



Elke Sumfleth. Foto: Vladimir Unkovic

*Seit Jahren wird in Deutschland über die Studierfähigkeit der Studienanfänger*innen diskutiert. Basis dafür ist einerseits das weit verbreitete Gefühl, dass „früher alles besser war“, aber andererseits zeigen „harte“ Zahlen gerade für die naturwissenschaftlich-technischen Studiengänge auch im internationalen Vergleich hohe Quoten an Studienabbrecher*innen. Die DFG-Forschungsgruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen“ (ALSTER) ist angetreten, den Dingen auf den Grund zu gehen.*

Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen

Oder: Warum brechen Studierende ein naturwissenschaftlich-technisches Studium ab?

Von Elke Sumfleth & Detlev Leutner

Seit Jahren wird in Deutschland über die Studierfähigkeit der Studienanfänger*innen diskutiert. Basis dafür ist einerseits das weit verbreitete Gefühl, dass „früher alles besser war“, aber andererseits zeigen „harte“ Zahlen gerade für die naturwissenschaftlich-technischen Studiengänge auch im internationalen Vergleich hohe Quoten an Studien-

abbrecher*innen. Hier setzen nicht zuletzt auch die im Rahmen des „Qualitätspakts Lehre“ des BMBF initiierten Entwicklungsmaßnahmen an.

Die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Forschungsgruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissen-

schaftlich-technischen Studiengängen (ALSTER)“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, Prädiktoren für den Studienerfolg zu ermitteln sowie Mediator- und Moderatorvariablen aufzuklären und dabei fachspezifische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. In dieser Forschungsgruppe arbeiten Wissenschaftler*innen aus der Bil-

dungsforschung (Psychologie und Fachdidaktiken) und der naturwissenschaftlich-technischen Fachwissenschaften gemeinsam an den Forschungsfragen. Diese Konstellation entspricht den Forderungen von Helmke und Schrader¹, die „für eine leistungsfähige Hochschuldidaktik [...] die Verflechtung allgemeiner Erkenntnisse zum Lehren und Lernen (Instruktionspsychologie) mit fachlichen und fachdidaktischen Gesichtspunkten“ verlangen, um so den Erwerb fachlicher Expertise und fachübergreifender Kompetenzen zu unterstützen.

Im Fokus der Forschung standen in den ersten drei Jahren (seit 2015) fachspezifische Bedingungen des Studienerfolgs in Einfach-Bachelor-Studiengängen der Ingenieurwissenschaften (Schwerpunkt Bau) und der Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik). Es wurden relevante Einflussgrößen für den Studienerfolg identifiziert und Zusammenhänge überprüft. In fünf Teilprojekten wurden unterschiedliche Schwerpunkte fokussiert, wobei das Teilprojekt A übergreifende Fragestellungen thematisiert, also Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Einflussfaktoren zwischen den Studiengängen. Hier wurden alle fachunabhängigen Daten und Kontrollvariablen wie kognitive Fähigkeiten, Interessens- und Motivationsdaten und in Kooperation mit den anderen Teilprojekten unter anderem die Leistung in Fachwissenstests erhoben. Vertiefte Analysen wurden am Beispiel des Fachs Chemie durchgeführt. Im Teilprojekt B standen Lernstrategien mit Fokus auf Ressourcenmanagement und Selbstregulationsfähigkeit im Mittelpunkt. Die entsprechenden Daten wurden an Bauingenieurstudierenden erhoben. Als Vergleichsgruppe dienten Studierende der Erziehungswissenschaft, weil sich hier die fachlichen und prüfungsrelevanten Anforderungen zu Studienbeginn maximal unterscheiden. Im Teilprojekt C lag der Schwerpunkt auf der mathematischen Modellierungsfähigkeit

der Bauingenieurwesen- und Physikstudierenden, weil diese in diesen Fächern eine besondere Rolle spielt. Im Teilprojekt D wurde das (visuelle) Modellverständnis von Bauingenieurstudierenden im Vergleich zu Chemiestudierenden untersucht, und im Teilprojekt E der Einfluss verschiedener Wissenstypen auf den Studienerfolg von Physik- und Biologiestudierenden.

Ausgangslage: Studienabbruch in MINT-Studiengängen

Seit 1970 führt die Hochschul-Informationssystem (HIS) GmbH in Deutschland Fragebogenstudien zum Studienabbruch durch. Eine aktuelle Zusammenfassung liefert die Studie des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW)².

Die Zahlen³ zeigen, dass die Abbruchquote in den Bachelorstudiengängen mit 29 Prozent (Universität 32 %, Fachhochschule 27 %) seit einiger Zeit relativ stabil ist. In Mathematik/Naturwissenschaften und in den Ingenieurwissenschaften liegt sie an Universitäten bei 39 beziehungsweise 32 Prozent, obwohl trotz der guten beruflichen Perspektiven die Studienanfänger*innenzahlen eher niedrig sind und eine Studienentscheidung für diesen Bereich aufgrund seiner weithin bekannten Schwierigkeit gut überlegt sein dürfte.

Die Gründe für einen Studienabbruch sind vielfältig und untereinander verknüpft, wobei oftmals ein einzelner Grund den Ausschlag für die Abbruchentscheidung gibt⁴. Die Studienabbrecher*innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer gaben mit 33 Prozent am häufigsten Leistungsprobleme als ausschlaggebenden Grund an (Ingenieurwissenschaften 20 %). Auf dem zweiten Platz folgt mit 20 Prozent beziehungsweise 19 Prozent mangelnde Studienmotivation. Albrecht und Nordmeyer⁵ benennen als Einflussfaktoren für die Exmatrikulation die Note der Hochschul-

zugangsberechtigung, die Betreuung und Unterstützung während des Studiums, die Informiertheit hinsichtlich der Studienanforderungen sowie das Fachinteresse.

Die Mehrzahl aller Studienabbrüche erfolgt in den Anfangssemestern: 30 Prozent der Abbrüche erfolgen in den ersten beiden Studiensemestern, weitere 20 Prozent im zweiten Studienjahr⁶. Damit ist insbesondere die Studieneingangsphase für einen erfolgreichen Studienabschluss bedeutsam. Über alle Studiengänge hinweg gibt nur ein Drittel der Studierenden nach den ersten acht Wochen an, mit dem Studium zurechtzukommen. Nur für die Hälfte der Studierenden haben sich die Erwartungen an das Studium erfüllt⁷. Die Studierenden sorgen sich am meisten um das Knüpfen sozialer Kontakte, die Arbeitsbelastung und das Leistungsniveau. Ein Großteil der Studierenden hat Schwierigkeiten mit dem selbstbestimmten Lernen und dem Zeitmanagement⁸. Hochschullehrkräfte wiederum halten jede*n dritte*n Studierende*n im ersten und zweiten Fachsemester für nicht studierfähig⁹. Die Kritik setzt an den analytischen Fähigkeiten, dem Abstraktionsvermögen, der sprachlichen Ausdrucksfähigkeit und dem Vorwissen an. Studierende hingegen beklagen, zu wenig Feedback zu ihren Leistungen zu erhalten¹⁰.

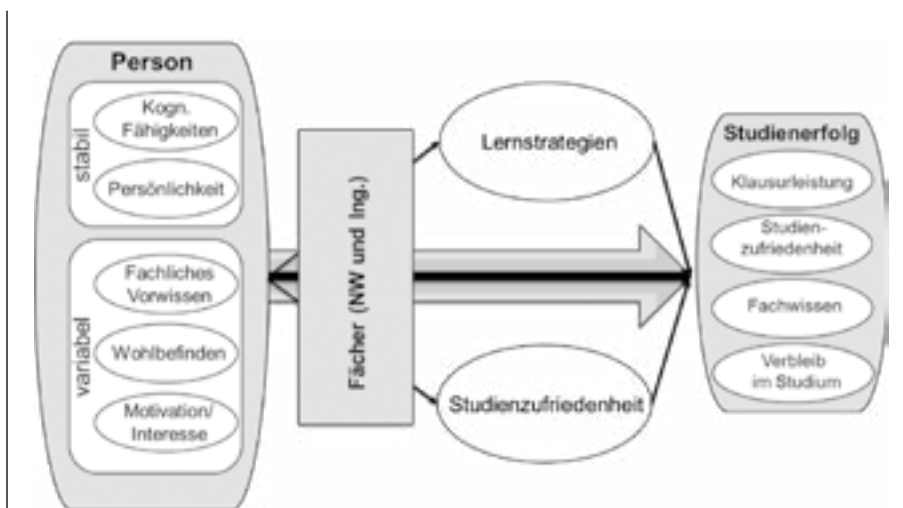
Studienerfolgsmodelle

In vielen empirischen Arbeiten werden allgemeine, fachunspezifische Prädiktoren des Studienerfolgs untersucht, wobei der Studienerfolg wiederum an sehr unterschiedlichen Kriterien wie Studiennoten, Studiendauer oder auch Studienzufriedenheit gemessen wird. Aus diesen unterschiedlichen Kriterien resultieren unterschiedliche Untersuchungsergebnisse¹¹. So sind Schulnoten nur für Studiennoten und Studienabbruch von Relevanz, während Leistungsmotivation und Gewissenhaftigkeit für eine größere Anzahl an Studienerfolgskriterien prognostisch

