagnostizieren und Fördern*, 68-73.
- REINHOLD, P., LIND, G. & FRIEGE, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 41-62.
- RENKL, A. (1997). *Lernen durch Lehren: Zentrale Wirkmechanismen beim kooperativen Lernen*. Wiesbaden: DUV.
- RENKL, A., GRUBER, H., WEBER, S., LERCHE, T. & SCHWEIZER, K. (2003). Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 93-101.
- RENKL, A., HILBERT, T., SCHWORM, S. & REISS, K. (2006). Sich Beispiele selbst zu erklären ist ein probates Mittel, Verständnis zu fördern: bei Schülern wie bei Lehrern. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Münster: Waxmann, 291-309.
- RENKL, A., SCHWORM, S. & HILBERT, T. S. (2004). Lernen aus Lösungsbeispielen: Eine effektive, aber kaum genutzte Möglichkeit, Unterricht zu gestalten. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Studien zur Verbesserung der Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung*. Münster: Waxmann, 77-92.
- RENKL, A., SCHWORM, S. & HOFER, V. R. (2001). Lernen mit Lösungsbeispielen. *Mathematik Lehren*, (109), 14-18.
- RHÖNECK, V. C. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 34 (13), 11-14.

- RIESE, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung: Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule PhyDid* 9, 25-33.
- RÖHMER, M. (2008). Checklisten und Lernüberblicke. *Mathematik Lehren*, 147, 52-53.
- ROST, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie: Testkonstruktion* (2. Auflage). Bern: Huber.
- SABALLUS, U. (2012). *Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund: eine Fallstudie*. Berlin: Logos.
- SAVINAINEN, A. & SCOTT, P. (2002). The Force Concept Inventory: a tool for monitoring student learning. *Physics Education*, 37 (1), 45-52.
- SHECKER, H. & GERDES, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 75-89.
- SHECKER, H., ZIEMER, T. & PAWLAK, E. (2006). *Abschlussbericht zur Projekt-Komponente I: Empirische Untersuchungen zu Studienverläufen, Studienprofilen und Studienqualität*. Universität Bremen FB1: Physik/Elektro- u. Informationstechnik.
- SCHMIDT, M. (2008). *Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I: Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*. Berlin: Logos.
- SCHREIBER, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz: Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*. Berlin: Logos.
- SchulG-NRW (2012). *Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen. Fassung 2005, Änderung vom 13.11.2012*. Verfügbar unter <http://www.schulministerium.nrw.de/BP/Schulrecht/Gesetze/Schulgesetz.pdf> [16.09.2013]
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review* Feb. 1987, 1-22.
- SOLZBACHER, C. (2010). Positionen von Lehrerinnen und Lehrern zur individuellen Förderung in der Sekundarstufe I: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, 27-42.
- STEINKE, I. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (8. Auflage). Reinbeck: Rowohlt, 319-331.
- STRATMANN, J., PREUSSLER, A. & KERRES, M. (2009). Lernerfolg und Kompetenz bewerten: Didaktische Potenziale von Portfolios in Lehr-/Lernkontext. *Medienpädagogik*, Sonderausgabe Nr. 18, 1-19.
- TIPLER, P. A. (1994). *Physik* (3. Auflage). Heidelberg: Spektrum.
- TU DORTMUND, Fakultät Physik (2010). *Modulhandbuch Bachelor Physik für Lehramt an Haupt- Real- und Gesamtschulen: Stand 06/2010*. Verfügbar unter http://www.didaktik.physik.tu-dortmund.de/studium/Physik_Modulhandbuch_HRGe_Ba_2010-08-31.pdf [19.09.2013]
- UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN, Fakultät Physik (2011). *Modulhandbuch der Universität Duisburg-Essen: Bachelor Physik, Bachelor LHRGe*. Verfügbar unter http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de/-backhaus/pdfs_fuer_Webseite/ModulhandbuchPhysik-BA-HRGe_2011-09-04_th.pdf [19.09.2013]

- WEINERT, F.-E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F.-E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion: Enzyklopädie der Psychologie, D, Serie Pädagogische Psychologie*, Bd. 2., 1-48.
- WEINERT, F.-E. (2001). *Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit*. Weinheim 2001.
- WIESNER, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 13, 25-29.
- WIESNER, H. (1992). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 14, 16-18.
- WILD, E. & MÖLLER, J. (2009). *Pädagogische Psychologie*. Heidelberg: Springer.
- WILHELM, T. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern - Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule PhyDid 2/4*, 47-56.
- WIRTZ, M. & CASPAR, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- WODZINSKI, R. (2007). Varianten. Aufgaben für Differenzierung umarbeiten. *Unterricht Physik*, 18 (99/100), 16-21.
- WODZINSKI, R. (2013). Lernen mit gestuften Hilfen. *Physik Journal*, 12, 45-49.
- YIN, R. K. (2003). *Case Study Research*. Thousand Oaks: Sage.
- ZANDER, S. (2011). Fachwissenstest Mechanik: Sekundarstufe I. In H. E. Fischer (Hrsg.), *Instrumente fachdidaktischer Unterrichtsforschung Band I*. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- ZYSNO, P. V. (1997). Die Modifikation des Phi-Koeffizienten zur Aufhebung seiner Randverteilungsabhängigkeit. *Methods of Psychological Research Online 1997*, Vol. 2, No 1. Verfügbar unter <http://www.dgps.de/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue2/art4/zysno.pdf> [05.03.2014]

Online Angaben

- LEIFlphysik*. Verfügbar unter <http://www.leiflphysik.de> [19.09.2013]
- SCHECKER, H. (o.J.) *Aufgaben zu Schülervorstellungen in Optik*. Verfügbar unter http://www.idn.uni-bremen.de/schuelervorstellungen/material/Test_Optik.doc [19.09.2013]
- TIMMS (1997). TIMSS 1995 Assessment. TIMSS Mathematics and Science Items for the Final Year of Secondary School. Released Item set for Population 3. Copyright © 1997 International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
Verfügbar unter http://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/C_items.pdf [19.09.2013]
- TIMMS (2001). TIMSS 1999 Assessment. TIMSS 1999 Released Item Sets. Science Items. Copyright © 2001 International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
Verfügbar unter http://timssandpirls.bc.edu/timss1999i/pdf/t99science_items.pdf [19.09.2013]

Anhang


A DiF-Instrumente

A.1 Kurzbeschreibungen

Tabelle A.1 DiF-Instrumente und ihre Kurzbeschreibung. Grau hinterlegte Instrumente wurden im Rahmen des Projektes dortMINT evaluiert und kommen daher vereinzelt in den Fragebögen und Interviewleitfäden vor. Sie werden aber im Rahmen der Forschungsarbeit nicht weiter aufgegriffen oder dargestellt.

| Instrumente | Kapitel | Kurzbeschreibung |
|-----------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diagnosecheckliste | 11 | Die Diagnosecheckliste dient der prozessbegleitenden Selbsteinschätzung der Fähigkeiten der Studierenden bei der Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben. Sie kann außerdem von den Studierenden als strukturierter Leitfaden für die Bearbeitung physikalischer Rechenaufgaben und zur gezielten Anforderung von Förderung zu einzelnen Bearbeitungsschritten genutzt werden. Lehrenden kann die Selbstdiagnose der Studierenden als Ergänzung oder Ersatz der eigenen Diagnose anhand der Übungsabgaben dienen. |
| Selbstlern-einheiten | 12 | Die Selbstlerneinheiten bestehen aus zusätzlichen Übungsaufgaben und ausführlichen kommentierten Lösungen. Sie sind ein von den Studierenden vor allem im Rahmen der Klausurvorbereitung verwendetes Förderinstrument. Die kommentierten Lösungen sind anhand der Schritte des Bearbeitungsschemas physikalischer Rechenaufgaben gegliedert. Bei Schwierigkeiten können aus den kommentierten Lösungen gezielt Hilfestellungen (bspw. beim Ansatz oder auch in Form von Bearbeitungsstrategien) entnommen werden. |
| Erstellung kommentierter Lösungen durch Studierende | 13 | Studierende erstellen anhand der durch das Bearbeitungsschema vorgegebenen Schritte kommentierte Lösungen zu physikalischen Rechenaufgaben. Diese Kommentierungen können für eine Individualdiagnostik durch die Lehrenden verwendet werden. Durch gezielte Hinweise zu den einzelnen Schritten der Aufgabenbearbeitung können Studierende in Überarbeitungsschleifen eine individuelle Förderung erhalten. Die Erstellung der kommentierten Lösung ist für die Studierenden sehr zeitaufwendig, aber mit einem vor allem aufgabenbezogenen Nutzen verbunden. Die Vorgabe der zu kommentierenden Schritte des Bearbeitungsschemas ermöglicht es den Studierenden, eine Bearbeitungsstrategie für physikalische Rechenaufgaben anzuwenden und zu verinnerlichen. |
| Diagnostische Tests und Förderangebote | 14 | Diagnostische Tests werden zur Diagnose des Vorwissens und von Fehlkonzepten in den Bereichen Mathematik, Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik verwendet. Anhand der Individualdiagnostik werden individuell Förderangebote zugewiesen. Die Förderangebote können aus selbstständig zu bearbeitenden <i>Fördermaterialien</i> (Selbstlernmaterialien, gemeinsamen <i>Förderterminen</i> (Präsenzveranstaltungen) oder einer Kombination aus beiden bestehen. |
| Concept Maps | - | Concept Maps dienen der Strukturierung und Vernetzung von Fachwissen in abgegrenzten Themenbereichen der Vorlesung. Sie wurden als gemeinsame Maßnahme des Projekts dortMINT im Sommersemester 2010 in der DiF-Übung eingesetzt und beforscht. |
| Lerntagebücher | - | Lerntagebücher dienen der Reflexion des eigenen Lernverhaltens (z.B. Zeiteinsatz) und des individuell empfundenen Nutzens verschiedener Lerngelegenheiten. Das im Wintersemester 2010/2011 in der DiF-Übung eingesetzte Lerntagebuch wurde zur Erhöhung der Praktikabilität stark vorstrukturiert. |
| Diagnose-rückmeldung zur Übungszettelbearbeitung | - | Die Diagnoserückmeldung liefert den Studierenden eine standardisierte Rückmeldung zur wöchentlichen Übungszettelbearbeitung und enthält neben der Auflistung einiger ausgewählter Fehlertypen sowie einer detaillierten Diagnose der mathematischen Fehler gegebenenfalls auch Förderempfehlungen und weitere Hinweise. |

A.2 Diagnosecheckliste



Diagnosecheckliste
für Übungsaufgaben mit Formeln und Rechnungen
© Pusch / Theyßen 2011

| | | | | |
|----------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Name: _____ Datum: _____ Aufgabe: _____ _____ | | Das konnte ich Dabei hatte ich Schwierigkeiten | Freie Beschreibung der Schwierigkeiten (was genau machte Schwierigkeiten?) | Dafür möchte ich Förderung |
|----------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|

| 1 Aufgabenstellung lesen und verstehen | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| Textverständnis & Darstellungsverständnis Verstehe ich die den Aufgabentext? Verstehe ich die Skizze oder die Tabelle? Verstehe ich die beschriebene phys. Situation und die Fragestellung? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 2 Aufgabenstellung analysieren | | | | |
| 2a Einordnen der Aufgabe in ein Themengebiet Kann ich die Aufgabe in ein Themengebiet einordnen, z.B. Mechanik, gleichförmige Bewegungen? Kenne ich ein analoges Problem? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 2b Herausfinden und Aufschreiben von Gegeben und Gesucht Kann ich herausfinden und aufschreiben, welche physikalische Größen gegeben und gesucht sind? Beispiel: $v_0 = 4 \text{ m/s}$, $s = 10 \text{ m}$, $t = ?$, Ist $U_{\text{Verbraucher}}$ oder U_{Leitung} gesucht? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 3 Problemstellung der Aufgabe bearbeiten | | | | |
| 3a Ansätze & Ideen zur Lösung der Aufgabe finden Kann ich einen Ansatz zur Lösung der Aufgabe finden, z.B. das Aufstellen eines Kräftegleichgewichtes? Habe ich eine Idee wie ich die Aufgabe in Teilprobleme zerlegen kann? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 3b Eigene Skizze / Zeichnerische Lösung erstellen Kann ich eine eigene Skizze oder eine zeichnerische Lösung erstellen? Beispiel: bei einer Skizze alle auf den Körper wirkenden Kräfte einzeichnen, Konstruktion an der Sammellinse etc. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 3c Herausfinden der benötigten Formel Kann ich eine passende Formel zur Bearbeitung der Aufgabe auswählen? (passend zu den gegebenen und gesuchten Größen, Gültigkeitsbereich der Formel beachten) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 3d Rechnungen: Gleichungen aufstellen, Umformen und Auflösen Gleichsetzen, nach gesuchter Größe umformen, Ableiten etc. (möglichst lange mit Variablen arbeiten, ohne konkrete Zahlen einzusetzen) Einsetzen von Zahlenwerten und Ausrechnen Umrechnen der Zahlenwerte, Einsetzen, Ausrechnen mit nachvollziehbarem Lösungsweg (Einheiten mitführen) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 4 Abschätzung der Richtigkeit des Ergebnisses | | | | |
| Vergleichen der Fragestellung mit dem Ergebnis Passt mein Ergebnis zur Fragestellung? Habe ich die Frage damit beantwortet? Abschätzen der Größenordnung Stimmt die Größenordnung des Ergebnisses mit meiner Erwartung (sofern vorhanden) überein? Bsp.: Ergebniserwartung im Bereich 10^{-4} N oder 10^{32} N ? Kontrolle der Einheiten Hat mein Ergebnis die richtige Einheit? Plausibilitätsbetrachtung Erscheint das Ergebnis plausibel? Wurde z.B. eine größere Stromstärke ein größeres Magnetfeld erzeugen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |

- Die Diagnosecheckliste dient zur wöchentlichen Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten und Schwierigkeiten beim Bearbeiten von Übungsaufgaben.
- Übungsaufgaben mit Formeln und Rechnungen sind besonders geeignet für das Schema der Diagnosecheckliste.
- Durch eine ehrliche und reflektierte Selbsteinschätzung können die aufgetretenen individuellen Schwierigkeiten beim Bearbeiten einer Übungsaufgabe lokalisiert und gezielt beschrieben werden.
- Sie können ausgehend von Ihrer Selbstdiagnose **frühzeitig** individuelle Förderangebote / Hilfen bei Ihrem Tutor anfordern. Zur Anforderung von individuellen Förderung geben Sie eine ausgefüllte Diagnosecheckliste samt Ihrer Aufgabenbearbeitung (korrigiert o. unkorrigiert, Original o. als Kopie) beim Tutor ab.
- Das Einschätzen von (eigenen) Fähigkeiten und Schwierigkeiten ist eine wichtige Kompetenz, die Sie vor allem im Hinblick auf Ihre spätere Lehrtätigkeit bereits im Studium trainieren und optimieren sollten.
- Die Diagnosecheckliste kann außerdem als Strukturierungshilfe für die eigene Aufgabenbearbeitung verwendet werden.

A.3 Selbstlerneinheiten

A.3.1 Themen und Inhalte

Tabelle A.3.1 Themenbereiche und Inhaltsschwerpunkte der entwickelten Selbstlerneinheiten.
Bei Interesse an den Selbstlerneinheiten wenden Sie sich bitte an den Autor
(alexander.pusch@tu-dortmund.de).

| Semester | Themenbereich | # | Titel | Inhalte | |
|----------|--------------------|------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| WS | Mechanik | 1 | Durchschnittsgeschwindigkeit | Durchschnittsgeschwindigkeit, gleichförmige Bewegungen | |
| | | 2 | Schiefer Wurf | Beschleunigte Bewegungen, Geschwindigkeitsvektor, Ortskurve, Ortsvektor, schiefer Wurf, Wurfweite | |
| | | 3 | Mondlandung | Beschleunigte Bewegung, kinetische Energie, potentielle Energie, senkrechter Wurf | |
| | | 4 | Beutejagd von Schützenfischen | gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Ortskurve, schiefer Wurf | |
| | | 5 | Reibung | Haftkraft, Zentripetalkraft, Kreisbewegungen, Kräftezerlegung | |
| | | 7 | Gyroskop | Energieumwandlung, Rotationsenergie, kinetische Energie, Reibungskraft | |
| | | Wärmelehre | 6 | Wärmekapazität | Energieerhaltung, Bilanzgleichung, spezifische Wärmekapazität |
| SS | Elektrizitätslehre | 1 | Das Coulombsche Gesetz | Superposition, Vektorrechnung | |
| | | 2 | Elektrische Ladung | Kräftegleichgewicht, Coulombkraft, Gewichtskraft | |
| | | 3 | Coulombkraft | Verhältnis berechnen | |
| | | 5 | Schwingkreis | Beschreibung, DGL $I(t)$, $Q(t)$ aufstellen und lösen | |
| | | 6 | Teilchen in Feldern | Massenspektrometer, E-Feld, B-Feld, Lorentzkraft, Kreisbewegung | |
| | | 7 | Sonne | Poyntingvektor, Intensität (Betrag) von S, Leistung einer E-M-Welle, Strahlungsdruck | |
| | | 9 | Selbstinduktion | Induzierte Spannung, Diskussion der Induktivität einer Spule | |
| | | 10 | Induktion mit veränderlichem B-Feld | Aufstellen der Funktion $B(t)$, induzierte Spannung | |
| | | 11 | Ersatzwiderstand einer Schaltung | Ersatzwiderstände, Leistungsaufnahme, Schaltskizze | |
| | | 12 | Ampere'sches Gesetz | Berechnung B-Feld, stromdurchflossener Leiter, Toroid | |
| | | 13 | Teilstromstärke und Teilspannungen | Berechnung von Teilstromstärken und Teilspannungen. | |
| | | Optik | 8 | Linsen | Konstruktion & Berechnung des Bildes an zwei Sammellinsen |
| | | Sonstiges | 4 | Myonen | Relativistische Rechnungen, Lorentzfaktor, Bezugssysteme |

A.3.2 Selbstlerneinheit Ersatzwiderstand von Stromkreisen

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“ - Seite 1/5

Aufgabe

Gegeben ist eine Schaltung aus 4 Ohm'schen Widerständen zu je $10\ \Omega$. Zwei davon sind parallel geschaltet. Die restlichen beiden Widerstände sind hinter dieser Parallelschaltung in Reihe geschaltet. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand (Gesamtwiderstand) der Schaltung und geben sie die Leistungsaufnahme beim Betrieb mit einer Konstantspannungsquelle mit gegebener Spannung $U=1.5V$ an. Erstellen Sie eine Skizze von der beschriebenen Schaltung.

Lösung

Thematische Einordnung:

Die Inhalte der Aufgabe (Ohm'scher Widerstand, Ersatzwiderstand (Gesamtwiderstand), Leistung) gehören zum Themengebiet E-Lehre.

Gegeben:

4 Ohm'sche Widerstände zu je $10\ \Omega$: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10\ \Omega$

Hinweis: Jedem Widerstand wird das Formelzeichen R (für engl. Resistor) sowie ein Index (1-4) zugeordnet.

Schaltungsinformationen in schriftlicher Form: „Zwei [Widerstände] davon sind parallel geschaltet. Die restlichen beiden Widerstände sind hinter dieser Parallelschaltung in Reihe geschaltet.“

Konstantspannungsquelle mit $U_{\text{ges}}=1.5V$

Gesucht:

Ersatzwiderstand (Gesamtwiderstand) der Schaltung: $R_{\text{ges}}=?$

Man kann Schaltungen durch Ersatzwiderstände vereinfacht beschreiben. Der Ersatzwiderstand für zwei Widerstände wird so groß gewählt, dass er auf den gesamten Stromkreis die gleiche Wirkung hat, wie die beiden einzelnen Widerstände zusammen. Analog kann man auch für drei oder mehr Widerstände den Ersatzwiderstand berechnen. Den Ersatzwiderstand für alle Widerstände einer Schaltung, nennt man auch Gesamtwiderstand.

Leistungsaufnahme der Schaltung: $P=?$

Leistungsaufnahme bedeutet, welche elektrische Leistung der Stromkreis aus der Spannungsquelle aufnimmt.

Skizze der beschriebenen Schaltung.

Ideen zur Lösung der Aufgabe

Zunächst gilt es zu überlegen, was man sinnvollerweise zuerst bearbeitet. Die Erstellung der Skizze ziehen wir bei der Bearbeitung dieser Aufgabe vor. Eine Skizze liefert uns oftmals einen besseren Überblick über die beschriebene physikalische Situation und visualisiert bei dieser Aufgabe Informationen über den Aufbau der Schaltung. Mit Hilfe der Skizze können wir die Bauteile eindeutig benennen und zuordnen. Wir gliedern unser weiteres Vorgehen in

- Erstellen einer Skizze
- Bestimmung des Gesamtwiderstands und
- Berechnung der Leistungsaufnahme.

Bei der Skizze setzen wir zunächst die in der Aufgabenstellung beschriebene Schaltung um, hierbei sind mehrere Lösungen möglich.

Um den Gesamtwiderstand zu bestimmen, wird die Schaltung schrittweise vereinfacht, und die Widerstände werden zusammengefasst. Hierfür sind die Gesetzmäßigkeiten für das Verhalten von Widerständen in Parallel- und Reihenschaltungen zu benutzen.

Für die Berechnung der Leistungsaufnahme benötigen wir den vorher berechneten Gesamtwiderstand der Schaltung sowie eine Information entweder über die Gesamtspannung oder über die Gesamtstromstärke. Die Spannung ist in unserem Fall gegeben.

Skizze für Aufgabenteil a)

Zunächst setzen wir die im Aufgabentext beschriebene Situation der Widerstände in der Skizze um und tragen die Indizes ein. Die Indizes sind nun eindeutig für den Rest der Aufgabe zugeordnet. Hätten wir unterschiedliche Widerstände in dieser Aufgabe, würden die Indizes bereits unter „Gegeben“ eindeutig zugeordnet. Wir beginnen zunächst mit der Parallelschaltung zweier Widerstände (Abbildung 1) und erweitern diese im nächsten Schritt mit einer Reihenschaltung zweier weiterer Widerstände (Abbildung 2).

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“ - Seite 2/5

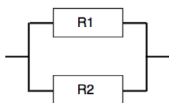


Abbildung 1: zwei Widerstände in werden parallel geschaltet.

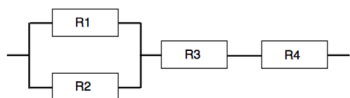


Abbildung 2: zwei Widerstände in werden zu der Parallelschaltung in Reihe geschaltet.

Dem Aufgabentext ist nicht zu entnehmen ob die Reihenschaltung vor oder nach der Parallelschaltung zu zeichnen ist. Dieses ist aber physikalisch gesehen egal. Es gibt bei Schaltungsskizzen oft mehrere mögliche „Lösungen“ die physikalisch identisch sind, in diesem Fall gibt es übrigens drei.

Als nächstes wird eine Konstantspannungsquelle eingezeichnet und der Stromkreis geschlossen.

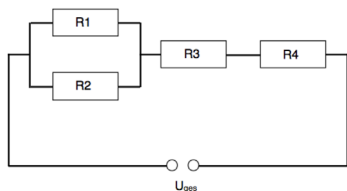


Abbildung 3: eine Spannungsquelle wird eingetragen und der Stromkreis geschlossen.

Exkurs: Es gibt mehrere Möglichkeiten um eine Spannungsquelle einzuzichnen (Abbildung 4). Das erste Schaltzeichen stellt eine Gleichspannungsquelle mit Angabe der Polung dar. Die Polung ist durch das (-) und (+) Zeichen sowie durch die Länge der Striche dargestellt. Merkregel: der längere Strich ist doppelt so lang wie der kürzere Strich, da das Pluszeichen sich aus zwei Minuszeichen zusammensetzt. Das zweite Schaltzeichen symbolisiert durch die zwei geschwungenen Linien eine Wechselspannungsquelle. Es könnte auch durch zwei gerade Linien eine Gleichspannungsquelle darstellen. Das dritte Schaltzeichen stellt in diesem Beispiel eine 5V Gleichspannung zwischen den beiden Anschlussstellen dar. Wie bei der dritten Spannungsquelle kann bei den ersten beiden Darstellungsarten ebenfalls der Betrag der Spannung angegeben werden.



Abbildung 4: Exkurs zu verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Spannungsquellen.

Lösung der Teilaufgaben b) und c):

Formeln und Naturkonstanten:

Für die Lösung der Aufgabe werden folgende Formeln der E-Lehre benötigt:

Für Reihenschaltungen von Widerständen gilt:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Für Parallelschaltungen von Widerständen gilt:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Verhältnis von Widerstand R, Spannung U und Stromstärke I:

$$U = R \cdot I \quad \text{Einheit Ohm } [\Omega]$$

Elektrische Leistung P

$$P = U \cdot I \quad \text{Einheit Watt } [W]$$

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“ - Seite 3/5

Rechnung für Aufgabenteil b)

In der Regel beginnt man bei der Berechnung von Ersatzwiderständen, indem man die Schaltung schrittweise vereinfacht und die innersten Maschen zusammenfasst. Wir fassen also zunächst die Masche mit der Parallelschaltung der Widerstände R_1 und R_2 zu einem Ersatzwiderstand zusammen. Wir wenden hierzu die Gesetzmäßigkeit für die Parallelschaltung von Widerständen an:

$$[1] \quad \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Als Indizes für den Ersatzwiderstand wählen wir eine Kombination der Indizes der beiden zusammengefassten Widerstände. Diese Bezeichnung hilft, sich bei komplizierteren Schaltungen zurechtfinden. Man kann auch eine neue Skizze mit dem Ersatzwiderstand erstellen (Abbildung 6).

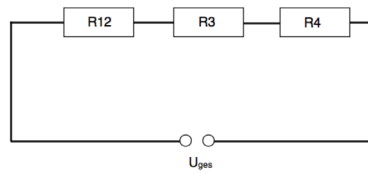


Abbildung 6: Neue Skizze mit Ersatzwiderstand R_{12} . Es liegt nun eine reine Reihenschaltung vor. (Durch jedes Bauteil der Reihenschaltung fließt nun der Strom I_{ges} .)

$$[2] \quad \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} = \frac{2}{10 \Omega} = \frac{1}{5 \Omega}$$

Achtung! Rechenregeln für die Addition von Brüchen beachten. Die Zähler addieren sich bei gleichen Nennern, die Nenner addieren sich nicht! Bei ungleichen Nennern müssen diese entsprechend erweitert werden, bevor die Zähler addiert werden können. Der Kehrwert ergibt den Ersatzwiderstand R_{12} .

$$[3] \quad R_{12} = 5 \Omega$$

Es liegt nun eine veränderte Situation in der Schaltung vor: der Ersatzwiderstand R_{12} sowie R_3 und R_4 sind in Reihe geschaltet. Wir wenden die Gesetzmäßigkeit für die Reihenschaltung von Widerständen an:

$$[4] \quad R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Wir setzen ein

$$[5] \quad R_{1234} = R_{12} + R_3 + R_4 = 5 \Omega + 10 \Omega + 10 \Omega = 25 \Omega = R_{ges}$$

Der Ersatzwiderstand kann eingezeichnet werden (Abbildung 7).

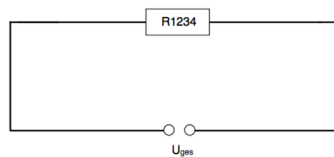


Abbildung 7: Neue Skizze mit Ersatzwiderstand R_{1234} .

Antwort für Aufgabenteil b)

Der Ersatzwiderstand der gesamten Schaltung beträgt $R_{ges} = 25 \Omega$

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“ - Seite 4/5

Alternatives Vorgehen für Aufgabenteil b)

Man hätte auch zunächst R_3 und R_4 zu R_{34} zusammenfassen können, danach R_1 und R_2 zu R_{12} und danach R_{12} und R_{34} zu R_{ges} . Dies wäre aber ein weiterer Rechenschritt. In der Regel „fährt“ man meist gut damit zunächst die inneren Maschen zusammen zu fassen.

