



Adobe Stock / RoMEg

Entwicklung einer Disziplin

Die Auswertung der Dissertationen in der Physikdidaktik soll die Entwicklung dieser Fachdisziplin über die letzten Jahrzehnte zeigen.

Daniel Laumann, Johannes Grebe-Ellis, Susanne Heinicke, Horst Schecker und Rita Wodzinski

Physikdidaktik befasst sich mit dem Lehren und Lernen von Physik und bewegt sich im Spannungsfeld zwischen Physik und Lehr-Lernpsychologie sowie einem Spektrum weiterer Bezugsdisziplinen, etwa der Pädagogik, der Geschichte und Philosophie der Physik oder der Wissenschaftstheorie. Die quantitative Auswertung der im deutschsprachigen Raum entstandenen physikdidaktischen Dissertationen im Rahmen der Initiative „Physikdidaktik – Quo vadis?“ soll zeigen, wie sich die Physikdidaktik als forschende Disziplin entwickelt hat.

Die Fachdidaktik Physik hat sich im deutschsprachigen Raum seit den ersten physikdidaktischen Lehrstühlen in den 1960er-Jahren als wissenschaftliche Forschungsdisziplin entwickelt. Heute gibt es in Deutschland 48 Standorte mit 54 Physikdidaktik-Professuren (Österreich 5 und 5, Schweiz 3 und 3) und zwei fachliche Vereinigungen (FV Didaktik der Physik der DPG seit 1973, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik seit 1972).

Das Nachdenken über das Lehren und Lernen von Physik reicht weit zurück. Beispiele sind die „Große Didaktik“ des Comenius [1] im 17. Jahrhundert oder die Lehrplanempfehlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte von 1905 (Meraner Beschlüsse) [2]. Der Sputnik-Schock¹ 1957 initiierte im Westen große Bildungspro-

gramme und beflügelte die physikdidaktische Forschung auch in der Bundesrepublik Deutschland (BRD).² Die Wirkungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts und die Frage nach seiner Verbesserung gerieten in den Fokus des technologischen Wettbewerbs rivalisierender politischer Systeme. Eine der Folgen war 1966 die Gründung des heutigen Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel als zentrale Institution für curriculare Entwicklung und Forschung. Dort wurden 1972 die ersten im engeren Sinne physikdidaktischen Promotionen in der BRD abgeschlossen, etwa zum Verständnis der Energieerhaltung [3]. In der DDR gab es bereits 1971 zehn physikdidaktische Dissertationen.

Drei große Forschungsbereiche der Physikdidaktik sind die Entwicklung und Evaluation neuer Unterrichts- und Lehrkonzeptionen, etwa mit digitalen Medien, die empirische Erforschung von Lernvoraussetzungen und Lernprozessen, z. B. von Schülervorstellungen zu physikalischen Grundbegriffen, sowie theoretische Arbeiten beispielsweise zu fachlichen Elementarisierungen und Zielen des Physikunterrichts.

1) Durch die sowjetische Mission Sputnik 1 entzündete sich im Westen u. a. eine Debatte um Defizite im Bildungssystem, die teils erhebliche Reformen nach sich zog.

2) Die Abkürzung „BRD“ steht hier für die Bundesrepublik Deutschland nach dem Gebietsstand bis zum 3. Oktober 1990.

Die letzten „Daten zur Lage der Chemie- und Physikdidaktik in Deutschland“ stammen aus dem Jahr 2005 [4]. Somit erscheint es an der Zeit, die Entwicklung der Physikdidaktik und ihre Perspektiven erneut in den Blick zu nehmen. Diesem Ziel widmet sich die Initiative „Physikdidaktik – Quo vadis?“ (**Infokasten**) [5].