sind, wenn man eine stark heterogene Studierendenschaft unterschiedlicher Studienjahrgänge und -fächer betrachtet. Aus einer schwer zu überschauenden Vielzahl an Forschungsergebnissen zur fachunspezifischen Studienerfolgsprognose resultieren verschiedene Studienerfolgsmodelle¹², die Wirkungsgefüge zwischen verschiedenen Einflussfaktoren abbilden, fachliche Aspekte in der Regel aber nicht berücksichtigen.

In Studienerfolgsmodellen dieser Art sind Ergebnisse einer Vielzahl verschiedener fachübergreifender Studien eingegangen. Die höchste Prognosekraft für Studienerfolg wird der Abiturgesamtnote zugeschrieben, die mit Prüfungsleistungen über alle Studienfächer im Mittel zu $r = .53$ korreliert¹³. Ihre Validität als Prädiktor wird allerdings in Frage gestellt, weil die Notengebung vom Bundesland, von der Schule und der Lehrkraft abhängt¹⁴. Die prognostische Güte der Fachwissenstests nimmt mit steigender inhaltlicher Übereinstimmung von Test- und Studieninhalt zu. Zudem beeinflusst die Art des Vorwissens die Studiengeschwindigkeit und die Tendenz zum Abbruch¹⁵. Demgegenüber sind der Einfluss des Geschlechts¹⁶ und des Interesses¹⁷ auf den Studienerfolg noch unklar. Begründete Konsequenzen für Studienberatung oder Fördermaßnahmen sind aus diesen forschungsmethodisch verschiedenen und mit unterschiedlichen Zielen verfolgten Studien nicht abzuleiten, und ein Vergleich der Bedeutungen der einzelnen Variablen ist nicht möglich.

Ausgehend von den vorliegenden Modellen und überwiegend allgemeinen, fachunspezifischen Detailergebnissen wurde, als Basis für die gemeinsame Arbeit in der Forschungsgruppe ALSTER, ein konzeptuelles Rahmenmodell zu Wirkzusammenhängen des Studienerfolgs (Abb. 1) entwickelt, das spezifische Anforderungen naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge berücksichtigt. Studienerfolg wird anhand von Studienleistungen wie Klausur- und Modulnoten, dem



(1) Konzeptuelles ALSTER-Rahmenmodell zu Wirkzusammenhängen des Studienerfolgs. Quelle: eigene Darstellung

mit Fachwissenstests gemessenen Wissenszuwachs und der Studienzufriedenheit operationalisiert. Aufgrund der unterschiedlich schwierigen Klausuren und verschiedener Bewertungsmaßstäbe erscheint die Erhebung des Wissenszuwachses durch prä-post eingesetzte Tests notwendig. Der Verbleib im Studium wird dahingehend erfasst, dass keine Exmatrikulation oder Umschreibung in einen anderen Studiengang beziehungsweise ein anderes Studienfach stattgefunden hat.

Bei den Prädiktoren wird zwischen stabilen und variablen Eigenschaften der Studierenden unterschieden. Zu den stabilen Prädiktoren zählen kognitive Fähigkeiten (inklusive der Abiturgesamtnote und der fachlich relevanten Einzelnoten) sowie grundlegende Persönlichkeitseigenschaften¹⁸. Zu den während des Studiums veränderbaren Prädiktoren zählen fachliches Wissen, Wohlbefinden sowie motivationale und interessenbezogene Variablen. Es wird angenommen, dass diese Prädiktoren sowohl direkt auf den Studienerfolg wirken als auch vermittelt über Lernstrategien und Studienzufriedenheit. Darüber hinaus wird angenommen, dass die direkten Effekte der Prädiktoren auf den Studienerfolg durch die spezifischen Anforderungen des

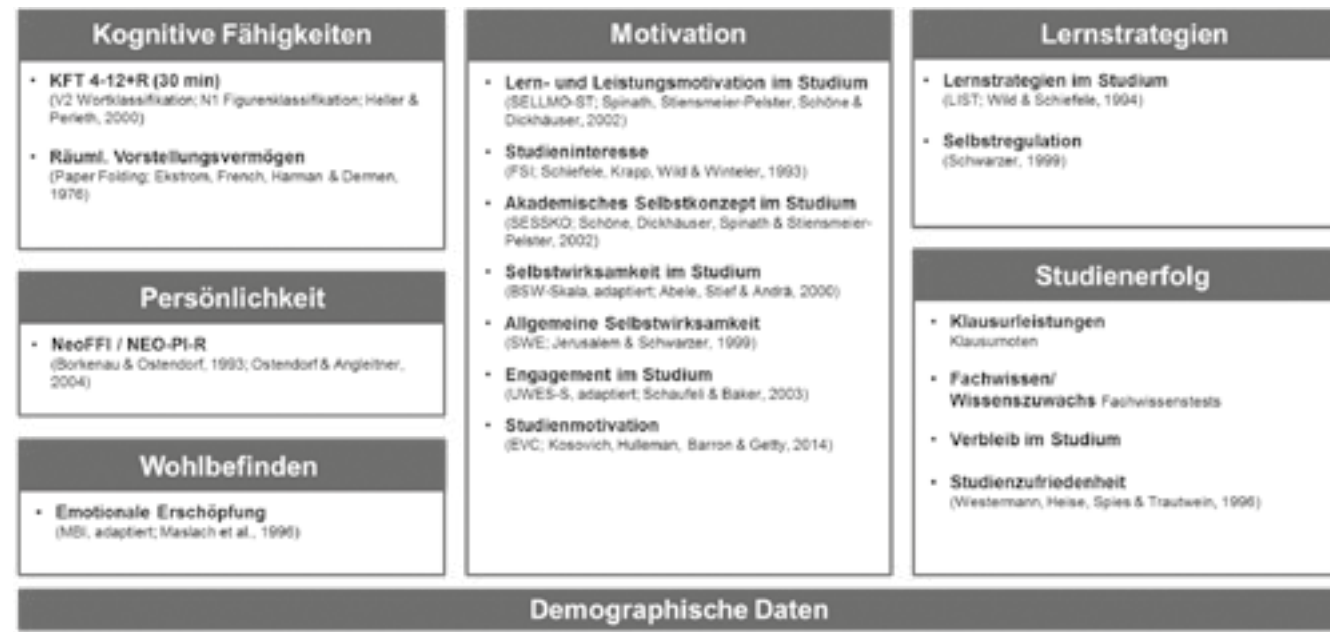
jeweiligen Studienfaches beeinflusst werden (z.B. mathematische Anforderungen, spezifische Repräsentationsmodi und spezifische Wissenstypen).

Datenerhebung

Die für die Prüfung des Rahmenmodells erforderliche Datenerhebung wurde im Rahmen von Lehrveranstaltungen im Optionalbereich an den Universitäten Duisburg-Essen und Bochum realisiert. Insgesamt wurden 13 Seminare in Bochum und sieben Seminare in Essen durchgeführt.

Die Datenerhebung umfasste alle ALSTER-Fragebögen und -Tests, sowohl die projektspezifischen Instrumente als auch die teilprojekübergreifenden Instrumente zur Prüfung des Rahmenmodells (s. unten). Es wurden die in Abbildung (2) zusammengestellten Instrumente eingesetzt. Darüber hinaus wurden demographische Variablen erhoben (u.a. Geschlecht, Alter, Muttersprache, Abiturnote, Bildungshintergrund der Eltern).