Rechnung für Aufgabenteil c)

Um die Leistungsaufnahme der Schaltung zu bestimmen, verwenden wir den allgemeinen Formelzusammenhang für die Leistung:

$$[6] \quad P = U \cdot I$$

Wir gehen von einer Konstantspannungsquelle aus (in der Praxis wäre es z.B. näherungsweise eine Batterie) und stellen die Beziehung $U = R \cdot I$ nach der Stromstärke I um:

$$[7] \quad I = \frac{U}{R}$$

Wir setzen Gleichung [7] in [6] ein:

$$[8] \quad P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

In unserem Fall möchten wir die gesamte Leistungsaufnahme der Schaltung bestimmen. Wir müssen daher den Gesamtwiderstand (also den weiter oben berechneten Ersatzwiderstand) sowie die Gesamtspannung verwenden. Wir setzen daher den Gesamtwiderstand R_{ges} sowie U_{ges} die gesamte aufgenommene (bzw. von der Spannungsquelle abgegebene) Spannung ein:

$$[9] \quad P = \frac{U_{ges}^2}{R_{ges}}$$

R_{ges} haben wir bereits zuvor berechnet, U_{ges} ist gegeben. Wir setzen daher [5] sowie $U_{ges} = 1.5V$ ein:

$$[10] \quad P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R_{ges}} = \frac{(3V)^2}{25\Omega} = 0,36 \frac{V^2}{\Omega} = 0,36 W$$

Antwort für Aufgabenteil c)

Die Schaltung besitzt eine Leistungsaufnahme von $P = 0,36 W$

Abschätzen der Richtigkeit des Ergebnisses

Um die Richtigkeit des Ergebnisses abzuschätzen können meist verschiedene Vorgehensweisen angewendet werden.

Für Aufgabenteil b) wenden wir eine Argumentation mit Hilfe zweier Merkgelien an:

„Bei Parallelschaltungen ist der Ersatzwiderstand immer kleiner als der kleinste Wert der zusammengefassten Widerstände.“

In unserem Fall ist $R_{12} = 5 \Omega$ und damit kleiner als R_1 bzw. R_2 mit je 10Ω .

„In Reihenschaltungen ist der der Ersatzwiderstand stets größer ist als der größte Einzelwiderstand.“

In unserem Fall ist $R_{1234} = 25 \Omega$ und damit größer als R_2 bzw. R_3 (je $= 10 \Omega$) oder R_{12} (5Ω). Das Ergebnis scheint plausibel

Bei Aufgabenteil c) wenden wir exemplarisch die Einheitenkontrolle an:

Die Leistung hat die Einheit Watt oder auch V^2 pro Ohm. Wir kontrollieren [9] in dem wir dort Einheiten einsetzen und stellen fest, dass sich die benötigten Einheiten ergeben: $[W] = \left[\frac{V^2}{\Omega}\right]$. Die Formel scheint daher richtig zu sein.

*Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Ersatzwiderstand von Stromkreisen“ - Seite 5/5***Weitere Übungsaufgaben:**

Auf diese Aufgabe aufbauend ist eine Kommentierte Lösung zur Berechnung der jeweiligen (Teil-)Stromstärken und (Teil-)Spannungen vorhanden.

Zum Thema Zusammenfassung von Schaltungen und der Berechnung von Ersatzwiderständen können außerdem weitere Übungsaufgaben und Lösungen angefordert werden.

Exkurs zur Reihen- und Parallelschaltung von Spannungsquellen

Zusammen mit dem Ohm'schen Gesetz lassen sich daraus z.B. die Gesetzmäßigkeiten für das Verhalten von parallel oder in Reihe geschalteter Spannungsquellen ableiten:

Für Reihenschaltungen von (identischen) Spannungsquellen gilt: $U_{ges} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
Praktische Anwendung bspw. zur Erzeugung größerer Spannungen in Taschenlampen

Für Parallelschaltung von (identischen) Spannungsquellen gilt: $U_{ges} = U_1 = U_2 = U_n$
Praktische Anwendung bspw. zur Ermöglichung größerer Ströme für Motor bei ferngesteuertem Auto

Gut zu Wissen: Die Linearität (d.h. das geradlinige Ansteigen) zwischen Spannung und Stromstärke gilt nur für Ohm'sche Widerstände. Bei manchen Bauteilen wie bspw. einer Glühlampe ist der Widerstand von der Temperatur abhängig. Verändert man hier die Spannung U wird gleichzeitig auch der Widerstand beeinflusst, da dieser von dem fließenden Stromstärke abhängt. Die Glühlampe ist ein Kaltleiter. D.h. bei niedrigen Temperaturen fließt aufgrund der geringen Temperatur und dadurch zunächst geringem Widerstand eine hohe Stromstärke. Durch die hohe Stromstärke erhitzt sich die Glühlampe und ihr Widerstand steigt.

A.3.3 Selbstlerneinheit Selbstinduktion

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Selbstinduktion“ - S. 1/4

Aufgabe

Sie möchten Ihre Schüler beeindrucken und für ein Experiment mit Funkenüberschlag eine möglichst große Spannung in einer Spule induzieren. Sie wissen, dass Sie dafür ein möglichst großes Magnetfeld in der Spule entstehen lassen müssen, welches durch Ausschalten des Stromes möglichst schnell in sich zusammenfallen muss.

- Überlegen Sie zunächst welche Spule Sie hierfür aus der Sammlung nehmen: Eine Spule mit vielen Windungen oder mit wenig Windungen? Eine möglichst lange oder möglichst kurze Spule? Eine Spule mit möglichst großer oder möglichst kleiner Querschnittsfläche?
- Sie haben sich für folgende Spule entschieden: Länge $l=10\text{cm}$, Windungen $N=5000$, Radius $r = 4\text{cm}$. Sie legen einen Strom von 1A an, das Magnetfeld baut sich auf. Durch eine Schaltung wird der Strom innerhalb von 1ms von 1A auf 0A ausgeschaltet. Wie groß ist die induzierte Spannung?

Lösung Teilaufgabe a)

Thematische Einordnung:

Die Inhalte der Aufgabe (Spule, Selbstinduktion) gehören zum Themengebiet Elektrodynamik, genauer Induktion bei Spulen.

Gesucht:

Dimensionierung der Spulenparameter, die die induzierte Spannung möglichst groß werden lassen. Die zu diskutierenden Spulenparameter sind: Windungszahl N , Länge der Spule l und Querschnittsfläche A der Spule.

Ideen zur Lösung der Aufgabe:

Es soll zunächst eine geeignete Spule ausgewählt werden, die durch ihre Parameter die induzierte Spannung möglichst groß werden lässt. Es muss für die drei möglichen Parameter (Windungszahl, Länge, Querschnittsfläche) jeweils untersucht werden, wie sie die induzierte Spannung beeinflussen. Hierzu schauen wir uns die Gesetzmäßigkeit für die induzierte Spannung an, diese muss zunächst durch eine Formel ausgedrückt werden. Wir wenden hierzu ein deduktives Vorgehen an, in dem die Formeln für induzierte Spannung und Induktivität einer Spule kombiniert werden.

Formeln und Naturkonstanten:

Für die Lösung der Aufgabe werden folgende Formeln benötigt:

Induzierte Spannung U_{ind} in Spule:
$$U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{\partial I(t)}{\partial t} \quad \text{Einheit: Volt [U]}$$

Die Formel besagt, dass die zeitliche Änderung $\left(\frac{\partial}{\partial t}\right)$ des Stromes multipliziert mit der Induktivität L der Spule die negative induzierte Spannung ergibt (U). Diese Spannung ist entgegen ihrer Erzeugung gerichtet, daher das Minuszeichen (s. auch Lenz'sche Regel). Um eine Spannung zu induzieren muss sich der Strom durch die Spule zeitlich ändern, das wird durch die Schreibweise $I(t)$ symbolisiert.

Induktivität L :
$$L = \mu_0 \cdot \frac{A \cdot N^2}{l} \quad \text{Einheit: Henry [H]}$$

Die Induktivität ist eine Kennzahl einer Spule. A ist die Querschnittsfläche der Spule, N die Windungszahl, l die Länge der Spule, μ_0 ist die konstante Permeabilität des Vakuums.

Lösung:

Wir schauen zunächst von welchen Größen die induzierte Spannung abhängt:

$$[1] \quad U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{\partial I(t)}{\partial t}$$

Wir sehen, dass die induzierte Spannung von der Änderungsrate des Stromes sowie von der Induktivität der Spule abhängt. In der Induktivität sind die geometrischen Eigenschaften und Materialeigenschaften der Spule zusammengefasst. Wir betrachten daher die Induktivität L genauer:

$$[2] \quad L = \mu_0 \cdot \frac{A \cdot N^2}{l}$$

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Selbstinduktion“ - S.2/4

Durch eine Analyse der Formel können wir die Frage beantworten, wie die einzelnen Kenngrößen der Spule die induzierte Spannung U_{ind} beeinflussen. Wir gehen dafür die Kenngrößen nacheinander durch:

1. Die Querschnittsfläche A steht im Zähler, d.h. je größer die Querschnittsfläche, desto, größer die induzierte Spannung.
2. Die Windungszahl N steht ebenfalls im Zähler und geht in die Gleichung sogar quadratisch ein. Stünde man vor der Wahl eine Spule mit doppelter Querschnittsfläche oder doppelter Windungszahl zu wählen, sollte man für eine maximale induzierte Spannung der Spule mit der doppelten Windungszahl den Vorzug geben.
3. Die Länge l der Spule steht im Zähler, d.h. eine größere Länge verringert die induzierte Spannung.
4. Eine Veränderung der Permeabilität μ bspw. durch Verwendung eines paramagnetischen (z.B. Aluminium) oder gar ferromagnetischen Spulenkerns (Eisen, Kobalt etc.) würde ebenfalls die mögliche induzierte Spannung vergrößern.

Antwort:

Um eine möglichst große Spannung induzieren zu können, sollte die Spule möglichst viele Windungen sowie eine möglichst große Querschnittsfläche bei gleichzeitig möglichst geringer Länge aufweisen.

Abschätzen der Richtigkeit des Ergebnisses

Zur Abschätzung der Richtigkeit rufen wir uns in Erinnerung, wovon die induzierte Spannung abhängt: von der Änderungsrate des magnetischen Flusses: $U_{\text{ind}} = - \frac{\partial \Phi_m(t)}{\partial t}$

Die Änderungsrate wird u.a. davon beeinflusst, wie groß die Änderungsrate des magnetischen Feldes ist. Je größer das Feld ist, bevor es auf 0 geht, desto größer ist auch dessen Änderungsrate. Da B-Felder von der Windungszahl positiv beeinflusst werden (sie werden öfter von Ladungen „umschlossen“), ist dieser Einfluss plausibel. Ebenso wirkt sich eine größere Fläche positiv aus. Verteilt man die Windungen auf eine größere Länge der Spule wird das Magnetfeld schwächer.

Lösung Teilaufgabe b)

Thematische Einordnung:

siehe a)

Gegeben:

| | |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Runde Spule: | Windungszahl $N=5000$ |
| | Radius $r=4\text{cm}$ |
| | Länge $l=10\text{cm}$ |
| Strom durch Spule: | $I=1\text{A}$ |
| Änderungsrate des Stromes: | von $I=1\text{A}$ auf $I=0\text{A}$ innerhalb von $t=1\text{ms}$ |

Gesucht:

In der Spule induzierte Spannung U : $U_{\text{ind}}=?$

Ideen zur Lösung der Aufgabe:

Wir wenden bei dieser Aufgabe ein deduktives Vorgehen an. Das bedeutet, wir schauen zunächst, was wir berechnen sollen und wie die Formel dafür lautet. In unserem Fall soll die induzierte Spannung berechnet werden und wir verwenden dafür die Formel für induzierte Spannung aus Aufgabenteil a). Von dieser Formel ausgehend, arbeiten wir uns Schritt für Schritt weiter, in dem wir schauen, welche Größen der Formel wir bereits haben und welche noch fehlen. Fehlende bzw. unbekannte Größen drücken wir durch weitere Formeln aus, die wir dann entsprechend einsetzen. Dieses Vorgehen wurde bei Aufgabenteil a) bereits durchgeführt

Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Selbstinduktion“ - S.3/4

und wird nun weitergeführt. Da wir als unbekannte Größe nun auch die Fläche berücksichtigen müssen, wird hierfür eine geeignete Formel benötigt.

Formeln und Naturkonstanten:

Siehe a). Zusätzlich dazu werden wir später noch die Formel für die Fläche eines Kreises und die Konstante der Permeabilität des Vakuums benötigen:

Fläche eines Kreises: $A_{\text{Kreis}} = \pi \cdot r^2$ Einheit: Quadratmeter [m²]

Permeabilität des Vakuums μ_0 : $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

μ_0 ist die Permeabilität des Vakuums und eine Naturkonstante. Sie ist definiert als $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ und gibt die Durchlässigkeit einer Materie für magnetische Felder an. Für eine Spule ohne Metallkern (also mit Luftkern) nimmt man meist die Konstante für Vakuum, da die Konstante für Luft nur sehr geringfügig größer ist.

Rechnung:

Wir nehmen aus Aufgabenteil a) die Formel für die induzierte Spannung bei einer Spule

$$[1] \quad U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{\partial I(t)}{\partial t} = -\mu_0 \cdot \frac{A \cdot N^2}{l} \cdot \frac{\partial I(t)}{\partial t}$$

U_{ind} ist gesucht. Die Windungszahl N und die Länge l der Spule sind gegeben. Als Unbekannte besteht die Fläche A sowie $\frac{\partial I(t)}{\partial t}$. Wir setzen zunächst für die Fläche A der Spule die Formel für die Fläche eines Kreises ein:

$$[2] \quad U_{\text{ind}} = -\mu_0 \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot N^2}{l} \cdot \frac{\partial I(t)}{\partial t}$$

Als nächstes müssen wir uns um den Ausdruck $\frac{\partial I(t)}{\partial t}$ kümmern. Dieser beschreibt die zeitliche Änderung des Stromes. Für einen linearen Zusammenhang können wir auch schreiben $I(t)$ gleich Änderungsrate \dot{I} mal Zeit t .

$$[3] \quad I(t) = \dot{I} \cdot t$$

Wir müssen nun einige Annahmen machen, da die Aufgabenstellung weitere Informationen nicht hergibt. Die erste Annahme ist bezüglich der Änderungsrate: Wir nehmen den einfachsten Fall an, dass sich der Strom linear ändert, also \dot{I} konstant ist. Aufgrund dieser Annahme können wir \dot{I} auch mit Hilfe der Differenzschreibweise ausdrücken:

$$[4] \quad I(t) = \dot{I} \cdot t = \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot t$$

Die Änderung (Differenz) von ΔI beträgt 1A, diese Änderung findet innerhalb der Zeit $\Delta t = 1\text{ms}$ statt. Wir können also später einsetzen: $\Delta I = 1\text{A}$ und $\Delta t = 1\text{ms}$.

Einsetzen von [4] in [2] liefert

$$[5] \quad U_{\text{ind}} = -\mu_0 \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot N^2}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Wir haben nun alle benötigten Größen und können die jeweiligen SI Einheiten einsetzen und das Ergebnis berechnen. Soll wie bspw. in der Klausur ohne Taschenrechner gerechnet werden, kann mit $\pi = 3$ angenähert werden.

$$[6] \quad U_{\text{ind}} = -\mu_0 \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot N^2}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{\pi \cdot (0,04\text{m})^2 \cdot 5000^2}{0,1\text{m}} \cdot \frac{1\text{A}}{0,001\text{s}} = -1577,5\text{V}$$

Antwort:

Die in der Spule induzierte Spannung beträgt $U_{\text{ind}} = -1577,5\text{V}$

*Kommentierte Lösung zur Aufgabe „Selbstinduktion“ - S.4/4***Abschätzen der Richtigkeit des Ergebnisses**

Um die Richtigkeit des Ergebnisses abzuschätzen können, sind verschiedene Vorgehensweisen möglich. Wir wählen die Kontrolle der Einheiten und können durch Betrachten der Einheiten aus Gleichung [5] zeigen, dass sich durch Kürzen die gesuchte Einheit Volt ergibt:

$$[6] \quad \frac{V \cdot s}{A \cdot m} \cdot \frac{m^2}{m} \cdot \frac{A}{s} = \frac{V \cdot s}{A \cdot m} \cdot \frac{m^2}{m} \cdot \frac{A}{s} = V$$

Eine Plausibilitätskontrolle ist bei induzierten Spannungen mit Vorsicht zu genießen, da diese je nach Spulenkonfiguration auch mehrere kV erreichen können. Eine induzierte Spannung von 200MV wäre aber auch hier eher unrealistisch. Mit der berechneten induzierten Spannung von ca. 1500V lässt sich aber unter bestimmten Bedingungen (wie z.B. einer geringen zu überbrückenden Strecke) ein Funkenüberschlag zwischen den Kontakten erreichen.

A.4 Erstellung kommentierter Lösungen durch Studierende

A.4.1 Anleitung zur Erstellung

Was sind kommentierte Lösungen?

Eine kommentierte Lösung (KL) stellt im Gegensatz zu einer (in der Regel knappen) Musterlösung jeden Schritt und jede Überlegung, die zur Lösung einer Aufgabe notwendig sind, ausführlich und kommentiert dar. Die kommentierte Lösung ermöglicht es, eine Aufgabe *wie mit einem Nachhilfelehrer* durchzuarbeiten, ohne dass ein Zwischenschritt der Lösung fehlt oder ein Vorgehen unklar bleibt.

Mit Hilfe einer kommentierten Lösung können also ganze Aufgaben oder einzelne Problemstellen nachgearbeitet werden, bei denen Schwierigkeiten bestehen. Sie können sich beim eigenständigen Bearbeiten der Aufgabe durch die kommentierte Lösung gezielt zu den Stellen Hilfe geben lassen, an denen Sie gerade nicht weiterkommen (Bspw. *Rechnung* oder *Skizze*).

Um eine kommentierte Lösung selber erstellen zu können, müssen die Problemstellung der Aufgabe und die einzelnen Lösungsschritte zunächst verstanden und detailliert ausgearbeitet werden. Dadurch ist es für den Ersteller der kommentierten Lösung auch möglich, neue Erkenntnisse, einen tieferen Einblick in die Thematik sowie Sicherheit im Lösen und Erläutern von Aufgaben zu erhalten. Diese Fähigkeiten sind im späteren Lehrberuf dringend erforderlich und sollten daher frühzeitig geübt werden.

Eine kommentierte Lösung ist gut, wenn...

- jeder Lösungsschritt ausführlich und nachvollziehbar erklärt wird.
- die Lösung der Aufgabe und die Erklärungen fachlich korrekt sind.
- ein nachvollziehbarer roter Faden die Aufgabenbearbeitung durchzieht.
- didaktisch gut vorgegangen und erklärt wird, z.B. die Problemstellen und besonderen Schwierigkeiten der Aufgabe erkannt und diese entsprechend aufgegriffen und kommentiert werden.
- auf eventuell nicht vorhandene Vorkenntnisse, z.B. durch Erklärung von Fachbegriffen (*Was ist eine Normalkraft? Was ist ein Kräftegleichgewicht?*) eingegangen wird.
- wenn durch die Kommentierung die Fragen: *Was wird gemacht? Warum wird es gemacht? Wie wird es gemacht?* beantwortet werden.

Welche Vorgaben gibt es?

Jeder Bearbeitungsschritt der Aufgabe muss nachvollziehbar beschrieben sein. Problemstellung, Ansatz, Auswahl der Formel, Vereinfachungen, Rechenschritte und Überlegungen zur Richtigkeit des Ergebnisses müssen aufgeschrieben und angemessen erklärt werden. Die unter „*Wie gehe ich bei der Erstellung vor?*“ beschriebene Gliederung sollte (soweit sinnvoll) eingehalten werden. Sie erstellen alleine eine erste abgabefähige Fassung, wenn möglich als .doc. Benutzen Sie dafür die Vorlage. Es dürfen auch handschriftliche Ergänzungen von Skizzen und Formeln enthalten sein.

Wie gehe ich bei der Erstellung vor?

Am besten orientieren Sie sich bezüglich Stil und Umfang vorab an den bereits vorhandenen kommentierten Lösungen. Sollten nach der Lektüre dieser Anleitung noch Fragen bezüglich des Erstellens, Erklärens oder Lösens der Aufgabe bestehen, helfen Ihnen gerne die Betreuer. Erstellen Sie zunächst eine ausführliche Musterlösung der Aufgabe. Stellen Sie sicher, dass diese Lösung der Aufgabe auch korrekt ist. Wenn Sie sich dabei nicht sicher sind, fragen Sie nach. Gliedern Sie die Lösung in die Bereiche der Vorlage. Die Reihenfolge der einzelnen Bereiche kann – wenn Sie es für sinnvoll halten – variiert werden (bspw. Vorziehen des Punktes *Skizze* oder zunächst *Gesucht & Fragestellung* und erst danach *Gegeben* aufschreiben). Hier ist Ihr didaktisches Geschick gefragt, wie Sie die Lösung der Aufgabe am besten gliedern möchten.

Haben Sie Ihre Lösung in diese Bereiche gegliedert, gehen Sie Ihre kommentierte Lösung noch einmal durch und fügen die Kommentierungen ein. Orientieren Sie sich an den folgenden Leitfragen:

- *Was wird gemacht?*
- *Warum wird es gemacht?*
- *Wie wird es gemacht?*

Gehen Sie abschließend noch einmal auf die schwierigen Stellen der Aufgabe ein: z.B. zentrale Ideen und Stolpersteine. Erläutern Sie, warum eine bestimmte Annahmen oder Vereinfachungen gemacht werden konnten. Gibt es Einschränkungen hinsichtlich der Gültigkeit der Formel? Erinnern Sie sich an Ihre eigenen Schwierigkeiten beim Bearbeiten dieser und ähnlicher Aufgaben. Versuchen Sie, sich auch in die Leser der kommentierten Lösung hineinzusetzen, die Ihnen (wie Ihre zukünftigen Schüler) Verständnisfragen zu der Lösung der Aufgabe stellen können. Abschließende Literaturhinweise/Empfehlungen können die kommentierte Lösung am Schluss abrunden.

A.4.2 Gliederungsvorlage

Kommentierte Lösung zur Aufgabe Nr - Titel

erstellt von Name

1. Thematische Einordnung

In welches Themengebiet ist die Aufgabe einzuordnen? Vielleicht kennen Sie auch ein analoges Problem oder eine ähnliche Aufgabe, auf das Sie hier hinweisen können? Hier sollten aber nur Themengebiete stehen, die vorab erkennbar sind, ohne die Aufgabe zu lösen.

Beispiel: „Die Aufgabe gehört zum Themengebiet *Mechanik, gleichförmige Bewegungen*.“

2. Gegeben

Schreiben Sie ausführlich auf, welche Informationen aus der Aufgabenstellung zu entnehmen sind. Hierbei reicht es bspw. nicht zu schreiben „ $v = 4 \text{ m/s}$ “, sondern es muss auch kommentiert werden, um welche Information, in diesem Fall um welche Geschwindigkeit, es sich hier handelt.

Beispiel: „ $v_0 = 4 \text{ m/s}$, die Anfangsgeschwindigkeit des Autos“

3. Gesucht & Fragestellung

Schreiben Sie analog zu Punkt 2 ausführlich auf, welche Größen gesucht sind. Nehmen Sie auch Bezug auf die Fragestellung. Sie können mit eigenen Worten beschreiben, was bei der Aufgabe gesucht ist.

Beispiel: „Gesucht ist die Endgeschwindigkeit, die das Auto nach der Zeit t_2 hat. Also $v_{\text{end}} = ?$ “

4. Ansatz & Idee zur Lösung der Aufgabe

Dieser wichtige Punkt beschreibt den Ansatz der Aufgabe und die Ideen zur Lösung. Es soll dem Leser der kommentierten Lösung ermöglicht werden, einen Überblick zu bekommen, wie die Aufgabe zu lösen ist. Der Punkt umfasst aber nicht die eigentliche Durchführung der Lösung (Skizze, Rechnung), sondern erläutert.

Beispiel: „Da in der Aufgabenstellung ein Kräftegleichgewicht beschrieben wird, kann eine Bilanzgleichung der beteiligten Kräfte aufgestellt werden. Diese Gleichung wird nach der gesuchten Größe umgestellt. Durch Einsetzen der Zahlenwerte lässt sich die Lösung erhalten.“

5. Formeln und Konstanten

Hier werden die benötigten Formeln und Konstanten aufgeführt und erklärt. Dieser Punkt umfasst auch eine kurze Erklärung der Variablen der Formel, sowie wann sie angewendet werden kann (Gültigkeitsvoraussetzungen, -bereich der Formel beachten und angeben!).

Beispiel: „ $v = s/t$, Geschwindigkeit = Strecke pro Zeit, zur Bestimmung der Gesamtdurchschnittsgeschwindigkeit in einem Streckenabschnitt.“

6. Skizze

Wenn es für die Lösung sinnvoll oder gar notwendig ist, fertigen Sie eine eigene Skizze an und beschriften Sie diese vollständig, d.h. alle eingezeichneten Größen. Zum Beispiel, indem Sie alle auf den Körper wirkenden Kräfte einzeichnen und beschriften. Wenn Sie eine Skizze verwenden, die sie nicht selber erstellt haben (aus Büchern, Skripten, Internet), geben Sie die Quelle mit an.

7. Rechnung

Dieser Punkt umfasst die Lösung der Gleichungen mit einem nachvollziehbaren Lösungsweg. Das bedeutet, dass Umformungen oder das Einsetzen von Zahlenwerten Schritt für Schritt durchgeführt werden müssen und keine wichtigen Zwischenschritte fehlen dürfen. Achten Sie darauf, zu schreiben, wie die Formel umgestellt wird und ob dabei ggf. Vereinfachungen oder Annahmen gemacht werden. Setzen Sie die gegebenen Größen erst am Schluss in die Gleichung ein und rechnen Sie möglichst lange mit Variablen. Achten Sie hierbei darauf auch die zugehörigen Einheiten einzusetzen. Sie können dadurch direkt die Einheitenkontrolle durchführen. Beispiel:

Die Gleichung wird nach der gesuchten Größe v umgestellt.

$$s = v \cdot t \quad | :t$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{s}{t}$$

Nun können die gegebenen Zahlenwerte ($s=10\text{m}$, $t=5\text{s}$) eingesetzt werden:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{10\text{m}}{5\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wenn Sie möchten, können Sie die einzelnen Zeilen der Rechnungen auch durchnummerieren. So kann man durch Verweise (bspw.: „Die Gleichung [3] wird anschließend...“) erklären, welche Formeln man bspw. beim Einsetzen verwendet.

8. Antwort

Das Ergebnis der Rechnung und ggf. die daraus resultierenden Überlegungen werden in einen ganzen Satz präsentiert. Denken Sie daran, hier einen inhaltlichen Bezug zur Fragestellung (Punkt 3.) herzustellen, also tatsächlich auch die Frage der Aufgabe zu beantworten.

Beispiel: „Die berechnete Geschwindigkeit beträgt 30m/s. Das Auto erreicht das Ziel somit eher als der Läufer.“

9. Abschätzen der Richtigkeit des Ergebnisses

Reflektieren Sie hier die Lösung der Aufgabe. Geben Sie Hinweise und Erklärungen, wie man abschätzen kann, ob das Ergebnis stimmen kann. Hierbei können Sie z.B. über die Größenordnung des Ergebnisses argumentieren. Die Kontrolle der Einheiten haben Sie sicherlich schon in der Rechnung durchgeführt. Vielleicht fallen Ihnen auch geschickte Argumentationen bezüglich der Abschätzung der Richtigkeit (Plausibilitätsbetrachtungen) ein.

Hinweis zur Reihenfolge

Die Reihenfolge kann variiert werden. Bei Aufgaben, die keine Skizze benötigen, kann diese auch weggelassen werden, *Gesucht & Fragestellung* kann auch vor *Gegeben* aufgeschrieben werden.