Dissertationen zur Disziplinbeschreibung

Die Genese einer Forschungsdisziplin in ihrer gesamten Breite und über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten zu charakterisieren, erfordert eine gute Datengrundlage. Eine Möglichkeit besteht darin, Publikationen oder Forschungsprojekte zu erfassen. Doch aufgrund der inhaltlichen Breite physikdidaktischer Arbeit zwischen praxisbezogener Anwendungs- und empirischer Grundlagenforschung schlägt sich der Forschungsoutput nur teilweise in referierten Journalen nieder. So erscheinen etwa Ergebnisse wie Unterrichtskonzeptionen oder praxisbasierte konzeptionelle Vorschläge in Unterrichtszeitschriften. Auch die Analyse von Forschungsprojekten eignet sich nur bedingt, da sich über den langen Zeitraum die Voraussetzungen ändern, etwa hinsichtlich der Ausstattung von Forschungsgruppen. Daher scheint es für die Breite der Forschungsdisziplin und im zeitlichen Verlauf sinnvoll, abgeschlossene Promotionen als Datenbasis zu nutzen [4, 6–8].

Dazu wurde eine Datenbank³⁾ aufgebaut, die alle physikdidaktischen Dissertationen im deutschsprachigen Raum erfassen soll. Aktuell enthält sie 624 Arbeiten, die zwischen 1971 und 2021 an 61 Hochschulen⁴⁾ entstanden sind. Erfasst sind das Jahr der Veröffentlichung, der Name des Autors bzw. der Autorin, der Standort, der Titel der Schrift und – soweit zugänglich – der Abstract. Es wurden gängige Schriftenreihen wie die Dissertationsreihe „Studien zum Physik- und Chemielernen“⁵⁾, die Datenbank PROHABIL [9] sowie die Internetseiten von Universitäten ausgewertet, Webseiten von Instituten und Arbeitsgruppen analysiert und Aufrufe an die physikdidaktische Community gerichtet.

Inhaltliche Analysen der Dissertationen erlauben es, methodische und inhaltliche Merkmale physikdidaktischer

Forschung zu identifizieren. Hier stellen wir die Ergebnisse der inhaltlichen Analyse für den Zeitraum 2016 bis 2021 (142 Dissertationen) vor. Das betrifft die in den Dissertationen berücksichtigten physikalischen Sachbereiche, die in die Untersuchungen einbezogenen Probandengruppen sowie die Bezugsdisziplinen der Forschungsarbeiten. Die Analyse erfolgte durch Einordnung der Dissertationen in ein Kategoriensystem, welches ein Expertenteam entwickelt und hinsichtlich wissenschaftlicher Güte geprüft hat.

Wachstum einer Disziplin

Die Entwicklung der physikdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum drückt sich in der Zahl abgeschlossener Promotionen aus (**Abb. 1**). Bis 1990 gab es in der BRD nur zwei bis fünf Promotionen pro Jahr an einzelnen Universitäten, in der DDR waren es im gleichen Zeitraum bis zu 16 Dissertationen pro Jahr. Nach der Reorganisation der Hochschullandschaft in den neuen Bundesländern sind von 1991 bis 2000 nur noch zwei Dissertationen in der ehemaligen DDR entstanden. Seitdem nimmt die Zahl der Dissertationen in Deutschland kontinuierlich zu und erreicht seit 2016 durchschnittlich mehr als 20 Arbeiten pro Jahr. Von 2011 bis 2020 stieg zudem die Zahl physikdidaktischer Dissertationen in Österreich und der Schweiz signifikant, parallel zum dort gegenüber Deutschland zeitlich verzögerten Aufbau physikdidaktischer Professuren.

Der positive Trend hängt in Deutschland mit veränderten Rahmenbedingungen für die physikdidaktische Forschung zusammen. Die ab 1996 einsetzende Förderung „domänenspezifischer Lehr-Lern-Forschung“ bei DFG-Projekten, d. h. empirischer Bildungsforschung bezogen

3) Die Datenbank findet sich unter: go.wvu.de/prophydid. Die Abstracts sowie weitergehende Kategorisierungen, z. B. der Sachbereiche, sind hier nicht zu finden.

4) Berücksichtigt wurden seit 1971 bestehende Hochschulen. Bei der Zusammenlegung von Hochschulen danach, der Gründung direkter Nachfolgeinstitutionen oder der Integration von Hochschulen wurde die zuletzt existierende Institution gezählt; die Arbeiten der zugeordneten Institutionen wurden mitberücksichtigt.