Die Datenerhebung umfasste im Wintersemester 2016/2017 drei Messzeitpunkte. Zu Beginn des Semesters (T1) wurden die Prädiktorvariablen des ALSTER-Rah-



(2) In der Pilotierungs- und der Hauptstudie eingesetzte Instrumente.
Quelle: eigene Darstellung

menmodells erhoben (kognitive Fähigkeiten, Persönlichkeit, Studienzufriedenheit, Motivation, Lernstrategien, Fachwissen, vgl. Abb. 2), in der Mitte des Semesters (T2) (als potentieller Mediator) die Studienzufriedenheit. Am Ende des Semesters (T3) erfolgte die Erhebung der Studienerfolgsvariablen (Fachwissen, Studienzufriedenheit, Klausurnoten sowie Studienabbruchneigung) und derjenigen Personenvariablen, die als variabel angesehen werden (Motivation, Lernstrategien). Das Fachwissen wurde in den Lehrveranstaltungen erhoben, Studienzufriedenheit, Abbruchneigung, Motivation und Lernstrategien per Online-Erhebung. Die Klausurnoten wurden aus den zentralen Datenbanken der beteiligten Universitäten bereitgestellt (wozu die an der Studie teilnehmenden Studierenden zu Beginn ihr Einverständnis erklärt hatten). Im Sommersemester 2017 wurde eine weitere Erhebung durchgeführt: Studienzufriedenheit und Studienabbruchneigung wurden online erhoben, das Fachwissen offline. Der Leistungszuwachs wurde mit Hilfe von selbst entwickelten Fachwissenstests¹⁹ beziehungsweise

mit Adaptationen vorliegender Tests erhoben (z.B. mathematisches Wissen²⁰).

Der Datenschutzbeauftragte der Universität war in die Zusammenstellung der Erhebungsinstrumente eingebunden. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Studierenden an zwei Stellen ihr Einverständnis erklärt haben: zum Zeitpunkt der Einschreibung (als allgemeine Regel der UDE zur Unterstützung der Forschung) und zu Beginn des Projektes (bezogen auf die ergänzend in ALSTER erhobenen Daten).

Die in der Forschungsgruppe realisierte, sehr aufwändige Form der Datenerhebung hat sich mehr als bewährt. In Essen und in Bochum wurde eine sehr hohe Ausschöpfungsquote erreicht, und die Mortalität über ein Semester betrug durchschnittlich nur 11 Prozent. Nach Auskunft der Studierenden ist die Möglichkeit, neben der Probandenvergütung auch Leistungspunkte zu erhalten, äußerst attraktiv. Die Gesamtzahl der Teilnehmenden betrug 921 Studierende (Bochum: 515, Essen: 406) zum ersten Messzeitpunkt der Hauptstudie (Tab. 1).

Im Folgenden werden die Teilprojekte der Forschungsgruppe mit zentralen Ergebnissen vorgestellt.

Teilprojekt A „Zentrale Datenerhebung und fächervergleichende Auswertung“

In diesem Teilprojekt waren folgenden Principal Investigators (PI) beteiligt: Elke Sumfleth, Detlev Leutner, Matthias Brand; als Promovierende Daniel Averbek und Jens Fleischer. Hier wurde geprüft, inwieweit die im Alster-Rahmenmodell angenommenen Zusammenhänge zur Vorhersage des Studienerfolgs empirisch abbildbar sind. Entsprechend wurden auf der Basis des längsschnittlichen ALSTER-Datensatzes Modellrechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse an dieser Stelle vorgestellt werden. In diesen Analysen wurden Studienzufriedenheit, Klausurnoten und Fachwissen sowie die Fachwissensentwicklung als Kriterien des Studienerfolgs betrachtet. In entsprechenden Mehrgruppen-Pfadmodellen erwiesen sich folgende Variablen als relevante Prädiktoren:

- Studieninteresse, Engagement im Studium, die Erwartungskomponente der Studienmotivation sowie das mathematische Wissen als Prädiktoren für die Zufriedenheit mit den Studieninhalten, die Kostenkomponente der Studienmotivation, die Subskala Neurotizismus des NeoFFI, emotionale Erschöpfung sowie das mathematische Wissen als Prädiktoren für die *Zufriedenheit mit der Bewältigung der Studienanforderungen*,
- Studieninteresse, Engagement im Studium, Wertkomponente der Studienmotivation, Abiturnote, kognitive Grundfähigkeiten, fachliches Vorwissen, Kurswahl in der Oberstufe und die Zufriedenheit mit den Studieninhalten als Prädiktoren für die *Klausurnoten*,

- die Wertkomponente der Studienmotivation, kognitive Grundfähigkeiten, mathematisches Wissen, fachliches Vorwissen, Kurswahl in der Oberstufe, Abiturnote, Extraversion sowie die Muttersprache und das Geschlecht als Prädiktoren für das *Fachwissen*.
- Studieninteresse, die Erwartungskomponente der Studienmotivation, das fachliche Vorwissen und das mathematische Wissen sowie die Zufriedenheit mit den Studieninhalten als Prädiktoren für die Studienabbruchneigung (Abb. 3).

Dabei zeigten sich²¹ sowohl Moderations- als auch Mediationseffekte, wie sie im ALSTER-Rahmenmodell angenommen werden (Abb. 3). So wird zum Beispiel der Effekt der Erwartungskomponente der Studienmotivation bei *Studienabbruchneigung* durch die Fachzugehörigkeit moderiert: Die Erwartungskomponente der Studienmotivation ist zwar bei den Studierenden der Chemie und der Physik, nicht aber bei den Studierenden der Biologie und des Bauingenieurwesens prädiktiv. Mediation zeigt sich zum Beispiel bei der Vorhersage der Klausurnoten, indem die Effekte des mathematischen Wissens und der motivationalen Variablen (Interesse, Engagement, Erwartungskompo-

Fach	Essen		Bochum		Summe
	N	Quote*	N	Quote*	N
Bauingenieurwesen B.Sc.	90	37,7	118	79,7	208
Biologie B.Sc.	63	79,7	99	52,7	162
Chemie/Water Science B.Sc.	118	91,5	157	100,0	275
Physik/Energy Science B.Sc.	44	62,0	62	89,9	106
Erziehungswissenschaft B.A.	91	83,5	79	100,0	170
Gesamt	406	67,1	515	80,3	921

*Quote indiziert die Ausschöpfungsquote des jeweiligen Studiengangs am jeweiligen Standort, bezogen auf die Anwesenden in der ersten Vorlesung des jeweiligen Studiengangs.

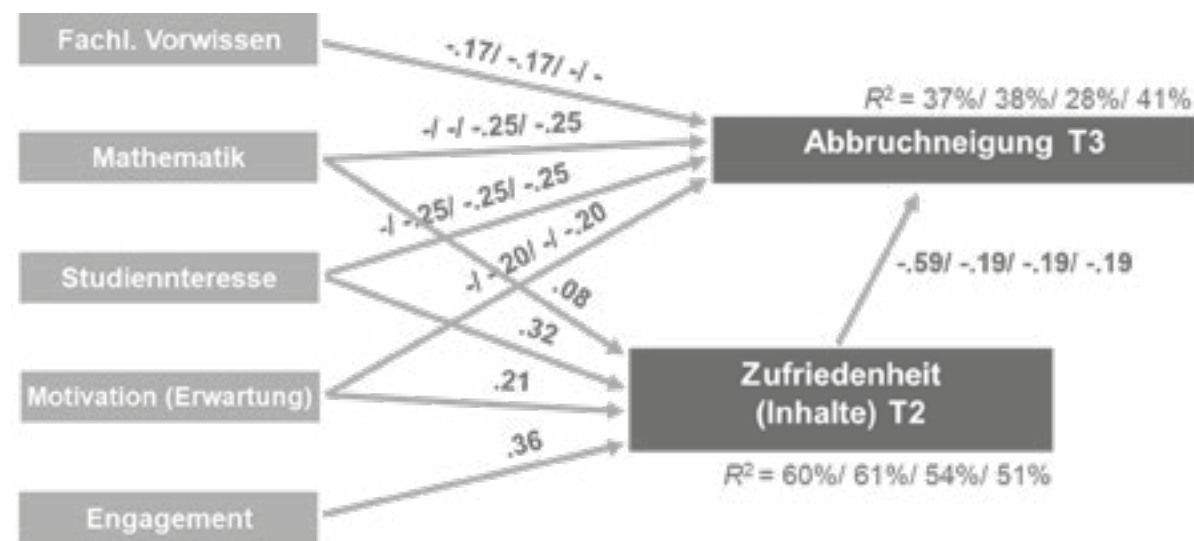
(T1) Ausgangsstichproben der Hauptstudie.
Quelle: eigene Tabelle

nente der Studienmotivation) sowie der Kurswahl in der gymnasialen Oberstufe vermittelt über die Zufriedenheit mit den Studieninhalten auf die *Studienabbruchintention* wirken. Eine moderierte Mediation zeigt sich zum Beispiel darin, dass der indirekte Effekt des Studieninteresses (mediert durch die Zufriedenheit mit den Studieninhalten) moderiert wird durch die Fachzugehörigkeit (starker Effekt in der Biologie, schwacher Effekt in der Chemie, der Physik und im Bauingenieurwesen). Für die kognitiven Variablen (Abiturnote, kognitive Grundfähigkeiten) zeigen sich weder Moderation noch Mediation – sie wirken in den untersuchten Fächern direkt und gleichartig auf die Klausurnoten.