A.4.3 Checkbogen der diagnostischen Interviews

Frage # - [Stichpunkt] „[Vorformulierte Frage]“
Erwartungshorizont: [erwartete Kommentierung und ggf. Zitat aus der Textstelle der KL]

Verständnis nicht vorhanden
 Verständnis unsicher/schwammig oder Antwort unpräzise
 Verständnis vorhanden (beantwortet Frage angemessen)

Falls positiv: „[Vorformulierte Nachfrage]“

nicht eingefallen nicht wichtig
 konnte ich nicht formulieren keine Zeit sonstiges

Frage 3 - Gültigkeitsbereich der Formel (gleichmäßige Beschleunigung): „Du schreibst, dass diese Formel für eine Strecke in Abhängigkeit der Zeit und der Beschleunigung gilt. Kannst du mir noch mal genau erklären, wann die gilt und wann nicht?“
Erwartungshorizont: Die markierte Formel und die Formeln weiter oben ($v=at$) gelten für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung von 0 auf v . Hier geht es um Abbremsungen, aus Symmetriegründen kann aber die Formel auch verwendet werden, wenn eine konstante Verzögerung angenommen wird.

Verständnis nicht vorhanden
 Verständnis unsicher/schwammig oder Antwort unpräzise
 Verständnis vorhanden (beantwortet Frage angemessen)

Falls positiv: „Warum hast du den Gültigkeitsbereich nicht weiter beschrieben und präzisiert?“

nicht eingefallen nicht wichtig
 konnte ich nicht formulieren keine Zeit sonstiges

Abbildung A.4.3 Standardisierte Vorlage für die Checkbögen der diagnostischen Interviews zu kommentierten Lösungen und ein Beispiel einer Frage aus der Interrater-Trainingsphase.

A.5 Diagnostische Tests

A.5.1 Themenbereiche und Inhalte

Tabelle A.5.1.a Themenbereiche und Inhalte des Mathematiktests.

| Themenbereich | Inhalt | Aufgaben |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Umstellen & Auflösen von Formeln | Umstellen und Auflösen von linearen Gleichungen | G1.1 |
| | Umstellen und Auflösen von quadratischen Gleichungen | G1.2 |
| | Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe | G1.3 |
| Umrechnen | Vorfaktoren umrechnen | G2.1 |
| | Umrechnen von Größen in SI-Einheiten | G2.2 |
| | Flächen und Volumen umrechnen | G2.3 |
| | 10er-Potenzen umrechnen | G3.2 G4.2 |
| Bruchrechnen | Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten | G3.1 |
| Runden | Runden auf 2 Dezimalstellen | G4.1 |
| Trigonometrie | Zeichnen der Sinus- und der Cosinus-Funktion und Angeben typischer Werte | T1 |
| | Anwendung der Sinus- oder Cosinus-Funktion zur Dreiecksberechnung | T2.1 |
| | Anwendung Pythagoras zur Dreiecksberechnung | T2.2 |
| Lineare Algebra | Aufstellen von Vektoren | V1 |
| | Addition (mathematisch) | V2 a) |
| | Skalarprodukt zweier Vektoren | V2 b) |
| | Vektorprodukt zweier Vektoren | V2 c) |
| | Betrag eines Vektors | V2 d) |
| | Addition (graphisch) | V3 |
| | Zerlegung (graphisch) | V4 |
| Analysis | Ableiten einfacher Funktionen | D |
| | Bilden einfacher Stammfunktionen | I |

Tabelle A.5.1.b Themenbereiche und Inhalte der Physiktests. Bei Interesse an den Testheften wenden Sie sich bitte an den Autor (alexander.pusch@tu-dortmund.de).

| Themenbereich | Inhalt | Aufgaben |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Mechanik | Interpretieren von x-y-Diagrammen | B1.1, B1.2, B3 |
| | Erstellen von x-y-Diagrammen anhand Wertetabelle/Text | B4.1a), B4.2 |
| | Ausgleichsgerade einzeichnen/Durchschnittsgeschwindigkeit entnehmen | B4.1 b) |
| | Unterscheidung und Bedeutung von Betrag und Richtung von Vektoren | V1.1, V1.2, V1.3 |
| | Darstellung der Geschwindigkeit durch Einzeichnen von Vektoren | V2.1, V2.2, V2.3 |
| | Graphische Addition und Zerlegung von Vektoren/Darstellung von Kräften | V3.1, V3.2, V4, V5 |
| | Wechselwirkungsprinzip | K1.1, K1.2 |
| | Gewichtskraft | K2.1, K2.2 |
| | Hebelgesetz | H1.1, H1.2 |
| | Masse, Gewicht, Ortsfaktor | MGO1, MGO2, MGO3 |
| Elektrizitätslehre | Ladungsträger | L1 |
| | Stromkreise (Identifizieren von/Transfer zwischen Darstellungsformen) | SK1, SK2, SK3 |
| | Berechnungen im Stromkreis | B1, B2, B3, B4, B5 |
| | Potentialdifferenz | P1.1, P1.2 |
| Optik | Blenden | Bl1, Bl2 |
| | Brechungsgesetz | Br1, Br2 |
| | Konstruktion am Spiegel | KSp2 |
| | Konstruktion an Linsen | KL1, KL2 |
| | Konstruktion von Schatten | KSc1 |
| | Spiegel | Sp1, Sp2, Sp3 |
| | Abbildung | Abb1 |
| | Schatten | Sc1 |
| Wärmelehre | Thermisches Gleichgewicht | TG1.1, TG1.2, TG1.3, TG2, TG3 |
| | Mischungstemperatur | MT1, MT2, MT3 |
| | Innere Energie | IE1, IE2, IE3 |
| | Spezifische Wärmekapazität | CT1, CW1, CW2.1, CW2.2 |
| | Wärmeausdehnung bei Festkörpern | A1.1, A1.2, A2 |
| | Teilchenanzahl | N1 |
| | Temperatur | T1 |
| | Ideales Gasgesetz | IGG1.1, IGG1.2, IGG2.1, IGG2.2, IGG3 |

A.5.2 Testheft Mathematik

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben



Zum Bearbeiten der Übungsaufgaben sowie zum Nachvollziehen der Erklärungen in der Vorlesung benötigen Sie einige grundlegende mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten, die im Grunde bereits in der Schule behandelt worden sein sollten. Dieser diagnostische Test deckt einen Teil dieser Grundlagen ab. Der Test ist dabei so konzipiert, dass er ohne Taschenrechner oder Formelsammlung bearbeitet werden soll.

Der Test soll Sie dabei nicht bloßstellen oder blamieren, sondern Ihnen helfen, gezielt Ihren individuell notwendigen Förderbedarf zu ermitteln, um Ihnen eine möglichst reibungslose Mitarbeit in der Veranstaltung zu ermöglichen.

Nach der Auswertung des Tests werden Sie eine detaillierte Rückmeldung und individuelle Förderempfehlungen per E-Mail erhalten. Anhand dieser können Sie die eventuell vorhandenen Lücken oder Unsicherheiten gezielt schließen, indem Sie die benötigten und passenden Förderangebote auswählen und nutzen.

Die Auswertung des Tests und die Erstellung der individuellen Rückmeldung und Förderempfehlung erfolgt durch Alexander Pusch (bei Rückfragen: alexander.pusch@tu-dortmund.de). Die Ergebnisse des Tests werden dabei selbstverständlich vertraulich behandelt, es entstehen Ihnen keinerlei Nachteile.

Einige Hinweise zur Bearbeitung:

- Nutzen Sie bei der Bearbeitung der Aufgaben die freien Flächen und ggf. auch die Rückseiten für Ihre Rechnungen.
- Schreiben Sie ruhig den gesamte Lösungs- / Rechenweg auf und rechnen Sie nicht alle Schritte im Kopf (mögliche Fehlerquelle).
- Es geht darum Ihren individuellen Leistungsstand zu ermitteln, um Ihnen darauf aufbauend individuell benötigte Förderangebote zukommen zu lassen. Schreiben Sie in Ihrem eigenen Interesse daher die Lösung nicht ab und benutzen sie auch keine Hilfsmittel wie Taschenrechner oder Formelsammlungen.
- Beachten Sie jeweils die empfohlenen maximalen Bearbeitungszeiten für die einzelnen Teilbereiche. Vermerken Sie, falls Sie länger brauchen.

Tragen Sie in die folgenden Felder Ihren Namen und Ihre E-Mail-Adresse ein. Sie erhalten Ihre Testauswertung und eine individuelle Förderempfehlung per E-Mail.

Name:

E-Mail:

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

dortMINT
DiF-Instrument

© Pusch / Theyßen 2011

Mathematische Grundlagen (Bearbeitungszeit max. 45min.)

G1 Umformen und Auflösen von Gleichungen

G1.1 Lösen Sie die folgenden linearen Gleichungen jeweils nach der unbekanntem Größe auf:

a) $3x + 6 = 0$

b) $4y + 23y - 27 = 0$

c) $3m + 6 = 4m - 4$

G1.2 Lösen Sie die folgenden quadratischen Gleichungen jeweils nach der unbekanntem Größe auf:

d) $t^2 + 6t + 9 = 0$

e) $v^2 + 25 = -10v$

f) $2s^2 - 12s = 32$

G1.3 Zur Lösung einer Aufgabe müssen oftmals mehrere Formeln geeignet kombiniert werden.

g) Kombinieren Sie aus den beiden Formeln $E = \frac{1}{2}mv^2$ und $E = mgh$ eine Formel für v in Abhängigkeit von h .

h) Kombinieren Sie aus den beiden Formeln $F = evB$ und $F = \frac{mv^2}{R}$ eine Formel für e in Abhängigkeit von m .

i) Kombinieren Sie aus den beiden Formeln $\beta = \frac{v}{c}$ und $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ eine Formel für v in Abhängigkeit von γ .

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

G2 Umrechnen von Größen und Einheiten

G2.1 In vielen Aufgaben sind die Größenordnungen mit Vorsilben gegeben

- a) Geben Sie 4034mm in Meter (m) an. 4034mm =
b) Geben Sie 0,0005km in Meter (m) an. 0,0005km =
c) Geben Sie 300nm in Meter (m) an. 300nm =
d) Geben Sie 2,5MW in Watt (W) an. 2,5MW =

G2.2. Manche Größen müssen zunächst in SI-Basis-Einheiten umgerechnet werden.

- a) Rechnen Sie 10 Minuten in Sekunden um. 10min =
b) Rechnen Sie 2 Stunden in Sekunden um. 2h =
c) Rechnen Sie 72 km/h in m/s um. 72km/h =

G2.3 Flächen und Volumina müssen ebenfalls umgerechnet werden.

Berechnen Sie das Ergebnis und geben Sie es jeweils in Quadratmeter (m²) an:

- a) 10m · 5m=
b) 20cm²=
c) 500mm · 50cm=
d) 400mm² =

Berechnen Sie das Ergebnis und geben Sie es jeweils in Kubikmeter (m³) an:

- e) 3m · 2m · 1m=
f) 20mm · 2cm · 1m=
g) 2cm · 1m²=
h) 12cm² · 2m=

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

G3 Ausrechnen von Werten

G3.1 Nach dem Umformen einer Formel und Einsetzen von Zahlenwerten samt ihren Einheiten erhalten Sie die folgenden Gleichungen. Lösen Sie die Gleichung, wie im Beispiel gezeigt, so weit wie möglich auf (d.h. vereinfachen Sie die Ausdrücke so weit wie möglich). Vergessen Sie dabei nicht die Einheiten zu kürzen!

Beispiel: Das grau Gedruckte ist die gegebene Aufgabe, das Fettgedruckte die geforderte Bearbeitung.

$$\frac{40 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 4 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \mathbf{4 \text{ kg}}$$

$$\text{a) } \frac{20 \cdot \frac{1000 \text{m}}{3600 \text{s}}}{2 \text{s}} =$$

$$\text{b) } \sqrt{\frac{8 \text{m}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} =$$

$$\text{c) } \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3 \text{s})^2 =$$

$$\text{d) } \frac{\frac{16}{18} \text{W}}{\frac{12}{9} \text{W}} =$$

$$\text{e) } \frac{8}{9} : \left(\frac{4}{3} \text{V} \right) =$$

G3.2 Manche Werte werden auch als Zehnerpotenz eingesetzt. Berechnen Sie das Ergebnis.

$$\text{a) } s_{\text{total}} = s_1 + s_2 = 2,01 \cdot 10^2 \text{m} + 3,323 \cdot 10^3 \text{m} =$$

$$\text{b) } h_{\text{ges}} = h_{\text{Berg}} + h_{\text{Sendemast}} = 2,54 \cdot 10^3 \text{m} + 3,46 \cdot 10^2 \text{m} =$$

$$\text{c) } t_{\text{mindest}} = t_1 + t_2 = 8,233 \cdot 10^1 \text{s} + 2 \cdot 10^{-2} \text{s} =$$

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

G4 Darstellung von Ergebnissen

G4.1 Auf wie viele Nachkommastellen ein Ergebnis gerundet wird, hängt von vielen Faktoren ab (u.a. der Genauigkeit der Eingangsgrößen und dem Verwendungszweck des Ergebnisses). Runden Sie die angegebenen Zahlen jeweils auf zwei Nachkommastellen.

Beispiel: $7,4533 = 7,45$

a) $3,4529 =$

b) $43,2588 =$

c) $43,2348 =$

G4.2 Manche Ergebnisse gibt man zweckmäßig mit Zehnerpotenzen an. Schreiben Sie die angegebene Zahl als Produkt einer Zahl mit einer Stelle vor dem Komma und einer Zehnerpotenz. Beispiel: $0,000083\text{T} = 8,3 \cdot 10^{-5}\text{T}$

a) $v = 720.000.000 \frac{\text{m}}{\text{s}} =$

b) $t = 0,00000002\text{s} =$

c) $s = \frac{2}{1000}\text{m} =$

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

dortMINT
DiF-Instrument

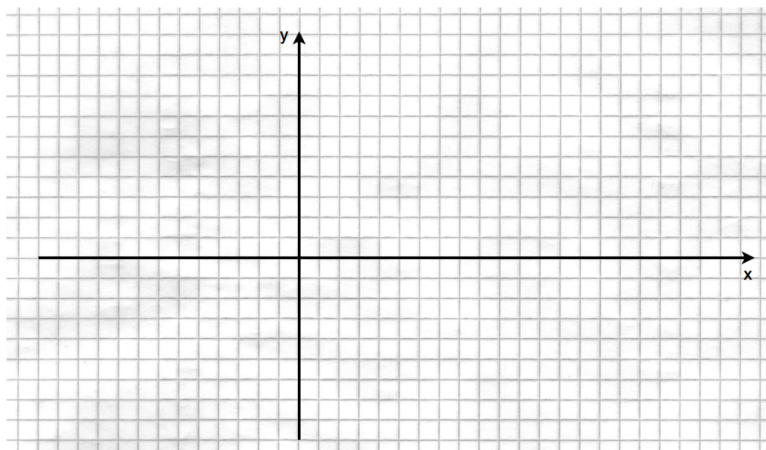
© Pusch / Theyßen 2011

Trigonometrische Funktionen (Bearbeitungszeit max. 10min.)

T1 Werte und Verlauf der Sinus- und Kosinusfunktion

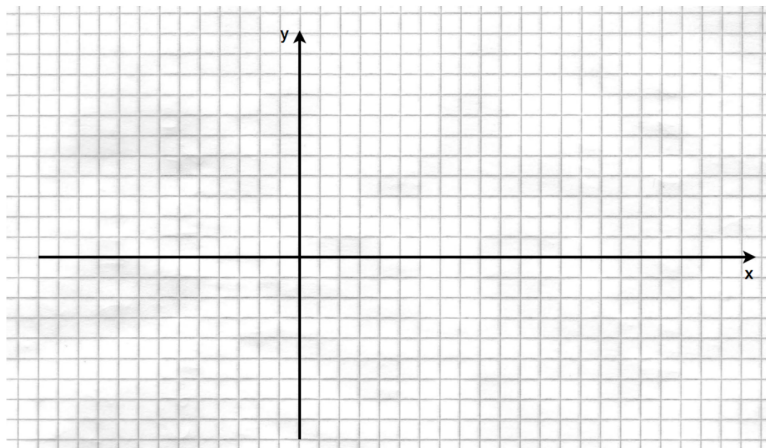
T1.1 Skizzieren Sie die **Sinusfunktion** im Intervall von $-\pi$ bis 2π bzw. -180° bis 360° .

Beschriften Sie anschließend auf der x-Achse die Werte $-\pi$, π und 2π oder -180° , 180° und 360° . Beschriften Sie auf der y-Achse die Werte 0,5 und 1.



T1.2 Skizzieren Sie die **Kosinusfunktion** im Intervall von $-\pi$ bis 2π bzw. -180° bis 360° .

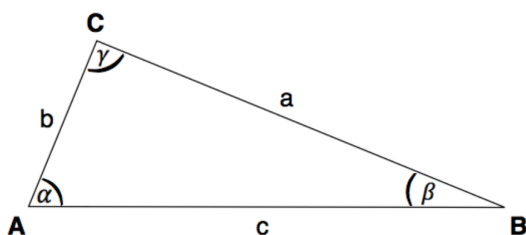
Beschriften Sie anschließend auf der x-Achse die Werte $-\pi$, π und 2π oder -180° , 180° und 360° . Beschriften Sie auf der y-Achse die Werte 0,5 und 1.



Diagnostischer Test
 mathematische Grundlagen
 physikalischer Rechenaufgaben

T2 Berechnungen an Dreiecken

Gegeben ist ein Dreieck. Die Seiten a,b und c liegen jeweils entgegen den Eckpunkten A,B und C. Die Skizze verdeutlicht die Positionen, aber nicht unbedingt die Größenverhältnisse der gegebenen Größen.



T2.1 Gegeben sind $b = 3 \cdot \sqrt{3} \text{ cm}$ und $c = 6 \text{ cm}$ sowie die Winkel $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $\gamma = 90^\circ$. Berechnen Sie die Seite a mit Hilfe des **Sinus oder Cosinus**.

Benutzen Sie hierfür: $\sin(30^\circ) = 0,5$ $\sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$ $\cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$ oder $\cos(60^\circ) = 0,5$

T2.2 Hier sind nun andere Seitenlängen gegeben. Die Seiten des Dreiecks haben nun die Längen $a = 4 \text{ cm}$ und $c = 5 \text{ cm}$. Der Rechte Winkel ist abermals bei γ . Berechnen Sie die Seite b mit Hilfe des **Satzes von Pythagoras**.

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

dortMINT
DiF-Instrument

© Pusch / Theyßen 2011

Vektoren (Bearbeitungszeit max. 15min.)

V1 Aufstellen von Vektoren

In einem 3-dimensionalen Raum sind die Punkte A(2/2/0) und B(4/3/1) gegeben. Berechnen Sie den Vektor \overrightarrow{AB} , der von Punkt A in Richtung von Punkt B zeigt:

$$\overrightarrow{AB} =$$

V2 Rechnen mit Vektoren

Gegeben sind nun die beiden Vektoren \vec{c} und \vec{d}

$$\vec{c} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \vec{d} = \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

Addieren Sie die beiden Vektoren:

a) $\vec{c} + \vec{d} =$

Errechnen Sie das Skalarprodukt (Punktprodukt) der beiden Vektoren:

b) $\vec{c} \cdot \vec{d} =$

Berechnen Sie das Vektorprodukt (Kreuzprodukt):

c) $\vec{c} \times \vec{d} =$

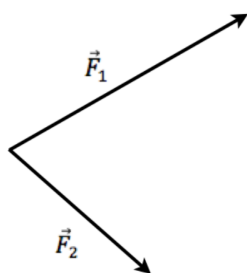
Bestimmen Sie den Betrag (d.h. die Länge) des Vektors \vec{c}

d) $|\vec{c}| =$

Diagnostischer Test
*mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben*

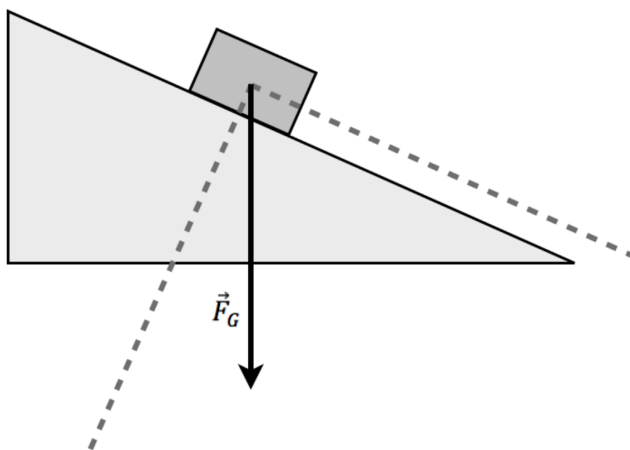
V3 Graphische Addition von Vektoren

Die Vektoren \vec{F}_1 und \vec{F}_2 liegen in einem 2-Dimensionalen Raum. Sie könnten hier bspw. darstellen, wie stark und in welche Richtung zwei Personen an einer Kiste ziehen. Bestimmen Sie graphisch (durch Addition der Vektoren) die aus \vec{F}_1 und \vec{F}_2 resultierende Kraft \vec{F}_R .



V4 Graphische Zerlegung von Vektoren

Gegeben ist eine Kiste an einer schiefen Ebene. Zerlegen Sie den Vektor \vec{F}_G in zwei Komponenten: einen Vektor \vec{F}_H der parallel zum Hang liegt und einen Vektor \vec{F}_N der senkrecht zur schiefen Ebene steht. Zur Hilfe sind diese beiden Richtungen in Form von gestrichelten Linien eingezeichnet.



Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

dortMINT
DiF-Instrument

© Pusch / Theyßen 2011

Differential und Integralrechnung /Analysis (Bearbeitungszeit max. 10min.)

D1 Differenzieren von Funktionen

Leiten Sie die angegebenen Funktionen jeweils nach der Variable x ab.

Dabei bedeutet die Schreibweise $\frac{d}{dx}(f(x)) = f'(x)$

a) $\frac{d}{dx}(x^3) =$

b) $\frac{d}{dx}(x^2 + 8 \cdot x - 7) =$

c) $\frac{d}{dx}(e^{3 \cdot x}) =$

Leiten Sie mit Hilfe der Produktregel ab:

d) $\frac{d}{dx}(\sin(x) \cdot x^2) =$

Nutzen Sie die Quotientenregel beim Ableiten:

e) $\frac{d}{dx}\left(\frac{x^2+8}{e^x}\right) =$

Diagnostischer Test
mathematische Grundlagen
physikalischer Rechenaufgaben

dortMINT
DiF-Instrument

© Pusch / Theyßen 2011

I1 Integrieren von Funktionen

Finden Sie jeweils eine mögliche Stammfunktion zu der gegebenen Funktion!

Beispiel: eine mögliche Stammfunktion zu $\int 1 dx$ wäre x also ist ein mögliches Ergebnis: $\int 1 dx = x$

a) $\int x^3 dx =$

b) $\int (x^2 + 8x - 3) dx =$

c) $\int \sqrt{x} dx =$

d) $\int x^{\frac{3}{2}} dx =$

A.5.3 Ergebnisse: Mathematiktest

Tabelle A.5.3.a Zusammenfassung der Ergebnisse der Mathematiktests (TU Dortmund: DiF-Tutorium WS 11/12, DiF-Vorkurs WS 12/13; Universität Duisburg-Essen: WS 11/12, WS 12/13; Kapitel 14.4). Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD). Kein Fallausschluss bei fehlender Varianz.

| Themenbereich | Inhalt | Skala/Aufgabe | P | SD |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|
| Umstellen & Auflösen von Formeln | Umstellen und Auflösen von linearen Gleichungen | G1.1 | 0,94 | 0,18 |
| | Umstellen und Auflösen von quadratischen Gleichungen | G1.2 | 0,75 | 0,43 |
| | Kombinieren mehrerer Formeln, Umstellen und Auflösen nach einer Größe | G1.3 | 0,40 | 0,44 |
| Umrechnen | Vorfaktoren umrechnen | G2.1 | 0,66 | 0,41 |
| | Umrechnen von Größen in SI-Einheiten | G2.2 | 0,83 | 0,34 |
| | Flächen und Volumen umrechnen | G2.3 | 0,59 | 0,44 |
| | | G3.2 | 0,69 | 0,46 |
| | 10er-Potenzen umrechnen | G4.2 | 0,74 | 0,43 |
| Bruchrechnen | Bruchrechnen und Kürzen von Werten mit Einheiten | G3.1 | 0,44 | 0,49 |
| Runden | Runden auf 2 Dezimalstellen | G4.1 | 0,93 | 0,19 |
| | Grundlagen (gesamt) | G | 0,67 | 0,40 |
| Trigonometrie | Zeichnen der Sinus- und der Cosinus-Funktion und Angeben typischer Werte | T1 | 0,42 | 0,50 |
| | Anwendung der Sinus- oder Cosinus-Funktion zur Dreiecksberechnung | T2.1 | 0,45 | 0,51 |
| | Anwendung Pythagoras zur Dreiecksberechnung | T2.2 | 0,66 | 0,48 |
| | Trigonometrie (gesamt) | T | 0,49 | 0,50 |
| Lineare Algebra | Aufstellen von Vektoren | V1 | 0,58 | 0,50 |
| | Addition (mathematisch) | V2 a) | 0,92 | 0,27 |
| | Skalarprodukt zweier Vektoren | V2 b) | 0,54 | 0,51 |
| | Vektorprodukt zweier Vektoren | V2 c) | 0,62 | 0,50 |
| | Betrag eines Vektors | V2 d) | 0,77 | 0,43 |
| | Addition (graphisch) | V3 | 0,43 | 0,50 |
| | Zerlegung (graphisch) | V4 | 0,39 | 0,50 |
| | Lineare Algebra (gesamt) | V | 0,61 | 0,46 |
| Analysis | Ableiten einfacher Funktionen | D | 0,63 | 0,44 |
| | Bilden einfacher Stammfunktionen | I | 0,49 | 0,47 |
| | Analysis (gesamt) | D+I | 0,54 | 0,46 |

Tabelle A.5.3.b Ergebnisse der Mathematiktests (TU Dortmund: DiF-Tutorium WS 11/12, DiF-Vorkurs WS 12/13; Universität Duisburg-Essen: WS 11/12, WS 12/13; Kapitel 14.4). Einbezogene Bearbeitungen (N), Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD). Auswertungsvariante A wertet nicht bearbeitete Aufgaben als falsch, Auswertungsvariante B schließt nicht bearbeitete Aufgaben aus. Die Ergebnisse zu den Aufgaben V3 und V4 stammen zum Teil aus den Mechaniktests.