5) Die Schriftenreihe ermöglicht die Veröffentlichung chemie- und physikdidaktischer Dissertationen seit 2000 und umfasst einen Großteil der seitdem in der Physikdidaktik entstandenen Dissertationen.

Physikdidaktik – Quo vadis?

Unter dem Titel „Physikdidaktik – Quo vadis?“ hat der Vorstand des FV Didaktik der Physik eine von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung geförderte Klausurtagung initiiert, bei der im Juni 2022 vierzig Professorinnen und Professoren der Physikdidaktik aus dem deutschsprachigen Raum an der Entwicklung physikdidaktischer Zukunftsperspektiven gearbeitet haben. Vorausgegangen war eine mehrjährige Phase vorbereitender Veranstaltungen, die zu einem aus fünf Schritten bestehenden „Quo vadis-Prozess“ führte:

- Rückblick: Wie hat sich die Physikdidaktik als wissenschaftliche Forschungsdisziplin entwickelt?
- Stand der Dinge: Was kennzeichnet die aktuellen Arbeitsfelder?
- Kritische Analyse: Wo sehen wir Stärken, Schwächen und Entwicklungschancen?

- Zukunftsperspektiven: Was sind Wunschvorstellungen für die physikdidaktischer Forschung?
- Konkrete Schritte: themenbezogene, strategische und strukturelle Initiativen

Im Zusammenhang mit der Beschreibung der Physikdidaktik ist eine Datenbank physikdidaktischer Dissertationen mit inzwischen über 600 Einträgen entstanden. Im Rahmen der „Quo vadis“-Initiative arbeiten Projektgruppen an Zukunftsthemen der Physikdidaktik, etwa Hochschuldidaktik, Graduiertenschule Physikdidaktik, Interessensforschung, neue Tagungsformate, Lehr-Lern-Wege zur Physik und an einem zentralen Internetportal der Physikdidaktik.

Weitere Informationen zu der Initiative finden sich unter www.schulpool.uni-wuppertal.de/quo-vadis.

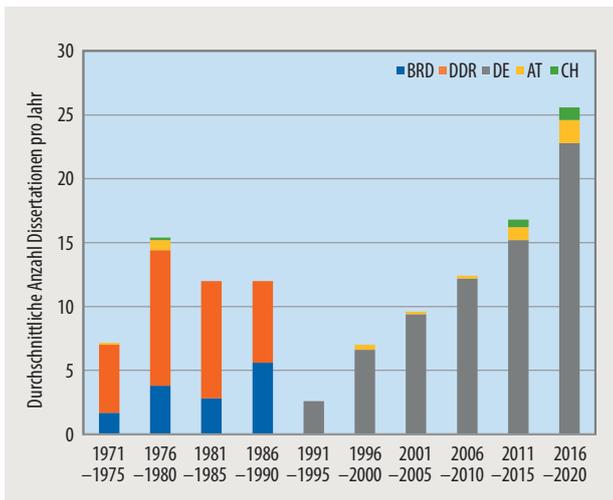


Abb. 1 Seit der Wiedervereinigung steigt die Zahl physikdidaktischer Dissertationen pro Jahr im deutschsprachigen Raum an, mit zeitlichem Versatz auch in Österreich und der Schweiz.

auf spezifische Fachdisziplinen, eröffnete die Möglichkeit, forschungsbezogene Drittmittelprojekte einzuwerben, in deren Rahmen Dissertationen angefertigt wurden. Die kompetitive Mitteleinwerbung (insbesondere beim BMBF) erlangte durch groß angelegte Förderprogramme für naturwissenschaftliche Didaktik in Folge der PISA-Ergebnisse in den 2000er-Jahren erhebliche Bedeutung. So beeinflusste die DFG-Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ der Universität Duisburg-Essen mit ihrem Graduiertenkolleg (2003 bis 2015) eine empirisch-quantitative Ausrichtung der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung in Kooperation mit der Lernpsychologie.