In einem Mehrgruppen-Pfadmodell zur Vorhersage des Fachwissens (ohne Abbildung) konnte durch die Variablen Wertkomponente der Studienmotivation, kognitive Grundfähigkeiten, mathematisches Wissen, Kurswahl in der Oberstufe, Abiturnote, Extraversion sowie die Muttersprache und das Geschlecht

zwischen 41 (Biologie) und 54 Prozent (Physik) der Varianz des Fachwissens zum Ende des Semesters aufgeklärt werden. Wenn zusätzlich das fachliche Vorwissen zu Beginn des Semesters kontrolliert und damit die Fachwissensentwicklung in den Blick genommen wird, steigt die aufgeklärte Varianz auf 55 (Biologie) beziehungsweise 67 Prozent (Physik). Gleichzeitig wird deutlich, dass ein Großteil der Effekte über das fachliche Vorwissen vermittelt wird.

Zusätzliche exemplarische Analysen mit Fokus auf den Einfluss des fachspezifischen Vorwissens wurden am Beispiel der Studiengänge Chemie, Water Science und Biochemie durchgeführt. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Fachwissenserwerb der Studierenden in den grundlegenden chemischen Teilbereichen der Studieneingangsphase maßgeblich vom Wissen im Bereich der Allgemeinen Chemie beeinflusst wird. Etwaige kognitive oder affektiv-motivationale Studierendenmerkmale schei-



(3) Mehrgruppen-Pfadmodell (Fleischer et al., 2019) zur Vorhersage der Studienabbruchneigung zum Ende des ersten Fachsemesters (CHI 2 = 18.73, df = 34, p = .98, CFI = 1.000, TLI = 1.024, RMSEA = 0.000, SRMR = .033; alle Variablen innerhalb der Studiengänge z-standardisiert). Angabe der standardisierten Pfadkoeffizienten in der Reihenfolge: Biologie (n = 153), Chemie (n = 254), Bauingenieurwesen (n = 183), Physik (n = 90). Für alle Koeffizienten gilt: p < .01. Prädiktoren zu Beginn des ersten Semesters erfasst; T2 zur Mitte, T3 zum Ende des ersten Semesters.

Quelle: eigene Darstellung

nen zumindest in den ersten beiden Semestern weniger von Belang zu sein. Somit stellt das Vorwissen im Bereich der Allgemeinen Chemie – welches überwiegend durch das Kurswahlverhalten in der Oberstufe determiniert wird – die zentrale Größe für den Wissenserwerb und daraus abgeleitet den dauerhaften Studienerfolg von Chemiestudierenden in der Studieneingangsphase dar. Demzufolge scheint eine frühzeitige Diagnostik defizitärer Wissensstände im Bereich der Allgemeinen Chemie eine vielversprechende Möglichkeit zu sein, die sehr hohen Studienabbruchquoten in Chemiestudiengängen verringern zu können.

Teilprojekt B „Selbstregulation des Lernens in der Studieneingangsphase: Strategien des Ressourcenmanagements“

In diesem Teilprojekt (PIs: Detlev Leutner & Joachim Wirth; Doktorandin Julia Waldeyer) werden Fragen des selbstregulierten Lernens im Kontrast der Studienfächer

Bauingenieurwesen und Erziehungswissenschaft untersucht. Im Fokus stehen Lernstrategien des Ressourcenmanagements wie Zeitmanagement, Hilfesuchen, Motivation und Anstrengung, die beim akademischen Lernen an Universitäten eine größere Rolle spielen als beim Lernen in der Schule. Zur Erfassung von Kompetenzen im Bereich des Ressourcenmanagements wurde ein neues, auf „situational judgements“ basierendes Instrument entwickelt, anhand dessen sich nicht nur die Verfügbarkeit von Strategien, sondern auch spezifische Defizite der Strategienutzung diagnostizieren lassen (ReMI)²². Dieses Instrument hat sich bisher bewährt: Es konnten Belege sowohl zur Konstruktvalidität als auch zur prognostischen Validität bei der Vorhersage des Studienerfolgs erbracht werden, wie dies im ALSTER-Rahmenmodell erwartet wird. Von besonderer Bedeutung ist zum einen, dass das Instrument den Studienerfolg (Klausurnoten) in ähnlicher Größenordnung vorherzusagen erlaubt wie Intelligenz.

Zum anderen weist das Instrument, auch bei Kontrolle von Abiturnoten, gegenüber Intelligenz inkrementelle Validität auf (Tab. 2). Darüber hinaus zeigt sich, dass der positive Effekt von Gewissenhaftigkeit auf Studienleistung über Strategien des Ressourcenmanagements vermittelt wird, was vor allem bei insgesamt hoher Gewissenhaftigkeit der Fall ist (moderierte Mediation). Die Ergebnisse lassen sich verwenden, um Kompetenzen des Ressourcenmanagements, insbesondere im Bereich des Zeitmanagements, zu Studienbeginn gezielt zu trainieren.

Teilprojekt C „Studienerfolg in der Physik und in den Bauingenieurwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der geforderten und benötigten mathematischen Kompetenz“

In diesem Teilprojekt (PIs: Hans E. Fischer, Martin Lang, Andreas Borowski, Axel Lorke & Jochen Menkenhagen; Promovierende: Elmar Dammann, Joachim Müller) stehen die mathematischen Fähigkeiten der

Modell	B	SE	β	R ²	ΔR^2
1 Reasoning	-.646	.296	-.148*		
Abiturnote ¹	.714	.123	.393**		
ReMI Hilfesuchen	-.249	.122	-.137*	.242	.018*
2 Reasoning	-.634	.295	-.145*		
Abiturnote ¹	.691	.124	.380**		
ReMI Hilfesuchen	-.281	.120	-.159*	.248	.023*
3 Reasoning	-.714	.293	-.164*		
Abiturnote ¹	.734	.123	.404**		
ReMI Hilfesuchen	-.219	.118	-.123	.243	.015
4 Reasoning	-.663	.294	-.152*		
Abiturnote ¹	.702	.124	.386**		
ReMI Hilfesuchen	-.349	.160	-.147*	.245	.021*

(T2) Regressionsmodelle zur Vorhersage der Klausurdurchschnittsnote anhand von Intelligenz (Reasoning), Abiturdurchschnittsnote und Strategien des Ressourcenmanagements (ausgewählte ReMI-Subskalen und ReMI-Globalskala).

Quelle: vgl. Waldeyer, Fleischer & Leutner, 2019a

Studierenden im Vordergrund, die sowohl für Physik als auch die Ingenieurwissenschaften wichtig sind, und das physikalische Fachwissen für die Physik²³. Das Verständnis von speziellen mathematischen Operationen und Konzepten wird dabei als notwendige Voraussetzung für den Studienerfolg in der Physik und im Bauingenieurwesen gesehen. Fachlich-mathematisches Modellieren bezeichnet den Transfer zwischen physikalischen/ingenieurwissenschaftlichen und mathematischen Repräsentationen²⁴. Es wird angenommen, dass im Studium die mangelnde Vernetzung mathematischer und physikalischer Inhalte mittels dieser Repräsentationen eine wichtige Ursache für Verständnisschwierigkeiten und, in der Folge, einen wichtigen Grund für den Abbruch des Studiums in diesen Fächern darstellt.