| Aufgabe | Auswertungsvariante B | | | Auswertungsvariante A | | | Aufgabe | Auswertungsvariante B | | | Auswertungsvariante A | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|----------|-----------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | N | P | SD | N | P | SD | | N | P | SD | N | P | SD |
| G1.1a | 29 | 0,97 | 0,19 | 29 | 0,97 | 0,19 | G3.2a | 27 | 0,63 | 0,49 | 29 | 0,59 | 0,50 |
| G1.1b | 29 | 1,00 | 0,00 | 29 | 1,00 | 0,00 | G3.2b | 26 | 0,92 | 0,27 | 29 | 0,83 | 0,38 |
| G1.1c | 29 | 0,86 | 0,35 | 29 | 0,86 | 0,35 | G3.2c | 26 | 0,73 | 0,45 | 29 | 0,66 | 0,48 |
| G1.2d | 29 | 0,86 | 0,35 | 29 | 0,86 | 0,35 | G4.1a | 29 | 1,00 | 0,00 | 29 | 1,00 | 0,00 |
| G1.2e | 28 | 0,75 | 0,44 | 29 | 0,72 | 0,46 | G4.1b | 29 | 0,97 | 0,19 | 29 | 0,97 | 0,19 |
| G1.2f | 28 | 0,68 | 0,48 | 29 | 0,66 | 0,48 | G4.1c | 29 | 0,83 | 0,38 | 29 | 0,83 | 0,38 |
| G1.3g | 22 | 0,73 | 0,46 | 29 | 0,55 | 0,51 | G4.2a | 28 | 0,86 | 0,36 | 29 | 0,83 | 0,38 |
| G1.3h | 23 | 0,70 | 0,47 | 29 | 0,55 | 0,51 | G4.2b | 29 | 0,79 | 0,41 | 29 | 0,79 | 0,41 |
| G1.3i | 16 | 0,19 | 0,40 | 29 | 0,10 | 0,31 | G4.2c | 27 | 0,63 | 0,49 | 29 | 0,59 | 0,50 |
| G2.1a | 29 | 0,97 | 0,19 | 29 | 0,97 | 0,19 | T1.1 | 21 | 0,62 | 0,50 | 29 | 0,45 | 0,51 |
| G2.1b | 29 | 0,76 | 0,44 | 29 | 0,76 | 0,44 | T1.2 | 20 | 0,55 | 0,51 | 29 | 0,38 | 0,49 |
| G2.1c | 22 | 0,59 | 0,50 | 29 | 0,45 | 0,51 | T2.1 | 22 | 0,59 | 0,50 | 29 | 0,45 | 0,51 |
| G2.1d | 24 | 0,54 | 0,51 | 29 | 0,45 | 0,51 | T2.2 | 24 | 0,79 | 0,42 | 29 | 0,66 | 0,48 |
| G2.2a | 29 | 0,97 | 0,19 | 29 | 0,97 | 0,19 | V1 | 22 | 0,68 | 0,48 | 26 | 0,58 | 0,50 |
| G2.2b | 29 | 0,86 | 0,35 | 29 | 0,86 | 0,35 | V2a | 24 | 1,00 | 0,00 | 26 | 0,92 | 0,27 |
| G2.2c | 29 | 0,66 | 0,48 | 29 | 0,66 | 0,48 | V2b | 22 | 0,64 | 0,49 | 26 | 0,54 | 0,51 |
| G2.3a | 29 | 0,93 | 0,26 | 29 | 0,93 | 0,26 | V2c | 18 | 0,89 | 0,32 | 26 | 0,62 | 0,50 |
| G2.3b | 28 | 0,54 | 0,51 | 29 | 0,52 | 0,51 | V2d | 21 | 0,95 | 0,22 | 26 | 0,77 | 0,43 |
| G2.3c | 28 | 0,46 | 0,51 | 29 | 0,45 | 0,51 | D1a | 26 | 0,88 | 0,33 | 26 | 0,88 | 0,33 |
| G2.3d | 27 | 0,48 | 0,51 | 29 | 0,45 | 0,51 | D1b | 26 | 0,85 | 0,37 | 26 | 0,85 | 0,37 |
| G2.3e | 28 | 0,93 | 0,26 | 29 | 0,90 | 0,31 | D1c | 23 | 0,61 | 0,50 | 26 | 0,54 | 0,51 |
| G2.3f | 28 | 0,43 | 0,50 | 29 | 0,41 | 0,50 | D1d | 19 | 0,74 | 0,45 | 26 | 0,54 | 0,51 |
| G2.3g | 26 | 0,81 | 0,40 | 29 | 0,72 | 0,46 | D1e | 13 | 0,69 | 0,48 | 26 | 0,35 | 0,49 |
| G2.3h | 25 | 0,40 | 0,50 | 29 | 0,34 | 0,48 | I1a | 22 | 0,86 | 0,35 | 26 | 0,73 | 0,45 |
| G3.1a | 25 | 0,44 | 0,51 | 29 | 0,38 | 0,49 | I1b | 22 | 0,73 | 0,46 | 26 | 0,62 | 0,50 |
| G3.1b | 25 | 0,60 | 0,50 | 29 | 0,52 | 0,51 | I1c | 18 | 0,44 | 0,51 | 26 | 0,31 | 0,47 |
| G3.1c | 25 | 0,60 | 0,50 | 29 | 0,52 | 0,51 | I1d | 18 | 0,44 | 0,51 | 26 | 0,31 | 0,47 |
| G3.1d | 26 | 0,58 | 0,50 | 29 | 0,52 | 0,51 | V3 | 21 | 0,57 | 0,51 | 28 | 0,43 | 0,50 |
| G3.1e | 25 | 0,28 | 0,46 | 29 | 0,24 | 0,44 | V4 | 22 | 0,50 | 0,51 | 28 | 0,39 | 0,50 |
| Mittelwerte aller Tests (Variante A) | | | | | | P = 0,63 | SD = 0,42 | | | | | | |
| Mittelwerte aller Tests (Variante B) | | | | | | P = 0,71 | SD = 0,40 | | | | | | |
| Mittelwerte sämtlicher Grundlagen G (Variante A) | | | | | | P = 0,67 | SD = 0,40 | | | | | | |
| Mittelwerte sämtlicher Grundlagen G (Variante B) | | | | | | P = 0,71 | SD = 0,39 | | | | | | |

Tabelle A.5.3.c Ergebnisse der Mathematiktests (TU Dortmund: DiF-Tutorium WS 11/12, DiF-Vorkurs WS 12/13; Universität Duisburg-Essen: WS 11/12, WS 12/13; Kapitel 14.4). Einbezogene Bearbeitungen (N), Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD) nach Auswertungsvariante A (nicht bearbeitete Aufgaben werden als falsch gewertet). Die Ergebnisse zu den Aufgaben V3 und V4 stammen zum Teil aus den Mechaniktests. Die Skalenmittelwerte sind unter Berücksichtigung von Fallausschluss bei fehlender Varianz berechnet.

| Aufgaben | Ausgeschlossene Aufgaben | Verbleibende Aufgaben | N | Auswertungsvariante A | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|----|-----------------------|------|------|-----------------|---------------------------------------|-------|-------|
| | | | | Schwierigkeitsindex P | | | Cronbachs Alpha | Trennschärfe (Inter-Item-Korrelation) | | |
| | | | | Mittel | Min. | Max. | | Mittel | Min. | Max. |
| G1.1 | G1.1b | 2 | 29 | 0,91 | 0,86 | 0,97 | -0,13 | -0,08 | -0,08 | -0,08 |
| G1.2 | | 3 | 29 | 0,75 | 0,66 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 0,42 | 0,55 |
| G1.3 | | 3 | 29 | 0,40 | 0,10 | 0,55 | 0,67 | 0,37 | 0,08 | 0,72 |
| G1 | G1.1b | 8 | 29 | 0,66 | 0,10 | 0,97 | 0,45 | 0,07 | -0,22 | 0,72 |
| G2.1 | | 4 | 29 | 0,66 | 0,45 | 0,97 | 0,54 | 0,25 | 0,17 | 0,44 |
| G2.2 | | 3 | 29 | 0,83 | 0,66 | 0,97 | 0,42 | 0,29 | 0,13 | 0,47 |
| G2.3 | | 8 | 29 | 0,59 | 0,35 | 0,93 | 0,75 | 0,25 | -0,09 | 0,73 |
| G2 | | 15 | 29 | 0,66 | 0,35 | 0,97 | 0,79 | 0,21 | -0,19 | 1,00 |
| G3.1 | | 5 | 29 | 0,43 | 0,24 | 0,52 | 0,72 | 0,34 | 0,06 | 0,59 |
| G3.2 | | 3 | 29 | 0,69 | 0,59 | 0,83 | 0,76 | 0,53 | 0,42 | 0,63 |
| G4.1 | G4.1a | 2 | 29 | 0,90 | 0,83 | 0,97 | -0,15 | -0,09 | -0,09 | -0,09 |
| G4.2 | | 3 | 29 | 0,74 | 0,59 | 0,83 | 0,45 | 0,22 | 0,09 | 0,36 |
| G3.2 & G4.2 | | 6 | 29 | 0,71 | 0,59 | 0,83 | 0,59 | 0,19 | -0,08 | 0,63 |
| G | G1.1b & G4.1.a | 36 | 29 | 0,65 | 0,10 | 0,97 | 0,85 | 0,12 | -0,51 | 1,00 |
| T1 | | 2 | 29 | 0,41 | 0,38 | 0,45 | 0,93 | 0,87 | 0,87 | 0,87 |
| T2 | | 2 | 29 | 0,55 | 0,45 | 0,66 | 0,36 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| T (T1 & T2) | | 4 | 29 | 0,48 | 0,38 | 0,66 | 0,53 | 0,21 | -0,18 | 0,87 |
| V2 | | 4 | 26 | 0,71 | 0,54 | 0,92 | 0,69 | 0,39 | 0,22 | 0,53 |
| V1 & V2 | | 5 | 26 | 0,69 | 0,54 | 0,92 | 0,69 | 0,34 | -0,01 | 0,53 |
| V3 & V4 | | 2 | 28 | 0,41 | 0,39 | 0,43 | 0,51 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| V (V1,V2, V3 & V4) | | 7 | 26 | 0,60 | 0,39 | 0,92 | 0,66 | 0,24 | -0,21 | 0,53 |
| D1 | | 5 | 26 | 0,63 | 0,35 | 0,89 | 0,42 | 0,13 | -0,18 | 0,51 |
| I1 | | 4 | 26 | 0,49 | 0,31 | 0,73 | 0,79 | 0,49 | 0,18 | 0,77 |
| D1 & I1 | | 9 | 26 | 0,57 | 0,31 | 0,89 | 0,77 | 0,27 | -0,28 | 0,77 |

A.5.4 Ergebnisse: Physikttests

Tabelle A.5.4.a Ergebnisse der Physikttests (TU Dortmund; Stichprobe s. Kapitel 14.4). Einbezogene Bearbeitungen (N), Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD). Die Aufgaben V4 und V5 entsprechen den Aufgaben V3 und V4 im Mathematiktest. Hier sind nur Ergebnisse zu diesen Aufgaben dargestellt, die im Rahmen des Mechaniktests erhoben wurden.

| Themenbereich | Inhalt | Aufgabe | N | P | SD |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|------|
| Mechanik | Interpretieren von x-y-Diagrammen | B1.1 | 8 | 1,00 | 0,00 |
| | | B1.2 | 8 | 0,50 | 0,54 |
| | | B3 | 8 | 0,38 | 0,52 |
| | Erstellen von x-y-Diagrammen anhand Wertetabelle sowie anhand Text/ Ausgleichsgerade einzeichnen/Durchschnittsgeschwindigkeit entnehmen | B4.1a) | 8 | 1,00 | 0,00 |
| | | B4.1b) | 8 | 0,75 | 0,46 |
| | | B4.2 | 8 | 0,75 | 0,46 |
| | Unterscheidung und Bedeutung von Betrag und Richtung von Vektoren | V1.1 | 8 | 1,00 | 0,00 |
| | | V1.2 | 8 | 0,88 | 0,35 |
| | | V1.3 | 8 | 0,75 | 0,46 |
| | Darstellung der Geschwindigkeit durch Einzeichnen von Vektoren | V2.1 | 8 | 0,38 | 0,52 |
| | | V2.2 | 8 | 0,38 | 0,52 |
| | | V2.3 | 8 | 0,13 | 0,35 |
| | Graphische Addition und Zerlegung von Vektoren/Darstellung von Kräften | V3.1 | 8 | 1,00 | 0,00 |
| | | V3.2 | 8 | 0,50 | 0,54 |
| | | V4 | 8 | 0,63 | 0,52 |
| | Wechselwirkungsprinzip | V5 | 8 | 0,50 | 0,54 |
| | | K1.1 | 6 | 0,83 | 0,41 |
| | | K1.2 | 6 | 0,17 | 0,41 |
| | In welchen Situationen wirkt Gewichtskraft? | K2.1 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| | | K2.2 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| | Hebelgesetz | H1.1 | 6 | 1,00 | 0,00 |
| | | H1.2 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| | Masse, Gewicht, Ortsfaktor | MGO1 | 6 | 1,00 | 0,00 |
| MGO2 | | 6 | 0,17 | 0,41 | |
| MGO3 | | 6 | 0,83 | 0,41 | |
| Elektrizitätslehre | Ladungsträger | L1 | 19 | 0,53 | 0,51 |
| | Stromkreise (Identifizieren der Schaltungsart/Transfer zwischen Darstellungsformen) | SK1 | 19 | 0,68 | 0,48 |
| | | SK2 | 19 | 0,95 | 0,23 |
| | | SK3 | 19 | 0,47 | 0,51 |
| | Berechnungen im Stromkreis | B1 | 19 | 0,42 | 0,51 |
| | | B2 | 19 | 0,68 | 0,48 |
| | | B3 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| | | B4 | 6 | 0,33 | 0,52 |
| | | B5 | 6 | 0,17 | 0,41 |
| | Potentialdifferenz | P1.1 | 19 | 0,37 | 0,50 |
| P1.2 | | 19 | 0,32 | 0,48 | |

| Themenbereich | Inhalt | Aufgabe | N | P | SD |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|------|------|
| Optik | Blenden | Bl1 | 20 | 0,55 | 0,51 |
| | | Bl2 | 20 | 0,60 | 0,50 |
| | Brechungsgesetz | Br1 | 20 | 0,45 | 0,51 |
| | | Br2 | 20 | 0,25 | 0,44 |
| | Konstruktion am Spiegel | KSp2 | 20 | 0,05 | 0,22 |
| | Konstruktion an Linsen | KL1 | 20 | 0,80 | 0,41 |
| | | KL2 | 20 | 0,15 | 0,37 |
| | Konstruktion von Schatten | KSc1 | 20 | 0,50 | 0,51 |
| | Spiegel | Sp1 | 20 | 0,80 | 0,41 |
| | | Sp2 | 20 | 0,15 | 0,37 |
| | | Sp3 | 20 | 0,85 | 0,37 |
| | Abbildung | Abb1 | 7 | 0,71 | 0,49 |
| | Schatten | Sc1 | 7 | 0,71 | 0,49 |
| | Wärmelehre | Thermisches Gleichgewicht | TG1.1 | 5 | 0,60 |
| TG1.2 | | | 5 | 0,40 | 0,55 |
| TG1.3 | | | 5 | 0,40 | 0,55 |
| TG2 | | | 5 | 0,60 | 0,55 |
| TG3 | | | 5 | 0,60 | 0,55 |
| Mischungstemperatur | | MT1 | 5 | 0,80 | 0,45 |
| | | MT2 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| | | MT3 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| Innere Energie | | IE1 | 5 | 0,60 | 0,55 |
| | | IE2 | 5 | 0,00 | 0,00 |
| | | IE3 | 5 | 0,20 | 0,45 |
| Spezifische Wärmekapazität | | CT1 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| | | CW1 | 5 | 0,80 | 0,45 |
| | | CW2.1 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| | | CW2.2 | 5 | 0,60 | 0,55 |
| Wärmeausdehnung bei Festkörpern | | A1.1 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| | | A1.2 | 5 | 0,80 | 0,45 |
| | | A2 | 5 | 0,80 | 0,45 |
| Teilchenanzahl | | N1 | 5 | 0,60 | 0,55 |
| Temperatur | | T1 | 5 | 0,00 | 0,00 |
| Ideales Gasgesetz | | IGG1.1 | 5 | 0,60 | 0,55 |
| | IGG1.2 | 5 | 0,20 | 0,45 | |
| | IGG2.1 | 5 | 0,00 | 0,00 | |
| | IGG2.2 | 5 | 0,20 | 0,45 | |
| | IGG3 | 5 | 0,40 | 0,55 | |
| Mechanik (gesamt) | | | 26 | 0,66 | 0,36 |
| Wärmelehre (gesamt) | | | 25 | 0,57 | 0,35 |
| Elektrizitätslehre (gesamt) | | | 11 | 0,51 | 0,47 |
| Optik (gesamt) | | | 13 | 0,51 | 0,43 |

Tabelle A.5.4.b Vergleich Kontrollgruppe zu Lehramtsstudierenden (Kapitel 14.4). Einbezogene Bearbeitungen (N), Schwierigkeitsindizes (P) und Standardabweichungen (SD) der Aufgaben nach Auswertungsvariante A (nicht bearbeitete Aufgaben werden als falsch gewertet).

| Themenbereich | Aufgabe | Vergleichsgruppe | | | Lehramtsstudierende | | |
|--------------------|---------|------------------|------|------|---------------------|------|------|
| | | N | P | SD | N | P | SD |
| Mechanik | B3 | 77 | 0,06 | 0,25 | 8 | 0,38 | 0,52 |
| | K2.1 | 77 | 0,88 | 0,32 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| | K2.2 | 77 | 0,86 | 0,35 | 6 | 0,67 | 0,52 |
| Wärmelehre | CT1 | 77 | 0,92 | 0,27 | 5 | 1,00 | 0,00 |
| | CW1 | 77 | 0,94 | 0,25 | 5 | 0,80 | 0,45 |
| | IGG2.1 | 77 | 0,64 | 0,48 | 5 | 0,00 | 0,00 |
| | IGG2.2 | 77 | 0,62 | 0,49 | 5 | 0,20 | 0,45 |
| Elektrizitätslehre | L1 | 77 | 0,35 | 0,48 | 19 | 0,53 | 0,51 |
| | B1 | 77 | 0,21 | 0,41 | 19 | 0,42 | 0,51 |
| | B4 | 77 | 0,06 | 0,25 | 6 | 0,33 | 0,52 |
| | P1.1 | 77 | 0,31 | 0,47 | 19 | 0,37 | 0,50 |
| | P1.2 | 77 | 0,22 | 0,42 | 19 | 0,32 | 0,48 |
| | Bl1 | 77 | 0,03 | 0,16 | 20 | 0,55 | 0,51 |
| Optik | Abb1 | 77 | 0,96 | 0,20 | 7 | 0,71 | 0,49 |
| | Sp1 | 77 | 0,44 | 0,50 | 20 | 0,80 | 0,41 |
| | Sp2 | 77 | 0,05 | 0,22 | 20 | 0,15 | 0,37 |
| | Br1 | 77 | 0,19 | 0,40 | 20 | 0,45 | 0,51 |
| | | | | | | | |

A.5.5 Quellen der Aufgaben

Tabelle A.5.5 Quellen der übernommenen bzw. adaptierten Aufgaben der Testhefte.

| Testheft | Aufgaben | | Quellen | Aufgabe im Testheft |
|--------------------|----------|-----------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | gesamt | adaptiert | | |
| Mechanik | 25 | 16 | ZANDER (2011) | B1.1, B1.2, V1.1, V1.2, V1.3, V3.1, V3.2, MGO1 |
| | | | leifiphysik.de | B4.1a, B4.1b |
| | | | TIMSS (2001) | K2.1, K2.2, H1.1, H1.2 |
| | | | HESTENES et al. (1992; nach ZANDER, 2011) | K1.1 K1.2 |
| Wärmelehre | 25 | 7 | EINHAUS (2007) | TG3, T1, A1.1, A1.2, A2, IGG3 |
| | | | SCHMIDT (2008) | TG2 |
| Elektrizitätslehre | 11 | 11 | RHÖNECK, v. C. (1986; nach SCHREIBER, 2012) | L1, B1, B2, P1.1, P1.2 |
| | | | RHÖNECK, v. C. (1986) | B5 |
| | | | ENGELHARDT & BEICHNER (2004; nach SCHREIBER, 2012) | SK1, SK2, SK3, |
| | | | ENGELHARDT & BEICHNER (2004) | B3, B4 |
| Optik | 13 | 6 | HERDT (1990) | Bl1 |
| | | | WIESNER (1986) | Sp1 |
| | | | SHECKER H. (o.J.) | Sp2 |
| | | | WIESNER (1992) | Sp3 |
| | | | TIMSS (1997) | Br1 |
| | | | leifiphysik.de | Sc1 |

A.6 Diagnoserückmeldung & Fördermaterialien

A.6.1 Diagnoserückmeldung Mechaniktest Teil 1

Diagnoserückmeldung zum Test Mechanik Grundlagen 1



Liebe/r [Teilnehmer],

nachfolgend findest Du eine Übersicht über die in dem Diagnostischen Test zu den Mechanik Grundlagen Teil 1 getesteten Bereiche und Konzepte. Diese decken einige grundlegende Prinzipien und Konzepte ab, die im Grunde bereits in der Schule behandelt worden sein sollten.

Anhand der Testbearbeitung geben wir eine individuelle Einschätzung. Hierbei gehen wir nicht von der Anzahl der Fehler bei einer Aufgabe aus, sondern versuchen anhand der Bearbeitung einzuschätzen, ob die Konzepte selber Schwierigkeiten bereiten, oder z.B. nur ein Hinweis auf die richtige Lösung reicht. Du solltest dir daher deine Testbearbeitung auch einmal in Ruhe und im Detail anschauen um auch selber deinen Förderbedarf abschätzen und die Aufgaben wenn nötig nachbereiten oder Förderangebote auszuwählen.

Die Tabelle zeigt die Zuordnung der Aufgaben sowie die jeweils primär benötigten Fähigkeiten bzw. Konzepten. Du kannst der Tabelle außerdem entnehmen, ob zu diesem Bereich Selbstlerneinheiten und / oder spezielle Fördermaterialien im Tutorium angeboten werden. Die Teilnahme bzw. Nutzung der Förderangebote ist freiwillig und bleibt Dir selbst überlassen. Du kannst selbstverständlich auch die Förderangebote zu den Bereichen nutzen, bei denen Du keine oder nur geringe Unsicherheiten hast, um dein Wissen zu festigen oder zu vertiefen.

Solltest Du dazu Fragen haben oder Erklärungen wünschen, können diese gerne mit den Tutoren besprochen werden. Bedenke, dass die abgefragten Fähigkeiten und Konzepte wichtige Grundlagen und Bausteine für das Verständnis der Physik sind und so oder so ähnlich auch Teil des Schulunterrichts sein werden.

Deine Tutoren

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unsere Einschätzung <small>(Inhaltliche Erläuterungen zu den Kürzeln B1.1 etc. siehe Tabelle)</small> | Die Aufgaben B3 und V2 scheinen Schwierigkeiten zu bereiten, eventuell auch V1 und V5. Du solltest den korrigierten Test auch einmal in Ruhe durchgehen und dabei selber abschätzen, ob eventuell darüber hinaus Förderbedarf besteht. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Bereiche | Fähigkeiten | Testaufgabe | Fördermaterial zur Verfügung | Förderangebote im Tutorium | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| Prinzipien der Bewegung (Ort, Zeit, Geschwindigkeit) | Interpretieren von x-y-Diagrammen | B1.1 - t-s-Diagramm: gleichförmige Bewegung - verschiedene Phasen | | | |
| | | B1.2 - t-s-Diagramm: gleichförmige Bewegung - Vergleich zweier gleichförmiger Bewegungen | | | |
| | | B3 - t-v-Diagramm: gleichförmige Bewegung, beschleunigte Bewegung | Fördermaterial | | |
| | Erstellen von x-y-Diagrammen | B4.1 a) - t-s-Diagramm: quantitativ anhand Wertetabelle erstellen, gleichförmige Bewegung | | | |
| | | B4.1 b) - t-s-Diagramm: Ausgleichsgerade einzeichnen, Durchschnittsgeschwindigkeit entnehmen (Steigung der Ausgleichsgerade interpretieren / Steigungsdreieck) | Fördermaterial | | |
| | | B4.2 - t-s-Diagramm: qualitativ anhand Text erstellen, gleichförmige Bewegung, Stillstand, Ausgangsort | Fördermaterial | | |
| Prinzipien der Vektorialen Darstellung von Größen | Unterscheidung und Bedeutung von Betrag und Richtung von Vektoren | V1.1 - Unterscheidung von Betrag und Richtung bei Vektoren | | Tutorium | |
| | | V1.2 - Interpretation der Bedeutung von Betrag und Richtung bei Geschwindigkeiten | | | |
| | | V1.3 - Interpretation der Bedeutung von Betrag und Richtung bei Kräften | | | |
| | Darstellung von Geschwindigkeit durch Einzeichnen von Vektoren | V2.1 - konstanter Betrag, unterschiedliche Richtung (Zug auf Schiene) | | Tutorium | |
| | | V2.2 - unterschiedlicher Betrag, gleiche Richtung (Rotation Scheibe) | | | |
| | | V2.3 - unterschiedlicher Betrag, unterschiedliche Richtung (Pendel) | | | |
| | Graphische Addition und Zerlegung von Vektoren / Darstellung von Kräften | V3.1 - Interpretation der Darstellung von Vektoren am Beispiel Federwaage – Darstellung des Betrags der Kraft | | | |
| | | V3.2 – Kräftegleichgewicht von Vektoren am Beispiel Federwaage – Richtung der Ausgleichskraft | | | |
| | | V4 - Graphische Addition von Vektoren am Beispiel Kräfte | Fördermaterial | | |
| V5 - Graphische Zerlegung von Vektoren am Beispiel Kräfte, Schiefe Ebene | Fördermaterial | | | | |

A.6.2 Themen und Inhalte der Fördermaterialien

Tabelle A.6.2 Themenbereiche und Inhaltsschwerpunkte der entwickelten Fördermaterialien. Bei Interesse an den Fördermaterialien wenden Sie sich bitte an den Autor (alexander.pusch@tu-dortmund.de).

| Thema | Kürzel | Inhalt | Art |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Mathematische Grundlagen | G1.3 | Kombinieren mehrerer Formeln/Umstellen/Auflösen | Fördermaterial |
| | G2.1 | Vorfaktoren umrechnen | Fördermaterial |
| | G2.2 | Umrechnen von Größen in SI-Einheiten | Fördermaterial |
| | G2.3 | Flächen und Volumen umrechnen | Fördermaterial |
| | G3.1 | Bruchrechnung/Doppelbrüche | Fördermaterial |
| | G3.2 + G4.2 | 10er-Potenzen umrechnen | Fördermaterial |
| Trigonometrische Funktionen | T1.1 + T1.2 | sin & cos zeichnen und typische Werte angeben | Fördermaterial |
| | T2.1 | Dreiecksberechnung mit sin & cos | Fördermaterial |
| | T2.2 | Dreiecksberechnung mit Pythagoras | Fördermaterial |
| Vektoren | V1 | Aufstellen von Vektoren | Fördermaterial |
| | V2 a) | Addition von Vektoren | Übersicht über Rechenregeln & Übungsaufgaben |
| | V2 b) | Skalarprodukt (Punktprodukt) | |
| | V2 c) | Vektorprodukt (Kreuzprodukt) | |
| | V2 d) | Bilden des Betrags eines Vektors | |
| | V3 | Graphische Addition von Vektoren | Fördermaterial |
| V4 | Graphische Zerlegung von Vektoren | Fördermaterial | |
| Differential- und Integralrechnung | D1 a),b),c) | Differentialrechnung („einfache“ Ableitungen) | Übersicht über Rechenregeln & Übungsaufgaben |
| | D1 d) | Differentialrechnung (Produktregel) | |
| | D1 e) | Differentialrechnung (Quotientenregel) | |
| | I1 | Integralrechnung (Stammfunktionen) | |
| Mechanik | B4.1b) | Durchschnittsgeschwindigkeit mit Hilfe eines Steigungsdreiecks berechnen | Fördermaterial |

A.6.3 Fördermaterial G3.1 - Bruchrechnung

Fördermaterial G3.1 Doppelbrüche

dortMINT
DiF-Instrument

1 Fachliche Grundlagen

1.1 Sinn und Zweck

Beim Kombinieren von Formeln oder nach dem Einsetzen von Brüchen in Formeln kann es oft auftreten, dass dabei so genannte Doppelbrüche entstehen. Das sind Terme bei denen ein Bruch durch einen weiteren Bruch geteilt wird. Diese gilt es aufgrund ihrer unhandlichen Form zu vereinfachen um das weitere Umstellen oder Berechnen von Werten zu erleichtern.

1.2 Abstrakte Vorgehensweise

Brüche werden im Allgemeinen so dargestellt: $\frac{\text{Zähler}}{\text{Nenner}}$

Das bedeutet Zähler dividiert durch Nenner oder in anderer Schreibweise Zähler/Nenner oder Zähler: Nenner. Der Nenner darf nicht 0 sein, da eine Division durch 0 nicht definiert ist.

Das Vereinfachen eines Doppelbruches geschieht, indem statt durch den Nenner (also den unteren Bruch) zu dividieren, mit dem Kehrwert des Nenners multipliziert wird.

Den Kehrwert eines Bruchs erhält man, indem man Zähler und Nenner vertauscht.

Doppelbruch: $\frac{\frac{a}{b}}{c}$ der untere Bruch ist $\frac{c}{d}$ der Kehrwert von $\frac{c}{d}$ ist $\frac{d}{c}$ somit ist $\frac{\frac{a}{b}}{c} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{ad}{bc}$

Ein Spezialfall liegt vor, wenn im Nenner des Doppelbruches kein echter Bruch steht, also z.B. $\frac{a}{\frac{b}{c}}$.

Dann kann man den Ausdruck vereinfachen, indem man c dennoch als Bruch auffasst ($c = \frac{c}{1}$).

Dann lässt sich die obige Regel anwenden und mit dem Kehrwert ($\frac{1}{c}$) multiplizieren:

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{1}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{c} = \frac{a}{b \cdot c}$$

Ein weiterer Spezialfall wäre, dass im Zähler kein echter Bruch steht, als z.B. $\frac{a}{\frac{b}{c}}$. Dann fasst man a analog als

Bruch ($a = \frac{a}{1}$) auf und wendet die obige Regel an: $\frac{\frac{a}{1}}{\frac{b}{c}} = \frac{a}{1} \cdot \frac{c}{b} = \frac{a \cdot c}{b}$.

2 Ausführlich gelöste Beispiele

2.1 Vereinfachen von Doppelbrüchen

Durch Einsetzen von Werten ist der folgende Doppelbruch entstanden:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{5m}{10s}}{\frac{2}{3}s}$$

Wir vereinfachen, indem wir mit dem Kehrwert des Nenners (also des gesamten unteren Bruches) multiplizieren. Wichtig dabei ist, nicht die Einheit s zu vergessen. Von den Einheiten muss ebenfalls der Kehrwert gebildet werden, hier $\frac{1}{s}$!

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{5m}{10s}}{\frac{2}{3}s} = \frac{5m}{10s} \cdot \frac{3}{2s}$$

Fördermaterial

G3.1 Doppelbrüche

Wir rechnen weiter aus:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{5\text{m}}{10\text{s}}}{\frac{2}{3}\text{s}} = \frac{5\text{m}}{10\text{s}} \cdot \frac{3}{2\text{s}} = \frac{15\text{m}}{20\text{s}^2} = \frac{3\text{m}}{4\text{s}^2} = 0,75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Dass sich die Einheit einer Beschleunigung ergibt, ist hier ein Hinweis, dass der Doppelbruch richtig aufgelöst wurde.

Ein weiteres Beispiel für den oben beschriebenen Spezialfall:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{300\text{m}}{10\text{s}}}{3\text{s}}$$

Wir vereinfachen, indem wir mit dem Kehrwert des Nenners multiplizieren. Der Nenner ist 3s, der Kehrwert von 3s ist $\frac{1}{3\text{s}}$. Auch hier ist ebenfalls der Kehrwert der Einheit zu beachten!

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{300\text{m}}{10\text{s}}}{3\text{s}} = \frac{300\text{m}}{10\text{s}} \cdot \frac{1}{3\text{s}} = \frac{10\text{m}}{\text{s}^2} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2.2 Verschiedenen Schreibweisen von Brüchen

Teilweise stößt man auch auf (Doppel-)Brüche in einer anderen Schreibweise:

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{12}{9} \text{ oder } \frac{3}{4} / \frac{12}{9}$$

Da der Bruchstrich im Prinzip eine normale Division beschreibt, lassen sich die jeweiligen „Geteiltzeichen“ (: oder /) durch einen Bruchstrich ersetzen. Wir erhalten daher als Doppelbruch:

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{12}{9} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{12}{9}}$$

Wir vereinfachen diesen durch Multiplikation mit dem Kehrwert des Nenners auf:

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{12}{9} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{12}{9}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{9}{12} = \frac{3 \cdot 9}{4 \cdot 12}$$

Bevor wir die beiden Brüche multiplizieren können, können wir Zähler und Nenner kürzen:

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{12}{9} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{12}{9}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{9}{12} = \frac{3 \cdot 9}{4 \cdot 12} = \frac{1 \cdot 9}{4 \cdot 4} = \frac{9}{16}$$

Fördermaterial
G3.1 Doppelbrüche

3 Aufgaben zum Üben und Festigen

Lösen Sie die folgenden Brüche auf. Achten Sie insbesondere auch auf die Einheiten.

$$\text{a) } \frac{\frac{20\text{m}}{3\text{ s}}}{10\text{s}} =$$

$$\text{b) } \frac{820\text{N}}{10\frac{\text{N}}{\text{kg}}} =$$

$$\text{c) } \frac{\frac{13\text{m}}{2\text{s}}}{\frac{3\text{m}}{2\text{s}^2}} =$$

$$\text{d) } \frac{21\text{V}}{\frac{7}{3}\text{V}} =$$

$$\text{e) } \frac{\frac{42}{5}\text{J}}{\frac{7}{40}\text{J}} =$$

$$\text{f) } 20\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\frac{930}{31}\text{m}}{\frac{10\text{m}}{6\text{ s}^2}}} =$$

$$\text{g) } 2 \cdot \frac{\frac{7}{1000}\text{m}}{7\text{s}} =$$

$$\text{h) } \frac{14}{9} : \left(\frac{7}{3\text{s}}\right) =$$

$$\text{i) } \frac{3\text{kg} \cdot 2\text{m}}{\frac{3\text{m}}{\frac{4}{\text{s}^2}}} =$$

$$\text{j) } \sqrt{\frac{72\text{m}}{\frac{4}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{2}}} =$$

$$\text{k) } \frac{40 \cdot \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}}}{4\text{s}} =$$

Fördermaterial
G3.1 Doppelbrüche

4 Kontrolllösungen

Lösen Sie die folgenden Brüche auf. Achten Sie insbesondere auch auf die Einheiten.

$$\text{a) } \frac{\frac{20\text{m}}{3\text{ s}}}{10\text{s}} = \frac{2\text{ m}}{3\text{ s}^2}$$

$$\text{b) } \frac{820\text{N}}{10\frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 82\text{kg}$$

$$\text{c) } \frac{\frac{13\text{m}}{2\text{s}}}{\frac{3\text{m}}{2\text{s}^2}} = 4\frac{1}{3}\text{s}$$

$$\text{d) } \frac{21\text{V}}{\frac{7}{3}\text{V}} = 9$$

$$\text{e) } \frac{\frac{42}{5}\text{J}}{\frac{7}{40}\text{J}} = 48$$

$$\text{f) } 20\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\frac{930}{31}\text{m}}{\frac{10\text{m}}{6\text{ s}^2}}} = 120\text{m}$$

$$\text{g) } 2 \cdot \frac{\frac{7}{1000}\text{m}}{7\text{s}} = \frac{1}{500}\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{h) } \frac{14}{9} : \left(\frac{7}{3\text{s}}\right) = \frac{2}{3}\text{s}$$

$$\text{i) } \frac{3\text{kg} \cdot 2\text{m}}{\frac{3\text{m}}{4\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 8\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{j) } \sqrt{\frac{72\text{m}}{4\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 6\text{s}$$

$$\text{k) } \frac{40 \cdot \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}}}{4\text{s}} = 2,7\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

B Interviewleitfaden

B.1 WS 09/10 (Übung)

| Leitfragen | Checkliste |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 1 Fragen zum Studium. <i>Als erstes möchte ich dir ein paar Fragen zu deinem Studium stellen...</i></p> <p>a. Welche Fächerkombination studierst du? b. Für welche Schulstufe bzw. welchen Lehramtsabschluss? c. In welchem Fachsemester bist du? d. Besuchst du die Übung zum ersten Mal? e. Falls nein - wie oft hast du schon die Klausur mitgeschrieben? f. Besuchst du auch das Tutorium?</p> | <p>Studium</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fächerkombination • Schulstufe/Abschluss • Fachsemester • Tutorium besucht |
| <p>Teil 2 Fragen zu den Übungszetteln. <i>Ich möchte dir jetzt Fragen zu den Übungszetteln und der Bearbeitung stellen...</i></p> <p>a. Empfindest du die Aufgaben des Übungszettels insgesamt eher als leicht, mittel oder schwer? b. Bearbeitest du den Übungszettel meist alleine, zusammen mit anderen oder teils teils? [In letzterem Fall bitte präzisieren] c. Bearbeitest du den Übungszettel meist nur einmal oder bearbeitest du ihn mehrmals, wie z.B. über mehrere Tage hinweg? d. Wie viel Zeit wendest du durchschnittlich für die Bearbeitung eines Übungszettels auf? e. Was sind die größten Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Übungszettel? f. Hast du ein typisches Vorgehen beim Bearbeiten des Übungszettels? g. Falls ja – beschreibe dein typisches Vorgehen, wenn du Übungsaufgaben löst. h. Wenn du eine der Aufgaben des Übungszettels nicht lösen kannst, gibst du dann gar nichts oder zumindest Ansätze und Lösungsversuche, wie z.B. eine Skizze, der entsprechenden Aufgabe ab?</p> | <p>Übungszettel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwierigkeit der Übungszettel • Bearbeitung alleine/in Gruppe • Bearbeitung über mehrere Tage hinweg • Zeiteinsatz • größte Schwierigkeiten • Typisches Vorgehen • Abgabe von Ansätzen und Lösungsversuchen |
| <p>Teil 3 Fragen zu Diagnose und individueller Förderung. <i>Nun will ich dir Fragen zu Diagnose und individueller Förderung, nachfolgend auch kurz DiF genannt, stellen...</i></p> <p>a. Denkst du, dass wir deine Stärken und Schwächen in Physik gut kennen sollten oder möchtest du das lieber für Dich behalten? b. Wenn nein – warum nicht?/Wenn ja – was versprichst du dir davon? c. Meinst du, dass wir deine Stärken und Schwächen in Physik bereits gut kennen? d. Wenn ja – Woran machst du das fest? Wenn nein - hast du Vorschläge, wie wir davon erfahren sollten (Mitteilung deinerseits, Nachfrage unsererseits, Tests,...)? e. Hast du den Eindruck, dass wir deine persönlichen Stärken individuell fördern? f. Bieten wir dir ausreichend Unterstützungsangebote, die Deinen speziellen Schwächen angepasst sind? g. Siehst du Möglichkeiten, deine individuelle Förderung durch uns zu verbessern? Vorschläge? h. Weißt du, dass du DiF später in der Schule können musst? i. Denkst du, dass es dir hilft, wenn du DiF zunächst selber bei deinem eigenen Lernprozess erlebst, oder reicht es, Theorie zu DiF in der Fachdidaktik zu lernen?</p> | <p>Meinung zu DiF</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stärken und Schwächen den Betreuern bekannt? • Genug gefördert? • Verbesserungsvorschläge • DiF in Schule umsetzen • DiF zunächst selber erlernen |

B.2 WS 10/11 (DiF-Übung)

| Leitfragen | Checkliste |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 1 Erleben von DiF. <i>Zu Beginn möchte ich von dir wissen...</i></p> <p>Wie war es für dich Diagnose und individuelle Förderung in der Übung zu erleben? → angenehm, neu, lästig, interessant etc.</p> | <p>Erleben von DiF</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meinung? |
| <p>Teil 2 Diagnose-Instrumente im Detail. <i>Ich möchte, dass du mir zu jedem Instrument sagst, wie du es erlebt hast und wie du damit umgegangen bist. Such dir eins aus, mit dem du beginnen möchtest.</i></p> <p>Für jedes Instrument:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Wie hast du das Instrument erlebt? b. Was war positiv? Was negativ? c. Wie war der Umgang mit den DiF-Instrumenten? Wie hast du sie benutzt? d. Hat es dir „etwas“ gebracht? Wenn ja was? (fachinhaltlich, methodisch, organisatorisch) e. Benutzt du die Instrumente als Klausurvorbereitung? Wenn ja, wie? f. Was kann man verbessern? Wie kann man die Instrumente noch passender für dich gestalten? <p><i>(Es werden die Instrumente als Erinnerungshilfe ausgelegt: Diagnosecheckliste, Lerntagebuch, , Übersicht über Selbstlerneinheiten, Anleitung für kommentierte Lösungen)</i></p> | <p>DiF-Instrumente im Detail</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erleben? • Positiv/Negativ? • Umgang/Nutzung? • Nutzen gebracht? • Klausurvorbereitung? • Verbesserungsvorschläge? • Diagnosecheckliste • Lerntagebuch • Selbstlerneinheiten • Kommentierte Lösung erstellen |
| <p>Teil 3 Fördermaßnahmen im Detail. <i>Wie fandest du die Fördermaßnahmen, die du erhalten hast? Such dir eines aus, mit dem du beginnen möchtest.</i></p> <p>Für jede Maßnahme:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Hat es dir etwas gebracht? Wenn was? (fachinhaltlich, methodisch, organisatorisch) b. Hast du dir die Fördermaßnahmen so vorgestellt? Entsprechen sie von der Art und dem Umfang deinen Erwartungen? c. Was kann man verbessern? Wie kann man die Förderangebote noch passender für dich gestalten? <p><i>(Förderplan + Fördermaterial + Tutorium des mathematischen Eingangstest, Diagnoserückmeldung des FCI, Erstellen (und Überarbeiten) der kommentierter Lösungen, Diagnoserückmeldung des Übungszettels + ggf. Liste mit erhaltenen Förderempfehlungen werden vorgelegt)</i></p> | <p>Fördermaßnahmen im Detail</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzen? • Erwartungen entsprechen? • Verbesserungsvorschläge? • Förderplan • Fördermaterial • Tutorium zum Mathetest • Diagnosecherückmeldung FCI • Erstellen/Überarbeiten der KL • Diagnoserückmeldung des Übungszettel |
| <p>Teil 4 Tutorium. <i>Nun möchte ich mit dir über das das freiwillige Tutorium sprechen, falls du dieses besucht hast.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> a. Erzähl mir mal, wie du das Tutorium gefunden hast. b. Konnte das Tutorium durch den mathematischen Eingangstest und ggf. gestellter Detaildiagnose auf der Diagnoserückmeldung passender für dich angeboten werden? c. Wie hat dir das Tutorium helfen können? d. Wie könnte das Tutorium verbessert werden? e. Würdest du dir einen größeren zeitlichen Umfang wünschen? Bspw. jede Woche 2h, jede Woche 1h oder alle 2 Wochen 2h? <p><i>(Themenliste wird ausgelegt)</i></p> | <p>Tutorium</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meinung? • Passend für dich? • Hilfreich? • Verbesserungsvorschläge? • Mehr Umfang? |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 5 Übungszettelbearbeitung. <i>Als nächstes sprechen wir darüber, wie du die Übungszettel und die Aufgaben bearbeitest.</i></p> | <p>Übungszettelbearbeitung</p> |
| <p>a. Wo treten beim Bearbeiten der Übungsaufgaben Schwierigkeiten auf? b. Kannst du die Schwierigkeiten benennen? c. Hilft dir die Diagnosecheckliste, die Schwierigkeiten zu präzisieren? d. Haben sich deine Schwierigkeiten verändert?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Schwierigkeiten? • Beschreibung! • Hilft DC beim präzisieren? • Schwierigkeiten verändert? |
| <p>Teil 6 Lernstrategien für Klausur. <i>Jetzt sprechen wir als nächstes über deine Klausurvorbereitung.</i></p> | <p>Klausurvorbereitung</p> |
| <p>a. Wie bereitest du dich auf die Klausur vor? Beschreibe mir mal deine Strategie. b. Wie lange vor der Klausur beginnst du mit den Vorbereitungen? c. Auf welche Note lernst du? d. Lernst du alleine oder in Gruppen? e. Wie bereitest dich vor? Rechnen von Aufgaben, Lernen von Definitionen und Formeln etc.? f. Lernst du in der Klausurvorbereitung gleichmäßig verteilt oder gegen Ende mehr? g. Machst du dir einen Lernplan? (bspw. Zeitplan, Lerninhaltsplan etc.) h. Benutzt du für die Vorbereitung der Klausur die DiF-Instrumente? → Wenn ja, welche, wie und wofür? i. Wie viele Klausuren möchtest du dieses Semester überhaupt schreiben?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung! • Zeitraum? • Notenziel? • Alleine/Gruppe? • Art der Vorbereitung? • gleichmäßig/ansteigend? • Lernplan? • DiF-Instrumente? • Anzahl Klausuren? |
| <p>Teil 7 Umsetzung von DiF im späteren Lehrberuf. <i>Ich möchte, dass du dir bei den nächsten Fragen überlegst, ob dich das Erleben von DiF in dieser Veranstaltung im Bezug auf die Vorstellung deines zukünftigen Lehrerberufs beeinflusst hat.</i></p> | <p>DiF im Lehrberuf</p> |
| <p>a. Bist du der Meinung, dass du durch das Erleben von DiF in dieser Veranstaltung DiF in der Schule eher umsetzen kannst? Begründe bitte. b. Bist du der Meinung, dass du durch das Erleben von DiF in dieser Veranstaltung DiF in der Schule wirkungsvoller umsetzen kannst? Begründe bitte. c. Welche Instrumente würdest du evtl. in der Schule einsetzen? Begründe bitte.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Eher umsetzen? • Wirkungsvoller umsetzen? • Für Schule geeignete DiF-Instrumente? |

B.3 SS 11 (DiF-Tutorium)

| Leitfragen | Checkliste |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 1 Erleben von DiF. <i>Zu Beginn möchte ich von dir Folgendes wissen...</i></p> <p>Wie war es für dich Diagnose und individuelle Förderung in dem DiF-Tutorium zu erleben? → angenehm, neu, lästig, interessant etc.</p> | <p>Erleben von DiF</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meinung? |
| <p>Teil 2 Fragen zum Konzept im Tutorium. <i>Ich möchte mir dir über das Konzept des Tutoriums sprechen.</i></p> <p>a. Beschreibe bitte, wie du das Konzept der Diagnose und individuellen Förderung in diesem Tutorium empfunden hast.</p> <p>b. Welche Erwartungen hattest du an das DiF-Tutorium? (Warum bist du ins Tutorium gegangen?)</p> | <p>Empfinden des Konzepts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was war positiv? Was negativ? • Erwartungen/Einstellung zum Tutorium? |
| <p>Teil 3 Fragen zur Diagnose durch die Tests. <i>Ich möchte mir dir über die Diagnose durch die Tests sprechen.</i></p> <p>a. Wie fandest du die Diagnoserückmeldungen (d.h. den Zettel, der auf den Tests geheftet war) zu den einzelnen Tests?</p> <p>b. „Passte“ die gestellte Diagnose zu deinen Schwierigkeiten?</p> <p>c. War diese Diagnose für dich plausibel und nachvollziehbar?</p> <p><i>(Blankorückmeldungen werden ausgelegt)</i></p> | <p>Diagnose durch Test</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meinung zu Diagnoserückmeldungen • „passte“ Diagnose zu Schwierigkeiten? • Diagnose plausibel und nachvollziehbar? |
| <p>Teil 3 Fragen zur Förderung durch spezielle Fördertermine <i>Als nächstes sprechen wir über die Fördertermine. Anhand der diagnostischen Tests wurde ein Großteil der Inhalte der einzelnen Sitzungen gestaltet.</i></p> <p>a. Fandest du diese Gestaltung zu deinen Schwierigkeiten passend? (Zu der jeweils gestellten Diagnose)</p> <p>b. Konntest du die Ausgestaltung der einzelnen Sitzungen nachvollziehen?</p> <p>c. Hast du die jeweiligen Sitzungen als gezielte Förderung erlebt?</p> <p>d. Kannst du die dich ganz konkret an ein Beispiel erinnern, wo du Schwierigkeiten hattest und dir das Tutorium geholfen hat? → Passende Aufgabe raussuchen und lösen lassen.</p> <p><i>(Themenliste aus Fragebogen wird ausgelegt)</i></p> | <p>Fördertermine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tutorium zu Schwierigkeiten passend? • Förderung plausibel und nachvollziehbar? • Die Sitzungen als Förderung erlebt? • Konkretes Beispiel für Hilfe im Tutorium zu Schwierigkeiten? |
| <p>Teil 6 Fragen zum Nutzen von Selbstlerneinheiten (Übungsaufgaben + KL) <i>Jetzt besprechen wir die Selbstlerneinheiten (SLE). Dies waren Übungsaufgaben und dazu passende kommentierte Lösungen. (Auf klare Unterscheidung der Begriffe achten!)</i></p> <p>a. Hast du in diesem Semester die SLE genutzt?</p> <p>b. Wie hast du mit den SLE gearbeitet?</p> <p>c. Hast du die zusätzlichen Übungsaufgaben und dazugehörigen Kommentierten Lösungen (Selbstlerneinheiten) als Förderung angesehen? → Was war daran hilfreich? → Hast du die SLE als individuell auf dich zugeschnitten empfunden? (Was genau war daran für dich individuell? Die Einheiten waren für alle gleich)</p> <p>d. Welche Vorteile haben dir die SLE gebracht? Kannst du das an einem Beispiel beschreiben?</p> <p>e. Nutzt du die SLE bei der Klausurvorbereitung?</p> | <p>Selbstlerneinheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • SLE genutzt? • Wie wurde mit SLEs gearbeitet? • SLEs als (individuelles) Förderinstrument erlebt? • Vorteile beim Arbeiten mit SLEs (Struktur?) • Vorteile (Beispiele)? • In Klausurvorbereitung genutzt? |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 7 Vergleich zum letzten Semester (Skip-Option). <i>In den vergangenen Semestern haben wir in der Übung versucht, verschiedene Konzepte von DiF-Erleben umzusetzen. Einmal durch den Einsatz verschiedener DiF-Instrumente in der Übung und nun hier in einem DiF-Tutorium.</i></p> | <p>Vergleich zur DiF-Übung</p> |
| <p>a. Wo hast du die größten Unterschiede zwischen den beiden Veranstaltungsformen (DiF-Übung – DiF-Tutorium) erfahren? b. Hat sich deine Einstellung zu DiF verändert oder entwickelt?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich der Konzepte • Entwicklung von Einstellungen |
| <p>Teil 8 Umsetzung von DiF in späterem Lehrberuf. <i>Du musst später in der Schule DiF machen. Hier im Tutorium konntest du ein Konzept kennenlernen: Tests + Förderempfehlungen + Tutoriumseinheiten + Fördermaterialien.</i></p> | <p>Umsetzung als Lehrer</p> |
| <p>a. Welches Instrument fändest du in der Schule sinnvoll? b. Würdest du das in der Schule auch so machen? c. Findest du das besonders sinnvoll oder praktikabel? d. Hast du weitere Ideen, wie du DiF in der Schule umsetzen würdest? → Was denkst du, wo du diese Ideen herbekommen könntest?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Instrument • Konzept des Tutoriums so in der Schule machen? • Sinnvoll? • Praktikabel? • Weitere Ideen für DiF in Schule? |
| <p>Teil 9 Verbesserungsvorschläge (SKIP-Option).</p> | <p>Verbesserungsvorschläge</p> |
| <p>Hast du Verbesserungsvorschläge für uns, wenn das DiF-Konzept im Tutorium im nächsten Semester angeboten wird? → Tests (Umfang, Häufigkeit) → Gestaltung der Sitzungen → Gesamtkonzept</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Tests (Umfang, Häufigkeit) • Gestaltung der Sitzungen • Gesamtkonzept |
| <p>Teil 8 Einzelne Fragen <i>Ich habe jetzt noch eine konkrete Frage an dich sowie Rückfragen zum Fragebogen.</i></p> | <p>Einzelne Fragen</p> |
| <p>a. Wie fandest du die Nutzung des Instrumentes Concept Map zur Visualisierung der Struktur der „Lerneinheit zur Optik“ in der letzten Sitzung? → Strukturierung? → Zusammenhänge aufgezeigt? → Visualisierungsinstrument kennengelernt b. Was hast du hier unter organisatorischer Hilfe verstanden? (vlt. methodische Hilfe?)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Methode Concept Map • organisatorische Hilfe? • Unklare Angaben/Widersprüche |
| <p>c. Klärung unklarer Angaben/Widersprüche durch Vorlage der Fragebögen</p> | |

B.4 WS 11/12 (DiF-Tutorium)

| Leitfragen | Checkliste |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 1 Erleben von DiF. <i>Zu Beginn möchte ich von dir wissen...</i></p> <p>Wie war es für dich, Diagnose und individuelle Förderung in dem DiF-Tutorium zu erleben? → angenehm, neu, lästig, interessant etc.</p> | <p>Erleben von DiF</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meinung? |
| <p>Teil 2 Fragen zum Konzept im Tutorium. <i>Ich möchte mir dir über das Konzept des Tutoriums sprechen.</i></p> <p>a. Beschreibe bitte, wie du das Konzept der Diagnose und individuellen Förderung in diesem Tutorium empfunden hast.</p> <p>b. Welche Erwartungen hattest du an das DiF-Tutorium? (/ Warum bist du ins Tutorium gegangen?)</p> | <p>Empfinden des Konzepts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was war positiv? Was negativ? • Erwartungen/Einstellung zum Tutorium? |
| <p>Teil 3 Fragen zur Diagnose durch die Tests. <i>Ich möchte mir dir über die Diagnose durch die Tests sprechen.</i></p> <p>a. Bist du extra zu den Terminen mit den Tests gegangen?</p> <p>b. Wie fandest du die Diagnoserückmeldungen (d.h. den Zettel, der auf den Tests geheftet war) zu den einzelnen Tests?</p> <p>c. „Passte“ die gestellte Diagnose zu deinen Schwierigkeiten?</p> <p>d. War diese Diagnose für dich plausibel und nachvollziehbar?</p> <p><i>(Blankorückmeldungen werden ausgelegt)</i></p> | <p>Diagnose durch Test</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extra zu Testterminen gegangen? • Meinung zu Diagnoserückmeldungen • „passte“ Diagnose zu Schwierigkeiten? • Diagnose plausibel und nachvollziehbar? |
| <p>Teil 3 Fragen zur Förderung durch spezielle Fördertermine <i>Als nächstes sprechen wir über die Fördertermine. Anhand der diagnostischen Tests wurde ein Großteil der Inhalte der einzelnen Sitzungen gestaltet.</i></p> <p>a. Bist du extra zu den Förderangeboten gegangen? Kannst du mir das genauer erklären?</p> <p>b. Fandest du diese Gestaltung zu deinen Schwierigkeiten passend? (Zu der jeweils gestellten Diagnose)</p> <p>c. Konntest du die Ausgestaltung der einzelnen Sitzungen nachvollziehen?</p> <p>d. Hast du die jeweiligen Sitzungen als gezielte Förderung erlebt?</p> <p>e. Kannst du die dich ganz konkret an ein Beispiel erinnern, wo du Schwierigkeiten hattest und dir das Tutorium geholfen hat? → Passende Aufgabe raussuchen und lösen lassen.</p> <p><i>(Themenliste aus Fragebogen wird ausgelegt)</i></p> | <p>Fördertermine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extra zu Förderterminen gegangen? • Tutorium zu Schwierigkeiten passend? • Förderung plausibel und nachvollziehbar? • Die Sitzungen als Förderung erlebt? • Konkretes Beispiel für Hilfe im Tutorium zu Schwierigkeiten? |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 4 Besprechung ausgewählter Testaufgaben. <i>Ich habe hier ein paar Aufgaben aus den Tests herausgesucht. Dieses sind die Aufgaben, bei denen die Teilnehmer oft Schwierigkeiten hatten und zu denen es auch Förderangebote gab. Ich würde gerne mit dir gemeinsam die Aufgaben anschauen und dir dazu ein paar Fragen stellen.</i></p> <p>a. Kannst du dich an diese Aufgabe im Test erinnern? b. Weißt du ob und welche Schwierigkeit du mit der Aufgabe hattest? c. Falls du mit dieser Aufgabe Schwierigkeiten hattest, hast du ein zu dieser Aufgabe passendes Förderangebot genutzt? → Wenn ja, wie fandest du diese Förderung? → Glaubst du, dass dir diese Förderung geholfen hat? Kannst du beschreiben warum? → Wenn nein, warum hast du dazu das Förderangebot nicht genutzt? → Oder hast du dich anderweitig um das Defizit gekümmert? (welches, warum, wie genutzt) d. Kannst du die Aufgabe jetzt bitte einmal lösen! → Aufgabe inhaltlich hinterfragen (geraten oder Fehlvorstellungen?). → Lösung erklären lassen und hinterfragen, was geholfen hat, die Aufgabe nun zu lösen. → Sicherer aufgrund von Förderangeboten? → Falls die Aufgabe nicht gelöst werden konnte: Woran liegt es? War ein eventuell genutztes passendes Förderangebot nicht hilfreich?</p> | <p>Testaufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erinnern an Aufgabe? • Schwierigkeiten bei Aufgabe? • Förderangebot genutzt? • Aufgabe jetzt lösbar? |
| <p>Teil 5 Fragen zum Nutzen der schriftlichen Fördermaterialien zu den Tests. <i>Es gab schriftliche Fördermaterialien zu den Tests (Beispiel), es gab auch Selbstlerneinheiten (Beispiel). Zunächst geht es aber nur um die Fördermaterialien.</i></p> <p>a. Hast du in diesem Semester Fördermaterialien genutzt? b. Wie hast du mit den Fördermaterialien gearbeitet? c. Hast du die Fördermaterialien als Förderung angesehen? → Was war daran hilfreich? → Hast du die Fördermaterialien als individuell auf dich zugeschnitten empfunden? (Was genau war daran für dich individuell? Die Einheiten waren für alle gleich) d. Welche Vorteile haben dir die Fördermaterialien gebracht? Kannst du das an einem Beispiel beschreiben? e. Nutzt du die Fördermaterialien bei der Klausurvorbereitung?</p> | <p>Fördermaterialien zu Tests</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schriftliche Fördermaterialien genutzt • Wie damit gearbeitet? • Als Förderung angesehen? • Vorteile (Beispiele)? • In Klausurvorbereitung genutzt? |
| <p>Teil 6 Fragen zum Nutzen von Selbstlerneinheiten (Übungsaufgaben + KL). <i>Jetzt besprechen wir die Selbstlerneinheiten. Dies waren Übungsaufgaben und dazu passende kommentierte Lösungen. (auf klare Unterscheidung der Begriffe achten!)</i></p> <p>a. Hast du in diesem Semester die SLE genutzt? b. Wie hast du mit den SLE gearbeitet? c. Hast du die zusätzlichen Übungsaufgaben und dazugehörigen kommentierten Lösungen (Selbstlerneinheiten) als Förderung angesehen? → Was war daran hilfreich? → Hast du die Selbstlerneinheiten als individuell auf dich zugeschnitten empfunden? (Was genau war daran für dich individuell? Die Einheiten waren für alle gleich) d. Welche Vorteile haben dir die SLE gebracht? Kannst du das an einem Beispiel beschreiben? e. Nutzt du die SLE bei der Klausurvorbereitung?</p> | <p>Selbstlerneinheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • SLE genutzt? • Wie wurde mit SLE gearbeitet? • SLE als (individuelles) Förderinstrument erlebt? • Vorteile beim Arbeiten mit SLE (Struktur?) • Vorteile (Beispiele)? • In Klausurvorbereitung genutzt? |
| <p>Teil 7 Umsetzung von DiF in späterem Lehrberuf. <i>Du musst später in der Schule DiF machen. Hier im Tutorium konntest du ein Konzept kennenlernen: Tests + Förderempfehlungen + Tutoriumseinheiten + Fördermaterialien.</i></p> <p>a. Würdest du das in der Schule auch so machen? b. Findest du das besonders sinnvoll oder praktikabel? c. Hast du weitere Ideen, wie Du DiF in der Schule umsetzen würdest? → Was denkst du, wo du diese Ideen herbekommen könntest?</p> | <p>Umsetzung als Lehrer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzept des Tutoriums so in der Schule machen? • Sinnvoll? • Praktikabel? • Weitere Ideen für DiF in Schule? |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Teil 8 Verbesserungsvorschläge | Verbesserungsvorschläge |
| Hast du Verbesserungsvorschläge für uns, wenn das DiF-Konzept im Tutorium im nächsten Semester angeboten wird? → Tests (Umfang, Häufigkeit) → Gestaltung der Sitzungen → Gesamtkonzept | <ul style="list-style-type: none">• Tests (Umfang, Häufigkeit)• Gestaltung der Sitzungen• Gesamtkonzept |
| Teil 8 Einzelne Fragen <i>Ich habe jetzt noch eine konkrete Frage an dich sowie Rückfragen zum Fragebogen.</i> | Einzelne Fragen |
| a. Wie fandest du die Nutzung der Methode Concept Map am Ende der zwei Tutoriumssitzungen? → Strukturierung? → Zusammenhänge aufgezeigt? → Visualisierungsinstrument kennengelernt? | <ul style="list-style-type: none">• Methode Concept Map• Strukturierung/Zusammenhänge aufzeigen/ Visualisierungsinstrument kennengelernt |
| b. Klärung unklarer Angaben/Widersprüche durch Vorlage der Fragebögen. | <ul style="list-style-type: none">• Unklare Angaben/Widersprüche |

B.5 WS 11/12 (Übungsleitende)

| Leitfragen | Checkliste |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Teil 1 Rahmenbedingungen. <i>Ich möchte dir nun Fragen zu den Rahmenbedingungen des Einsatzes der Diagnosecheckliste stellen.</i></p> <p>a. Beschreibe mir bitte die Veranstaltung und die Übungsaufgaben, bei denen die Diagnosecheckliste eingesetzt wurde.</p> <p>b. Wie genau wurde die Diagnosecheckliste eingesetzt? → freiwillig oder verpflichtend, regelmäßig oder unregelmäßig</p> <p>c. Falls die Diagnosecheckliste freiwillig war: Hast du den Studierenden während des Semesters das Ausfüllen der Diagnosecheckliste noch einmal nahegelegt?</p> <p>d. In wie vielen Wochen war es sinnvoll, die Diagnosecheckliste auszufüllen? → War die Diagnosecheckliste für mehrere Aufgaben des Übungszettels sinnvoll?</p> <p>e. Wie war die Akzeptanz der Diagnosecheckliste seitens der Studierenden? → Haben die Studierenden die Diagnosecheckliste genutzt? → Gab es Rückmeldungen der Studierenden?</p> | <p>Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veranstaltungsbeschreibung • freiwillig/verpflichtend/ regelmäßig/unregelmäßig • Ausfüllen nahe gelegt? • jede Woche geeignet? • Akzeptanz & Rückmeldungen der Studierenden? |
| <p>Teil 2 Fragen zum Wert für Betreuer. <i>Nun möchte ich dir Fragen zu dem eingeschätzten Wert für den Betreuer stellen, wenn Studierende die Diagnosecheckliste nutzen und abgeben.</i></p> <p>a. Empfindest du die Diagnosecheckliste für dich als Betreuer nützlich? → Wenn ja, beschreibe mir bitte, wie dieser Mehrwert genau aussieht? (Individual-/ Gruppenebene?)</p> <p>b. Hast du aufgrund der Angaben auf den Diagnosechecklisten deine Veranstaltung anders ausgestaltet? → Wenn ja, beschreibe mir bitte wie.</p> | <p>Wert für Betreuer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nützlich? • Mehrwert durch Diagnosecheckliste? • Ausgestaltung der Veranstaltung |
| <p>Teil 3 Fragen zum Wert für Studierende. <i>Nun möchte ich dir Fragen zu dem eingeschätzten Wert für die Studierenden, wenn sie die Diagnosecheckliste nutzen und abgeben.</i></p> <p>a. Hältst du die Diagnosecheckliste für deine Studierenden für nützlich? → Wenn ja, welchen Nutzen siehst Du?</p> <p>b. Hast du Rückmeldungen von deinen Studierenden zu der Diagnosecheckliste erhalten? → Wenn ja, welche Rückmeldungen waren das?</p> | <p>Wert für Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für Studierende nützlich? • Rückmeldung von Studierenden? |
| <p>Teil 4 Abschlussfrage zur Diagnosecheckliste. <i>Nun möchte ich dir noch eine letzte Frage zur Diagnosecheckliste stellen.</i></p> <p>Würdest du die Diagnosecheckliste, ggf. unter anderen Bedingungen, im nächsten Semester noch einmal einsetzen? → Falls andere Bedingungen, welche wären das?</p> | <p>Abschlussfrage DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz im nächsten Semester? |
| <p>Teil 5 Fragen zum diagnostischen Mathematiktest. <i>In dem nächsten Teil möchte ich dir Fragen zu dem diagnostischen Mathematiktest stellen.</i></p> <p>a. Findest du den diagnostischen Mathetest inhaltlich passend zu der Veranstaltung? → Wenn ja, welcher Inhalt besonders? (Beispiele) → Wenn nicht, warum genau? (Beispiele)</p> <p>b. Hast du in deiner Veranstaltung Resonanz auf den Mathetest erhalten? → Wenn ja, welche Resonanz war das?</p> <p>c. Hast du eine subjektive oder sogar objektive Verbesserung der mathematischen Fähigkeiten feststellen können? → Wenn ja, beschreibe mir bitte, woran du das festmachst.</p> | <p>Mathematiktest</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passung? • Resonanz? • Subjektive Verbesserung? |

C Fragebögen

C.1 DiF-Fragebogen (DiF-Vorkurs)

Fragen zu Diagnose und individueller Förderung (DiF) in der eigenen Schulzeit

1. Geben Sie in der nachfolgenden Tabelle an, welche Instrumente Sie aus Ihrer eigenen Schulzeit kennen.
2. Überlegen sie danach, ob diese Instrumente von Ihren Lehrerinnen und Lehrern vermutlich für diagnostische Zwecke genutzt wurden (z.B. zur Erhebung des Lernstandes oder zur Diagnose von Fehlvorstellungen etc.).
3. Kreuzen Sie danach an, ob Sie auf deren Grundlage eine individuelle Förderung (z.B. spezielle Aufgaben, Lernpläne etc.) erfahren haben.

| | Concept Maps | Lerntagebücher | Kompetenz- oder Diagnose-Tests (nicht Klassenarbeiten!) | Checklisten, Kompetenzlisten etc. |
|------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Kenne ich aus meiner Schulzeit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vermutlich für diagnostische Zwecke eingesetzt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Grundlage für eigene individuelle Förderung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Erinnern Sie sich an weitere Instrumente auf deren Grundlage Sie in Ihrer Schulzeit eine Diagnose und ggf. auch individuelle Förderung erfahren haben? Wenn ja, beschreiben Sie diese bitte:

Fragen zum eigenen Studium

Wie viele erziehungswissenschaftlichen Veranstaltungen (dazu gehören bspw. die Veranstaltungen Praxisfeld Schule, Ringvorlesung etc.), die Sie im Rahmen Ihres Studiums belegen müssen, haben Sie bereits besucht?

| | | |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| Noch keine bzw. sehr wenige <input type="checkbox"/> | Etwa die Hälfte <input type="checkbox"/> | (fast) alle <input type="checkbox"/> |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|

Haben Sie bereits eine oder mehrere fachdidaktische oder erziehungswissenschaftliche Veranstaltungen belegt, in denen Diagnose oder individuelle Förderung thematisiert wurde?

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
|-----------------------------|-------------------------------|

Wussten Sie bereits, dass Sie nach §1 des Schulgesetzes NRW Diagnose und individuelle Förderung als Lehrer in Ihren Klassen umsetzen müssen?

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
|-----------------------------|-------------------------------|

Fragen zur Umsetzung von Diagnose und Förderung in dem Vorkurs

Das Konzept dieses DiF-Vorkurses bestand darin, dass zunächst Ihre Schwierigkeiten durch einen Diagnostischen Test diagnostiziert wurden und anhand dessen die einzelnen Sitzungen des Vorkurses strukturiert und gestaltet wurden und Sie eine individuelle Übersicht und Förderempfehlung erhalten haben.

War Ihnen dieses Konzept während des Vorkurses präsent?

| | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Nie <input type="checkbox"/> | Eher selten <input type="checkbox"/> | Eher oft <input type="checkbox"/> | Durchgängig <input type="checkbox"/> |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|

Hat sich der Aufwand für Sie gelohnt („Kosten-Nutzen-Verhältnis“)?

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Selten <input type="checkbox"/> | Eher selten <input type="checkbox"/> | Eher oft <input type="checkbox"/> | Durchgängig <input type="checkbox"/> |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|

Denken Sie, dass durch den Diagnostischen Test Ihre individuellen Schwierigkeiten gut erfasst wurden?

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Nein <input type="checkbox"/> | Eher nein <input type="checkbox"/> | Eher Ja <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|

War die inhaltliche Ausgestaltung der einzelnen Termine rückblickend passend zu Ihren individuellen Schwierigkeiten?

| | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Nie <input type="checkbox"/> | Eher selten <input type="checkbox"/> | Eher oft <input type="checkbox"/> | Durchgängig <input type="checkbox"/> |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|

Haben die individuellen Testauswertungen bzw. Diagnoserückmeldungen Sie motiviert an ihren Schwierigkeiten zu arbeiten?

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Nein <input type="checkbox"/> | Eher nein <input type="checkbox"/> | Eher Ja <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|

Hat sich Ihre Einstellung bezüglich Diagnose und individueller Förderung durch das Erleben der Möglichkeiten und Wirkungen von DiF in diesem DiF-Vorkurs geändert?

| | | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| verschlechtert <input type="checkbox"/> | unverändert <input type="checkbox"/> | verbessert <input type="checkbox"/> | Ich hatte vorher noch keine Einstellung zu DiF <input type="checkbox"/> |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|

Begründen Sie bitte kurz Ihre Antwort.

Fragen zum Erleben der einzelnen DiF-Maßnahmen in dem DiF-Vorkurs

In diesem Vorkurs haben Sie verschiedene DiF-Maßnahmen kennenlernen können. Kreuzen Sie bitte an, wie Ihnen die DiF-Maßnahmen in dieser Veranstaltung in Erinnerung geblieben sind. Mehrfachnennungen sind möglich. Bei dem Diagnostischen Test ist der reine Test sowie die damit verbundenen Auswertungen und Förderempfehlungen gemeint.

| | Diagnostischer Mathematik Test (einschließlich der Auswertung und der Förderempfehlung) | Fördersitzungen im DiF-Vorkurs (einschließlich der dort verwendeten Materialien) | Fördermaterialien (die selbstständig zu bearbeiten waren) |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Habe ich genutzt / teilgenommen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ist mir positiv in Erinnerung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ist mir negativ in Erinnerung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hat mir inhaltlich etwas gebracht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hat mir organisatorisch / methodisch etwas gebracht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fand ich interessant | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hat unnötig Zeit und Mühe gekostet | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Betrachten Sie bitte die gesamte Veranstaltung. Empfinden Sie die dort erlebte Diagnose und die entsprechende individuelle Förderung als angenehm?

| | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| Nein <input type="checkbox"/> | Eher nein <input type="checkbox"/> | Eher Ja <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Ich wurde nicht gefördert <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|

Begründen Sie bitte kurz Ihre Antwort.

Fragen zu den einzelnen Inhalten des DiF-Vorkurses

Nachfolgend finden Sie eine Liste der im Vokurs behandelten Themen. Diese Inhalte wurden anhand der durch die diagnostischen Tests diagnostizierten Schwierigkeiten gestaltet. Bitte geben Sie an, ob Sie in dem jeweiligen Bereich Schwierigkeiten hatten und - falls Sie an der jeweiligen Sitzung teilgenommen haben - wie sehr Ihnen die jeweilige speziell gestaltete Sitzung geholfen hat.

| Thema | Bei diesem Thema bestanden vorher Schwierigkeiten | An der Sitzung habe ich teilgenommen | Die entsprechende Sitzung hat mir... | | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | wenig geholfen | etwas geholfen | sehr geholfen |
| Mo 12-14 Uhr - G3.1 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mo 14-16 Uhr - T1 + T2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Di 12-14 Uhr - V1+V2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Di 14-16 Uhr - Individuelle Fördereinheiten 1 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Do 12-14 Uhr - D+I | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Do 14-16 Uhr - Individuelle Fördereinheiten 2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Nutzung der Fördermaterialien zu den Diagnostischen Tests

Nachfolgend finden Sie eine Liste der bereitgestellten Fördermaterialien zu den Diagnostischen Tests. Bitte geben Sie an, ob Sie diese Fördermaterialien verwendet haben, ob in dem jeweiligen Bereich Schwierigkeiten bestanden und ob Ihnen das Fördermaterial geholfen hat.

| Fördermaterial | Dieses Fördermaterial habe ich benutzt | Bei diesem Thema bestanden vorher Schwierigkeiten | Dieses Fördermaterial hat mir... | | |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | wenig geholfen | etwas geholfen | sehr geholfen |
| G1.3 - Kombinieren von Formeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.1 - Vorfaktoren (Einheitenpräfixe) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.2 - Umrechnen in SI-Basiseinheiten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.3 - Flächen und Volumen umrechnen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G3.1 - Doppelbrüche | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G3.2 + G4.2 - 10er Potenzen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T1 - sin cos Zeichnen und typische Werte angeben | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T2.1 - Dreiecksberechnung mit sin cos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T2.2 - Dreiecksberechnung mit Pythagoras | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V1 - Aufstellen von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V2 - Rechnen mit Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| D1 + I1 - Regeln zur Differential- und Integralrechnung - nur Rechenregeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V3 - Graphische Addition von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V4 - Graphische Zerlegung von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Fragen zum DiF-Einsatz im späteren Lehrberuf

Halten Sie persönlich individuelle Förderung bei Schülerinnen und Schülern für wichtig?

| | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Unwichtig <input type="checkbox"/> | Eher unwichtig <input type="checkbox"/> | Eher wichtig <input type="checkbox"/> | Wichtig <input type="checkbox"/> |
|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|

Denken Sie, dass Sie durch das eigene Erleben von Diagnose und individueller Förderung diese auch eher in Ihrer künftigen Lehrertätigkeit einsetzen werden?

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Nein <input type="checkbox"/> | Eher nein <input type="checkbox"/> | Eher Ja <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|

Begründen Sie bitte kurz Ihre Antwort.

Denken Sie, dass Sie durch das eigene Erleben von Diagnose und individueller Förderung diese auch wirkungsvoller bei Ihrer künftigen Lehrertätigkeit einsetzen können?

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Nein <input type="checkbox"/> | Eher nein <input type="checkbox"/> | Eher Ja <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|

Begründen Sie bitte kurz Ihre Antwort.

Ich möchte Sie zum Schluss des Fragebogens bitten, Ihren Namen anzugeben, damit Ich bei etwaigen Unklarheiten, die eventuell während der Auswertung auftreten, kurz bei Ihnen rückfragen kann. Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt und es entstehen keinerlei Nachteile. Vielen Dank für die Antworten und Auskünfte!

C.2 Teilnahme am DiF-Tutorium 1 (WS 11/12)

Fragebogen zur Teilnahme am DiF-Tutorium

Zu Beginn des Semesters wurde das DiF-Tutorium als freiwillige wöchentliche Zusatzveranstaltung vorgestellt. Mit diesem Fragebogen soll erhoben werden, aus welchen Gründen Sie das Angebot nutzen bzw. nicht nutzen.

Bitte beantworten Sie die folgende Frage:

Haben Sie am DiF-Tutorium teilgenommen?

- Antwort A:* Ja, ich habe an mindestens einem Termin während des Semester teilgenommen.
 Antwort B: Nein, ich habe an keinem Termin teilgenommen.

Würden Sie im nächsten Semester gerne an diagnostischen Tests zu den Themen der Physik B2 teilnehmen?

- Ja, wenn es zeitlich passt.
 Nein.

Beantworten Sie nun bitte noch jeweils die zu Ihrer Antwort (A oder B) passenden Fragen.

Falls Sie Antwort A angekreuzt haben:

Versuchen Sie zu beschreiben, ob die folgenden Gründe für Ihre Teilnahme am Tutorium ausschlaggebend sind
(Mehrfachnennungen möglich)

Ich möchte viele Zusatzangebote wahrnehmen:
 Ja eher ja eher nein nein

Ich möchte eine gezielte Diagnose haben:
 Ja eher ja eher nein nein

Ich möchte gezielt gefördert werden:
 Ja eher ja eher nein nein

Ich finde die Inhalte und Themen des DiF-Tutoriums interessant:
 Ja eher ja eher nein nein

Weil meine Lerngruppe am Tutorium teilnimmt:
 Ja eher ja eher nein nein

Ich möchte einen guten Eindruck machen:
 Ja eher ja eher nein nein

Das Konzept des DiF-Tutoriums (Diagnostik und darauf abgestimmte Förderangebote) ist für mich interessant:
 Ja eher ja eher nein nein

Sonstige Gründe: (Bitte nennen Sie diese Gründe stichpunktartig)
 Ja eher ja eher nein nein

Zu welchen Sitzungen des DiF-Tutoriums kommen Sie? *(keine Mehrfachnennungen möglich)*

- Ich komme zu so vielen Sitzungen wie möglich.
 Ich komme gezielt nur zu den Diagnostischen Tests.
 Ich komme gezielt zu den Diagnostischen Tests und den für mich relevanten Fördersitzungen.
 Ich komme gezielt nur zu bestimmten Fördersitzungen, die ich selbst auswähle (Interesse, Relevanz nach persönlicher Einschätzung).
 Ich komme zu den Sitzungen, die mir zeitlich gut passen.
 Ich komme zu den Sitzungen, zu denen meine Lerngruppe geht.

Falls Sie Antwort B angekreuzt haben:

Aus welchem Grund / welchen Gründen nehmen Sie nicht an dem DiF-Tutorium teil? *(Mehrfachnennungen möglich)*

- Der Termin passt mir nicht.
 Die Teilnahme ist zu zeitaufwendig.
 Das Konzept des DiF-Tutoriums (diagnostische Tests + individuelle Förderangebote) ist für mich nicht interessant.
 Ich denke nicht, dass die Teilnahme am DiF-Tutorium mir im Studium helfen wird
 Ich kenne meine ggf. vorhandenen Defizite und kümmere mich alleine darum.
 Ich denke, dass bei mir kein Förderbedarf vorhanden ist.
 Sonstige Gründe. (Bitte nennen Sie diese Gründe stichpunktartig)

Falls zeitliche Probleme der Grund sind: Hätten Sie gerne teilgenommen?

- Ja.
 Nein.

Herzlichen Dank für die Beantwortung der Fragen!

C.3 Teilnahme am DiF-Tutorium 2 (WS 11/12)

Wenn Du in den letzten Wochen nicht an dem Tutorium teilgenommen hast, lag es an...

- keine Zeit.
- keine Lust.
- bei diesem Thema keine Schwierigkeiten.
- Thema nicht relevant.
- Thema zu leicht.
- Thema zu schwer.
- Kein Nutzen des Tutoriums.
- Sonstiges (Bitte kurz begründen)

Besteht prinzipiell noch Interesse an einem diagnosegeleiteten und entsprechend strukturiertem Tutorium?

- ja
- nein
- ja, wenn... (Bitte kurz begründen)

Besteht prinzipiell Interesse an der Bereitstellung von weiteren (und nicht nur auf die Tests bezogenen) Selbstlernmaterialien über Moodle?

- ja
- nein

Abbildung C.3 Per E-Mail verschickter Fragebogen *Teilnahme am DiF-Tutorium 2*. Nicht zutreffende Antworten sollten gelöscht und die E-Mail zurückgeschickt werden.

C.4 Mathematiktest Universität Duisburg-Essen (WS 11/12)

Fragebogen zum diagnostischen Mathematiktest und Förderangeboten

Sie haben in diesem Semester die Möglichkeit erhalten, freiwillig an einem diagnostischen Mathematiktest teilzunehmen und auf Grundlage der Testauswertung individuelle Förderempfehlung und Zugang zu passenden Förderangeboten zu erhalten. Mit diesem Fragebogen möchte Ich die Gründe erfragen.

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Wie lautet Ihr Name? (Angabe freiwillig, aber wünschenswert z.B. für Rückfragen) | | | | |
| | | | | |
| Beschreiben Sie bitte, ob und wie Sie den diagnostischen Test bearbeitet haben. (bspw.: „mal reingeschaut aber nicht abgegeben“, „angefangen aber nicht zu Ende gemacht“, „ernsthaft und vollständig bearbeitet und abgegeben“) | | | | |
| | | | | |
| Falls Sie den Test nicht bearbeitet oder nicht abgegeben haben, beschreiben Sie bitte die Gründe. (bspw.: „keine Ruhe zum gewissenhaften Bearbeiten gehabt“, „beim Bearbeiten direkt die eigenen Schwierigkeiten bemerkt und mit Hilfe von Büchern drum gekümmert“, „keine Lust gehabt“, „beim Bearbeiten keine Schwierigkeiten festgestellt“) | | | | |
| | | | | |
| Falls Sie den Test abgegeben haben: versuchen Sie bitte zu beschreiben, ob die folgenden Gründe für die Abgabe des Tests ausschlaggebend sind. | | | | |
| Ich möchte generell Zusatzangebote wahrnehmen: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Ich möchte eine gezielte Diagnose haben: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Ich möchte gezielt gefördert werden: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Ich finde die Inhalte und Themen des Tests interessant: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Weil meine Kommilitonen das Angebot genutzt haben: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Ich möchte einen guten Eindruck machen: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Das Konzept (Diagnostik und darauf abgestimmte Förderangebote) ist für mich interessant: | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Sonstige Gründe: (Bitte stichpunktartig nennen) | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> eher ja | <input type="checkbox"/> eher nein | <input type="checkbox"/> nein |
| Sonstige Gründe: _____ | | | | |
| _____ | | | | |
| _____ | | | | |
| Beantworten Sie nun bitte noch auf der Rückseite welche der Fördermaterialien Sie verwendet haben. | | | | |

Fragebogen zum diagnostischen Mathematiktest und Förderangeboten

Falls Sie den Test **abgegeben haben**, geben Sie bitte an, ob Sie die folgenden im Moodle bereitgestellten Fördermaterialien verwendet haben. Vermerken Sie für die verwendeten Materialien außerdem, ob in dem jeweiligen Bereich Schwierigkeiten bestanden und ob Ihnen das Fördermaterial geholfen hat.

| Fördermaterial | habe ich benutzt | es bestanden bei dem Thema vorher Schwierigkeiten | hat mir... | | |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | wenig geholfen | etwas geholfen | sehr geholfen |
| G1.3 - Kombinieren von Formeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.1 - Vorfaktoren (Einheitenpräfixe) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.2 - Umrechnen in SI-Basiseinheiten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G2.3 - Flächen und Volumen umrechnen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G3.1 - Doppelbrüche | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| G3.2 + G4.2 - 10er Potenzen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T1 - sin cos Zeichnen und typische Werte angeben | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T2.1 - Dreiecksberechnung mit sin cos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| T2.2 - Dreiecksberechnung Pythagoras | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V1 - Aufstellen von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V2 - Rechnen mit Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| D1 + I1 - Regeln zur Differential- und Integralrechnung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V4 - Graphische Addition von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| V5 - Graphische Zerlegung von Vektoren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| B4.1b) - Durchschnittsgeschwindigkeit mit Steigungsdreieck | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Falls Sie den Test **abgegeben haben**, geben Sie bitte an, ob Sie die folgenden im Moodle bereitgestellten Selbstlerneinheiten verwendet haben. Vermerken Sie für die verwendeten Materialien außerdem, ob in dem jeweiligen Bereich Schwierigkeiten bestanden und ob Ihnen die Selbstlerneinheit geholfen hat.

| Selbstlerneinheit | habe ich benutzt | es bestanden bei dem Thema vorher Schwierigkeiten | hat mir... | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | wenig geholfen | etwas geholfen | sehr geholfen |
| Selbstlerneinheit 1: Durchschnittsgeschwindigkeit (Gleichförmige Bewegungen) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Selbstlerneinheit 2: Schiefer Wurf (Beschleunigte Bewegungen, Geschwindigkeitsvektor, Ortskurve, Ortsvektor, Wurfweite) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Selbstlerneinheit 3: Mondlandung (Beschleunigte Bewegung, Energieerhaltungssatz, kinetische Energie, potentielle Energie, Senkrechter Wurf) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Selbstlerneinheit 4: Schützenfisch (Schiefer Wurf, Beschleunigte Bewegungen, Komponentenzersetzung, Anfangsgeschwindigkeit) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Selbstlerneinheit 5: Reibung (Zentripetalkraft, Kreisbahn, Haftreibung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

D Ablaufpläne & Curriculare Analysen

D.1 Ablaufplan DiF-Tutorium SS 11

Tabelle D.1 Ablaufplan des DiF-Tutoriums im Sommersemester 2011 an der TU Dortmund. Ausgegraut sind Inhalte, die unabhängig von der Förderplanung auf Grundlage der diagnostischen Tests angeboten wurden.

| Termin | Datum | Diagnose | Förderung |
|--------|----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 05.04.11 | Mathematik-Test 1/2 | Mathematik: Nabla-Operator 1/2 |
| 2 | 12.04.11 | Mathematik-Test 2/2 | Mathematik: Nabla-Operator 2/2 |
| 3 | 19.04.11 | Elektrizitätslehre-Test | Mathematik: 10er-Potenzen (G3.2/G4.2); Trigonometrie (T1 + T2) |
| 4 | 26.04.11 | | Mathematik: Vektorrechnung (V) |
| 5 | 03.05.11 | | Elektrizitätslehre: Kirchhoff und Ersatzwiderstände |
| 6 | 10.05.11 | | Elektrizitätslehre: Aufbauen von Schaltungen und Messen von Strom und Spannung |
| 7 | 17.05.11 | Optik-Test | Mathematik: Differential- und Integralrechnung (D + I) 1/2 |
| 8 | 24.05.11 | | Mathematik: Differential- und Integralrechnung (D + I) 2/2 |
| 9 | 31.05.11 | | Optik: Blenden (Bl); Linsen (KL) |
| 10 | 07.06.11 | | Formulierungstraining (Maxwellgleichungen) |
| 11 | 14.06.11 | | Optik: Spiegel (Sp + KSp); Schatten (Sc + KSc) |
| 12 | 21.06.11 | Abschlussreflexion | Formulierungstraining: „Rund um Wellen“ |
| 13 | 28.06.11 | Abschlussreflexion | Schwingungen, Lorentzfaktor |
| 14 | 05.07.11 | | Lösungswege ausgewählter Übungsaufgaben |
| 16 | 12.07.11 | | Formulierungstraining: Modelle der Optik: Huygens, Fermat |

D.2 Ablaufplan DiF-Tutorium WS 11/12

Tabelle D.2 Ablaufplan des DiF-Tutoriums im Wintersemester 2011/2012 an der TU Dortmund. Ausgegraut sind Inhalte, die unabhängig von der Förderplanung auf Grundlage der diagnostischen Tests angeboten wurden.

| Termin | Datum | Diagnose | Förderung |
|--------|----------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 13.10.11 | Mathematik-Test 1/2 | Bearbeitungsstrategien für Übungsaufgaben (Bearbeitungsleitfaden) |
| 2 | 20.10.11 | Mechanik-Test 1/2 | Mathematik: Kombinieren von Formeln (G1.3) |
| 3 | 27.10.11 | Mathematik-Test 2/2 Mechanik-Test 2/2 | Mathematik: Umrechnen von Flächen und Volumen (G2.3) Mechanik: (V1) |
| 4 | 03.11.11 | | Mechanik: Vektorielle Darstellung von Größen (V2) |
| 5 | 10.11.11 | | Mechanik: Wechselwirkungen von Kräften (K1) |
| 6 | 17.11.11 | | Mechanik: Gewichtskraft (K2); Masse, Gewichtskraft und Ortsfaktor (MGO2) |
| 7 | 24.11.11 | | Mechanik: Gewichtskraft (K2); Masse, Gewichtskraft und Ortsfaktor (MGO2) |
| 8 | 01.12.11 | | Bearbeitungsstrategien ausgewählter Übungsaufgaben |
| 9 | 08.12.11 | Wärmelehre-Test | Bearbeitungsstrategien ausgewählter Übungsaufgaben |
| 10 | 15.12.11 | | Wärmelehre: Temperatur, Wärme & innere Energie (T,MT/IE/CT); Thermisches Gleichgewicht (TH); Wärmeausdehnung (A) |
| 11 | 12.01.12 | Abschlussreflexion | Wärmelehre: Wärmeausdehnung (A); Teilchenzahl (N); Zustandsänderungen (IGG) |
| 12 | 19.01.12 | | Bearbeitungsstrategien ausgewählter Übungsaufgaben |

D.3 Ablaufplan DiF-Vorkurs WS 12/13

Tabelle D.3 Ablaufplan des DiF-Vorkurses im Wintersemester 2012/2013 an der TU Dortmund. Ausgegraut sind Termine, die für den Besuch des regulären Physik-Vorkurses reserviert waren.

| | Freitag, 21.09.12 | Montag, 24.09.12 | Dienstag, 25.09.12 | Donnerstag, 27.09.12 |
|-----------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| 10-12 Uhr | Mathematik-Test | Physik-Vorkurs | Physik-Vorkurs | Physik-Vorkurs |
| 12-14 Uhr | Mathematik-Test | Bruchrechnung (G3.1) | Vektorrechnung (V1 + V2) | Differential- und Integralrechnung (D + I) |
| 14-16 Uhr | Mathematik-Test | Trigonometrie (T1 + T2) | Individuelle Fördereinheiten | Individuelle Fördereinheiten |

D.4 Curriculare Analyse der Bezugsveranstaltung der TU Dortmund

Tabelle D.4 Curriculare Analyse der inhaltlichen Schwerpunkte der Bezugsveranstaltung sowie der Inhalte der mathematischen Ergänzungen an der TU Dortmund in den Interventionssemestern. Kursive Inhalte zitiert anhand TU Dortmund (2010, S. 1 ff.).

| Semester | Themengebiet | Inhalte |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wintersemester | Mechanik | <i>mechanische Kräfte, Gravitation, Newton'sche Axiome, Energie, Arbeit und Leistung, Erhaltungssätze für Energie, Impuls und Drehimpuls, Schwingungen und Wellen, Translation und Rotation starrer Körper, Planetenbewegungen, Bezugssysteme und relativistische Betrachtung von Bewegungen</i> |
| | Flüssigkeitsmechanik | <i>Hydrostatik, Hydrodynamik</i> |
| | Wärmelehre | Druck und Temperatur, Ideales Gas, Wärmemenge, spezifische Wärme, Hauptsätze der Thermodynamik, Entropie |
| | Mathematische Ergänzungen | Vektoren & Vektorrechnung, Differentialrechnung, Integralrechnung, Fehlerrechnung, Gradient, Divergenz, Rotation, Volumenintegrale, Berechnung Trägheitsmomente, Komplexe Zahlen, Differentialgleichung, Wellengleichung, Vektorfelder, Fluss des Vektorfeldes, Satz von Gauß, Satz von Stokes |
| Sommersemester | Elektrizitätslehre und Elektrodynamik | <i>Ladungen, elektrostatische Felder und elektrischer Strom, statische und zeitlich veränderliche Magnetfelder, Elektromagnetismus, Wechselstromschaltungen, Maxwell'sche Gleichungen, elektromagnetische Wellen und Strahlung</i> |
| | Optik | <i>geometrische Optik, optische Abbildungen und optische Instrumente, Licht als elektromagnetische Welle, Interferenzphänomene</i> |
| | Einblicke in Themen moderner Physik | <i>Spezielle Relativitätstheorie</i> Atomphysik, Quantenphysik, Kern- und Elementarteilchenphysik |
| | Mathematische Ergänzungen | Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern, Kondensator und Induktivität im Stromkreis, Berechnung von Wechselstromnetzwerken, Zusammenfassung der Maxwell-Gleichungen, die Kontinuitätsgleichung, Berechnungen zur Wellenoptik, Zusammenfassung der klassischen Physik, mathematische Wiederholung zu Wellen, Schrödinger-Gleichung, Mathematik des Wasserstoff-Atoms, Aufbau des Periodensystems, allgemeine mathematische Wiederholung |

E Manuale

E.1 Transkriptionsregeln

Tabelle E.1 Transkriptionsregeln und formale Vorgaben in Anlehnung an Kuckartz (2010, S. 43 f.).

| # Transkriptionsregeln und formale Vorgaben | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Bei jedem Sprecherwechsel wird eine neue Zeile mit einer neuen Zeitmarke begonnen. |
| 2 | Für die beteiligten Personen werden die Begriffe <i>Interviewer</i> sowie <i>Befragte Person</i> verwendet. |
| 3 | Es wird wörtlich transkribiert. Nicht lautsprachlich oder zusammenfassend, vorhandene Dialekte werden nicht transkribiert. |
| 4 | Die Sprache und Interpunktion wird leicht geglättet, d.h. an das Schriftdeutsch angenähert. Hierzu gehören auch das Hinzufügen von Satzzeichen (Punkt, Komma, Doppelpunkt, Fragezeichen etc.). Dieses dient der besseren Les- und Auswertbarkeit des Transkripts. Beispiel: „ <i>Er hatte noch so'n Buch genannt.</i> “ wird geglättet zu „ <i>Er hatte noch so ein Buch genannt.</i> “ |
| 5 | Worte und Passagen, die unverständlich sind, werden entsprechend gekennzeichnet. Beispiel: „ <i>Dann gingen wir in (unverständlich) Veranstaltung.</i> “ |
| 6 | Kann anhand des Kontextes oder Klangs auf unverständliche Worte geschlossen werden, werden diese Worte transkribiert und mit einem (?) gekennzeichnet. Beispiel: „ <i>Das habe ich genutzt (?) zu bestehen!</i> “ |
| 7 | Geräusche und Ereignisse wie Klopfen oder Telefonklingeln etc. werden in runden Klammern aufgeführt. Beispiel: „ <i>Dann habe ich gesagt, dass ich (Telefon klingelt) da hin gehe.</i> “ |
| 8 | Längere Pausen (ca. >5 Sekunden), bspw. wenn eine Person vor der Antwort auf eine Frage eine Zeit nachdenkt, werden mit „...“ dargestellt. |
| 9 | Stottern („ <i>N-N-N-ein.</i> “ oder „ <i>Das habe ich gesa-gesagt, ob...</i> “) oder lautmalende Äußerungen, wie bspw. „ <i>Äähm, ööhm, mmmh</i> “ etc., werden nicht transkribiert, da sie nicht auf einfache Weise einheitlich verschriftlicht werden können und die Auswertung verkomplizieren. Entsteht durch Stottern oder lautmalende Äußerungen eine längere Pause, wird diese Pause mit „...“ dargestellt. |
| 10 | Zustimmende, verneinende, bestätigende oder ablehnende Lautäußerungen, wie bspw. „ <i>Mhm</i> “ etc., werden nicht transkribiert, sofern sie den Redefluss der befragten Person nicht unterbrechen bzw. keine Antwort auf eine Frage darstellen. |
| 11 | Treten zustimmende, verneinende, bestätigende oder ablehnende Äußerungen als Antwort auf eine Frage auf, werden sie ihrer Bedeutung nach mit „ <i>Ja</i> “ oder „ <i>Nein</i> “ transkribiert. Dieses ist notwendig, da anhand eines Transkriptes hinterher nicht mehr darauf geschlossen werden kann, ob „ <i>Mhm</i> “ eine zustimmende oder ablehnende Intonation besitzt. Lautmalende Transkripte sind schwerer zu interpretieren und dauern sehr lange anzufertigen. Durch die Verwendung der Zeitmarken beim Erstellen der Transkripte können fragliche Stellen aber schnell noch einmal angespielt werden, um die Situation einschätzen zu können. |
| 12 | Einschübe, die zeitgleich in den Redefluss gesprochen werden, werden entsprechend gekennzeichnet. Beispiel: „ <i>Befragte Person: Das fand ich sehr gut (Interviewer: die Maßnahme?) nein, dass dort noch einmal nachgeharkt wurde.</i> “ Ansonsten wird ein normaler Sprecherwechsel dargestellt. |
| 13 | Zahlen von null bis zwölf werden ausgeschrieben. In Ziffern werden Dezimalzahlen (1,3) sowie mathematische Gleichungen ($3x + 6 = 0$) geschrieben. |
| 14 | Wörtliche Rede, bspw. wenn Aussagen anderer Personen wiedergegeben werden, wird mit Anführungszeichen, und wenn es sich vom vom Satzbau anbietet, mit Doppelpunkt gekennzeichnet. Beispiel: „ <i>Und dann dachte ich mir so: »Hey, das musst du dir auch noch einmal anschauen«, also habe ich das getan.</i> “ |
| 15 | Textstellen, die Rückschlüsse auf Personen erlauben, werden beim Transkribieren mit dem Präfix „###“ markiert. Diese Rückschlüsse können bspw. Namensnennungen oder seltene Studienkombinationen sein und werden in späteren Schritten anonymisiert. Beispiel: „ <i>Hast du auch das Tutorium von ###Alex besucht?</i> “ |
| 16 | Werden interpretative Informationen, Informationen aus vorangegangenen oder folgendem Interviewabschnitten oder Informationen aus anderen Quellen (z.B. Beobachtungsnotizen) hinzugefügt, um z.B. die Verständlichkeit zu erhöhen oder einen Bezug herzustellen, werden diese Informationen in eckigen Klammern dargestellt. Beispiel: „ <i>Das Instrument [Diagnosecheckliste] fand ich gut!</i> “ |

E.2 Textsegmentanalyse

Das Manual beschreibt das Vorgehen der Textsegmentanalyse als Teil der Interviewauswertung. Kodiert werden in **kompletten, zusammenhängenden Turns** (Abschnitt bis Sprecherwechsel) sämtliche Textsegmente, in denen über ein Instrument gesprochen wird. Dabei sind die folgenden Regeln, Beispiele und Ausnahmen zu beachten:

1. Kodiert werden sämtliche Textsegmente, in denen über ein Instrument gesprochen wird, aus denen also Aussagen von der befragten Person zu einem Instrument ausgewertet werden können. Ein Beispiel dafür ist, wenn die befragte Person berichtet, wie ihr ein Instrument helfen konnte, wie sie es genutzt hat, was sie daran nicht mochte etc.

Gegenbeispiel 1: Zählt der Interviewer nur verschiedene Instrumente auf (z.B. *Diagnosecheckliste, diagnostische Tests, Selbstlerneinheiten*), aus denen die befragte Person auswählen und darüber erzählen soll. Berichtet die befragte Person daraufhin über ein anderes Instrument (bspw. *diagnostische Tests*), ist diese Fragepassage zu dem Instrument *Diagnosecheckliste* nicht zu kodieren.

Gegenbeispiel 2: Berichtet die befragte Person über Tests und sagt so etwas wie „Das ist der Punkt der mir auch schon bei der Diagnosecheckliste aufgefallen ist...“ oder „Das unterschied sich jetzt nicht so sehr von der Diagnosecheckliste“, muss inhaltlich entschieden werden, ob hier auch noch eine Aussage zu der Diagnosecheckliste gewonnen werden kann oder die Passage nur für das andere Instrument ausgewertet werden kann.

2. Kodiert werden jeweils komplette zusammenhängende Turns, also die gesamte Passage, in der über ein Instrument gesprochen wird und die inhaltlich dazu auszuwerten ist. Es kann vorkommen, dass der Interviewer eine Frage stellt und dann die befragte Person nacheinander über verschiedene Instrumente berichtet. Wenn die Person danach erst über andere als über das zu kodierende Instrument spricht, werden in dem Fall nur die Aussagen zu dem zu kodierenden Instrument kodiert – nicht die vorherigen Aussagen zu den anderen Instrumenten oder die Fragestellung. Erfolgt auf die Fragestellung direkt die Aussage zu dem Instrument, wird auch die Fragestellung kodiert.
3. Die zu findenden und zu kodierenden Passagen können innerhalb der Transkripte an mehreren unterschiedlichen Stellen vorkommen:
 - im Rahmen der Frageblöcke aus dem Leitfaden. Diese sind vor allem die Besprechung der Diagnose- und Fördermaßnahmen beziehungsweise Instrumente, die Klausurvorbereitung und die Umsetzung von DiF in der Schule.
 - spontan und situationsabhängig, beispielsweise wenn die befragte Person über ihre Schwierigkeiten bei einem Thema der Veranstaltung berichtet und der Interviewer fragt, ob dort vielleicht ein bestimmtes Instrument geholfen hätte.

Als zusätzliche Hilfe können die Dokumente nach Schlagwörtern durchsucht werden, bspw. *Checkliste, Lösungen* etc.

E.3 Codezuweisung

Das Manual beschreibt das Vorgehen der Codezuweisung als Teil der Interviewauswertung. Kodiert werden **komplette, zusammenhängende Turns** (Abschnitt bis Sprecherwechsel) mit den verfügbaren Codes. Die Beschreibungen, Regeln, Beispiele und Ausnahmen der Codes sind den in MaxQDA hinterlegten Memos zu entnehmen. Dabei sind die folgenden Regeln zu beachten:

1. Die Codes sind in den durch die Textsegmentanalyse gekennzeichneten Abschnitten zuzuweisen. Hierzu werden zunächst das gesamte markierte Textsegment sowie angrenzende Turns (für Kontextinformationen etc.) analysiert.
2. Kodiert werden die jeweiligen Belegstellen für die Codes innerhalb der Textsegmente. Es werden komplette Turns und nicht einzelne Worte oder Sätze kodiert.
3. Es können mehrere Codes innerhalb eines Turns zugewiesen werden. Es kann ebenso vorkommen, dass keiner der Codes in den Passagen zutrifft.

E.4 Einschätzung des Aufgabentyps

Das Manual beschreibt das Vorgehen bei der Einschätzung, ob Übungsaufgaben zum Teil oder mehrheitlich dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen sind.

1. Zuordnung der Aufgabe zu einem Fall:

Der einzuschätzende Fall ist hier jeweils die komplette Aufgabe, die eventuell aus mehreren explizierten Teilaufgaben besteht.

2. Einschätzung der Aufgabe:

Falls Teilaufgaben expliziert sind, beruht die Entscheidung auf den einzelnen Analysen der ausgewiesenen Teilaufgaben. Prüfen Sie anhand der Beschreibung des Aufgabentyps *physikalische Rechenaufgabe* sowie der Ankerbeispiele der Tabelle E.4 die Aufgaben auf entsprechende Anhaltspunkte. Es sind zwei Einschätzungen vorzunehmen.

(A) Ist mindestens eine Teilaufgabe dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen?

Es ist einzuschätzen, ob mindestens eine der Teilaufgaben der zu beurteilenden Aufgabe dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen ist oder nicht. Falls die Aufgabe keine Teilaufgaben aufweist, so ist die gesamte Aufgabe diesbezüglich einzuschätzen.

(B) Ist die Aufgabe mehrheitlich dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen?

Es ist einzuschätzen, ob die einzuschätzende Aufgabe mehrheitlich dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen ist oder nicht. Diese Entscheidung ist davon abhängig, ob die Mehrheit der ausgewiesenen Teilaufgaben dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen ist. Wenn die Teilaufgaben nicht mehrheitlich (bspw. bei gleicher Anzahl) dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen sind, wird die Kategorie keine *physikalische Rechenaufgabe* gewählt. Falls die Aufgabe keine Teilaufgaben aufweist, ist die gesamte Aufgabe diesbezüglich einzuschätzen.

Beispiel 1: Die einzuschätzende Aufgabe besteht aus drei explizierten Teilaufgaben a), b) und c). Es können zwei der Teilaufgaben zu *physikalischen Rechenaufgaben* zugeordnet werden, die dritte nicht. Die Aufgabe ist also bei Einschätzung (A) und Einschätzung (B) den *physikalischen Rechenaufgaben* zuzuordnen.

Beispiel 2: Besteht eine Aufgabe aus vier explizierten Teilaufgaben, von denen zwei dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* zuzuordnen sind, ist die Aufgabe bei Einschätzung (A) den *physikalischen Rechenaufgaben* zuzuordnen, bei Einschätzung (B) nicht, da keine Mehrheit vorliegt.

3. Kodieren der Einschätzung der Aufgabe.

Die Einschätzung der Aufgabe wird in die entsprechenden Felder der Exceltabelle eingetragen. Eine Zuordnung zu dem Typ *physikalische Rechenaufgabe* entspricht einer 1, andernfalls wird 0 kodiert.

Tabelle E.4 Beschreibung der Aufgabentypen samt Beispielen.

| Aufgabentyp | Lösungsweg | Anforderung an die Lösung | Beispielaufgaben |
|---------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diagramm-/Wertetabellen-aufgabe | halb-quantitativ | Erfordern die Erstellung oder auch Interpretation graphischer Darstellungen oder Wertetabellen (vgl. DRAXLER, 2006, S. 67). | Schließen Sie aus dem Weg-Zeit-Diagramm einer Bewegung auf den Verlauf des zugehörigen Geschwindigkeits-Zeit-Diagramms. (in Anlehnung an DRAXLER, 2006, S. 67) |
| Skizzen-aufgaben | zeichnerisch | Erfordert die Erstellung einer geeigneten Skizze und ggf. das Eintragen verschiedener Größen (bspw. Kräfte). | <ul style="list-style-type: none"> Fertigen Sie eine Skizze der beschriebenen physikalischen Situation an und zeichnen Sie alle wirkenden Kräfte ein. Skizzieren Sie die Versuchsanordnung. |
| Theoretische Aufgabe | theoretisch | Erfordern keine rechnerische, sondern theoretische Lösungen (vgl. DRAXLER, 2006, S. 68), wie beispielsweise: <ul style="list-style-type: none"> Wiedergabe von Gesetzmäßigkeiten mit eigenen Worten Argumentation in einem physikalischen Kontext Beschreibung von Schlüsselexperimenten | <ul style="list-style-type: none"> Welche Kräfte sind Scheinkräfte? Welche Reibungskräfte können in der Aufgabe auftreten? Geben Sie mit eigenen Worten die newtonschen Axiome wieder. |
| Mathematik-Aufgabe | | Erfordert mathematische Fähigkeiten, wie beispielsweise mathematische Routinetätigkeiten, Herleitungen oder Umformungen. | <ul style="list-style-type: none"> Bilden Sie die Ableitungen der folgenden Funktionen. Überführen Sie die Maxwellgleichungen von der Integral- in die Differentialform. Setzen Sie den folgenden Ausdruck in die Gleichung ein und bestimmen Sie die Lösung. |
| physikalische Rechenaufgabe | rechnerisch | Erfordert Kenntnis und sinnvolle Kombination von einer oder mehreren verschiedenen physikalischer Wissensenselementen zur Berechnung eines Ergebnis. | <ul style="list-style-type: none"> Eine S-Bahn startet mit einer praktisch konstanten Beschleunigung von $0,8\text{m/s}^2$ die Beschleunigungsstrecke, die die S-Bahn braucht, um 90km/h zu erreichen? Sie legen einen Strom der Stärke 1 A an die folgende Spule an: Länge $l = 10\text{ cm}$, Windungen $N = 5000$, Radius $r = 4\text{ cm}$. Das Magnetfeld baut sich auf. Durch eine Schaltung wird der Strom innerhalb von 1 ms von 1 A auf 0 A ausgeschaltet. Wie groß ist die induzierte Spannung? |

E.5 Einschätzung der Fehler auf den Übungsabgaben

Das Manual beschreibt die Abläufe zur Einschätzung der erkennbaren Fehler auf den Übungsabgaben.

1. **Zuordnen der einzuschätzenden Übungsabgabe zu einem Fall:**

Fall kann hier eine einzelne Person oder ein Team sein. Der Dateiname entspricht dem jeweiligen Fall.

2. **Analyseeinheiten:**

Es werden nur Aufgaben eingeschätzt, die (in Teilaufgaben) physikalische Rechenaufgaben enthalten und somit prinzipiell für die Verwendung der Diagnosecheckliste geeignet sind. Die Einschätzung erfolgt je Analyseeinheit, also Aufgabe oder – wenn vorhanden – Teilaufgabe.

3. **Einschätzen und Kodierung von Fehlern:**

Je Analyseeinheit ist zu entscheiden, ob der Fehler einer der Kategorien oder keiner Kategorie zuzuordnen ist, beziehungsweise kein Fehler erkennbar ist. Tabelle E.5 listet die Kategorien samt Erklärungen auf. Wird keine der Kategorien kodiert, weil kein Fehler vorhanden ist, wird automatisch die Kategorie „*kein Fehler vorhanden*“ kodiert.