In den letzten 50 Jahren entstand im deutschsprachigen Raum an nur zehn von 61 Standorten mehr als die Hälfte aller Dissertationen. Im Osten waren das die (ehemalige) PH Potsdam, die TU Dresden inklusive der PH Dresden und die HU Berlin. Im Westen entfallen mehr als die Hälfte der Arbeiten auf neun Standorte (vor allem U Bremen, IPN Kiel, U Duisburg-Essen). In Österreich liegt der Schwerpunkt physikdidaktischer Forschung an der U Wien, in der Schweiz erfolgen viele Promotionen in Kooperation von

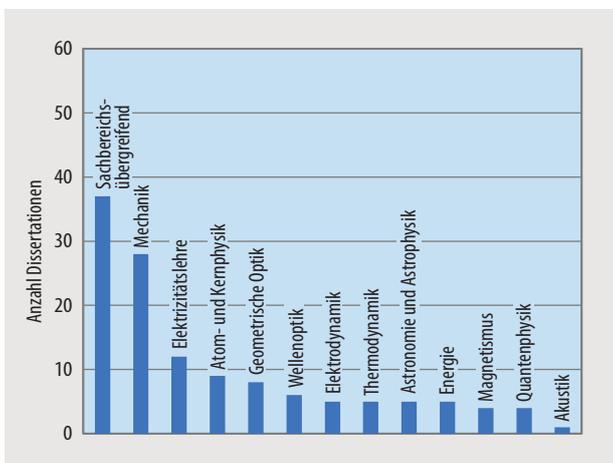


Abb. 2 Die Mehrheit der physikdidaktischen Dissertationen zwischen 2016 und 2021 betreffen mehr als einen Sachbereich.

Pädagogischen Hochschulen und Universitäten. Seit 2010 sind an 37 Universitäten in Deutschland, Österreich und der Schweiz mindestens zwei Promotionsverfahren abgeschlossen worden.

Physikalische Sachbereiche

Die meisten Dissertationen beinhalten physikalische Inhalte verschiedener Sachbereiche. Das gilt z. B. bei Arbeiten, die sich mit professionellen Kompetenzen von Physiklehrkräften befassen. Bei den speziellen Sachbereichen stehen die klassischen Themen der Sekundarstufe I wie Mechanik, Elektrizitätslehre oder geometrische Optik im Vordergrund sowie die Atom- und Kernphysik, Elektrodynamik oder Wellenoptik aus der Sekundarstufe II (**Abb. 2**).

Untersuchungsgruppen

Im Zeitraum 2016 bis 2021 untersuchten deutlich mehr als hundert Arbeiten Lernende – also Schülerinnen, Schüler oder Studierende (zumeist Lehramt). Nur 20 bis 30 Dissertationen nahmen Lehrende in den Blick (**Abb. 3**). Diese Analyse zeigt den starken Anteil von Untersuchungen zu Lehramtsstudierenden und damit den Einfluss der seit 2015 laufenden „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ des BMBF, die Forschungsarbeiten in diesem Bereich fördert. Weniger als zehn Forschungsarbeiten rücken die Natur und Technik in den Fokus und untersuchen keine Personen in bildungswissenschaftlichen Zusammenhängen, sondern formulieren physikalisch-fachliche Fragestellungen.

Bezugsdisziplinen

Die Physikdidaktik hat Bezüge zu verschiedenen Disziplinen. So wiesen knapp 80 Dissertationen trotz ihrer physikbezogenen Grundthematik starke Bezüge zur Psychologie oder zu Erziehungswissenschaften auf (**Abb. 4**). Das ist z. B. in Untersuchungen zu Sachinteressen oder Vorstellungen von Schüler:innen über physikalische Konzepte der Fall. Fast 60 Dissertationen haben vorrangig naturwissenschaftliche und technische Bezüge zur Physik oder auch zur Chemie oder Informatik. Über 40 Dissertationen besitzen unterrichtliche und methodische Bezüge zur allgemeinen Didaktik oder z. B. den Medienwissenschaften.