In der Physik und in den Ingenieurwissenschaften werden mathematische Methoden nicht nur im Sinne von mathematischen Operationen zur Ausführung von Lösungsalgorithmen angewendet, sondern auch im Sinne des fachlich-mathematischen Modellierens zur Lösung physikalischer oder ingenieurwissenschaftlicher Aufgaben und Probleme. Die Prozesse, bei denen Modellierung notwendig ist, werden durch Modellierungskreisläufe für die Physik idealtypisch in mehreren Schritten beschrieben und strukturiert²⁵. Ausgangspunkt ist die Aufgabe, die gelöst werden soll. Diese Aufgabe wird in eine fachlich-mathematische Repräsentation übersetzt (Mathematisierung) und bearbeitet (mathematische Operationen wie Rechnungen, Anwendung

von Algorithmen, Äquivalenzumformungen). Das mathematische Resultat wird im Rahmen des fachlich-mathematischen Modells interpretiert und auf seine Anwendbarkeit bezüglich der ursprünglichen Aufgabenstellung überprüft. In der Physik werden mathematische Modelle und funktionale Zusammenhänge zur Beschreibung von Phänomenen und zur Vorhersage von Zuständen und Veränderungen physikalischer Größen benutzt. Es ist zum Beispiel zu prüfen, ob die Zusammenfassung physikalischer Konzepte als Leitideen, wie zum Beispiel: „Eigenschaften von Fernfeldern können im Abstand r von einer punktförmigen Quelle mit 1/r-Abhängigkeiten beschrieben werden“, die Übersetzung und die Aufgabenlösung erleichtern. Das Ziel des Modellierens in den Ingenieurwissenschaften (am Beispiel der Technischen Mechanik) ist es, eine technische Konstruktion mit einer mathematischen Operation in Verbindung zu bringen, in mathematische Strukturen zu übersetzen und zu einer zweckmäßigen Lösung für das zugrundeliegende technische Problem zu führen. Die Schwierigkeit besteht darin, die passende mathematische Operation aus einer Vielzahl möglicher Operationen auszuwählen, zu aktivieren und anzuwenden. Fachliche Konzepte wie beispielsweise Kraft oder Geschwindigkeit sind eng mit mathematischen Konzepten verknüpft, so dass die Bearbeitung von Aufgaben mit diesen physikalischen Konzepten nur mit einer entsprechenden Mathematisierung gelingt²⁶. Durch die Operationalisierung von Modellierungsfähigkeit und grundlegendem mathematischem Wissen in separaten Testinstrumenten für die Physik und die Technische Mechanik konnten erste Analysen zu Zusammenhängen zwischen Modellierungsfähigkeit und mathematischem Wissen durchgeführt werden. Bei Untersuchungen zu Studienbeginn und Studienerfolg am Ende des ersten Semesters (Klausur-

AV	Prädiktor	B	SE	β	R ²	ΔR^2
Physik: Klausurnote Experimentalphysik	Abiturnote	0,52	0,34	,66	,57	,23
	Vorwissen	-0,98	0,30	-,75**		
Physik: Klausurnote in theoretischer Physik	Abiturnote	0,54	0,50	,23	,40	,07
	Vorwissen	-1,04	0,44	-,49**		
Biologie: Klausurnote Botanik	Abiturnote	0,09	0,28	,05	,46	,29
	Vorwissen	-1,32	0,28	-,67**		
Biologie: Klausurnote Zellbiologie	Abiturnote	0,44	0,58	,23	,19	,18
	Vorwissen	-1,97	0,89	-,66*		

(T3) Hierarchische Regressionsanalysen für Klausurerfolg in Biologie und Physik (ΔR^2 gibt die zusätzliche Varianzaufklärung des Vorwissenstests über die Abiturnote hinweg an; AV: Abhängige Variable; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$).
Quelle: Binder, Theyßen, Sandmann, Sures & Schmiemann, 2017

noten in Experimentalphysik beziehungsweise Technische Mechanik und jeweils Höhere Mathematik) zeigt sich, dass zu Studienbeginn neben der Abiturnote und dem mathematischen Wissen auch die Modellierungsfähigkeit den Studienerfolg nach dem ersten Semester erklärt (Gesamte Varianzaufklärung $R^2=60\%$ in der Physik, bzw. $R^2=46\%$ im Bauingenieurwesen).

Damit wird deutlich, dass die fachlich-mathematische Modellierungsfähigkeit bereits zu Studienbeginn wichtig ist, um in einem Studium der Physik oder des Ingenieurwesens erfolgreich sein zu können.

Teilprojekt D „Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften“

In diesem Teilprojekt arbeiteten die PIs Stefan Rumann, Maria Opfermann, Martin Lang & Carsten Schmuck sowie die Promovierenden Thomas Dickmann und Elmar Damann.

Als Repräsentationsmodi spielen in den naturwissenschaftlich-tech-

nischen Studiengängen neben der Sprache²⁷ und mathematischen Darstellungen (s.o.) vor allem gegenständlich-bildliche und symbolische Darstellungen eine besondere Rolle²⁸. Diese im Folgenden „visuelle Modelle“ genannten Darstellungen finden sowohl in chemischen als auch in ingenieurwissenschaftlichen Lehrbüchern vielfältig Verwendung. In den Lehrbüchern der einzelnen Fächer dominieren dabei unterschiedliche Arten von visuellen Modellen. So finden sich in der Chemie häufig ikonische Abbildungen zum Beispiel in Form von Kugel-Stab-Modellen, während in den Ingenieurwissenschaften eher symbolische Visualisierungen wie Diagramme oder Schaltkreise vorherrschen. Dies wirft gleichzeitig die Frage auf, ob und unter welchen Voraussetzungen solche visuellen Modelle lernförderlich sind. Folgt man dabei gängigen Theorien im Bereich der Lehr-Lernforschung, lassen sich Voraussetzungen sowohl auf Seiten der instruktionalen Gestaltung von Lehrmaterialien als auch auf Seiten der Lernenden selbst und ihrer individuellen Voraussetzungen identifizieren.

Ein Hauptziel naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge sollte demnach in der Berücksichtigung der oben genannten Überlegungen und damit der Förderung des visuellen Modellverständnisses bei den Studierenden bestehen. Das Teilprojekt D fokussiert in diesem Zusammenhang auf die Fragen, wie visuelles Modellverständnis erfasst werden kann, in welchem Umfang es prädiktiv für den Studienerfolg in Chemie und Ingenieurwissenschaften ist und welche individuellen Voraussetzungen auf Seiten der Lernenden wiederum prädiktiv für visuelles Modellverständnis sind. In einem ersten Schritt wurde dazu, ausgehend von einer umfassenden Lehrbuchanalyse, ein Test zur Erfassung des visuellen Modellverständnisses entwickelt. Die finale Version des Testes umfasst 30 Items auf einer allgemeinen und nicht kontextgebundenen Skala sowie einer chemiespezifischen und einer ingenieurspezifischen Skala. Die Items wurden dabei so konzipiert, dass sie ohne spezielles Fachwissen zu lösen sind, sie sind in den beiden spezifischen Skalen allerdings in fachliche Kontexte eingebettet. Zudem umfassen die Items sowohl visuelle Modelle auf einer depiktiven, ikonischen Ebene (d.h. konkrete Darstellungen) als auch auf einer deskriptiven, symbolischen Ebene. In einer Pilotierungsstudie zeigten sich dabei sowohl für den gesamten Test als auch für die einzelnen Skalen zufriedenstellende bis gute interne Konsistenzen.

Der visuelle Modellverständnis-test wurde anschließend im Verlauf des ersten Semesters zu den oben genannten Messzeitpunkten eingesetzt. Zudem wurden zu Beginn und zum Ende des Semesters jeweils das Fachwissen sowie zum Ende des Semesters die Klausurleistungen der Studierenden erhoben. Als individuelle Variablen, die als potentielle Prädiktoren für visuelles Modellverständnis dienen könnten, wurden neben kognitiven Grundfähigkeiten²⁹ auch räumliche³⁰ und mathematische (siehe Teilprojekt C, dieser Artikel) Fähigkeiten erhoben.

Grundsätzlich zeigt sich sowohl für Chemie- als auch für Ingenieurstudierende, dass ihr visuelles Modellverständnis überwiegend im mittleren Bereich liegt und im Verlauf des Semesters geringfügig ansteigt, was dafür spricht, dass es sich hierbei um ein zumindest in Teilen veränderbares und somit auch förderbares Konstrukt handelt. Dies ist insofern erwähnenswert, als sich visuelles Modellverständnis gleichzeitig als signifikanter Prädiktor für studienbezogene Leistungen erweist.

Mit besonderem Blick auf den in beide Richtungen starken Zusammenhang zwischen visuellem Modellverständnis und fachbezogenem Wissen beziehungsweise Wissenszuwachs zeigt sich darüber hinaus, dass visuelles Modellverständnis in der Chemie als auch in den Ingenieurwissenschaften als Mediator zwischen dem zu Beginn des Studiums vorhandenen Wissen und dem am Ende des ersten Semesters in Form der Fachwissenstests und der Klausuren erhobenen Studienerfolg fungiert. In beiden Fächern finden sich dabei partielle Mediationen. Mit anderen Worten ist der Zusammenhang, der sich zwischen Vorwissen und Studienerfolg findet, nicht ausschließlich direkter Art, sondern lässt sich teilweise damit erklären, dass Studierende mit höherem Vorwissen auch über ein höheres visuelles Modellverständnis verfügen, welches ihnen wiederum das Arbeiten mit Lehrmaterialien und somit das Verständnis der im Studium vermittelten Inhalte erleichtert.

In Anlehnung an die in diesem Teilprojekt gewonnenen Erkenntnisse zur differentiellen Lernwirksamkeit verschiedener Arten von Visualisierungen sowie zur Interaktion von instruktionalem Design und Lernereigenschaften kann mit den Projektergebnissen eine grundlegende theoretische Fundierung der Verwendung unterschiedlicher Arten von Visualisierungen für zukünftige Instruktionsmaterialien erfolgen.

Teilprojekt E „Einfluss verschiedener Typen fachspezifischen Vorwissens auf den Studienerfolg in Biologie und Physik“

In diesem Teilprojekt (PIs: Philipp Schmiemann, Angela Sandmann, Heike Theyßen & Bernd Sures, Doktorand Thorsten Binder) wird der Zusammenhang fachspezifischer (Vor-)Wissenstypen mit dem Studienerfolg von Biologie- und Physikstudierenden im ersten Semester untersucht. Die untersuchten Fächer Biologie und Physik stellen dabei sehr unterschiedliche Anforderungen an die Studierenden. Während im Biologie-Anfangsstudium vor allem neue Taxonomien und Systematiken gelehrt werden, wird im Physik-Anfangsstudium vor allem problemorientiert an das Schulwissen angeknüpft. Dabei ist das fachspezifische Vorwissen eine wesentliche Bedingung für anschlussfähiges, kumulatives universitäres Lernen und Studienerfolg.

Im Teilprojekt wurden Testinstrumente entwickelt, mit denen verschiedene Wissenstypen erhoben werden können³¹. Mit Multiple-Choice Aufgaben wird *Knowledge of Facts* (Faktenwissen) erfasst. Um *Knowledge of Meaning* (Konzeptwissen) zu erfassen, werden offene Aufgaben eingesetzt. Darin wird nach Kurzbeschreibungen für Konzepte des jeweiligen Faches gefragt. Für *Integration of Knowledge* (Wissensvernetzung) muss eine vorstrukturierte Concept Map mit Verbindungen (Relationen) gefüllt werden. Problemsortieraufgaben schließlich verlangen die *Anwendung des Wissens* auf fachspezifische Problemstellungen. Die Studierenden sortieren bei dieser Aufgabenart fachspezifische Problemstellungen nach ihrem Lösungsansatz und zeigen dadurch ihre fachspezifische Problemlösefähigkeit. Als Kriterium für den Studienerfolg wurden die fachspezifischen Noten aus den Veranstaltungen des Anfangssemesters herangezogen.

Bei den Studierenden der Biologie und Physik erweist sich erwartungskonform das fachspezifische Vorwissen im Vergleich zur Abiturgesamtnote als ein besserer Prädiktor des Studienerfolgs³² (Tab. 3).

Es zeigt sich, dass der Vorwissenstest, der die vier Wissenstypen kombiniert, die Varianz der Abiturnote als Prädiktor bindet und als einziger signifikanter Prädiktor in die Vorhersagemodelle eingeht. Erwartungskonform kann somit der Vorwissenstest, der eng auf die Anforderungen der Kurse der Anfangssemester abgestimmt ist, den Studienerfolg besser vorhersagen als der eher allgemeine Prädiktor Abiturnote. Weiterhin zeigen in beiden Stichproben alle Wissenstypen Zusammenhänge mit dem Studienerfolg, wobei insbesondere *Knowledge of Meaning* hohe Korrelationen zeigt. In vertiefenden Analysen wurden Hinweise darauf gefunden, dass in Physik, neben *Knowledge of Meaning*, auch *Application of Knowledge* den Studienerfolg vorhersagt. In Biologie scheint vor allem Konzeptwissen von Bedeutung zu sein, denn in den ersten Semestern des Biologiestudiums besuchen die Studierenden Veranstaltungen in Botanik, Zoologie und Zellbiologie. Diese Veranstaltungen liefern eine Vielzahl neuer Information über Taxonomien, Terminologien und Eigenschaften von Lebewesen. Für den Studienerfolg scheint es entscheidend, dass Konzepte bestehen, in die diese Informationen eingeordnet werden können. Auch für Physikstudierende ist es bedeutsam, Wissen über Konzepte mit ins Studium zu bringen. In Physik muss dieses Wissen zusätzlich anwendungsfähig auf Problemstellungen des Fachs vorliegen. Die Physikkurse des Anfangsstudiums stellen die Studierenden vor physikalische Problemstellungen, insbesondere in den Übungs- und Klausuraufgaben. Die zur Problemlösung benötigten fachspezifischen Konzepte müssen hier selbstständig erfasst und angewendet werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse können, neben ihrer Bedeutung für die Grundlagenforschung, genutzt werden, um perspektivisch fachspezifische Interventionsmaßnahmen zu entwickeln, die die Bedeutung der verschiedenen Wissenstypen berücksichtigen.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Hinblick auf ihre Zielsetzung, den Studienerfolg in den Anfangssemestern naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge sowohl fachspezifisch als auch fächerübergreifend zu untersuchen, hat die DFG-Forschungsgruppe ALSTER im Zeitraum von 2015 bis 2017 erste Ergebnisse vorlegen können, die sich verwenden lassen, um den Einstieg ins Studium zu optimieren. Grundlage dafür war ein längsschnittliches Studiendesign mit mehreren Messzeitpunkten über zunächst zwei Semester hinweg und eine spezifische Art der Datenerhebung, die eine sehr geringe Drop-Out-Rate gewährleisten konnte.

Seit 2018 wird ALSTER nun als Forschungsverbund von fünf DFG-Projekten weitergeführt. Dabei geht es nicht nur um

- die Weiterverfolgung von zwei Kohorten von Studienanfänger*innen bis ins sechste Semester hinein, sondern insbesondere auch um
- die Überprüfung der Gültigkeit des ALSTER-Rahmenmodells und die Untersuchung möglicher Veränderungen der Bedeutung von Prädiktoren im Längsschnitt,
- die Überprüfung der Generalisierbarkeit des ALSTER-Rahmenmodells an drei weiteren Universitäten und die Replizierbarkeit der Ergebnisse an der Ruhr-Universität Bochum,
- die Überprüfung von durch Korrelationen und Regressionen nahegelegten Ursache-Wirkungszusammenhängen durch Interventionsstudien.

Darüber hinaus wird im ALSTER-Forschungsverbund eine enge Zusammenarbeit mit dem

BMBF-Verbundprojekt „Chemie, Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften: Studienerfolg und Studienabbruch“ (CASSIS; www.uni-due.de/chemiedidaktik/cassis_startseite.php) realisiert, in dem an der Universität Duisburg-Essen ähnliche Fragestellungen im Vergleich des Studienerfolgs an Universitäten und Fachhochschulen untersucht werden.

Summary

In the STEM academic disciplines, a large number of students do not complete their studies successfully. The goal of the ALSTER research program, funded by the DFG as a research group, is to analyse psychological and discipline-specific conditions of study success and dropout in the first semesters of study programs in biology, chemistry, physics, and civil engineering. Based on a conceptual model concerning causal relationships of study success, 921 students from the University of Duisburg-Essen and the Ruhr University Bochum took part in a longitudinal panel study. Results indicate that knowledge acquisition, exam results, and study satisfaction can be predicted by specific cognitive and non-cognitive interindividual differences variables, including students' resource-management strategies. Mathematical skills (especially in physics and civil engineering) and discipline-specific pre-knowledge from high school, besides capabilities of understanding abstract models and complex visual representations, turned out to represent relevant, in some cases even necessary condition for study success. These results can be used to improve future students' start in STEM study programs in order to increase their study success and, thus, reduce the high level of dropout in these study programs.

Danksagung

Unser Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Projektförderungen im Rahmen der DFG-Forschungsgruppe FOR 2242 unter den Aktenzeichen BR 2894/12-1, FI 477/23-1, LA 3574/1-1, 2-1, LE 645/13-1, 14-1, 15-1, OP 192/2-1, RU 1437/5-1, SCHM 2664/2-1, SU 187/14-1, 16-1, TH 1288/5-1. Er gilt außerdem Dr. Helene Kruse für die Unterstützung bei der Koordination der Projektarbeiten, allen Mitarbeiter*innen und Kolleg*innen für die konstruktive Zusammenarbeit bei der Datenerhebung sowie den vielen Studierenden für ihre Teilnahme an der Studie und das Bearbeiten ungezählter Fragebögen und Testseiten.

Anmerkungen

- 1) Helmke und Schrader (2006, S. 246)
- 2) Heublein et al. (2017)
- 3) Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer (2012)
- 4) Heublein et al. (2010)
- 5) Albrecht und Nordmeyer (2012)
- 6) Lewin (1999)
- 7) Gibney, Moore, Murphy & O'Sullivan, (2011)
- 8) Gibney et al. (2011)
- 9) Konegen-Grenier (2001)
- 10) Brinkworth, McCann, Matthews & Nordström (2009)
- 11) Trapmann (2008)
- 12) z.B. Heublein et al. (2010); Kuh, Kinzie, Buckley, Bridges & Hayek (2007); Rindermann & Oubaid, 1999; Thiel, Veit, Blüthmann, Lepa & Ficzkó (2008)
- 13) Trapmann et al. (2007)
- 14) Rindermann (2005)
- 15) Hailikari & Nevgi (2010)
- 16) Legg, Legg & Greenbowe (2001); Taasobshirazi & Carr (2008)
- 17) Gold & Souvignier (2005); Giesen et al. (1986)
- 18) „Big Five“; Costa & McCrae (1992)
- 19) z.B. Allgemeine Chemie: Freyer, Epple, Brand, Schiebener & Sumfleth (2014)
- 20) Müller et al. (2018)
- 21) vgl. Fleischer et al. (2019)
- 22) Waldeyer, Fleischer, Wirth & Leutner (2019a,b)
- 23) Müller et al. (2018)
- 24) z.B. Uhden (2012)
- 25) z.B. Redish (2015); Uhden (2012)
- 26) Müller et al. (2018)
- 27) Lewin & Lischka (2004)
- 28) Starauschek (2006)
- 29) KFT; Heller & Perleth (2000)
- 30) PFT; Ekstrom, French, Harman & Dermen (1976)
- 31) Binder, Schmiemann & Theyßen, eingereicht
- 32) Binder, Theyßen, Sandmann, Sures & Schmiemann (2017)

Literatur

- Albrecht, A. & Nordmeyer, F. (2012). Studiengangphase im Fach Physik: Befunde und Interventionsmaßnahmen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 260–262). Berlin, Münster: Lit.
- Binder, T., Schmiemann, P., & Theyßen, H. (eingereicht). Freshmen knowledge in biology and physics: Knowledge types and development. *International Journal of Science Education*.
- Binder, T., Schmiemann, P., Theyßen, H., Sandmann, A., & Sures, B. (2017). Fachspezifisches Vorwissen und Studienerfolg in Biologie und Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Im Spiegel von Forschung und Praxis: Implementation fachdidaktischer Innovation* (Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Zürich 2016, S. 71–74). Regensburg. Download from http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_71_Binder.pdf.
- Binder, T., Schmiemann, P., & Theyßen, H. (2019) Erfassung von fachspezifischen Problemlöseprozessen mit Sortieraufgaben in Biologie und Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1-18. Online unter http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_71_Binder.pdf.
- Borkenau, P. & Ostendorf, F. (1993). NEO-Fünf-Faktoren Inventar nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe.
- Brinkworth, R., McCann, B., Matthews, C. & Nordström, K. (2009). First year expectations and experiences: student and teacher perspectives. *Higher Education*, 58, 157–173.
- Costa, P. T. & McCrae, R. R. (1992). NEO-PI-R Professional manual. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H. & Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Fleischer, J., Leutner, D., Brand, M., Fischer, H., Lang, M., Schmiemann, P. & Sumfleth, E. (2019). Vorhersage des Studienabbruchs in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen und in der Erziehungswissenschaft. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22, 1077–1097.
- Freyer, K., Epple, M., Brand, M. Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie: Eine Studie an einer Universität mittels moderierter multipler linearer Regressionsanalyse. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 129–142.
- Gibney, A., Moore, N., Murphy, F. & O'Sullivan, S. (2011). The first semester of university life; 'will I be able to manage it all?'. *Higher Education*, 62, 351–366.
- Giesen, H., Gold, A., Hummer, A. & Jansen, R. (1986). Prognose des Studienerfolgs. Ergebnisse aus Längsschnittuntersuchungen. Frankfurt a. M.: Institut für Pädagogische Psychologie.
- Gold, A. & Souvignier, E. (2005) Prognose der Studierfähigkeit: Ergebnisse aus Längsschnittanalysen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 37, 214–222.
- Hailikari, T. K. & Nevgi, A. (2010). How to diagnose at-risk students in chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, 32, 2079–2095.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R – Kognitiver Fähigkeits-Test für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz.
- Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2006). Hochschuldidaktik. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 246–252). Weinheim: Beltz.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher verbleib der Studienabschreinerinnen und Studienabschreiner und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Hannover: DZHW.
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2010) Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Hannover: HIS GmbH.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Universitäten. Hannover: HIS GmbH.
- Jerusalem, M. & Schwarzer, R. (1999). Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKALL_r). In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs selbstwirksame Schulen* (S. 57–59). Berlin: Freie Universität, Institut für Arbeits-, Organisations- und Gesundheitspsychologie.
- Konegen-Grenier, C. (2001). *Studierfähigkeit und Hochschulzugang. Kölner Texte & Thesen*. Köln: Deutscher Instituts-Verlag.
- Kosovich, J.J., Hulleman, C. S., Barron, K. E. & Getty, S. (2015). A practical measure of student motivation: Establishing validity evidence for the expectancy-value-cost scale in middle school. *Journal of Early Adolescence*, 35, 790–816.
- Kuh, G. D., Kinzie, J., Buckley, J., Bridges, B. & Hayek, J. (2007). Piecing together the student success puzzle: Research, propositions, and recommendations. *ASHE Higher Education Report*, Vol. 32, No. 5. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Legg, M. J., Legg, J. C. & Greenbowe, T. J. (2001). Analysis of success in general chemistry based on diagnostic testing using logistic regression. *Journal of Chemical Education*, 78, 1117–1121.
- Lewin, K. (1999). Studienabbruch in Deutschland. In M. Schröder-Gronostay & H.-D. Daniel (Hrsg.), *Studienerfolg und Studienabbruch – Beiträge aus Forschung und Praxis* (Kap. 2, S.17–50). Neuwied: Luchterhand.
- Lewin, D. & Lischka, I. (2004). Passfähigkeit beim Hochschulzugang als Voraussetzung für Qualität und Effizienz von Hochschulbildung (HoF-Arbeitsbericht 6/2004). Halle-Wittenberg: Institut für Hochschulforschung (HoF).

- Maslach, C., Jackson, S. E., Leiter, M. P., Schaufeli, W. B. & Schwab, R. L. (1986). *Maslach burnout inventory* (Vol. 21, pp. 3463–3464). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 183–199.
- Ostendorf, F. & Angleitner, A. (2004). NEO-PI-R – NEO Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae – Revidierte Fassung (PSYNDEX Tests Review). Göttingen: Hogrefe.
- Redish, E. F. & Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology. *Science & Education*, 24 (5–6), 561–590.
- Rindermann, H. (2005). Für ein bundesweites Auswahlverfahren von Studienanfängern über Fähigkeitsmessung. *Psychologische Rundschau*, 56, 127–129.
- Rindermann, H. & Oubaid, V. (1999) Auswahl von Studienanfängern durch Universitäten – Kriterien, Verfahren und Prognostizierbarkeit des Studienerfolgs. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 20, 172–191.
- Schaufeli, W. B. & Bakker, A. B. (2003). *Utrecht work engagement scale: Preliminary manual*. Utrecht: Occupational Health Psychology Unit, Utrecht University.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K. P. & Winteler, A. (1993). Der „Fragebogen zum Studieninteresse“ (FSI). *Diagnostica*, 39, 335–351.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO). Göttingen: Hogrefe.
- Schwarzer, R. (1999). Selbstregulation (REG). In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs selbstwirksame Schulen* (S. 92–94). Berlin: Freie Universität, Institut für Arbeits-, Organisations- und Gesundheitspsychologie.
- Spinath, B., Stiensmeier-Pelster, J., Schöne, C. & Dickhäuser, O. (2002). Die Skalen zur Erfassung von Lern- und Leistungsmotivation (SELLMO). Göttingen: Hogrefe.
- Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 127–157.
- Taasobshirazi, G. & Carr, M. (2008). Gender differences in science: An expertise perspective. *Educational Psychology Reviews*, 20, 149–169.
- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzkó, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin – Sommersemester 2008. Verfügbar unter <http://www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf> [18.01.2013].

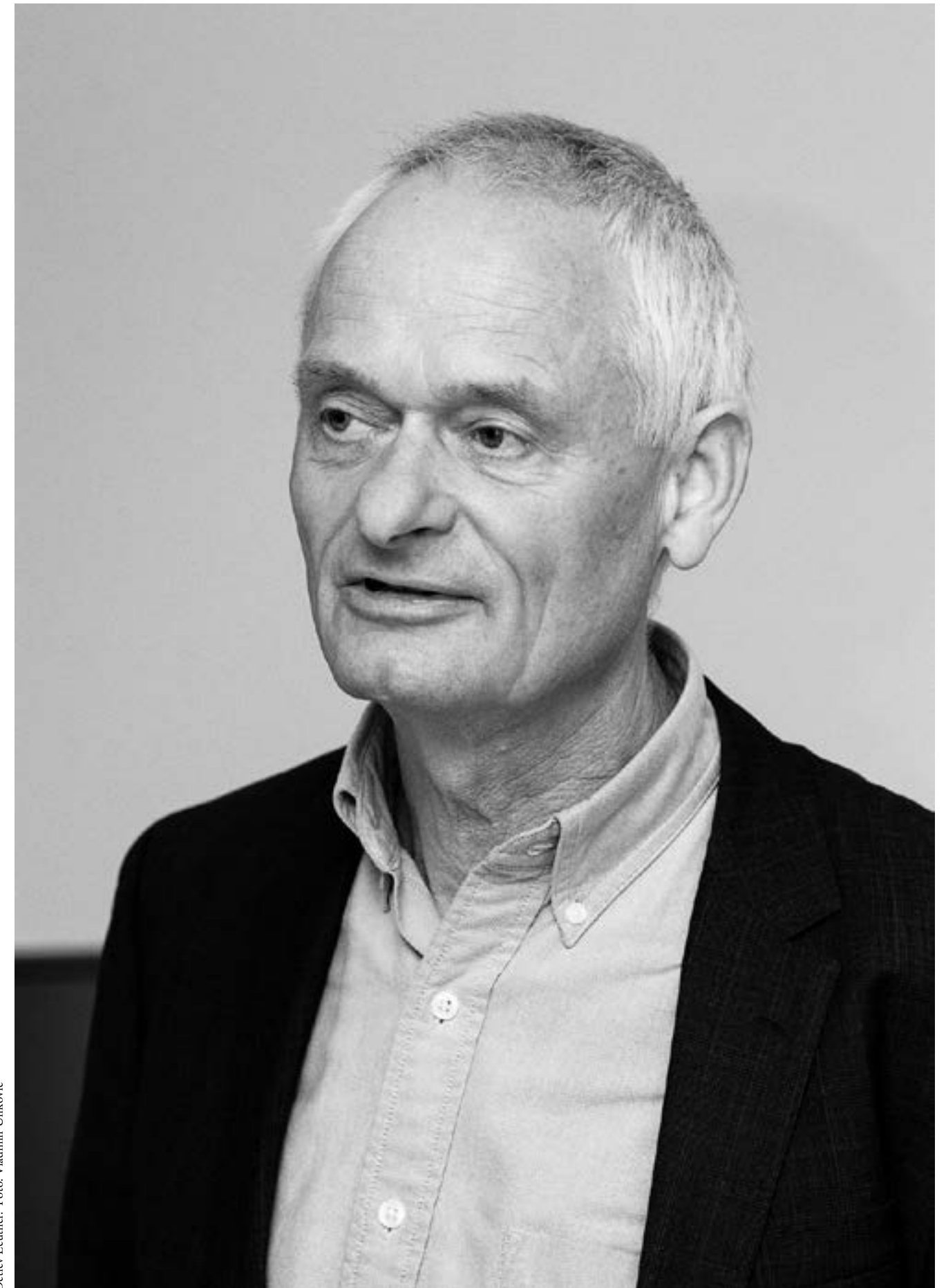
- Trapmann, S. (2008). Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs. Berlin: Logos.
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs – eine Metaanalyse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21, 11–27.
- Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos.
- Waldeyer, J., Fleischer, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2019a). Entwicklung und erste Validierung eines Situational-Judgement-Instruments zur Erfassung von Kompetenzen im Bereich des Ressourcenmanagements (ReMI). Diagnostica 65, 108–118.
- Waldeyer, J., Fleischer, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2019, online first). Validating the Resource-Management Inventory (ReMI). Testing measurement invariance and predicting academic achievement in a sample of first-year university students. European Journal of Psychological Assessment.
- Westermann, R., Heise, E., Spies, K. & Trautwein, U. (1996). Identifikation und Erfassung von Komponenten der Studienzufriedenheit. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 43, 1–22.
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 15, 185–200.

*Der*Die Autor*in*

Detlev Leutner ist Professor für Lehr-Lernpsychologie am Institut für Psychologie in der Fakultät für Bildungswissenschaften an der Universität Duisburg-Essen. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich des Selbstregulierten Lernens, des Lernens mit Multimedia, des fächerübergreifenden Problemlösens und der Prognose von Studienerfolg und Studienabbruch. Er war Ko-Sprecher einer DFG-Forschungsgruppe, Ko-Sprecher eines DFG-Schwerpunktprogramms und von 2009 bis 2015 Mitglied im Senat der DFG. 2019 erhielt er zusammen mit Elke Sumfleth und Hans E. Fischer den „Preis für die Förderung der Interdisziplinarität der Bildungsforschung“, verliehen durch die Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF).

Elke Sumfleth, geboren 1952, studierte Chemie an der Universität Hamburg (Diplom 1976, Promotion zum Dr. rer. nat. 1979). Danach war sie Wissenschaftliche Assistentin (1979–1988) in der Didaktik der Chemie an der Universität Essen und habilitierte sich 1987. Nach einer Vertretungsprofessur wurde sie 1990 Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität Essen. Nach zwei Rufen nach Stockholm (2002) und Hamburg (2004) wurde sie 2004 Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität Duis-

burg-Essen. Sie war Sprecherin des DFG-Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ und der DFG-Forschungsgruppe „ALSTER“ zum akademischen Lernen in der Studieneingangsphase. Seit 2018 ist sie Seniorprofessorin an dieser Universität. Elke Sumfleths Arbeitsgebiet ist die chemiebezogene empirische Lehr-Lernforschung, insbesondere im Bereich des Kompetenzerwerbs im Chemieunterricht und im Chemiestudium. Hinzu kommen Arbeiten im Bereich von Entwicklung und Evaluation von Lehr-Lern-Materialien für den Chemieunterricht in verschiedenen Jahrgangsstufen.



Detlev Leutner. Foto: Vladimir Unkovic