Tabelle E.5 Anweisungen zur Einschätzung und Kodierung der Übungsabgaben.

| Bereich | Code | Beschreibung und Beispiel |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ansatz/ Lösungsweg | falscher Ansatz/ Lösungsweg/etwas anderes Gelöst als das Geforderte | Es liegt ein Fehler aufgrund eines falschen Ansatzes oder Lösungsweges vor. Dies schließt das Wählen einer unpassenden Formel ein oder auch Berechnen einer anderen Größe als der gesuchten. <u>Beispiel:</u> Situation falsch verstanden, Student rechnet anstatt der Beschleunigung eine Geschwindigkeit aus. Oder Student wählt Energieerhaltungssatz aus und stellt Formeln auf, obwohl dieser nicht gilt. |
| | enthält einen Fehler (z.B. Kraft falsch eingezeichnet)/ist unpräzise | Die Skizze hat einen Fehler oder ist unpräzise. <u>Beispiel:</u> Es sind Kräfte ohne Vektorpfeile eingezeichnet. Es sind Strecken uneindeutig bemaßt. Es sind Kräfte in ihrer Wirkungsrichtung falsch eingetragen. |
| Skizze | Folgefehler durch falsche Werte anderer Teilaufgaben | Es wurde ein falsch berechneter Wert aus einer vorherigen Teilaufgabe verwendet. Die Skizze ist von der Durchführung her trotz der falschen Werte richtig, das Ergebnis aber nicht das gesuchte. <u>Achtung:</u> Hier ist die Unterscheidung zwischen anderer Teilaufgabe und gleicher Teilaufgabe nicht wichtig. Das heißt, wenn zur Lösung der Aufgabe a) Rechnung und Skizze gefordert war, die Rechnung falsch ist, kann bei einer aufgrund der falschen Werte richtigen Skizze diese als Folgefehler kodiert werden. |
| | unvollständig (nicht alle geforderten Größen eingetra- gen, z.B. fehlende Kraft) | Die Skizze ist unvollständig bezüglich der nötigen Inhalte. Auch kodieren, wenn Inhalte fehlen, die in dieser oder in weiteren Skizzen hätten dargestellt werden sollen. <u>Beispiel:</u> Es sollen alle wirkenden Kräfte eingetragen werden. Dies ist aber nicht geschehen. Drei Skizzen sind gefordert aber nur eine wurde erstellt. |
| Formel | „passende“ Formel, aber Formel falsch aufgeschrieben (z.B. Quadrat vergessen) | Es ist erkennbar die richtige Formel, sie wurde aber falsch memoriert und enthält bspw. einen Dreher bzgl. Zähler/Nenner oder bei der Potenz. Es ist nicht zu kodieren, wenn eine nicht zu verwendete Formel benutzt wurde: bspw. bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung die Formel für gleichförmige Bewegung. Dies ist ein Fehler im Ansatz. <u>Beispiel:</u> $E = (1/2) * m * v$ (ohne Quadrat) |
| | Fehler beim Umstellen/Auflösen von Gleichungen (Arbeit mit Gleichungen) | Es wurde ein Fehler beim Umstellen oder Auflösen der Gleichungen gemacht. <u>Beispiel:</u> Formel falsch nach der gesuchten Größe umgestellt. $x^2 - 9 = 0$ wurde falsch nach x aufgelöst. |
| | Fehler bei Vektorrechnung (Vektoren aufstellen, Kreuzprodukt, etc.) | Der Fehler in der Rechnung steht hauptsächlich in Bezug zur Vektorrechnung. <u>Gegenbeispiel:</u> Wurde nur in 2D statt 3D gerechnet, handelt es sich um Fehler beim Ansatz. |
| | Fehler bei Differentialrechnung (ableiten/ integrieren) | Der Fehler in der Rechnung steht hauptsächlich in Bezug zur Differentialrechnung. <u>Beispiel:</u> Es wurde falsch abgeleitet oder integriert. |

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Es wurde eine unpassende Variable eingesetzt. |
| | falsche/unpassende Variable eingesetzt (bspw. d statt r) | <u>Beispiel:</u> v_0 statt v_e <u>Gegenbeispiel:</u> km/h statt m/s oder bar statt Pascal eingesetzt; für <i>Mega</i> 1.000 anstatt 1.000.000 eingesetzt. |
| Rechnung | Verrechnet/vertippt | Ein Fehler, der beim Ausrechnen/Eintippen passiert sein müsste und sich nicht einer anderen Kategorie zuordnen lässt. Der Fehler ist also nach dem Einsetzen der korrekten Werte passiert. <u>Beispiel:</u> $F = m \cdot g \rightarrow F = 10 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \rightarrow F = 10 \text{ N} \rightarrow$ Fehler beim ausrechnen/eintippen |
| | Einheiten/ Größenordnungen falsch eingesetzt oder verwendet bzw. fehlten | Es wurde eine falsche Einheit eingesetzt. Dieses umfasst Fehler wie das Einsetzen einer nicht SI Einheit sowie das nicht-beachten von Vorfaktoren (ist das die passende Bezeichnung?). <u>Beispiel:</u> km/h statt m/s oder bar statt Pascal eingesetzt; für <i>Mega</i> 1.000 anstatt 1.000.000 eingesetzt. |
| | Abbruch (Teilnehmer hat nicht weitergerechnet) | Es wurde eine bis dahin richtige Rechnung nicht weiter fortgeführt. |
| | Folgefehler durch falsche Werte anderer Teilaufgaben | Es wurde ein falscher Wert aus einer vorherigen Teilaufgabe verwendet. Die Rechnung ist von der Durchführung her richtig, das Ergebnis aber nicht das gesuchte. <u>Beispiel:</u> Es ist kein Folgefehler, wenn etwas in derselben Teilaufgabe falsch eingesetzt wurde. Z.B. vorher r statt d eingesetzt wurde und dann "richtig" ausgerechnet wurde. |
| | konkretes Endergebnis fehlend oder unvollständig (nicht alle Werte ausgerechnet) | Es wurde die Gleichung ausreichend umgestellt, aber nicht der bzw. nicht alle konkreten Werte errechnet. <u>Achtung:</u> Kategorie wird nicht kodiert, wenn bspw. die Rechnung beim Umstellen der Formel abgebrochen wurde. Es wird nur kodiert, wenn das Ausrechnen von Werten prinzipiell möglich gewesen wäre. <u>Beispiel:</u> Es sollten die drei Geschwindigkeiten ausgerechnet werden; es wurden aber nur zwei ausgerechnet. Es wurde die Formel hinreichend umgestellt, aber nicht eingesetzt. |
| | fehlerhaft/unpräzise (oder nicht Antwort auf Frage) | In der Interpretation/Antwort auf die Frage ist mindestens ein Fehler oder sie ist komplett falsch, indem sie nicht die Frage beantwortet oder einen physikalischen/Argumentativen Fehler enthält. Auch eine richtige Antwort auf eine Frage aber fehlende Begründung, also wenn man unterstellen könnte, die Antwort wäre geraten. <u>Beispiel:</u> Es soll geantwortet werden, welche Kugel schwerer ist. 50:50 Chance, Begründung fehlt. |
| Interpretation/ Argumentation | Folgefehler durch falsche Werte anderer Teilaufgaben | Es wurde anhand eines falschen Wertes aus einer vorherigen Teilaufgabe geantwortet. Die Antwort/Begründung ist richtig durchgeführt, das Ergebnis aber nicht das gesuchte. |

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Es wurden nicht alle geforderten Aspekte genannt. |
| | unvollständig (nicht alle geforderten Interpretationen gegeben) | <p><u>Achtung:</u> Kategorie wird nicht kodiert, wenn keine Interpretation gegeben wird. Es wird nur kodiert, wenn einige Aspekte fehlen aber mindestens einer genannt wurde.</p> <p><u>Beispiel:</u> Es sollen die drei newtonsche Axiome genannt werden, aber es wird nur eins von drei genannt.</p> |
| Fehlerzuordnung nicht möglich | Fehlerzuordnung nicht möglich | Kategorie kodieren, wenn ein Fehler nicht den oberen Kategorien zugeordnet werden konnte. |
| Kein Fehler in Aufgabe | Kein Fehler in Aufgabe | Wird automatisch kodiert, wenn keine der oberen Kategorien kodiert wird und somit kein Fehler gemacht wurde. |

E.6 Übertragung der Diagnosechecklisten

Das Manual beschreibt den Ablauf der Übertragung der Diagnosechecklisten in eine Exceltabelle.

1. **Zuordnen der zu erfassenden Diagnosecheckliste zu einem Fall:**
Fall kann hier eine einzelne Person oder ein Team sein. Der Dateiname entspricht dem jeweiligen Fall.
2. **Zuordnen der Diagnosecheckliste zu einer Übungsaufgabe**
Die Aufgabe ist auf der Diagnosecheckliste vermerkt. Falls keine Aufgabe vermerkt ist, wird davon ausgegangen, dass es sich um die von den Betreuern vorgegebene D-Aufgabe (8, 10, 14, 17, 24, 26, 30, 35, 39, 40, 44, 50, 52) handelt. Sind mehrere Aufgaben auf der Diagnosecheckliste vermerkt, gilt zu entscheiden:
 - (A) Wird plausibel zwischen den verschiedenen Aufgaben unterschieden, d.h. kann man davon ausgehen, dass der Student die Diagnosecheckliste reflektiert für mehrere Aufgaben ausgefüllt hat?
Beispiel: Auf der Diagnosecheckliste ist vermerkt, welche Kreuze für Aufgabe 12 und welche für Aufgabe 13 gelten. In dem Fall die Diagnosecheckliste differenziert behandeln, als ob zwei Diagnosechecklisten vorlägen und jeweils bei den entsprechenden Aufgaben kodieren.
 - (B) Falls bei den Kreuzen nicht unterschieden wird, zu welcher Aufgabe sie gehören, dann nur einmal bei der D-Aufgabe kodieren.
Beispiel: Auf der Diagnosecheckliste sind die Aufgaben 11, 12 und 13 vermerkt, es wurde jeweils nur ein Kreuz bei „das konnte ich“ gemacht.
3. **Übertragung der Diagnosecheckliste:** Die Diagnosecheckliste wird in die entsprechenden Felder der Exceltabelle kodiert. Es werden nur Diagnosechecklisten zu Aufgaben kodiert, die dafür geeignet sind.
Tabelle E.6 beschreibt die Möglichkeiten und fasst noch die möglichen Spezialfälle zusammen. Als Freitext werden nur die freien Beschreibungen der Schwierigkeiten im Feld kodiert. Sonstiger Freitext vom Betreuer oder Anmerkungen der Personen über die Sinnhaftigkeit der Übungsaufgaben, werden nicht kodiert.

Tabelle E.6 Anweisungen zur Übertragung der Diagnosechecklisten.

| Allgemeine Fälle | Code |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| „Das konnte ich“ | + |
| „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ | - |
| „Das konnte ich“ + Förderbedarf | F+ |
| „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ + Förderbedarf | F- |
| „Das konnte ich“ + betreuerinitiierte Förderung | B+ |
| „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ + betreuerinitiierte Förderung | B- |
| Freie Antworten bei „Freie Beschreibung der Schwierigkeiten“ | Präfix des Items voranstellen und Freitext übertragen |
| Kein Kreuz gesetzt | nichts kodieren |
| Abweichungen von den allgemeinen Fällen | Code |
| Es wird die Mitte oder es werden beide Kästen bei „Das konnte ich“ und „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ angekreuzt. | M- |
| Es wird die Mitte oder es werden beide Kästen bei „Das konnte ich“ und „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ angekreuzt + Förderbedarf oder betreuerinitiierte Förderung. | MF- bzw. MB- |
| Es wird Förderbedarf gewünscht, aber nicht angegeben, ob Schwierigkeiten vorhanden sind oder nicht. | F |
| Spezialfälle | |
| Es werden mehrere Kreuze in ein Feld gemacht oder mehrere Kreuze in unterschiedliche Felder und es trifft <u>nicht</u> der Fall „Mitte“ zu: Diese Fälle werden nach der Mehrheit gewertet. Beispiel: zwei Kreuze bei „Das konnte ich“ und ein Kreuz bei „Damit hatte ich Schwierigkeiten“ wird als „Das konnte ich“ in Form von „+“ kodiert. | |
| Eine Diagnosecheckliste ist für mehrere Aufgaben gleichzeitig ausgefüllt: nur einmal bei der vorgegebenen Aufgabe kodieren, es sei denn, es wird explizit und plausibel zwischen den einzelnen Aufgaben differenziert; dann entsprechend bei den jeweiligen Aufgaben kodieren. | |

E.7 Einschätzung kommentierter Lösungen

Das Manual beschreibt das Vorgehen der Einschätzung vorgegebener Stellen in kommentierten Lösungen. Die einzuschätzende Stichprobe besteht aus elf kommentierten Lösungen von Studierenden der Universität Duisburg-Essen, sowie jeweils einem dazu passenden Dokument (Checkbogen), welches dazu fünf Fragestellungen und dem jeweiligen Erwartungshorizont aus den diagnostischen Interviews enthält. Ein Fall entspricht hier jeweils einer einzelnen Person. Der Dateiname der kommentierten Lösungen sowie die dazugehörigen fünf Fragestellungen sind passend betitelt.

Hinweise zu den einzuschätzenden Stellen:

Zu jedem Fall gibt es fünf Stellen, die eingeschätzt werden sollen. Eine Stelle ist ein Teil der Aufgabenbearbeitung bzw. -lösung. Es kann sich hierbei bspw. um eine Erklärung zu einem physikalischen Sachverhalt, einer Beschreibung der Lösungsidee, einer Begründung für eine Vereinfachung, einer Angabe von Vergleichswerten oder einer Erklärung, wie die Richtigkeit eines Ergebnisses abgeschätzt wird, handeln. Die Stellen sind in Form von jeweils einer Fragestellung (anhand der das diagnostische Interview geführt wurde) definiert (Aspekt 1-5). Die Fragestellungen enthalten zusätzlich den Erwartungshorizont der Antwort. Wenn etwas zu der einzuschätzenden Stelle in der kommentierten Lösung geschrieben wurde, ist außerdem eine Markierung der Stelle vorhanden, die als erster Anhaltspunkt für die Einschätzung dienen kann.

Vorgehen zur Einschätzung der einzelnen Stellen

1. Zunächst wird Art und Umfang der einzuschätzenden Stelle anhand der jeweiligen Fragen und des Erwartungshorizonts erfasst.
2. Anhand der dazugehörigen kommentierten Lösung (und wenn vorhanden, der Markierungen) wird eingeschätzt, wie das Wissen der Person anhand der schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung zu beurteilen ist.
3. Es ist pro Stelle für jeweils eine der Kategorien zu entscheiden. Es gibt 3 Möglichkeiten:

(A) **„Ich denke, die Person hat diese Stelle verstanden.“**

Anhand der zu beurteilenden schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung, scheint die Person diese Stelle verstanden zu haben. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung ein angemessener Umfang der Kommentierung, eine präzise auf den Punkt gebrachte Argumentation oder die Verwendung einer angemessenen Fachsprache sein.

Argumentationsbeispiel: Einzuschätzende Stelle ist „Hat die Person die Anwendung des Satzes des Pythagoras verstanden?“. Die dazu passende Textstelle in der kommentierten Lösung lautet: "Als nächstes muss der Abstand berechnet werden. Dieser ist nicht direkt zu entnehmen, aber über den Satz des Pythagoras zu berechnen, da ein rechter Winkel und zwei Schenkel aus der Skizze zu entnehmen sind. Der Satz des Pythagoras lautet allgemein [...] auf diesen Fall angewendet, ergibt sich für die Variablen a und b [...]". Argumentation: Hier scheint sehr ausführlich und konkret argumentiert. Es wird erst allgemein erklärt und dann am konkreten Fall der Lösung. Würde hier nur stehen „aus Pythagoras ergibt sich

$l=10\text{cm}$ “ ohne entsprechende Rechnung oder Zuordnung, wäre das zu knapp erklärt und die anderen Kategorien wären zu prüfen.

(B) **„Ich kann nicht sagen, ob die Person diese Stelle verstanden hat oder nicht.“**

Anhand der zu beurteilenden schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung kann man nicht sagen, ob die Person diese Stelle verstanden hat. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung eine schwammige, ungenaue oder zu knappe Kommentierung oder das nicht Vorhandensein einer Kommentierung sein.

Argumentationsbeispiel: Einzuschätzende Stelle: *„Kann die Person die Richtigkeit des Ergebnisses anhand der Größenordnung abschätzen?“*. Die dazu passende Textstelle in kommentierter Lösung lautet: *„Das Ergebnis scheint plausibel, da es die richtige Größenordnung hat.“*. Argumentation: Eine typische Größenordnung hätte hier auch angegeben werden können oder auch Größenordnungen, die einen „stutzig gemacht“ hätten. So alleine stehend kann diese Kommentierung auch ohne das entsprechende Wissen unter jeder möglichen kommentierten Lösung stehen. Man kann hier also nicht sagen, ob der Ersteller der kommentierten Lösung die Abschätzung der Größenordnung in diesem Fall verstanden hat bzw. beherrscht.

(C) **„Ich denke, die Person hat diese Stelle nicht verstanden.“**

Anhand der zu beurteilenden schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung, scheint die Person diese Stelle nicht verstanden zu haben. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung falsche oder widersprüchliche Argumentationen sein.

Argumentationsbeispiel: Einzuschätzende Stelle: *„Kennt die Person die passende Einheit für Energie?“*. Die dazu passende Textstelle in kommentierter Lösung lautet: *„ $E=...=100\text{W}$. Da W (Watt) die Einheit der Energie ist, kann man davon ausgehen, dass die Gleichung richtig ist.“* Argumentation: Das ist fachlich falsch. Die Einheit für Energie wäre Joule. Da in dem fiktiven Beispiel sowohl in der Rechnung als auch in der Argumentation bei der Antwort (in Form der Abschätzung der Richtigkeit) die falsche Einheit verwendet wird, kann man nicht von einem Flüchtigkeitsfehler ausgehen. Es kann in dem Fall vermutet werden, dass der Ersteller der kommentierten Lösung zu der physikalischen Größe *Energie* immer die falsche Einheit assoziiert und damit die einzuschätzende Stelle nicht verstanden hat.

Spezialfälle:

- I. Falls die einzuschätzende Stelle nicht in der kommentierten Lösung vorhanden ist, ist die Kategorie *„Kann ich nicht einschätzen“* zu wählen, da die Person sich zu der gefragten Stelle nicht geäußert hat. Dieses kann vor allem beim Punkt *„Abschätzen der Richtigkeit“* auftreten.
- II. Falls bei der einzuschätzenden Stelle in der kommentierten Lösung Flüchtigkeitsfehler oder Bedienschwierigkeiten mit dem Textprogramm vorzuliegen scheinen, ist nicht zwangsläufig *„Ich denke, die Person hat diesen Aspekt nicht verstanden.“* zu wählen. Unter der Berücksich-

tigung, dass es sich um einen Flüchtigkeitsfehler oder um Bedienschwierigkeiten handelt, sind auch die anderen Kategorien zu prüfen und ggf. zu auszuwählen.

Beispiele:

- Es fehlt in der Formel eine Einheit. Vorher oder hinterher taucht die Einheit in den Rechnungen aber auf.
- In Formeln sind die Indizes falsch formatiert.
- An einer Stelle wurden in einer Argumentation die Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung vertauscht. Die restlichen Ausführungen auf der kommentierten Lösung machen aber den Eindruck, dass die Begriffe verstanden wurden.

Hinweise zur Objektivität der Einschätzung:

An jede Einschätzung ist neutral und unvoreingenommen heranzugehen. Die Vorauswahl der Stellen enthält keine Tendenz, ob bei der Auswahl vermutet wurde, dass die Stelle verstanden wurde oder nicht.

Die Einschätzung darf sich nicht davon beeinflussen lassen,

- ob die Erklärung oder Ausführung auf der kommentierten Lösung dem eigenen Stil entspricht oder nicht. Konkret: „*Die Stelle hätte ich aber besser erklären können!*“ darf nicht zwangsläufig in der Kategorie „*Ich denke, die Person hat diesen Aspekt nicht verstanden*“ resultieren. Auch eine „didaktisch schlechte“ Erklärung kann die Kategorie: „*Ich denke, die Person hat diesen Aspekt verstanden.*“ ermöglichen.
- wie sich die grundsätzliche „Qualität“ der kommentierten Lösung darstellt. Der Eindruck bezüglich der gesamten kommentierten Lösung darf also nicht die Einschätzung einzelner Stellen „überstrahlen“ (vgl. Halo- oder Hof-Effekt; beschrieben z.B. in HELMKE, 2012, S. 136). Die einzuschätzende Stelle kann bei einer ansonsten guten kommentierten Lösung trotzdem nicht verstanden worden sein.
- dass man von einem gänzlich anderen Sachverhalt Schlüsse auf eine andere Stelle ziehen könnte. Wenn bspw. der *Satz des Thales* ausführlich kommentiert wurde, kann daraus nicht auf Verständnis des *Satzes des Pythagoras* geschlossen werden.
- ob die Erklärungen auf der kommentierten Lösung mit der Fragestellung und dem damit verbundenen Erwartungshorizont der Antwort übereinstimmt. Ziel der Einschätzung ist also nicht der Vergleich des Erwartungshorizontes mit der kommentierten Lösung, sondern eine Einschätzung bezüglich des Wissens über die ausgewählte Stelle.

Die Tabelle E.7 fasst die Regeln zur Einschätzung der kommentierten Lösungen kompakt zusammen.

Tabelle E.7 Regeln und Anweisungen zur Einschätzung der kommentierten Lösungen.

| Kategorie | Erläuterung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| „Ich denke, die Person hat diese Stelle verstanden .“ | Anhand der schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung zu beurteilen, scheint die Person diese Stelle verstanden zu haben. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung ein angemessener Umfang der Kommentierung, eine präzise auf den Punkt gebrachte Argumentation oder die Verwendung einer angemessenen Fachsprache sein. |
| „Ich kann nicht sagen, ob die Person diese Stelle verstanden hat oder nicht.“ | Anhand der kommentierten Lösung kann man nicht sagen, ob die Person diese Stelle verstanden hat. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung eine schwammige, ungenaue, zu knappe Kommentierung oder das Nichtvorhandensein einer Kommentierung sein. |
| „Ich denke, die Person hat diese Stelle nicht verstanden .“ | Anhand der schriftlichen Ausführungen in der kommentierten Lösung zu beurteilen, scheint die Person diese Stelle nicht verstanden zu haben. Anhaltspunkte für die Wahl dieser Kategorie können in der kommentierten Lösung eine falsche oder widersprüchliche Argumentation sein. |
| Spezialfälle | Vorgehen |
| Einzuschätzende Stelle ist nicht in kommentierter Lösung vorhanden . | Liefert die restliche kommentierte Lösung keine Anhaltspunkte dazu, ist die Kategorie „Ich kann nicht sagen, ob die Person diese Stelle verstanden hat oder nicht.“ zu wählen. |
| Bei der einzuschätzenden Stelle scheinen in der kommentierten Lösung Flüchtigkeitsfehler oder Bedienschwierigkeiten mit dem Textprogramm vorzuliegen. | Nicht zwangsläufig Kategorie „Ich denke, die Person hat diese Stelle nicht verstanden.“, sondern auch die anderen beiden Kategorien prüfen und ggf. auswählen. |
| Hinweise zur Objektivität der Einschätzungen | |
| <ul style="list-style-type: none"> • An jede Einschätzung ist neutral und unvoreingenommen heranzugehen. Der Auswahl der Stellen ist keine Tendenz zu unterstellen. • Es gilt nicht einschätzen, ob die Erklärung oder Ausführung dem eigenen Stil entspricht oder man es besser kommentieren könnte. • Einzelne Stellen sollen nicht anhand der grundsätzlichen „Qualität“ der kommentierten Lösung bewertet werden. • Es sollen keine Schlüsse aus einem gänzlich anderen Sachverhalt gezogen werden. • Die Kommentierungen sollen nicht nach der Übereinstimmung mit dem eigenen Erwartungshorizont bewertet werden. | |

F Teilnehmer an Veranstaltungen und Interviews

F.1 Gesamtübersicht

Tabelle F.1 Teilnehmer an den (DiF-)Übungen, DiF-Tutorien und des DiF-Vorkurses an der TU Dortmund sowie Teilnahme an den Interviewstudien in den Semestern.

| Semester | | WS 09/10 | | SS 10 | | WS 10/11 | | SS 11 | | WS 11/12 | | WS 12/13 | |
|------------------------------|------------|----------|----|-------|----|----------|----|-------|---|----------|----|----------|---|
| Veranstaltung bzw. Interview | | Ü | I | Ü | I | Ü | I | T | I | T | I | V | |
| Studenten ID | Geschlecht | Σ | 15 | 11 | 16 | 4 | 15 | 7 | 7 | 8 | 10 | 3 | 7 |
| 01 | w | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | | |
| 02 | w | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| 03 | m | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | |
| 04 | w | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| 05 | w | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| 06 | m | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | | |
| 07 | w | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | |
| 08 | m | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | | | | | |
| 09 | w | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | |
| 10 | w | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | |
| 11 | w | ✓ | | | | | | | | | | | |
| 12 | m | ✓ | | | | | | | | | | | |
| 13 | w | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| 14 | w | | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| 15 | m | | | ✓ | | | ✓ | | | | | | |
| 16 | w | ✓ | | ✓ | | | | | | | ✓ | | |
| 17 | w | | | ✓ | | | ✓ | | | | | | |
| 18 | m | | | ✓ | | | | | | | | | |
| 19 | m | ✓ | | ✓ | | | | | | | | | |
| 20 | m | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | | | | | |
| 21 | m | | | ✓ | | | | | | | | | |
| 22 | w | | | | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | |
| 23 | w | | | | | | ✓ | | | ✓ | | | |
| 24 | m | | | | | | | | | ✓ | | | |
| 25 | w | | | | | | ✓ | ✓ | | | | | |
| 26 | m | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| 27 | w | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 28 | m | | | | | | | | | | ✓ | ✓ | |
| 29 | w | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 30 | w | | | | | | | | | | ✓ | ✓ | |
| 31 | m | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 32 | m | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 33 | m | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 34 | w | | | | | | | | | | ✓ | ✓ | |
| 35 | w | | | | | | | | | | ✓ | | |
| 52 | w | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 53 | m | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 54 | w | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 55 | m | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 56 | w | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 57 | w | | | | | | | | | | | | ✓ |
| 58 | w | | | | | | | | | | | | ✓ |

F.2 Statistische Daten der Veranstaltungsteilnehmer

Tabelle F.2 Teilnehmer der Veranstaltungen sowie Anteil der Teilnehmer aus vor-vorherigen Semestern.

| | TU Dortmund | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|-------------|
| | Übung | DiF-Übung | | DiF-Tutorium | | DiF-Vorkurs |
| | WS 09/10 | SS 10 | WS 10/11 | SS 11 | WS 11/12 | WS 12/13 |
| Teilnehmer der Veranstaltung | 15 | 16 | 15 | 7 | 10 | 7 |
| davon aus vor-vorherigem Semester | / | / | 7 | 6 | 1 | 0 |
| weiblich | 9 | 8 | 10 | 5 | 6 | 5 |
| männlich | 6 | 8 | 5 | 2 | 4 | 2 |

F.3 Statistische Daten der interviewten Personen

Tabelle F.3 Statistische Informationen zu einem Großteil der interviewten Personen, soweit Daten vorhanden. ID-Nummern: 02, 04, 05, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 34.

| | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung v. Mittelwert | Median | Mittlere Abweichung v. Median (absolut) |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-------------|------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|
| Zeitdauer seit letztem Schulunterricht in Physik (Jahre; N = 12) | 1,0 | 20,0 | 7,2 | 6,4 | 5,8 | 5,0 |
| Zeitdauer seit letztem Schulunterricht in Mathematik (Jahre; N = 12) | 1,0 | 15,0 | 5,2 | 4,7 | 2,8 | 3,5 |
| Letzte Schulnote in Physik (1-6; N = 11) | 1,0 | 4,0 | 2,6 | 0,9 | 3,0 | 0,7 |
| Letzte Schulnote in Mathematik (1-6; N = 12) | 1,0 | 3,0 | 1,6 | 0,7 | 1,5 | 0,6 |
| Abiturgesamtnote (1-6; N = 10) | 1,6 | 3,7 | 2,5 | 0,6 | 2,5 | 0,4 |
| Geschlecht (N = 12) | Männlich: 3 | Weiblich: 9 | | | | |
| Erhebungssemester (N = 12) | WS 10/11: 7 | SS 11: 2 | WS 11/12: 3 | | | |
| Schulform (N = 12) | Grundschule: 4 | | HRGe: 6 | Förderschule: 2 | | |
| Zweifach (N = 12) | Mathematik: 5 | | Sonstige: 7 | | | |

F.4 DiF-Vorerfahrungen der Studierenden

Tabelle F.4 Ergebnisse des DiF-Fragebogens (WS 10/11, DiF-Übung, Studierende, N = 11; WS 11/12, DiF-Tutorium, Studierende, N = 6; DiF-Vorkurs, Studierende, N = 4). Nges = 21. Ergebnisse des SS 11 werden nicht angegeben, da Kohorte größtenteils identisch mit dem des WS 10/11 ist (vgl. Anhang F.1).

| | DiF-Übung | DiF-Tutorium | DiF-Vorkurs | Summe |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|-------|
| | WS 10/11 | WS 11/12 | WS 12/13 | |
| Befragte Personen | 11 | 6 | 4 | 21 |
| Kenntnis mindestens eines DiF-Instruments aus der eigenen Schulzeit, | 6 | 4 | 4 | 14 |
| ... welches vermutlich zu diagnostischen Zwecken eingesetzt wurde. | 2 | 3 | 3 | 8 |
| ... welches Grundlage für eigene individuelle Förderung wurde. | 0 | 2 | 3 | 5 |

Danksagung

Für die Ermöglichung, Unterstützung und Anregungen im Rahmen des Projekts und der Durchführung meiner Studie gilt mein besonderer Dank:

Frau Professorin Dr. Heike Theyßen für die Begutachtung meiner Arbeit und die hervorragende Betreuung während meiner Promotion,

Herrn Professor Dr. Claus Gößling für die Begutachtung meiner Arbeit und die sehr zuvorkommende Unterstützung,

Herrn Professor Dr. Bernd Ralle für die wertvollen Hinweise und die Mitgliedschaft in der Prüfungskommission,

Herrn Professor Dr. Axel Lorke für die freundliche Übernahme des Prüfungsvorsitzes sowie der TU Dortmund und besonders der Fakultät Physik.

Danken möchte ich auch den dortMINT-Initiatoren Prof. Dr. Stephan Hußmann und Prof. Dr. Christoph Selter für die organisatorische sowie der *Deutschen Telekom Stiftung* für die finanzielle Unterstützung meines Vorhabens. Der gemeinsame Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen der Fakultät Physik, der Didaktik der Physik, der Didaktik der Chemie und des Lehrstuhls für Technik und ihre Didaktik an der TU Dortmund sowie der Didaktik der Physik und des Graduiertenkollegs *Naturwissenschaftlicher Unterricht* der Universität Duisburg-Essen war für mich in allen Phasen der Entstehung meiner Arbeit stets wertvoll und soll deshalb hier nicht unerwähnt bleiben.

Abschließend gilt mein Dank vor allem den an meiner Untersuchung beteiligten Studierenden, deren Bereitschaft, sich mit den von mir eingesetzten Instrumenten auseinanderzusetzen, unverzichtbar für die Durchführung meiner Studie gewesen ist.