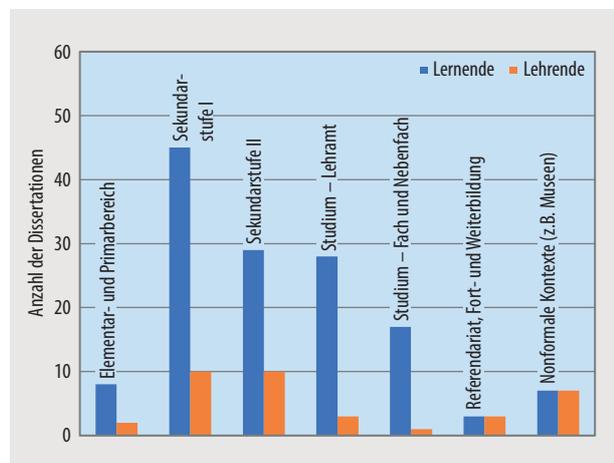


Abb. 3 Physikdidaktische Dissertationen nehmen in der Mehrzahl Schülerinnen und Schüler in den Fokus oder Lehramtsstudierende.

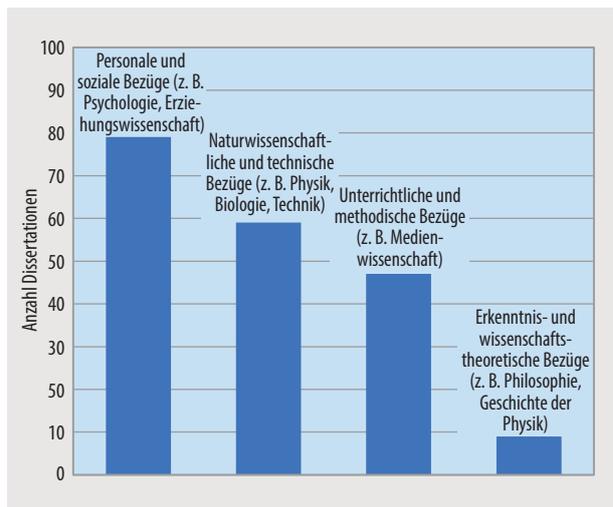


Abb. 4 Anzahl der in physikdidaktischen Dissertationen auftretenden theoretischen Bezüge zu anderen Disziplinen (2016 – 2021)

Fazit und Ausblick

Gemessen an der Anzahl abgeschlossener Promotionen wächst die Physikdidaktik im deutschsprachigen Raum stetig. Dabei sind die jeweiligen Rahmenbedingungen an den Standorten einzubeziehen, vor allem die Anzahl von Professuren und die Größe der Arbeitsgruppen. An einigen Universitäten gibt es erst seit wenigen Jahren eine professoral vertretene Physikdidaktik. Mehr als eine Professur gibt es zurzeit in Deutschland nur an sechs Standorten. Damit verbunden ist eine hohe Lehr- und Prüfungsbelastung zulasten der Forschung. Diese Situation hat sich seit den 1970er-Jahren kaum verändert. Viele Arbeitsgruppen sind allerdings durch Drittmittel gewachsen – was das Potenzial zur weiteren Drittmitteleinwerbung und zum Output an Dissertationen fördert. Aber natürlich sind Dissertationen nicht das einzige Merkmal für die Qualität physikdidaktischer Forschung an einem Standort. Ebenso sind z. B.

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten außerhalb von Promotionsvorhaben oder auch der Transfer physikdidaktischer Erkenntnisse in die Unterrichtspraxis zu nennen.

Die Inhaltsanalyse für 2016 bis 2021 zeigt den starken Bezug der Promotionen zum Lernen klassischer Themen der Sekundarstufen I und II. Zunehmend geraten Lehramtsstudierende in den Blick – auch als Lehrende. Weiterführende aktuell laufende Analysen beziehen sich etwa auf den Anteil empirisch-bildungswissenschaftlicher Analysen oder die Frage der Generalisierbarkeit physikdidaktischer Erkenntnisse.

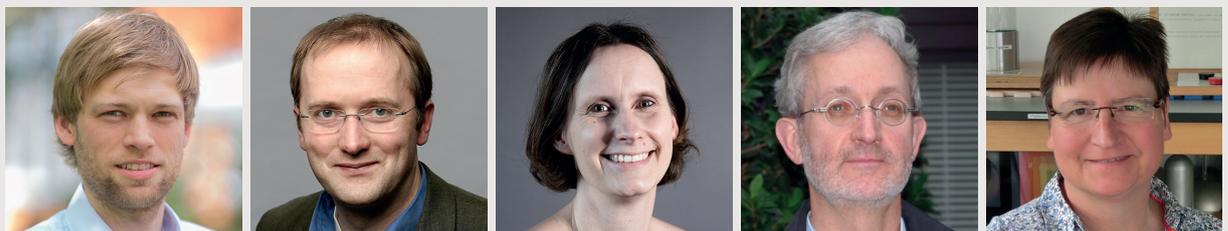
*

An der Erstellung der Datenbank und der inhaltlichen Charakterisierung der Dissertationen sind weitere Mitglieder der Quo-vadis-Initiative beteiligt. Wir bedanken uns bei Micol Alemani (U Potsdam), Martin Hopf (U Wien), Heiko Krabbe (U Bochum), Erich Starauschek (PH Ludwigsburg), Heike Theyßen (U Duisburg-Essen) und Thomas Wilhelm (U Frankfurt) für die Unterstützung.

Literatur

- [1] J. A. Comenius (1657), zitiert nach: J. A. Comenius, Große Didaktik: Die vollständige Kunst, alle Menschen alles zu lehren, Klett-Cotta, Stuttgart (2008)
- [2] A. Gutzmer, Reformvorschläge für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, Teubner, Leipzig (1906)
- [3] H. Dahncke, Teilaspekte der Energieerhaltung, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (1972)
- [4] E. Starauschek, *PhyDid A* 4, 1 (2005)
- [5] J. Grebe-Ellis, *Physik Journal*, Oktober 2022, S. 51
- [6] P. Nentwig, K. Frey, L. Klopfer und D. Layton, Doktorgrade in Naturwissenschaftsdidaktik, IPN, Kiel (1983)
- [7] E. Sumfleth und H. Niedderer, Promotionen und Habilitationen in Chemie- und Physikdidaktik seit 1990, in: K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven*, Tagung Hamburg 1991, Leuchtturm, Albach (1992)
- [8] H. Schecker, Situationen und Perspektiven des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Physik- und Chemiedidaktik, in: H. Behrendt (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven*, Tagung Freiburg 1994, Leuchtturm, Albach (1995)
- [9] Datenbank PROHABIL – Fachportal Pädagogik, bit.ly/3VrVD09

Die Autor:innen



Daniel Laumann (FV Didaktik der Physik) arbeitet als akademischer Rat an der Uni Münster und vertritt aktuell die Professur für Didaktik der Physik an der Uni Paderborn. Er untersucht u. a. die Nutzung von digitalen Technologien im Physikunterricht.

Johannes Grebe-Ellis (FV Didaktik der Physik) ist seit 2011 Professor für Physik und ihre Didaktik an der Uni Wuppertal. Er leitete von 2015 bis 2021 den FV Didaktik der Physik.

Susanne Heinicke (Sprecherin des FV Didaktik der Physik) ist Profes-

sorin an der Uni Münster. Sie erforscht das Interesse an Physik und die sprachensible Gestaltung von Physikunterricht und Lernmaterialien.

Horst Schecker (FV Didaktik der Physik) war bis 2021 Professor für Didaktik der Physik an der Uni Bremen. Er forscht zu Schülervorstellungen, Struktur physikalischer Kompetenz und digitalen Medien.

Rita Wodzinski ist seit 2000 Professorin für Didaktik der Physik an der Uni Kassel. Sie leitete den FV Didaktik der Physik von 2004 bis 2009 und war von 2009 bis 2011 DPG-Vorstand Schule.

Dr. Daniel Laumann und **Prof. Dr. Susanne Heinicke**, Institut für Didaktik der Physik, Univ. Münster, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster; **Prof. Dr. Johannes Grebe-Ellis**, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, Univ. Wuppertal, Gaußstr. 20, 42119 Wuppertal; **Prof. Dr. Horst Schecker**, Univ. Bremen, Otto-Hahn-Allee 1, 28359 Bremen; **Prof. Dr. Rita Wodzinski**, Didaktik der Physik, Univ. Kassel, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel