

Das Vorhaben III.A.02: „Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik“ an der Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig

Abschlussbericht

1 Einleitung

Die Geschichte der exakten Naturwissenschaften und der Mathematik kann an der Sächsischen Akademie der Wissenschaften auf eine lange Tradition zurückblicken. Eine ganze Reihe von Mitgliedern der Akademie wandte sich in ihren Arbeiten Untersuchungen zur Mathematik- und Naturwissenschaftsgeschichte zu. Darüber hinaus konnten sich derartige Forschungen lange Zeit einer besonderen Förderung durch die Akademie erfreuen, was insbesondere dadurch zum Ausdruck kam, dass die Akademie 1911 die Herausgabe des Poggendorff'schen „Biographisch-literarischen Handwörterbuchs zur Geschichte der exacten Wissenschaften“ unter Mitwirkung der übrigen, im Kartell der Deutschen Akademien vereinten Akademien übernahm. Nachdem die Leitung der Akademie in den 1980er Jahren beschlossen hatte, das Gesamtwerk nicht fortzusetzen und die begonnenen Biobibliographien in angemessener Zeit abzuschließen, wurde Ende 1986 die Arbeitsgruppe für Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik geschaffen. Diese hatte die Aufgabe, eine wissenschaftshistorische Forschung aufzubauen, die insbesondere eine Brücke zu den bei der Erarbeitung des Poggendorff'schen Handwörterbuchs notwendigen, mannigfaltigen und subtilen biobibliographischen Recherchen schlug und die vorliegende Datenfülle für die Beantwortung wissenschaftshistorischer Fragestellungen nutzbar machte. Ohne erkennbaren Grund wurde diese Zielstellung aufgegeben, indem zu Beginn des Jahres 1992 die für das Poggendorff'sche Handwörterbuch zuständige Poggendorff-Redaktion wieder aus der Arbeitsgruppe herausgelöst und als separate Einheit installiert wurde.

Die Arbeitsgruppe zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik erhielt nun in dem gleichnamigen Vorhaben die Aufgabe, naturwissenschafts- und mathematikhistorische Fragestellungen zur chronologischen und disziplinären Strukturierung sowie zu biographischen und bibliographischen Aspekten der Naturwissenschaften und Mathematik zu bearbeiten und eine elektronische Datenbasis zur Geschichte der Naturwissenschaften aufzubauen. Die Leitung des Vorhabens lag in den Händen von OM Prof. Dr. Hans Wußing. Zur Arbeitsgruppe gehörten: Dipl.-Geograph Rainer Gärtner (bis 30. September 1992), Frau Dr. Heidi Kühn, Dipl.-Lehrerin Christine Marschallek (bis 31. Mai 1992) und Dr. habil. Karl-Heinz Schlote als Leiter der Arbeitsstelle. Aufgrund seines fortgeschrittenen Alters bat H. Wußing nach Abschluss des ersten Teilprojektes den Präsidenten der Sächsischen Akademie, die Leitung des Vorhabens einem jüngeren Kollegen zu übertragen. Die Kommission für Wissenschaftsgeschichte unterstützte den Antrag und am 1. Mai 2002 übernahm KM Prof. Dr. Menso Folkerts diese Funktion, der diese bis zum Ende der Laufzeit des Vorhabens am 31. Dezember 2010 inne hatte. Am 30. Juni 2006 endete das Anstellungsverhältnis von Dr. H. Kühn nach dem Erreichen des Rentenalters, sie blieb aber durch Werkvertrag eng mit der Arbeitsgruppe verbunden. Als Nachfolgerin trat Frau Dr. Martina R. Schneider am 1. August 2006 in die Arbeitsgruppe ein und war bis zum 30. September 2010 in dem Vorhaben tätig. Außerdem war Frau Katrin Zündorf als wissenschaftliche Hilfskraft in der Zeit von 1. Januar 2009 bis zum 30. Juni 2010 an den Arbeiten im Vorhaben beteiligt. Im Folgenden sollen zunächst der zeitliche und organisatorische Ablauf bei der Bearbeitung des Vorhabens skizziert und dann in einem zweiten Teil die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen dargelegt werden.

2 Die Durchführung des Vorhabens

Die oben genannte modifizierte Zielstellung des Vorhabens wurde mit einem von vier auf zwei Mitarbeiter reduzierten Personalbestand in drei Teilprojekten „Chronologie zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik“, „J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften. Teilband Mathematik“ (im Folgenden kurz „Mathematiker-Biobibliographien“ genannt) und „Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in Deutschland am Beispiel mitteldeutscher Hochschulen“ konkretisiert, wobei mit je einem Mitarbeiter die Bearbeitung der beiden erstgenannten Projekte begonnen wurde. Das „Chronologie-Projekt“ wurde von Dr. Schlote bearbeitet, die „Mathematiker-Biobibliographien“ von Frau Dr. Kühn. Beide Projekte konnten auf gewisse konzeptionelle Vorarbeiten aufbauen.

2.1 Projekt: Chronologie zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik

Den Ausgangspunkt für das Chronologieprojekt bildete eine 1988 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Technikgeschichte und Geschichte der Technikwissenschaften an der TU Dresden erarbeitete Konzeption für eine „Chronologie zur Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Technikwissenschaften“ sowie deren Überführung in eine Datenbank. Die Konzeption orientierte sich in einigen Grundzügen an dem klassischen Werk von Darmstädter¹, ging im wissenschaftlichen Anspruch aber weit über eine kritische Überarbeitung und Erweiterung dieses Werkes hinaus. Im Jahre 1990 traten jedoch die Mitarbeiter der TU Dresden von dem Chronologie-Projekt zurück, da die dort veränderte Stellensituation eine Bearbeitung des Themas nicht mehr zuließ. Die dadurch notwendig gewordene Modifizierung der vertraglichen Vereinbarungen mit dem Brockhaus-Verlag über die Publikation der „Chronologie“ endete aufgrund der inzwischen erfolgten Änderungen in der Verlagsstruktur und im Verlagsprofil mit der Streichung des Titels aus dessen Publikationsprogramm.

Das Projekt wurde daraufhin als „Chronologie der Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik“ (im Folgenden kurz Chronologie genannt) neu konzipiert und zusammen mit den Mathematiker-Biobibliographien im Jahre 1991 von einer Evaluierungskommission unter Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Schadewaldt, Altpäsident der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften, positiv evaluiert. In diesem Zusammenhang erfolgte die bereits erwähnte Reduzierung des Personalbestandes der Arbeitsgruppe. Dies machte für die Erarbeitung der Chronologie den Aufbau neuer Kooperationen und die Einbeziehung von Honorarkräften notwendig. Kooperationen bestanden zu folgenden Institutionen:

- Karl-Sudhoff-Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften, Universität Leipzig,
- Institut für Geschichte der Naturwissenschaften, LMU München,
- Institut für Universitäts- und Wissenschaftsgeschichte, Universität Rostock (bis 1993),
- Historisches Seminar, Lehrstuhl historische Kartographie, Universität Rostock
- Institut für Länderkunde, Leipzig,
- Nationales Technisches Museum, Prag sowie
- Fördergesellschaft wissenschaftliche Neuvorhaben mbH, Berlin.

Insgesamt konnten 14 freie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als Autoren gewonnen werden. Trotz der Einbeziehung von freien Mitarbeitern mussten von dem Mitarbeiter der Arbeitsgruppe (Dr. Schlote) mehr Teilgebiete erarbeitet werden als ursprünglich geplant war, da

¹ Darmstaedter 1908

für einige Zeitabschnitte kein Bearbeiter gefunden werden konnte. Außerdem waren umfangreiche zusätzliche Recherchen notwendig, um eine ausgewogene Repräsentanz der einzelnen Disziplinen zu sichern. Gleichzeitig wurde mit Unterstützung von zahlreichen Mitgliedern der Sächsischen Akademie und weiteren Fachgelehrten ein System der Qualitätssicherung aufgebaut und wurden alle Manuskriptteile einer kritischer Prüfung unterzogen. Dieses System umfasste mehr als 50 Personen. Die „Chronologie“ erschien im Jahre 2002 im Harri Deutsch Verlag Frankfurt/Main.² Eine weitere Beschäftigung mit dem für die Chronologie zusammengestellten Datenmaterial, wie die Übertragung der Datensätze in ein modernes Datenbanksystem, die Aufbereitung der Daten für eine CD-Rom-Ausgabe und die Ergänzung der Datensätze hinsichtlich einer besseren wissenschaftlichen Nutzung, erhielt nicht die erforderliche Zustimmung der Akademieleitung.

2.2 Projekt: J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften. Teilband Mathematik

Die Wurzeln dieses Projektes reichen bis in die 1970er Jahre zurück, als die für das Poggendorff'sche Handwörterbuch zuständige Akademie-Kommission und das Präsidium der Akademie eine Aufteilung der Arbeitsgruppe „Poggendorff-Redaktion“ in drei Fachredaktionen (Mathematik, Physik und Chemie), bei gleichzeitiger personeller Verstärkung der einzelnen Teile, und eine Fortsetzung des Handwörterbuches in drei entsprechenden Teilreihen diskutierte.³ Als diese Pläne Anfang der 1980er Jahre wieder aufgegeben wurden, hatte der bis 1974 als Leiter der Poggendorff-Redaktion tätige Hans Salié (1902–1978) beträchtliche Vorarbeiten für den Fortsetzungsband Mathematik geleistet. Das Präsidium der Akademie entschied sich deshalb, die Arbeiten an diesem Band mit geringem Personalaufwand fortzusetzen und nach Möglichkeiten zu suchen, wenigstens einen Teil des Materials zu publizieren und damit der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die Poggendorff-Redaktion setzte die Arbeit am Hauptwerk (Bände VIIb und VIII) fort, und daneben sollte sich Frau Dr. Kühn dem Teilband Mathematik der ursprünglich geplanten Fortsetzung widmen. Bei der erwähnten Abtrennung der Poggendorff-Redaktion (1992) verblieb der Teilband Mathematik als ein Projekt in der Arbeitsgruppe und nur dieses wird im Weiteren betrachtet. Die Präsentation der Biobibliographien sollte sich in Stil und Qualität an dem Poggendorff'schen Werk orientieren. Aus der Fülle des in der Vorbereitungsphase ermittelten Materials wurden ca. 760 Wissenschaftler ausgewählt. Diese sollten insbesondere zwischen 1820 und 1920 geboren und vor 1986 verstorben sein, Letzteres insbesondere um abgeschlossene Biobibliographien zu erhalten, damit die Notwendigkeit einer späteren Ergänzung entfiel.

In den Arbeiten an den „Mathematiker-Biobibliographien“ kam es zu mehreren Verzögerungen. Unter anderem erfolgten mehrmals Änderungen in der Konzeption für die Publikation der Biobibliographien und die notwendigen Recherchen zur abschließenden Bearbeitung des biobibliographischen Materials, vor allem die Korrespondenz zur Klärung von Detailfragen, gestalteten sich aufwendiger als geplant. Außerdem versetzte die Akademieleitung die Bearbeiterin des Projektes, Frau Dr. H. Kühn, ab dem 1.1.1999 zur Sicherung des termingerechten Abschlusses des Vorhabens „J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften“ in die Arbeitsgruppe „Poggendorff-Redaktion“. Ab diesem Zeitpunkt konnte die Fertigstellung des Druckmanuskripts nur unregelmäßig und ausschließlich in der Freizeit der Bearbeiterin vorangebracht werden. Aufgrund der vielen im Manuskript enthaltenen Sonderzeichen und Formeln gestaltete sich auch die Drucklegung des Wer-

² Schlote 2002

³ Für eine Geschichte der Bearbeitung des Poggendorff'schen Handwörterbuches sei auf den Artikel von M. Köstler verwiesen. [Köstler 1999]

kes schwieriger als erwartet. Das dreibändige Werk erschien schließlich im Jahre 2004 bei Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.⁴

2.3 Projekt: Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in Deutschland am Beispiel mitteldeutscher Hochschulen

Das Ziel dieses Projektes war es, am Beispiel der mitteldeutschen Universitäten die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in Deutschland vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges im Hinblick auf die Entwicklung der mathematischen und theoretischen Physik zu untersuchen und in einer vergleichenden Analyse diesen Entwicklungsprozess genauer zu charakterisieren. Das Projekt wurde in mehrere Teilprojekte entsprechend den einzelnen Universitätsstandorten eingeteilt. Außerdem wurde jeweils eine zeitliche Untergliederung in zwei Abschnitte vorgenommen, wobei der erste etwa die Entwicklung in 19. Jahrhundert, der zweite jene in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts umfaßte. Für jedes der Teilprojekte mussten die folgenden Aufgaben erfüllt werden:

1. Durchsicht und Auswertung der in den zuständigen Archiven (Archiv der jeweiligen Universität, zuständiges Landesarchiv, Bundesarchiv) vorhandenen Materialien
2. Erarbeiten einer Übersicht über die an der jeweiligen Universität tätigen Professoren und Privatdozenten für Mathematik bzw. Physik und deren Vorlesungstätigkeit
3. Bibliographische Recherchen zu den Schriften der einzelnen Hochschullehrer
4. Sichtung der Sekundärliteratur zu Fragen der Wechselbeziehung zwischen Mathematik und Physik und zu den für die jeweilige Hochschule relevanten Problemen
5. Analyse der Arbeiten und Aktivitäten der Gelehrten, Herausarbeiten der inhaltlichen Verknüpfung zwischen den einzelnen Arbeiten eines Gelehrten bzw. mehrerer Gelehrter, Beurteilung der Vorlesungstätigkeit sowie der Rolle regionaler und nationaler gelehrter Gesellschaften und Vereine
6. Einordnung der Arbeiten der einzelnen Gelehrten in die nationalen und internationalen Entwicklungstendenzen von Mathematik und Physik
7. Zusammenfassende Bewertung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der jeweiligen Universität im betrachteten Zeitabschnitt im Rahmen der nationalen Entwicklung und Anfertigung des Schlussberichts.

Die Arbeit an diesem Projekt begann im Herbst 1999 mit den Teilen, die sich auf die Universität Leipzig bezogenen. Der wissenschaftliche Mitarbeiter an diesem Projekt (Dr. Schlote) musste gleichzeitig auch die Endredaktion des Manuskriptes der Chronologie und die Arbeiten zu dessen Drucklegung durchführen. Den Schwerpunkt bildeten die Erschließung und Auswertung des Archivmaterials im Universitätsarchiv Leipzig und im Sächsischen Hauptstaatsarchiv Dresden sowie die Analyse der wissenschaftlichen Publikationen der in Leipzig tätigen Mathematiker und Physiker. Besonders aufwendig erwies sich das Studium der umfangreichen Arbeiten des Leipziger Mathematikers Carl Neumann. Ab dem Jahre 2001 wurden dann die Ergebnisse der Untersuchungen zu den einzelnen Teilprojekten in Zeitschriftenartikeln und größeren Abhandlungen vorgelegt.

Bei der Arbeit an diesem ersten Teilprojekt erwies es sich als sehr sinnvoll, die Konzeption des Gesamtprojektes in einigen Punkten zu präzisieren. Dies betraf die Ausdehnung des Untersuchungszeitraums um 15 Jahre bis zum Jahre 1960 und die Einbeziehungen der Technischen Universität Dresden, der Bergakademie Freiberg sowie der in den 1950er Jahren in der DDR gegründeten Technischen Hochschulen (Magdeburg, Ilmenau, Chemnitz). Durch den Vergleich der für die drei Universitäten erzielten Ergebnisse mit den Entwicklungen an den

⁴ Kühn 2004

Technischen Hochschulen sollten neue, bisher wenig beachtete Gesichtspunkte in der Entwicklung des Wechselverhältnisses zwischen Mathematik und Physik beleuchtet werden, etwa der Einfluss technischer Anwendungen auf die Gestaltung des Wechselverhältnisses. Außerdem war der Zeitaufwand für die Archivrecherchen und die Analyse der wissenschaftlichen Arbeiten der Wissenschaftler etwas zu gering geplant worden. Aus diesen Gründen beantragte die Arbeitsgruppe im Rahmen der externen Evaluierung des Vorhabens im Frühjahr 2002 eine Laufzeitverlängerung. Diese wurde von der Evaluierungskommission befürwortet, von der Union der deutschen Akademien aber abgelehnt.

Die Untersuchungen zur Universität Leipzig für den Zeitraum von ca. 1830 bis 1905 wurden im Jahre 2003 abgeschlossen und die Ergebnisse in einem Arbeitsbericht vorgelegt. Die Kommission für Wissenschaftsgeschichte der Akademie empfahl die Publikation des Manuskripts in den Abhandlungen der Akademie und die Abhandlung erschien nach einer formalen redaktionellen Überarbeitung im Jahre 2004.⁵ Bis Ende 2003 arbeitete Dr. Schlote allein an diesem Projekt, da Frau Dr. Kühn bis zu diesem Zeitpunkt zur Arbeitsgruppe „Poggendorff-Redaktion“ delegiert worden war. Ab Januar 2004 widmete sich Frau Dr. Kühn dann nach einer kurzen Einarbeitungsphase in dem Teilprojekt zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Halle-Wittenberg der Erschließung der im Universitätsarchiv Halle und im Geheimen Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz Berlin vorhandenen relevanten Archivalien.

Das Teilprojekt zur Universität Leipzig wurde im Jahre 2005 abgeschlossen, und die Ergebnisse für den Zeitabschnitt 1905–1945 wurden im Januar 2006 zum Druck eingereicht. Die Publikation war zunächst wieder in den Abhandlungen der Akademie vorgesehen. Diese verzögerte sich jedoch aus mehreren von der Arbeitsgruppe nicht zu verantwortenden Gründen. In Anbetracht der weiteren im Projekt geplanten Veröffentlichungen wurde eine Bindung an die Abhandlungen der Akademie als ungünstig erachtet. Unter intensiver Mitwirkung der Arbeitsgruppe wurde 2007 ein Vertrag zwischen der Sächsischen Akademie und dem Harri Deutsch Verlag Frankfurt/Main über die Gründung einer neuen Buchreihe „Studien zur Entwicklung von Mathematik und Physik in ihren Wechselwirkungen“ unterzeichnet. In dieser Reihe sollten alle weiteren im Projekt geplanten Abhandlungen erscheinen. Da inzwischen das Präsidium der Akademie aus finanziellen Gründen beschlossen hatte, dass die einzelnen Arbeitsgruppen an der technischen Drucklegung ihrer Manuskripte aktiv mitwirken sollten, begannen die Mitglieder der Arbeitsgruppe im Sommer 2007, sich in das entsprechende Programm des Verlags einzuarbeiten, und stellten schließlich mit Unterstützung des Verlages eine Druckvorlage her. Die Arbeitsgruppe war eine der ersten der Akademie, die diese veränderten Publikationsbedingungen umsetzen musste. Da der dabei erforderliche Zeitaufwand in keinem Verhältnis zu den erzielten Einsparungen stand, wurde der Beschluss noch im gleichen Jahr revidiert und zu den alten Publikationsverfahren zurückgekehrt. Das Buch erschien im Frühjahr 2008.⁶

Im Sommer 2006 war eine Änderung in der Zusammensetzung der Arbeitsgruppe eingetreten, da Frau Dr. Kühn mit dem Erreichen des Rentenalters ihr Beschäftigungsverhältnis an der Akademie am 30. Juni des Jahres aufgab. Ihre Stelle übernahm ab 1. August 2006 Frau M. R. Schneider. Frau Schneider war an den bereits erwähnten Arbeiten zur Drucklegung des zweiten Bandes zur Universität Leipzig und allen Untersuchungen zur Universität Halle-Wittenberg beteiligt. Letztere erwiesen sich als wesentlich aufwendiger als geplant, da insbesondere das auszuwertende Archivmaterial einen viel größeren Umfang hatte als dies hinsichtlich der Universität Leipzig der Fall gewesen war. Trotz der Unterstützung durch Frau Dr. Kühn bei der Erschließung des Archivmaterials im Rahmen eines Werkvertrages konnten daher die durch die geschilderten Umstände eingetretenen Verzögerungen in der Projektbearbeitung nicht aufgeholt werden. Die Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik

⁵ Schlote 2004a

⁶ Schlote 2008

und Physik an der Universität Halle-Wittenberg wurde in die Zeitabschnitte 1817–1890 und 1890–1945 gegliedert. Die Ergebnisse wurden in zwei Buchpublikationen zusammengefasst, die beide im Jahre 2009 erschienen.⁷

Im Jahre 2008 wurde außerdem mit der Bearbeitung des dritten Teilprojektes begonnen, das die Wechselbeziehungen an der Universität Jena zum Thema hatte. Aufgrund der Tatsache, dass Jena bis 1918 die „Landesuniversität“ der thüringischen Herzogtümer war und somit mehrere Erhalterstaaten hatte, hätte man das Archivmaterial in allen jeweils zuständigen Landesarchiven (Weimar, Gotha, Meinigen, Altenburg) auswerten müssen. In Anbetracht der zur Verfügung stehenden Zeit wurde beschlossen, sich auf die Archive in Weimar und Altenburg zu beschränken. Im Februar 2008 bewertete eine externe Evaluierungskommission die von der Arbeitsgruppe erbrachten Leistungen und die Planung für die weitere Durchführung des Projektes positiv. Kritisch beurteilte sie den sehr geringen Zeitfonds, der für den Abschluss des Projektes zur Verfügung stand. Ab Januar 2009 wurde zusätzlich Frau K. Zündorf als wissenschaftliche Hilfskraft für 18 Monate in die Erschließung des Archivmaterials einbezogen.

Zusätzlich hatte die Arbeitsgruppe noch die Aufgabe, den Antrag für ein neues Akademieunternehmen auszuarbeiten, um den Fortbestand der naturwissenschaftshistorischen Forschungen an der Sächsischen Akademie über das Jahr 2010 hinaus zu sichern. Die Arbeitsgruppe wurde dabei von der Kommission für Wissenschaftsgeschichte der Sächsischen Akademie unterstützt. Nach eingehender Diskussion der von der Arbeitsgruppe vorgeschlagenen Themen empfahl die Kommission, in dem geplanten neuen Vorhaben die Rolle der wissenschaftlichen Verlage in der Entwicklung der Naturwissenschaften und Mathematik interdisziplinär in Kooperation mit Buchwissenschaftlern in Mainz und Leipzig zu analysieren. Der Antrag wurde jedoch von der wissenschaftlichen Kommission der Union als nicht förderwürdig eingestuft. Somit war die Arbeit der Arbeitsgruppe ab Mitte 2009 durch zusätzliche Aktivitäten zur Sicherung einer künftigen Beschäftigung belastet.

Ab diesem Zeitpunkt trat neben die Beschäftigung mit dem Teilprojekt zur Universität Jena auch die Vorbereitung der internationalen Fachtagung „Mathematics meets physics – general and local aspects“, die den Abschluss des Vorhabens bilden sollte. Die Tagung hatte das Ziel, die vielschichtigen Veränderungen des Wechselverhältnisses zwischen Mathematik und Physik im 19. Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu erfassen und die Ergebnisse der Arbeitsgruppe in einen breiteren internationalen Kontext einzubetten. Die dreieinhalbtägige, deutsch- und englischsprachige, wissenschaftshistorische Tagung war international besetzt und fand vom 22.–25. März 2010 im Hause der Sächsischen Akademie zu Leipzig statt. Sie wurde von der International Commission on the History of Mathematics als förderungswürdig anerkannt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützt.

Neben der Durchführung der Tagung und der Präsentation des Projektes auf dieser Tagung standen im Jahre 2010 die Publikation der Untersuchungsergebnisse zur Universität Jena in dem Zeitraum 1816–1900 und die Vorbereitung des Tagungsbandes im Mittelpunkt der Arbeit der Arbeitsgruppe. Die Publikation beider Manuskripte steht bevor. Das Manuskript zur Universität Jena befindet sich bereits in der Druckerei, für den Tagungsband werden gerade die Korrekturen gelesen. Die Bücher werden im Januar bzw. im 2. Quartal 2011 unter dem Titel „Mathematische Naturphilosophie, Optik und Begriffsschrift“ bzw. „Mathematics meets physics“ erscheinen. Beeinträchtigt wurde der Fortschritt bei der Bearbeitung des Projektes durch die Auslagerung der Arbeitsstelle in Interimsräume aufgrund von Baumaßnahmen und die vorzeitige Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses von Frau Dr. Schneider. Da sich an der Sächsischen Akademie keinerlei berufliche Perspektive abzeichnete, wechselte Frau Dr. Schneider zum 1. Oktober 2010 an die Universität Mainz. Eine Bearbeitung des noch ausstehenden Teilprojektes der Wechselbeziehungen für die Universität Jena im Zeitraum 1900–

⁷ Schlote/Schneider 2009a; Schlote/Schneider 2009b

1945 konnte nicht mehr erfolgen, insbesondere da es die Leitung der Akademie ablehnte, einen Antrag auf eine Abschlussfinanzierung des Projektes zu stellen. Die bereits erbrachten Vorleistungen bleiben ungenutzt.

3 Die Ergebnisse des Vorhabens

Nach dem Überblick über die Durchführung des Vorhabens sollen im Folgenden die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte vorgestellt werden.

3.1 Chronologie der Naturwissenschaften

In der „Chronologie der Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik“ sind wichtige Ereignisse und Entdeckungen aus der Geschichte von Astronomie, Physik, Chemie, Biowissenschaften, Geowissenschaften und der Mathematik in etwa 13000 Einträgen zusammengefasst. Dabei beinhalten die Geowissenschaften auch geographisch-länderkundliche Aspekte sowie die Anfänge neuerer Entwicklungen mit starken geisteswissenschaftlichen Komponenten, soweit es deren naturwissenschaftliche Ausgangspunkte betrifft. Außerdem gibt es einige Einträge zu wissenschaftsorganisatorischen Fakten, philosophischen Systemen u.ä. Die Chronologie hatte das Ziel, alle wichtigen Ereignisse aus den genannten Gebieten für alle Völker von der Frühgeschichte bis zum Jahr 1990 zu erfassen. Die einzelnen Ereignisse werden in den Einträgen kurz beschrieben und gegebenenfalls bei überragender Bedeutung in ihrer Bewertung besonders hervorgehoben. In dieser Form soll die Chronologie vorliegende Datensammlungen anderer Autoren in Qualität und Quantität übertreffen. Die Qualität des Werkes wurde durch die kritische Durchsicht der Manuskripte für die einzelnen Disziplinen durch mehrere Fachgelehrte (Mitglieder der Sächsischen bzw. der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften, Professoren verschiedener Universitäten) erhöht und in verschiedenen Rezensionen anerkannt.

Die Chronologie stellt ein Grundlagenwerk zur Geschichte der genannten Disziplinen dar, das einen raschen Überblick über die Entwicklung der einzelnen Gebiete ermöglicht. Es schlägt zum einen eine Brücke zu den Vertretern der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen zum anderen zu den Vertretern der historischen Disziplinen und trägt dazu bei, die historische Perspektive sowohl für die Naturwissenschaften in ihrer ganzen Komplexität als auch für die einzelnen Fächer bewusst zu machen. Durch die Einbeziehung der jüngsten Entwicklungen in den Naturwissenschaften und der Mathematik wird zugleich der schwierige Versuch unternommen, eine erste Bewertung dieser Leistungen vorzunehmen, und es wird ein Beitrag zur Einschätzung der jüngsten Wissenschaftsentwicklung geleistet. Diesbezüglich musste meist wissenschaftliches Neuland beschritten werden. Die Chronologie stellt eine gute, rasch auswertbare Basis für verschiedenste quantitative Untersuchungen der Wissenschaftsentwicklung dar, die auf Grund der hohen Anzahl von erfassten Ereignissen ausreicht, um signifikante Ergebnisse abzuleiten. Durch die Art der Darstellung bildet die Chronologie auch eine geeignete Informationsquelle, die die Umsetzung der aktuellen Forderung nach einem besseren Wissenschaftsverständnis in der Bevölkerung unterstützt.

3.2 J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften. Teilband Mathematik

Die „Mathematiker-Biobibliographien“ kombinieren Kurzbiographien von Mathematikern mit der dazugehörigen ausführlichen Bibliographie. Sie stellen eine wichtige Ergänzung zu „J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaft-

ten" dar, da sie nur Mathematiker berücksichtigen, die nicht in den „Poggendorff“-Bänden I bis VIIb enthalten sind und in der Präsentation der Biobibliographien hinsichtlich Qualität und Stil im wesentlichen dem traditionsreichen Werk entsprechen. Aus der Fülle des in der Vorbereitungsphase ermittelten Materials von über 4500 Mathematikern, Mathematiklehrern und Gelehrten, die ihr Hauptbetätigungsfeld außerhalb der Mathematik fanden, aber durch einzelne wichtige Beiträge zur Mathematik hervortraten, wurden 756 Wissenschaftler ausgewählt. Nach einer schon in der Vorbereitungsphase vorgenommenen Einteilung der Gelehrten in zwei Gruppen entsprechend ihrer Bedeutung wurde, wie oben beschrieben, das Todesjahr als zweites Kriterium für die Auswahl aus der Gruppe der bedeutenden Fachvertreter herangezogen. Für die ausgewählten Wissenschaftler wurde systematisch biographisches und bibliographisches Material recherchiert und in Biobibliographien zusammengestellt. Aufgrund der durchgeführten umfangreichen Korrespondenz konnten manche in den vorhandenen Quellen enthaltene Differenzen geklärt und offene Fragen beantwortet werden. Das mehrbändige Werk schließt für das Gebiet der Mathematik eine empfindliche Lücke zwischen den vorhandenen Nachschlagewerken einschließlich dem Poggendorffschen Handwörterbuch und den modernen elektronischen Medien. Zum einen fällt ein Großteil der erfassten Literatur in einen Zeitraum, der bisher nicht in elektronischen Datenbanken zugänglich ist, zum anderen enthält der Teilband mit Mathematiklehrern, nur national bedeutenden bzw. durch die Einführung eines einzelnen Begriffs, Verfahrens etc. bekannten Mathematikern, mit angewandten Mathematikern, Astronomen, Geodäten, Physikern, Technikern, Chemikern, Medizinerinnen und Philosophen zahlreiche Persönlichkeiten, die bisher in den Nachschlagewerken unberücksichtigt blieben. In einem separaten Teilband sind die exakten bibliographischen Angaben zu den zitierten Zeitschriften und Sammelwerken in alphabetischer Anordnung zusammengestellt. Dieser Teil kann nicht zuletzt wegen seiner Informationsfülle als bibliothekarisches Nachschlagewerk genutzt werden.

3.3 Projekt: Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in Deutschland am Beispiel mitteldeutscher Hochschulen

Während die Ergebnisse der beiden ersten Projekte sowie deren Bedeutung für die wissenschaftshistorische Forschung kurz und klar beschrieben werden konnte, erfordern die Ergebnisse dieses Projektes eine ausführlichere Darstellung, die im Folgenden gegeben werden soll.

3.3.1 Die variierende Betrachtungsweise der Wechselbeziehungen und die schwierige Charakterisierung der theoretischen Physik

Die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik bestehen seit langer Zeit und ihre Anfänge werden oft bereits in der Antike festgestellt. Angesichts der gewaltigen Entwicklung, die die beiden Disziplinen im Verlaufe der Jahrhunderte genommen haben, liegt es nahe, auch für deren Wechselbeziehungen entsprechende grundlegende Veränderungen anzunehmen. Es ist jedoch keineswegs leicht, die vielfältigen Aspekte dieses dynamischen Verhältnisses zu erfassen und zu analysieren. Die möglichen Perspektiven, aus denen die Untersuchung dieser Beziehungen und deren Veränderungen erfolgen kann, reichen von der lokalen bzw. individuellen Ebene über die institutionelle bis hin zur disziplinären und globalen Betrachtungsweise, möglicherweise gepaart mit einer Fokussierung auf eine bestimmte Entwicklungsperiode. Hinzu kommt der unterschiedliche Standpunkt des jeweiligen Forschers: Während beispielsweise Roger Penrose (geb. 1931) davon sprach, dass die wechselseitige Beeinflussung von Mathematik und Physik „has provided an extraordinary symbiosis between these two areas of human endeavour, the one having to do with necessary truth concerning entirely abstract entities, and the other, with the detailed principles that guide actual things in the actual univer-

se“⁸, hob Cumrun Vafa (geb. 1960) neben den sich in vielen Begriffen und Problemen manifestierenden engen Beziehungen auch die Unterschiede in der Herangehensweise und Zielsetzung hervor. „Typically, if physicists come up with results with mathematical contents, mathematicians take the statement of the result and try proving it using established rigorous methods in mathematics, without mirroring, even indirectly, the physical ideas which led to them. Thus the uniform thinking which leads to these ideas gets lost in the mathematical proof of the same result.“⁹ Oder kurz gesagt: „The physicist’s task is to figure out how nature works, not to make it ‚rigorous‘.“¹⁰ Eine ähnliche Auffassung vertrat auch Richard Feynman (1918–1988), indem er unter anderem betonte, dass der Physiker (im Gegensatz zum Mathematiker) all seinen abgeleiteten Sätzen eine (physikalische) Bedeutung zuweist und zur Überprüfung seiner Aussagen stets eine Verbindung zur realen Welt herstellt.¹¹ Den jeweiligen Fachvertretern soll dies in keiner Weise zum Vorwurf gemacht werden, sind doch auf diesem Weg viele wertvolle Resultate erzielt worden. Die Fruchtbarkeit des wechselseitigen Einflusses von Mathematik und Physik wird nicht in Frage gestellt, doch es bleiben deutliche, zu beachtende Unterschiede. Letztere mündeten aber nicht in eine genauere begriffliche Differenzierung, etwa eine Charakterisierung der mathematischen und der theoretischen Physik ein. Die drei zitierten Repräsentanten der theoretischen und/oder der mathematischen Physik haben ihre Einschätzung aus der Sicht des aktiven Forschers auf der Basis der eigenen Erfahrung getroffen und sich damit begnügt, wichtige, in der praktischen Arbeit als wesentlich erkannte Aspekte zu formulieren.

Eine Charakterisierung der beiden Teilgebiete hat sich, wie ein Blick auf die historische Entwicklung zeigt und durch die Arbeiten in dem hier darzustellenden Projekt bestätigt wird, als sehr schwierig erwiesen. So sind sie für das einen großen Abschnitt des Untersuchungszeitraums ausmachende 19. Jahrhundert nicht eindeutig bestimmt. Zur mathematischen Physik wurden anfangs all jene Gebiete der Physik gerechnet, die in der Tradition des 18. Jahrhunderts als Anwendungen zur Mathematik gehörten, speziell die Mechanik, die günstige Ansatzpunkte für eine erfolgreiche mathematische Behandlung geboten hatte. Insofern umfasste die mathematische Physik sowohl all jene Methoden, die nötig waren, um die in den Experimenten gewonnenen Datenmengen zu analysieren und allgemeine Folgerungen zur Charakterisierung der jeweiligen Phänomene abzuleiten, als auch jene, die dazu dienten, aus den durch die Modellierung physikalischer Grundvorstellungen erhaltenen Basissätzen weitere mögliche Aussagen zu folgern und systematisch ein theoretisches Gerüst zu errichten. Dies berührte aber sehr stark die Aufgabe, die der theoretischen Physik mit dem möglichst einfachen und systematischen Aufbau der verschiedenen physikalischen Theorien bzw. der einzelnen Teilgebiete der Physik zufiel. Vor diesem Hintergrund ist es wohl kaum überraschend, dass in der frühen Entstehungsphase der theoretischen Physik bis zum Ende des 19. Jahrhunderts vor allem von Physikern beide Begriffe oft synonym verwendet wurden. Die Etablierung der theoretischen Physik als Subdisziplin der Physik, die sich in dieser Zeit vollzog, beinhaltete nicht nur die Bestimmung des eigenen Gegenstandsbereichs innerhalb der Physik etwa in Abgrenzung zur Experimentalphysik, sondern auch nach außen mit der Unterscheidung von der mathematischen Physik. Ludwig Boltzmann (1844–1906) bekannte 1895, dass „die Fassung des Begriffs [der theoretischen Physik bzw. des theoretischen Physikers] nicht ganz ohne Schwierigkeit“ sei, kam aber schließlich zu der folgenden Definition:

„Die theoretische Physik hat [...] die Grundursachen der Erscheinungen aufzusuchen oder wie man heute lieber sagt, sie hat die gewonnenen experimentellen Resultate unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammenzufassen, übersichtlich zu ordnen und möglichst klar und

⁸ Penrose 2000, S. 220

⁹ Vafa 2000, S. 323

¹⁰ Vafa 2000, S. 323

¹¹ Feynman 1994, S. 49-50

einfach zu beschreiben, wodurch die Erfassung derselben in ihrer ganzen Mannigfaltigkeit erleichtert, ja eigentlich erst ermöglicht wird.“¹²

In ähnlicher Weise formulierten Wilhelm Wien (1864–1928) 1915, Arthur Haas (1884–1941) 1919 und Hans Thirring (1888–1976) 1921 die Aufgabe der theoretischen Physik.¹³ Viele Physiker würden Boltzmanns Meinung wohl im Wesentlichen zustimmen, doch gelöst ist das Problem keineswegs. Beispielsweise bekannte 1983 Malcolm Longair (geb. 1941) in seiner alternativen Einführung in die theoretische Physik:

„wenn wir nur über theoretische Physik reden gehen die Meinungen darüber was die ‚theoretische Physik‘ im Gegensatz zur ‚Physik‘ darstellt, weit auseinander. [...] Meine eigene Auffassung ist, dass Physik und theoretische Physik nicht als getrennte Fachgebiete anzusehen sind. Sie sind nur verschiedene Betrachtungsweisen für das gleiche Material ...“¹⁴

In seiner Erörterung, was die theoretische Physik ist, näherte er sich jedoch deutlich dem Boltzmann’schen Standpunkt an, wenn er als Ziel der Naturwissenschaften und damit der Physik im Besonderen definierte, „eine logische und systematische Beschreibung natürlicher Erscheinungen zu geben und uns in die Lage zu versetzen, aufgrund unserer bisherigen Erfahrung Voraussagen über neue Sachverhalte zu machen.“¹⁵ Die Mathematik ist dabei sehr hilfreich, aber „Theorie braucht nicht mathematisch zu sein“ und die Mathematik darf nicht als der ganze Inhalt der Theorie angesehen werden. Die geeigneten mathematischen Werkzeuge zur Behandlung eines theoretischen Problems müssen von Außen, von der Mathematik bereitgestellt werden.¹⁶ Hinsichtlich der Abgrenzung zur mathematischen Physik beschränkte sich Longair auf diese Andeutungen, und sah wohl auch keine Notwendigkeit, diese Frage genauer zu erörtern. Obwohl er bei der Erläuterung der theoretischen Konzepte wiederholt auf die geschichtliche Entwicklung Bezug nahm und sie für seine Zwecke nutzte, hob er jedoch hervor, kein Wissenschaftshistoriker (bzw. Wissenschaftsphilosoph) zu sein und keine wissenschaftshistorische Darstellung vorgelegt zu haben.

Neben diesen stärker die innerdisziplinäre Etablierung der theoretischen Physik im Blick habenden Erörterungen muss auch den Entwicklungen große Aufmerksamkeit gezollt werden, die in Sinne von Penrose das Zusammenspiel von Mathematik und Physik betonten bzw. allgemeine Betrachtungen über den Aufbau einer Theorie beinhalteten. So sprachen in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts die Göttinger Mathematiker um David Hilbert (1862–1943), Hermann Minkowski (1864–1909) und Felix Klein (1849–1925) von der „prästabilierte[n] Harmonie zwischen der reinen Mathematik und der Physik“¹⁷, Vorstellungen, denen sich auch Physiker etwa im Kreis um Arnold Sommerfeld (1868–1951) anschlossen.¹⁸ Eugene Wigner (1902–1995) diskutierte dann später die „unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences.“¹⁹ Mehrere Mathematiker und Physiker verbanden ihre Überlegungen zum Wechselverhältnis von Mathematik und Physik mit Gedanken zu den Grundlagen und der Struktur einer Theorie. Die mit der Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie sowie der Herausbildung der Quantenmechanik und der Verwendung wahrscheinlichkeitstheoretischer Argumente und Methoden veränderte Sichtweise auf Fragen nach der Kausalität zwischen physikalischen Erscheinungen oder nach dem Zusammenhang der Grundprinzipien einer physikalischen Theorie und den empirisch gewonnenen Daten hat diese ins Philosophische reichenden Darlegungen stark angeregt. In diesem Kontext entwickelte beispielweise

¹² Boltzmann 1925, S. 94

¹³ Wien 1916, S. 242, 246; Haas 1919, S. 3; Thirring 1921, S. 1023

¹⁴ Longair 1991, S. 8 f.

¹⁵ Longair 1991, S. 6

¹⁶ Longair 1991, S. 5-6

¹⁷ Minkowski 1909, S. 14

¹⁸ Vgl hierzu etwa die Darstellung von S. S. Schweber (Schweber 2009).

¹⁹ Wigner 1960

Albert Einstein (1879–1955) seine Unterscheidung zwischen konstruktiven und Prinzipien-Theorien und seine Auffassung, dass die grundlegenden Prinzipien und Gesetze der Physik nicht durch Abstraktion aus den experimentellen Daten abgeleitet werden können.²⁰ Doch auch die Diskussionen im Wiener Kreis um Moritz Schlick (1882–1936) und die Herausbildung des logischen Empirismus sind in diesem Zusammenhang zu nennen.

Die hier skizzierten Diskussionen um das Wechselverhältnis von Mathematik und Physik, insbesondere die philosophischen Auseinandersetzungen konnten bei der Bearbeitung des Projektes in soweit berücksichtigt wie die an den drei Universitäten tätigen Wissenschaftler in ihren Arbeiten darauf Bezug genommen oder sich aktiv daran beteiligt haben. Eine ausführlichere Diskussion hätte den (zeitlichen) Rahmen des Projektes gesprengt und musste einer separaten Untersuchung vorbehalten bleiben.

3.3.2 Der Stand der Forschung

Die historische Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik als interdisziplinäre Aufgabe war bisher kaum Gegenstand der wissenschaftshistorischen Forschung und ist erst in den letzten Jahren etwas stärker in ihren Blickpunkt gerückt. Die Betonung liegt dabei zum einen auf der Interdisziplinarität der Untersuchungen, dass die Beziehungen der beiden Disziplinen von der Seite der Physik wie der Mathematik analysiert werden. Zum anderen soll die wechselseitige Beeinflussung für einen längeren Zeitraum studiert werden, so dass langfristige Wirkungen erfasst und Veränderungen in ihrer ganzen Komplexität untersucht werden können. Eine für das Projekt wichtige und aufschlussreiche Studie wurde von E. Garber vorgelegt.²¹ Sie analysierte darin, welche Bedeutung die Mathematik als Sprache der Physik für die Entwicklung der theoretischen Physik in Europa in der Zeit von 1750 bis 1914 hatte. Dabei versuchte sie, die Beziehungen zwischen Mathematik und Physik in ihrer ganzen Vielfalt zu erfassen, und nachzuweisen, dass diese viel komplexer waren, als dies aus früheren Darstellungen hervorging. Nach Garbers Meinung agierten die Mathematiker und Physiker bei der Realisierung der Wechselbeziehungen gemäß den jeweiligen Standards ihrer Disziplin, und waren die wesentlichen Merkmale der modernen theoretischen Physik um 1870 herausgebildet. Den verbleibenden Zeitraum bis 1914 betrachtete sie nur noch skizzenhaft, erkannte aber einen grundlegenden Wandel und eine die weitere Entwicklung im 20. Jahrhundert prägende Neuorientierung in dem Wechselverhältnis. Ebenfalls grundlegend ist das zweibändige Werk von Ch. Jungnickel und R. McCormach, das einen Überblick über die Herausbildung der theoretischen Physik in Deutschland gibt und einige Hauptentwicklungslinien kennzeichnet.²² Der Schwerpunkt dieser Studie lag zwar auf der disziplinären Entwicklung, auf einer umfassenden Analyse der wissenschaftlichen Arbeit und der institutionellen Rahmenbedingungen, doch fand dabei die Verwendung mathematischer Methoden eine gebührende Berücksichtigung, so dass sich eine Reihe von Aussagen über die Gestaltung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik ergaben. Einen kulturgeschichtlich orientierten Zugang wählte A. Warwick und unterzog den Prozess der Ausbildung des Nachwuchses in mathematischer Physik an der Universität Cambridge einer eingehenden Untersuchung.²³ Wer unterrichtete die Studenten, wie erfolgte diese Wissensvermittlung, welcher Stoff wurde gelehrt, wie wurden neue Theorien lehrbar gemacht und wie vollzog sich insgesamt die ‚Industrialisierung des Lernprozesses‘? waren zentrale Fragen seiner Betrachtung. Warwick verwies zu Recht auf die Schwierigkeiten bei der Vermittlung mathematischen Wissens und auf die Reform des mathematischen Unterrichts, die durch die

²⁰ Einstein 1934

²¹ Garber 1999

²² Jungnickel/McCormach 1986

²³ Warwick 2003

wachsende Anwendung mathematischer Methoden und deren Verwendung in anderen Wissenschaften ab dem Ende des 18. Jahrhunderts notwendig wurde. Eine ähnlich breite Kombination verschiedener Gesichtspunkte vereinigte auch K. Olesko in ihrer Arbeit zur Entstehung des Königsberger mathematisch-physikalischen Seminars und dessen Bedeutung für die Entwicklung der mathematischen Physik.²⁴ Schließlich sei auf die ausführliche dreibändige Studie von I. Grattan-Guinness verwiesen, die den Wandel in der französischen Mathematik und die Entstehung der mathematischen Physik in Frankreich an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert detailliert untersuchte.²⁵

Neben diesen umfassenderen Abhandlungen, die aus unterschiedlicher Perspektive und variierender Schwerpunktsetzung Fragen der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik betrachteten, wären noch eine Reihe von Arbeiten zu nennen, auf einzelne spezielle Aspekte ausgerichtet sind und beispielsweise einen konkreten, auf ein einzelnes Teilgebiet der Physik bzw. der Mathematik beschränkten Wechselwirkungsprozess oder moderne Entwicklungstendenzen behandeln.²⁶

Ausgehend von dieser Forschungssituation war es das Ziel des Projektes, die Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an den Universitäten Leipzig, Halle-Wittenberg und Jena vom Anfang des 19. Jahrhunderts bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs im Detail zu untersuchen und dabei insbesondere die verfügbaren archivalischen Quellen und die relevanten Originalarbeiten der an diesen Universitäten tätigen Wissenschaftler einzubeziehen. Der Wechselwirkungsprozess sollte folglich zunächst in seinen ganz spezifischen Ausprägungen unter den jeweiligen lokalen Gegebenheiten verfolgt werden. Die parallel dazu vorzunehmende Analyse der Dokumente der jeweils zuständigen Ministerien hinsichtlich eines Niederschlags dieses Prozesses sollte dazu dienen, den wissenschaftspolitischen Einfluss der Länderregierungen deutlich werden zu lassen. Die geographische Nähe der drei Lehranstalten und die Zugehörigkeit zu verschiedenen Staaten bilden günstige Rahmenbedingungen, um Unterschiede wie Gemeinsamkeiten klarer erkennen zu können. Dieser Ansatz erforderte es, eine Vielzahl von Aspekten der Wechselbeziehungen zu berücksichtigen, bot aber auch die Möglichkeit, durch den Vergleich zwischen den drei Universitäten bzw. mit den für andere Universitäten erzielten Ergebnissen die Wirkung einzelner Einflüsse abzuschätzen. Die Betrachtung der einzelnen Universitäten lieferte beispielsweise Einblicke in die Rolle einzelner Wissenschaftler: Wie kamen sie zur Beschäftigung mit mathematisch-physikalischen Themen? Welche Ausbildung hatten sie zuvor durchlaufen? Arbeiteten sie mit dem Vertreter des anderen Faches – der Mathematiker mit dem Physiker bzw. der Physiker mit dem Mathematiker –, zusammen? Versuchten sie die Entwicklung der Beziehungen zwischen Mathematik und Physik zu beeinflussen, indem sie ein eigenes Forschungsprogramm formulierten, ihnen gar der Aufbau einer wissenschaftlichen Schule gelang, oder sie sich intensiv in der Lehre bzw. für eine stärkere Institutionalisierung der theoretischen/mathematischen Physik durch Professuren und separate Abteilungen in den Instituten engagierten? Ein weiterer Fragenkomplex ist der hinsichtlich der Beziehungen zwischen den Instituten und Abteilungen an der Universität oder der lokalen, auf Mathematik und/oder Naturwissenschaften ausgerichteten gelehrten Gesellschaften untereinander bzw. zu den entsprechenden Universitätsinstituten. Die Zusammenarbeit der Universitätsinstitute mit ortsansässigen Industrieunternehmen spielt in diesem Zusammenhang ebenfalls eine Rolle. Die unterschiedliche Stellung der drei Universitäten in der deutschen Universitätslandschaft eröffnete außerdem die Möglichkeit, verschiedene Faktoren in unterschiedlicher Ausformung zu untersuchen und die Besonderheiten des Einzelfalls zu erkennen. Diese Ergebnisse bereichern zugleich das Wissen um die globale Entwicklungsdynamik des Wechselverhältnisses zwischen Mathematik und Physik, angesichts der noch ausstehenden Formulierung allgemeiner

²⁴ Olesko 1991

²⁵ Grattan-Guinness 1990

²⁶ Stellvertretend seien hier Boi 1995, Boi et al. 1992 und Faddeev 1995 genannt.

Merkmale dürfen weitere, eventuell bestehende Charakterisierungsansätze unterstützende Hinweise und Folgerungen erwartet werden.

Die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse dokumentieren die Vielfalt der Wechselbeziehungen und die vielschichtigen Veränderungen, die sich in dem mehr als ein Jahrhundert umfassenden Untersuchungszeitraum vollzogen. Dabei überwiegen, wie auf der abschließenden Konferenz deutlich wurde, beim gegenwärtigen Forschungsstand die Diskontinuitäten anstelle einer kontinuierlichen Entwicklung dieser Wechselbeziehungen. Gerade das Aufzeigen der vielfältigen, nicht auf ein oder wenige Grundmuster zurückführbaren Entwicklungsprozesse unterstreicht den Wert und die Notwendigkeit derartiger Detailstudien, um die ganze Komplexität der Entwicklung zu erfassen.

3.3.3 Die Dominanz der mathematischen Physik und theoretisch physikalische Spitzenforschung an der Leipziger Universität

In dem ersten Teilprojekt wurde die Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Leipziger Universität in der Zeit von ca. 1830 bis 1945 untersucht, basierend auf der Auswertung des Archivmaterials im Leipziger Universitätsarchiv, im Sächsischen Hauptstaatsarchiv Dresden und im Bundesarchiv Berlin, der Vorlesungsverzeichnisse der Universität Leipzig und von Originalarbeiten der in Leipzig tätigen Mathematiker und Physiker. Bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts hinaus erhielten die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik vor allem von Seiten der Physiker durch Gustav Theodor Fechner (1801–1887) und Wilhelm Weber (1804–1891) wichtige Impulse durch die Hinwendung zu neuen aktuellen Forschungsgebieten. Fechner lieferte eine erste experimentelle Bestätigung des Ohmschen Gesetzes, bekräftigte die Vermutung über die Existenz eines allgemeinen elektrodynamischen Gesetzes und ermunterte Weber zu weiteren Überlegungen dazu, und formulierte den später als Weber-Fechner'sches Gesetz bekannten Zusammenhang in einer Formel. Anknüpfend an Fechners Anregungen fand Weber 1846 sein Grundgesetz für die von zwei elektrischen Massen aufeinander ausgeübte Kraft. Dieses Gesetz bildete für mehrere Jahrzehnte die Basis für den Aufbau einer elektrodynamischen Theorie. Ohne die Leistungen von August Ferdinand Möbius (1790–1868), als dem wichtigsten Vertreter der Mathematik in Leipzig in jenen Jahren, zu verkennen, bewegten sich die Beiträge der Leipziger Mathematiker vorwiegend auf traditionellen, vor allem von französischen Mathematikern geprägten Gebieten der mathematischen Physik. Eine hervorhebenswerte Ausnahme stellte die durch philosophische Interessen motivierte, intensive Beschäftigung Drobischs mit dem Aufbau einer mathematischen Psychologie ab der Mitte des 19. Jahrhunderts dar. Auch wenn es sich hier nicht um ein physikalisches Teilgebiet handelte, hatte das Zusammenspiel der drei Disziplinen, Psychologie, Physik und Mathematik, das insbesondere zum formelmäßigen Erfassen und zur mathematischen Begründung des Weber-Fechner'schen Gesetzes führte, methodisch durchaus Vorbildcharakter.

Lehrbetrieb und Lehrumfang an der Leipziger Universität entsprachen dem Niveau der fortgeschrittensten Universitäten, ohne jedoch die Spitzenpositionen von Berlin und Königsberg zu erreichen.

Eine entscheidende Wendung nahm die Entwicklung Ende der 1860er Jahre, als es durch die Habilitation von Karl von der Mühl (1841–1912) als Privatdozent für mathematische Physik (1867) und die Berufung von Carl Neumann (1832–1925) als Ordinarius für Mathematik (1868) zu einer überraschenden Stärkung dieses Teilgebiets der Mathematik in Leipzig kam. Beide Wissenschaftler verliehen diesen Forschungen neue Impulse und begründeten eine die Mathematikentwicklung in Leipzig prägende Traditionslinie. Neumann setzte sich neben seinen Forschungen zu mathematischen und mathematisch-physikalischen Problemen sehr intensiv mit den Beziehungen zwischen Mathematik und Physik auseinander. Seine Vor-

stellungen dazu trug er vor allem in den Antrittsvorlesungen 1865 in Tübingen und 1869 in Leipzig vor.²⁷ Das Ziel der mathematischen Physik sah Neumann insbesondere in einem möglichst einfachen, streng logischen Aufbau der physikalischen Theorien, der von wenigen, nicht weiter erklärbaren Grundvorstellungen ausging. Diese wenigen Grundvorstellungen zu ermitteln, also jene unbegreiflich bleibenden Dinge zu bestimmen, auf die alle Erscheinungen, die in der Natur vor sich gehen, zurückgeführt werden konnten, war die Aufgabe des Physikers.²⁸ Der Mathematiker hatte die mit einiger Sicherheit gewonnenen Prinzipien sorgfältig zu durchdenken und den Inhalt dieser Prinzipien in solcher Form darzulegen, dass der Äquivalenz mit den empirischen Tatsachen entsprochen wurde, d.h. diese Äquivalenz überprüft werden konnte. Dies beinhaltete speziell, dass die Ableitung der allgemeinen Gesetze logisch korrekt war und der Inhalt der Gesetze dem jeweiligen empirischen Sachverhalt entsprach.²⁹ Der Mathematiker musste also die geeignete mathematische Methode auswählen, die durchgeführten Schlüsse als korrekt nachweisen und zumindest teilweise die mathematische Umsetzung der physikalischen Grundvorstellungen prüfen. Letzteres hing wesentlich vom Entwicklungsstand der physikalischen Theorie ab, war also letztlich eine gemeinsame Aufgabe. Neumann trennte jedoch auch hier recht klar: Wenn das vorhandene empirische (durch Experimente gewonnene) Datenmaterial zur Überprüfung einer Theorie oder zur Entscheidung zwischen zwei Theorien nicht ausreichte, so fiel es allein den Physikern zu, neue (Entscheidungs-)Experimente zu konzipieren und durchzuführen.³⁰ Als einen weiteren wichtigen Punkt hob Neumann schließlich den abweichenden Charakter der Grundvorstellungen von den in der Mathematik verwendeten Axiomen hervor, da die physikalischen Grundvorstellungen stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet waren.

Neumann hat seine Vorstellungen in vielen Forschungen zu physikalischen Problemen der Elektrodynamik, der Hydromechanik, der Mechanik und der Wärmelehre umgesetzt.³¹ Durch diese sehr stark mathematisch orientierten Auffassungen zur theoretischen und mathematischen Physik und deren Exemplifizierung am Aufbau der Elektrodynamik leistete er einen wichtigen Beitrag zur genaueren Bestimmung dieser beiden Disziplinen sowie zu deren Unterscheidung. Gleichzeitig führte die starke Repräsentanz der mathematischen Physik in Leipzig durch Neumann, von der Mühlhölzer und Adolph Mayer (1839–1908) zu einer im Vergleich mit anderen deutschen Universitäten verzögerten Etablierung der theoretischen Physik. Erst 1894 wurde ein Extraordinariat für theoretische Physik am Physikalischen Institut eingerichtet und mit Hermann Ebert (1861–1913) bzw. dann mit Paul Drude (1863–1906) besetzt. Die entstandenen Defizite in der Vertretung der theoretischen Physik wurden in den folgenden Jahren rasch beseitigt. Da es nicht gelang, bedeutende Fachvertreter wie Drude oder Ludwig Boltzmann (1844–1906) für längere Zeit am Leipziger Institut zu halten, kam es nicht zu einer stärkeren Profilierung auf dem Gebiet der theoretischen Physik.

Mit der Einweihung des neuerbauten Physikalischen Instituts im Herbst 1904 verfügte die Leipziger Universität über eine der modernsten Einrichtungen auf diesem Fachgebiet. Damit verbunden war die Begründung eines Instituts für theoretische Physik und die Schaffung eines entsprechenden Ordinariats. Die damit entstandenen günstigen Rahmenbedingungen konnten jedoch in der theoretischen Physik nicht genutzt werden. Nach einer kurzen Aufschwungphase verharrte sie für zwei Jahrzehnte auf durchschnittlichem Niveau. Erst durch einen historischen Zufall, nämlich die fast gleichzeitige Neubesetzung der beiden Physikordinariate³², konnte mit der Berufung von Peter Debye und Werner Heisenberg eine

²⁷ Neumann 1865; Neumann 1870

²⁸ Neumann 1865, S. 17

²⁹ Neumann 1870, S. 3

³⁰ Für eine ausführlichere Darlegung von Neumanns Vorstellungen zum Verhältnis von Mathematik und Physik vgl. Schlote 2001, Pulte 2000 und Schlote 2011.

³¹ Zu Neumanns Arbeiten zur Potentialtheorie und zur Elektrodynamik vgl. Schlote 2004b und Schlote 2004c.

³² Nach dem Tod von Theodor Des Coudres (1862–1926), Ordinarius für theoretische Physik, im Oktober 1926 war der Institutsdirektor Otto Wiener (1862–1927) nur drei Monate später, im Januar 1927, verstorben.

Neuorientierung der Forschung auf moderne Themen der Quantenmechanik und deren Anwendung in der Atom-, Molekül- und Festkörperphysik erfolgen und damit ein fulminanter Aufschwung der theoretischen Physik eingeleitet werden. Leipzig wurde in der Folge für etwa ein Jahrzehnt zu einem führenden Zentrum der quanten- und kernphysikalischen Forschungen.³³ Unterstützt wurde dieser Prozess durch das erfolgreiche Engagement der beiden Ordinarien beim Aufbau einer Forschungsgruppe. Neben dem Heranziehen talentierter Studenten trug dazu vor allem die Tatsache bei, dass sie einigen früheren Mitarbeitern und besonders begabten Studierenden eine mittelfristige Perspektive als Assistent am Institut eröffnen konnten. Fördernd wirkte außerdem die gute Integration der seit 1924 am Physikalischen Institut bestehenden Professur für mathematische Physik in die Aktivitäten der beiden Ordinarien und die mit Unterstützung der Philosophischen Fakultät durchgesetzte Wiederbesetzung dieser Professur im Sinne der gewählten Forschungsorientierung.³⁴ Der zum Sommersemester berufene Friedrich Hund (1896–1997) hatte bereits wichtige Beiträge zur Anwendung der Quantenmechanik auf Atom- und Molekülspektren geliefert und ergänzte somit in nahezu idealer Weise die von Heisenberg und Debye durchgeführten Untersuchungen. Mit Ersterem verband ihn zudem ein enges persönliches Verhältnis.

Schließlich muss die zeitweilige Beteiligung des ab 1930 ebenfalls in Leipzig lehrenden Mathematikers Bartel Leendert van der Waerden (1903–1996) an den theoretisch-physikalischen Untersuchungen noch hervorgehoben werden. Van der Waerden hatte bereits während seiner Tätigkeit in Groningen mit der Gruppe um den Physiker Paul Ehrenfest zusammengearbeitet, diesen bei der Aneignung und Erschließung gruppentheoretischer Methoden unterstützt und unter fast vollständigem Verzicht auf abstrakte algebraische Mittel einen Spinorkalkül entwickelt.³⁵ In Leipzig setzte er diese Untersuchungen fort und bemühte sich, unter sparsamer Verwendung von Begriffen und Konzepten der abstrakten modernen Algebra den Physikern neue mathematische Werkzeuge zur Verfügung zu stellen und ihnen deren Handhabung zu erleichtern.³⁶

In diesem Zeitraum erreichten die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik eine neue Qualität und verkörperten bzw. bestimmten den internationalen Entwicklungsstand. Deutlich trat der größere Abstraktionsgrad hervor. Sowohl die physikalischen Vorstellungen und Erklärungen, als auch die verwendeten neuen mathematischen Methoden und Begriffe waren abstrakter und forderten von den Vertretern der anderen Disziplin größere Anstrengungen, um mit ihnen vertraut zu werden.

Von mathematischer Seite war die Entwicklung der wechselseitigen Beziehungen zur Physik von einer stärkeren Kontinuität in den mathematisch-physikalischen Forschungen geprägt. Mit der Einrichtung des mathematischen Instituts im Jahre 1905 erhielten die Mathematiker erstmals ein eigenes Institutsgebäude und dadurch verbesserte Lehr- und Forschungsbedingungen. Die von C. Neumann und von der Mühl begründete Traditionslinie in der mathematischen Physik konnte erhalten und fortgesetzt werden. In Gustav Herglotz (1881–1953), Leon Lichtenstein (1878–1933) und Eberhard Hopf (1902–1983) fand Neumann renommierte Nachfolger, die die mathematische Physik um wichtige neue Resultate und Methoden bereicherten, auch wenn, wie durch Herglotz' Weggang nach Göttingen, manche hoffungsvollen Ansätze durch die größere Attraktivität anderer mathematischer Zentren abbrachen. Stellvertretend seien Lichtensteins Arbeiten zu Integro-Differentialgleichungen und zu hydrodynamischen Problemen und Hopfs Beiträge zu dynamischen Systemen, zur Ergodentheorie und zu Verzweigungslösungen von Differentialgleichungssystemen (Hopf-Bifurkation) genannt.

³³ Für eine genauere Beschreibung der Leipziger Verhältnisse und eine Analyse der Arbeiten Heisenbergs und seiner Mitarbeiter vgl. Cassidy 1995, Kleint/Wiemers 1993 und Kleint/ Rechenberg /Wiemers 2005.

³⁴ Gregor Wentzel (1898-1978) wechselte 1928 auf ein Ordinariat für theoretische Physik an der ETH Zürich.

³⁵ van der Waerden 1929

³⁶ van der Waerden 1932. Für eine ausführliche Analyse von van der Waerdens physikalischen Arbeiten vgl. Schneider 2011.

Am Schicksal Lichtenstein werden zugleich die Auswirkungen des Nationalsozialismus sehr drastisch spürbar. Dieser Aspekt wurde ebenfalls eingehend behandelt. Neben den Anfeindungen gegen Lichtenstein und dem Lehrverbot für Friedrich Levi (1888–1966) ist hier speziell der Niedergang der Heisenbergschen Schule in der theoretischen Physik zu nennen.

Die skizzierten Entwicklungen werden in den beiden Publikationen sowohl hinsichtlich der institutionellen Aspekte, als auch bezüglich der inhaltlichen Seite durch die Analyse der Forschungsarbeiten der einzelnen Gelehrten dargestellt.³⁷

Bei einem Überblick über die Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Leipziger Universität im 19. und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts fallen mehrere Punkte als besonders hervorhebenswert auf. Sie weist eine ungewöhnlich kontinuierliche Repräsentanz der mathematischen Physik auf und lässt deutlich die Veränderungen erkennen, die durch die Erweiterung der physikalischen Forschungen auf den mechanisch-mathematischen Vorstellungen kaum zugängliche Bereiche im 19. Jahrhundert bzw. durch die abstrakteren mathematischen und physikalischen Theorien im 20. Jahrhundert entstanden. Diese über mehrere Jahrzehnte währende Dominanz der mathematischen Physik und die damit verknüpfte verzögerte Etablierung der theoretischen Physik ab den 1870er Jahren ist als eine markante Ausnahme im Vergleich mit anderen Universitäten zu bewerten.

3.3.4 Die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Hallenser Universität

Nach den Jahren der napoleonischen Fremdherrschaft, den Befreiungskriegen und der territorialen Neuordnung Deutschlands begann mit der Vereinigung der beiden traditionsreichen Universitäten in Halle a.d. Saale und Wittenberg zur in Halle ansässigen Vereinigten Friedrichs-Universität ein neuer Entwicklungsabschnitt dieser Alma Mater. Damit war zwar der Fortbestand der Hallenser Universität, die am Ende des 18. Jahrhunderts noch zu den bedeutendsten deutschen Universitäten zählte, gesichert, doch wurde sie nun eine unter mehreren preußischen Provinzuniversitäten und stand nicht mehr im Mittelpunkt der staatlichen Förderungen. Die Hallenser Alma Mater musste sich also nicht nur der Konkurrenz der „ausländischen“ (d.h. nicht preußischen) Universitäten erwehren, sondern gleichzeitig gegenüber den übrigen preußischen Universitäten bestehen. Dies unterschied sie deutlich von Leipzig, als sächsischer Landesuniversität. Die staatliche Förderung der einzelnen Bildungseinrichtungen war teilweise stark von politischen Interessen abhängig, was sich auch in der Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Hallenser Universität niederschlug. Diese Beziehungen und deren Veränderungen konnten folglich hier unter völlig anderen Rahmenbedingungen studiert werden.

Trotz der nur mäßigen bis schlechten Finanzausstattung gelang es der Philosophischen Fakultät, sowohl junge talentierte Dozenten als auch angesehene Fachvertreter der Physik bzw. Mathematik für eine Tätigkeit in Halle zu gewinnen. Zu diesen Gelehrten zählten Wilhelm Weber, Wilhelm Hankel (1814–1899), Eduard Heine (1821–1881), Carl Neumann und Georg Cantor (1845–1918) im 19. Jahrhundert, Ernst Dorn (1840–1916), Gustav Mie (1868–1957), Gustav Hertz (1887–1975), Heinz Pose (1905–1975), Adolf Smekal (1895–1959), Heinrich Jung (1876–1953), Gustav Doetsch (1892–1977), Helmut Hasse (1898–1979) sowie Heinrich Brandt (1886–1954) in den Jahrzehnten bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs. Zwar war die Tätigkeit in Halle oft nur eine Durchgangsstation in deren Wissenschaftlerkarriere, doch trug dies mit dazu bei, dass die Alma Mater Halensis im 19. Jahrhundert einen angesehenen Platz unter den mittelgroßen deutschen Hochschulen behaupten konnte. Für die Beziehungen zwischen Mathematik und Physik resultierte daraus eine Reihe von Anregungen, aber teilweise auch ein rascher Wechsel von Forschungsinteressen und sehr unterschiedlichen Anschauun-

³⁷ Schlote 2004a, Schlote 2008

gen zu mathematisch-physikalischen Untersuchungen. Es finden sich folglich kaum längere Traditionslinien in der Bearbeitung mathematisch-physikalischer Themen, die über den Tätigkeitszeitraum eines Wissenschaftlers hinausreichen.

Bemerkenswerte Ereignisse auf diesem schwierigen Weg waren in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Umwandlung des gemeinsamen Lehrstuhls für Physik und Chemie in zwei Professuren, jeweils eine für jede Disziplin, und der Versuch zur Gründung eines Mathematisch-physikalischen Seminars im Jahre 1837. Die Trennung der Professuren für Physik und Chemie dokumentiert die Unterschiede, die an den einzelnen Universitäten bei der Umsetzung der Ausdifferenzierung der Naturwissenschaften in entsprechende Lehrpositionen bestanden. Für die Entwicklung spezifischer Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik war die Ausrichtung eines Lehrstuhls auf ein zweites (nicht mathematisch-physikalisches) Fachgebiet nicht förderlich. Die Seminargründung scheiterte, führte aber zur Einrichtung eines „Seminars für Mathematik und die gesamten Naturwissenschaften“. Diese lose institutionelle Klammer verlor zwar mit dem raschen Voranschreiten der einzelnen Disziplinen sehr schnell ihre Bedeutung, bildete aber 1890 noch den Ausgangspunkt für die von Wangerin und Cantor initiierte Einrichtung eines Mathematischen Seminars in Sinne eines mathematischen Instituts. Im gleichen Jahr erhielten auch die Physiker nach über ein Jahrzehnt lang währenden Bemühungen mit der Einweihung des neuen physikalischen Instituts eine deutliche Verbesserung ihrer Lehr- und Forschungsbedingungen.

Die Beziehungen zwischen Mathematik und Physik waren in Halle dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Betrachtungen der Physiker vorrangig im physikalischen Kontext erfolgten und die Verwendung der Mathematik auf das als notwendig angesehene Maß beschränkt blieb. Johann Salomo Christoph Schweigger (1779–1857) und Ludwig Friedrich Kaemtz (1801–1867) hoben die Bedeutung mathematischer Methoden hervor, ohne besondere Aktivitäten in dieser Richtung zu entwickeln. Die Publikationen des jungen W. Webers in der zweiten Hälfte der 1820er Jahre ließen zwar die von ihm später mehrfach gezeigte, ausgewogene Kombination zwischen theoretisch-physikalischen und mathematischen Erklärungen erkennen, benötigten aber zugleich die umfangreichen experimentellen Ergebnisse. Danach hat erst der ab 1878 als Privatdozent, später als Professor für theoretische Physik lehrende Anton Oberbeck (1846–1900) in seinen Forschungen zur Wärmeleitung in Flüssigkeiten und zu den Gesetzen im Wechselstromkreis mathematische Methoden stärker zur Geltung gebracht.³⁸ Gleiches gilt für Oberbecks Nachfolger Dorn und dessen Arbeiten, um einen Wert für das Maß des Widerstandes zu bestimmen.³⁹

Das Vorgehen der Letztgenannten kann als typisch für das Wechselverhältnis zwischen Mathematik und Physik in Halle gelten: Im Vordergrund stand die Kombination von theoretischer Erklärung bzw. Aufbau einer Theorie mit experimentellen Studien, die die Betreffenden überwiegend selbst ausführten. Zur Auswertung der Daten und in den theoretischen Erörterungen wurde je nach Erfordernis auf mathematische Methoden und Resultate zurückgegriffen. Dies harmoniert mit der Charakterisierung, die für die Entwicklung und Herausbildung der theoretischen Physik in Deutschland gegeben wurde. Der Vertreter der Experimentalphysik hatte bis in die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts die dominierende Stelle an den physikalischen Instituten inne. Die theoretische Physik wurde nur als Ergänzung der Experimentalphysik gesehen und ihr untergeordnet. Das Karriereziel eines Physikers war also im Allgemeinen ein Ordinariat für Experimentalphysik. Die Anstellung als theoretischer Physiker konnte daher nur ein Zwischenschritt auf diesem Weg sein, bei dem die Fähigkeit des Experimentierens nicht zu sehr in den Hintergrund treten durfte. Dorn hat diesem Schema nahezu mustergültig entsprochen, 1895 wechselte er auf den Lehrstuhl für Experimentalphy-

³⁸ Oberbeck 1879a; Oberbeck 1879b; Oberbeck 1882

³⁹ Dorn 1889

sik und vollbrachte mit seiner Analyse der Eigenschaften von Röntgenstrahlen und den Studien zu Flüssigkristallen seine bedeutendsten Leistungen.⁴⁰

Die bereits konstatierte fehlende Ausprägung von längeren Traditionslinien wird bei der Analyse der durchgeführten Forschungen deutlich und gilt speziell für die mathematische Physik. Nur für ein Jahrzehnt, ab der Mitte der 1850er Jahre, erlebte dieses Gebiet eine kurze Blüte und war in Forschung und Lehre gut vertreten. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass sich außerdem mehrere Hallenser Mathematiker zum Verhältnis von Mathematik und Physik äußerten und die positive wechselseitige Stimulierung würdigten bzw. Einzelbeiträge zur mathematischen Physik leisteten sowie verschiedene Vorlesungen zu diesem Gebiet anboten.⁴¹ Hervorgehoben seien die Arbeit von Johann Friedrich Pfaff (1785–1825) zur Integration einer allgemeinen partiellen Differentialgleichung in n Variablen durch die Zurückführung auf die Lösung von n Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen,⁴² die aufwendigen, genauen Berechnungen von Kometenbahnen durch August Rosenberger (1800–1890)⁴³ sowie ein Plädoyer Cantors zu Gunsten der ‚hilfreichen‘ und ‚fördernden‘ Rolle der Mathematik in der Physik und anderen Naturwissenschaften.⁴⁴ Die Blüte der mathematischen Physik resultierte aus dem Engagement des 1856 berufenen Heine, dem es gelang, C. Neumann zur Habilitation in Halle zu bewegen. Neumann bearbeitete in seiner Hallenser Zeit (1858–1863) ein sehr breites Spektrum von physikalischen Themen: aus der Optik, der Mechanik, der Wärmelehre und der Kristallographie. Er legte damit erste wichtige Proben seines mathematischen Könnens vor und ließ seine Vorstellungen zur mathematischen Physik in Ansätzen erkennen. Neumanns bedeutende Rolle in der mathematischen Physik wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt skizziert. Zur Abrundung des Bildes seien noch einige bedeutende Ergebnisse in den mathematischen bzw. physikalischen Forschungen im 19. Jahrhundert an der Hallenser Universität genannt, unter denen die Schaffung der Mengenlehre durch Georg Cantor ab den 1870er Jahren herausragt und alle anderen überstrahlt. Doch Schweiggers „Multiplikator“, als frühe Form eines Galvanometers, Rochs Arbeiten zu Abelschen und elliptischen Integralen, Knoblauchs Untersuchungen zur Wärmestrahlung, Neumanns Beiträge zur Potentialtheorie sind ebenfalls erwähnenswert.

Eine wichtige Rolle für den Gedankenaustausch zwischen Physikern und Mathematikern spielten die örtlichen Gelehrten-Vereine und Gesellschaften. Dazu kam 1878 die Leopoldina, eine große nationale Akademie, die mit der Übernahme der Präsidentschaft durch den Hallenser Physiker Hermann Knoblauch ihren Sitz nach Halle verlegte und hier dauerhaft sesshaft wurde. Nach der Jahrhundertwende stand von 1906 bis 1924 mit Albert Wangerin (1844–1933) bzw. August Gutzmer (1867–1891) dann ein Hallenser Mathematiker an der Spitze dieser bedeutenden Gelehrten-Gesellschaft.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mußte die Universität Halle-Wittenberg einen weiteren Bedeutungsverlust hinnehmen. Konnte dieser in den Jahren bis zum Ersten Weltkrieg noch in Grenzen gehalten werden, so erreichte er nach dem Krieg gravierende Ausmaße und Halle wurde eine der am wenigsten frequentierten preußischen Universitäten. Weitere markante Ereignisse waren 1923 die Abtrennung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät von der Philosophischen, das vergebliche Ringen um eine Erweiterung des mathematischen Lehrkörpers und die teilweise durch eine ungewöhnliche Berufungspolitik verursachten, häufigen Spannungen zwischen den Lehrstuhlinhabern für theoretische und Experimentalphysik. Trotz dieser vorwiegend ungünstigen Bedingungen konnten die Hallenser Physiker und Mathematiker eine Reihe bemerkenswerter Forschungsergebnisse erzielen. Hierzu zählen

⁴⁰ Dorn 1896; Dorn 1901; Dorn/Lohmann 1909; Dorn 1910

⁴¹ Zu den Vorlesungen vgl. Schlote/Schneider 2009, Kap. 6 und Anhang.

⁴² Pfaff 1818

⁴³ Es handelt sich insbesondere um zehn Arbeiten in den „Astronomischen Nachrichten“ zum Halleyschen Kometen. Für die bibliographischen Angaben vgl. Schlote/Schneider 2009b.

⁴⁴ Cantor 1873, S. 34 f.

etwa die Bestätigung der von Victor Hess (1883–1964) entdeckten kosmischen Höhenstrahlung durch Werner Kolhörster (1887–1946)⁴⁵, Hoffmanns Theorie der Schauerbildung zur Erklärung einiger in dieser Strahlung beobachteter Effekte⁴⁶, die Untersuchungen zu Flüssigkristallen von Dorn und Wilhelm Kast (1898–1980)⁴⁷, die Hertzschen Versuche zu Elektronenstößen⁴⁸ sowie Smekals Untersuchungen zur Materialwissenschaft, speziell zur Bruchtheorie und zur Ionenleitung⁴⁹. Seitens der Mathematiker sind neben Doetschs Arbeiten zur Anwendung von Laplace-Transformationen zur Lösung von Integralgleichungen und zum Auffinden von transzendenten Additionstheoremen⁵⁰ vor allem die Arbeiten Hasses zur Klassenkörpertheorie sowie zu weiteren zahlentheoretischen und algebraischen Fragen⁵¹, die Studien zu Mischgruppen und Gruppoiden sowie zur Arithmetik von Algebren von Reinhold Baer (1902–1979) bzw. Heinrich Brandt⁵² und die Bemühungen Jungs um eine Arithmetisierung der algebraischen Geometrie⁵³ zu nennen. Die angeführten mathematischen Arbeiten weisen auf eine umfassende Neuorientierung in der mathematischen Forschung auf Themen der sogenannten modernen Algebra hin, die ab den 1920er Jahren in Halle erfolgte. In den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts hatten sich Wangerin und Gutzmer intensiv um eine Förderung der angewandten Mathematik und in diesem Kontext auch der mathematischen Physik bemüht. Ohne die Erfolge hinsichtlich der Ausstattung des Mathematischen Seminars und einer guten Repräsentanz der mathematischen Physik im Lehrbetrieb zu verkennen, so muss das trotz ministerieller Unterstützung vergebliche Ringen um eine Professur für angewandte Mathematik als symptomatisch angesehen werden.⁵⁴ Außerdem mangelte es an herausragenden Forschungsleistungen zur mathematischen Physik. Während Wangerin noch mit einigen Übersichtsartikeln in der „Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften“ hervortrat, war Gutzmer fast ausschließlich in der Lehre und wissenschaftsorganisatorisch aktiv. Obwohl die zur Sicherung der Vorlesungen über Themen der angewandten Mathematik tätigen Privatdozenten meist nur wenige Jahre in Halle lehrten, schufen sie eine gewisse Kontinuität in der Präsenz mathematisch-physikalischer Forschungen. Unter ihnen kam Doetsch eine besondere Bedeutung zu, da er sich eingehend mit der Möglichkeit, die Mathematik auf die Wirklichkeit anzuwenden, philosophisch auseinandersetzte.⁵⁵ Nach seinem Weggang erlosch das Interesse der Hallenser Mathematiker an der Beschäftigung mit physikalischen Fragen fast vollständig.

Die oben zitierten Arbeiten der als theoretische Physiker tätigen Wissenschaftler zeigten, dass diese ihre Studien in enger Verbindung mit experimentellen Untersuchungen durchführten und sich dabei auf traditionellen Forschungsgebieten bewegten. Mit Ausnahme von Mie waren sie nicht direkt an der Forschung zu den neuen physikalischen Theorien, der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik, beteiligt. Jedoch sind seitens der Experimentalphysiker noch der schon erwähnte Hoffmann und Pose zu nennen, die auf dem Gebiet der Atom- und Kernphysik forschten und ihre experimentellen Arbeiten mit teilweise beachtlichen theoretischen

⁴⁵ Kolhörster/Wigand/Stoye 1914

⁴⁶ Hoffmann 1931; Hoffmann 1932

⁴⁷ Kast 1931; Kast 1937; bezüglich Dorn siehe Fußnote 40.

⁴⁸ Hertz 1925; Harries/Hertz 1928

⁴⁹ Smekal 1929a; Smekal 1933; Smekal 1936a; Smekal 1936b

⁵⁰ Doetsch 1923a; Doetsch 1923b

⁵¹ Hasse 1926; Hasse 1930

⁵² Von Baers Arbeiten seien Baer 1928; Baer 1929 und Baer/Levi 1930, von denen Brandts Brandt 1930 und Brandt 1937 als Beispiele erwähnt.

⁵³ Stellvertretend seien die Arbeiten Jung 1925; Jung 1931 und Jung 1939 genannt.

⁵⁴ Für eine genaue Darstellung dieser Vorgänge vgl. Schlote/Schneider 2009b, Kap. 3.2 und 3.3. Die mehrfach beantragte Einrichtung der Professur, die ihre Notwendigkeit insbesondere aus der Aufnahme der angewandten Mathematik als Prüfungsfach für Lehrer höherer Schulen ableiten konnte, scheiterte am Veto des Finanzministeriums.

⁵⁵ Doetsch 1922; Doetsch 1924

schen Überlegungen ergänzten (Theorie der Schauerbildung, Kernumwandlung durch Resonanzeindringung).⁵⁶

Insgesamt weist die Entwicklung des Wechselverhältnisses zwischen Mathematik und Physik an der Universität Halle-Wittenberg kaum herausragende Höhepunkte auf. Mathematische und theoretische Physik erfuhren keine nennenswerte Förderung und es entstand keine längere Tradition auf diesen Gebieten. Als ein wichtiges Charakteristikum der Entwicklung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kann hervorgehoben werden, dass die enge Verquickung von Theorie und Experiment in der theoretisch physikalischen Forschung bestehen blieb. Sie war häufig in der Herausbildungsphase der theoretischen Physik anzutreffen und zeichnete sich unter anderem dadurch aus, dass die Theoretiker selbst experimentelle Untersuchungen durchführten. Unter Berücksichtigung der Stellung Halle-Wittenbergs im System der deutschen Universitäten als mittlere bis kleine Provinzuniversität, die vorrangig Ausbildungsaufgaben erfüllte, erscheint die sich an der Hallenser Universität vollziehende Entwicklung der mathematischen und physikalischen Forschung mit einer Reihe von Beiträgen zum Ausbau vorhandener Theorien und einigen einzelnen Spitzenresultaten als typisch für die Zeit und für eine kleinere bis mittlere Universität.

3.3.5 Universität Jena – die Wechselbeziehungen im Spannungsfeld zwischen universitärer Forschung und Industrie

Die Universität Jena war eine Landesuniversität, konnte also die staatlichen Interessen an einer universitären Ausbildung und einer Förderung der Wissenschaften auf sich vereinen, doch sie war Landesuniversität von kleinen, politisch unbedeutenden Herzogtümern, deren Herrscher oft unterschiedliche wissenschaftspolitische Ansichten vertraten. Hinzu kam die vergleichsweise geringe Finanzkraft der als Erhalter der Universität fungierenden Herzogtümer, so dass die Alma Mater Jenensis stets nur über einen kleinen Etat verfügen konnte. Daher wurde beispielsweise bei der Anstellung der Privatdozenten sehr genau auf den Nachweis einer vorhandenen finanziellen Sicherheit geachtet. Obwohl der Anteil der Ausgaben für die Universität am Staatsetat der Herzogtümer höher war, als in mehreren anderen deutschen Staaten, die eine Universität unterhielten, speziell höher als in Preußen, standen der Alma Mater Jenensis deutlich weniger Mittel zur Verfügung als etwa den Universitäten in Halle, Bonn, Marburg, Gießen und Freiburg. Dies verringerte die Spielräume bei der Gestaltung der Universität, speziell um etwa mit der Errichtung einer neuen Professur auf die raschen Fortschritte der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert zu reagieren. Für die Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik eröffnete sich somit eine weitere, von den bisherigen verschiedene Perspektive.

Eine wichtige Besonderheit der Jenenser Entwicklung war die fast acht Jahrzehnte andauernde Repräsentanz von Mathematik und Physik durch einen gemeinsamen Lehrstuhl. Primäre Ursache für diesen ungewöhnlichen Tatbestand waren die finanziellen Restriktionen an der Jenaer Universität: Nach dem Tod des Professors für Physik Laurenz Johann Daniel Succow (1722–1801) beantragte die Philosophische Fakultät die Umwandlung von dessen Lehrstuhl für Physik in eine Professur für Kameralistik und die Vereinigung der Physik mit dem Lehrstuhl für Mathematik. Nur so konnte die Vertretung von Physik und Kameralistik in der Lehre gesichert werden. 1802 übertrugen die Erhalter der Universität dem Ordinarius für Mathematik Johann Heinrich Voigt (1751–1823) auch die Professur für Physik. Ein weiteres spezielles Merkmal der Jenaer Entwicklung war dann die mit Voigts Nachfolger Jakob Friedrich Fries (1773–1843) ab 1824 hervortretende zusätzliche Kombination der beiden Disziplinen mit der Philosophie, die etwa ein halbes Jahrhundert Bestand hatte. Das Besondere bestand nicht im

⁵⁶ Pose 1930

Auftreten dieser Fächerkombination an sich – die Vertretung der Physik war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts noch an mehreren Universitäten mit einer weiteren Disziplin verknüpft –, sondern in ihrem langen Fortbestehen bis weit über die Mitte des Jahrhunderts hinaus. Zu diesem Zeitpunkt entsprachen derartige „Doppelprofessuren“ aufgrund des weit fortgeschrittenen Differenzierungsprozesses in den Naturwissenschaften längst nicht mehr den Erfordernissen der Wissenschaftsentwicklung.

Nachdem die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in der Ära Voigt noch ganz gemäß der Vorstellungen des 18. Jahrhunderts im Rahmen der mehrere Teilgebiete der Physik umfassenden angewandten Mathematik betrachtet und entwickelt wurden, gab ihnen Fries in seinen Werken eine sorgfältige naturphilosophische Fundierung und eine durchaus zukunftsweisende Richtung.⁵⁷ Er setzte sich intensiv mit den Fragen der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften und der Rolle, die die Mathematik beim Aufbau naturwissenschaftlicher Theorien spielte, auseinander.⁵⁸ Die Mathematik bildete für ihn einen Grundpfeiler bei der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften. Sie schrieb „allen Naturlehren mit Nothwendigkeit die obersten Gesetze der Bewegung und die Formen der Grundkräfte, durch welche alles bewirkt wird, so wie die obersten Formen aller Prozesse, unter denen die körperlichen Stoffe in Wechselwirkung kommen, vor.“⁵⁹ Nach Fries lehre die Mathematik in allen Teilen der Naturlehre die Werkzeuge zu verfertigen, mit denen allein eine genaue Beobachtung gelinge, folge den Beobachtungen mit präziser Messung und Berechnung und sei bestrebt, aus allgemeinen Gesetzen auf der Grundlage von Beobachtungen den Verlauf der Erscheinungen rechnerisch vorauszubestimmen.⁶⁰ Von diesem allgemeinen philosophischen Standpunkt aus entwickelte er dann einen systematischen und in sich schlüssigen Überblick über die Mathematik, wobei seine Überlegungen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung eine besondere Erwähnung verdienen.⁶¹

Die Schwerpunktsetzungen von Fries entsprachen durchaus jenem Programm, das bei der Gründung des Königsberger Seminars zur mathematischen Physik zum Tragen kam und zur Entstehung der so erfolg- wie einflussreichen Schule der mathematischen Physik führte. Er integrierte auch neueste physikalische Resultate, führte aber seine Ideen nicht an einem konkreten Beispiel im Detail aus. Trotzdem sind Fries' Darlegungen auch ohne diese Ergänzung in sich geschlossen und haben den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik eine völlig andere Prägung gegeben als dies in Leipzig und Halle geschehen war.⁶² Fries' Schüler und andere an der Salana lehrende Privatdozenten sahen ebenfalls keine Notwendigkeit, die skizzierte Ergänzung vorzunehmen, bzw. konnten wegen der nur kurzen Dauer ihrer Tätigkeit diesbezüglich keine Wirkung erzielen. Karl Snell (1806–1886), der Nachfolger von Fries, setzte die Verknüpfung der beiden Disziplinen mit der Philosophie zwar fort, ohne aber hinsichtlich Physik und Mathematik neue Impulse zu setzen.⁶³ Der von Fries geschaffene Zugang zur Gestaltung der Wechselbeziehungen blieb somit ungenutzt. Die Ursache dafür bestand jedoch nicht nur in der Ausrichtung der Professur auf Mathematik und Physik gepaart mit philosophischen Interessen des Lehrstuhlinhabers. Weitere wesentliche Gründe waren die geringe Wertschätzung, die beide Disziplinen erfuhren, die geringen Karrierechancen und geringe Dotierung der Professur; sie ließen eine Habilitation in Jena als wenig attraktiv er-

⁵⁷ Für eine ausführlichere Argumentation sei auf die Darstellung in Schlote/Schneider 2011 (Abschnitte. 5.1.2 und 3.2) verwiesen.

⁵⁸ Fries 1822; Fries 1826

⁵⁹ Fries 1822, S. 32

⁶⁰ Fries 1826, S. 25

⁶¹ Fries, 1842

⁶² Damit soll nicht negiert werden, dass in den Forschungen von Fechner und Drobisch ebenfalls philosophische Einflüsse nachweisbar sind.

⁶³ Eine detaillierte Darlegung und Analyse der philosophischen Vorstellungen Snells gibt Endres. (Endres 2002, Kap. B V, VI, VIII, X, XIII, und C I)

scheinen. In der Folge gab es nur wenige junge Dozenten, die mit ihren Forschungen neue Anregungen lieferten.

Ein grundlegender Wandel in den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik bahnte sich durch das Wirken von Ernst Abbe (1840–1905) ab den 1860er Jahren an. Abbe setzte zunächst die von Oskar Schlömilch (1823–1901) in Ansätzen begonnene Etablierung der modernen Mathematik in Jena auf dem zeitgemäßen Niveau fort. Von entscheidender Bedeutung erwies sich dann seine Zusammenarbeit mit dem Mechaniker und Firmengründer Carl Zeiss (1816–1888), aus der innerhalb weniger Jahrzehnte eine enge Verbindung zwischen der Universität und dem Wirtschaftsunternehmen des optischen Instrumentenbaus auf personeller, finanzieller und inhaltlicher Ebene entstand. Ausgehend von der Überzeugung, dass die angestrebten Verbesserungen im Bau optischer Instrumente, speziell des Mikroskops, vor allem durch eine mathematisch-theoretische Durchdringung der Geräte zu erreichen waren, fand Abbe zu jener Synthese von konstruktiv-gerätetechnischen, experimentellen und theoretischen Gesichtspunkten, die fortan seine Forschung bestimmte und sie sehr erfolgreich machte. Nahezu untrennbar verknüpfte er theoretische Überlegungen mit der Überprüfung durch experimentell gewonnene Daten bzw. der Frage der instrumentellen Realisierbarkeit. Abbe hat die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik nachhaltig in diesem Sinne beeinflusst und ihnen eine spezifische, für die Universität Jena charakteristische Ausformung verliehen. Auffallend ist dabei auch, dass dies ohne die Einbeziehung der Mathematiker erfolgte. Abbe verfügte selbst über sehr gute mathematische Kenntnisse und bis zur Einrichtung der mathematischen Professur hätte es in Jena keinen kompetenten Ansprechpartner gegeben.

Nicht unerheblich für die Entwicklung und Gestaltung der Wechselbeziehungen war die Tatsache, dass Abbe als Miteigentümer des aufstrebenden Zeiss'schen Unternehmens und der Glaswerke von Otto Schott (1851–1935) sowie als Gründer der Carl-Zeiss-Stiftung Forschung und Lehre an der Universität Jena, insbesondere in Mathematik und Physik, ab Mitte der 1880er Jahre finanziell stark förderte. Die Carl-Zeiss-Stiftung ermöglichte beispielsweise 1889 die Einrichtung einer Professur für theoretische Physik, finanzierte 1900/02 einen Neubau des Physikalischen Instituts und dessen Ausstattung mit Geräten sowie den Ankauf von Büchern, Modellen etc. für das Mathematische Seminar. Die einzigartige Verknüpfung der beiden Disziplinen mit dem wissenschaftlichen Instrumentenbau wurde dadurch weiter gefestigt. Die hier deutlich werdende Bedeutung des Stiftungswesens ist eine weitere wichtige Facette bei der Gestaltung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik. Da diese frühe Form der Förderung beider Disziplinen durch ein Industrieunternehmen die bis zum Ende des Untersuchungszeitraums bestehen blieb, ist dies zugleich ein neuer Aspekt für die Analyse der Wechselbeziehungen an der Jenaer Universität im der Zeit bis 1945.

Die physikalische Forschung an der Jenaer Universität hat nach der Einrichtung jeweils eigener Professuren für Mathematik (1879) und Physik (1882) den von Abbe vorgezeichneten Weg weiter beschritten und vielfältige, mit dem Bau optischer Instrumente verknüpfte Themen behandelt. Dazu gehörten unter anderem die Theorie Newtonscher Ringe, das Studium von Interferenzerscheinungen und der Brechung von Röntgenstrahlen an Metallprismen, aber auch die Untersuchung verschiedener Materialeigenschaften der Gläser und die Formulierung einer Härtetheorie. Bei den Arbeiten zur Theorie der Newtonschen Ringe kam es zwar zur Kooperationen zwischen dem Jenaer Physiker Leonhard Sohncke (1842–1897) und dem Halenser Mathematiker Wangerin, doch hatte dies keine Beispielwirkung für die in Jena tätigen Mathematiker und Physiker. Bemerkenswert ist, dass der mathematisch sehr gut gebildete, durch Arbeiten zur Kristallstruktur bekannte Sohncke den experimentellen Teil der Forschungen übernahm und im Ergebnis der Experimente zur Überprüfung der von Wangerin theoretisch hergeleiteten Exzentrizität der Ringe eine grundlegende Überarbeitung der Theorie initiierte, in deren Verlauf die beiden Wissenschaftler außerdem zu neuen Vorstellungen zu

Interferenzerscheinungen an keilförmigen Blättchen geführt wurden.⁶⁴ Sohnckes Nachfolger Adolph Winkelmann (1848-1910) demonstrierte in seinen experimentell ausgerichteten Forschungen ein induktives Vorgehen und leitete aus den gewonnenen Daten einfache Abhängigkeitsbeziehungen für den Elastizitätskoeffizienten bzw. thermischen Widerstandskoeffizienten verschiedener Gläser ab.⁶⁵ Der ab 1889 als Extraordinarius für theoretische Physik wirkende Felix Auerbach (1856–1933) trug in seinen Bemühungen um den Aufbau einer Härte­theorie insbesondere technischen Belangen Rechnung.⁶⁶ In diesem Zusammenhang formulierte er klare Vorstellungen zum Aufbau einer Theorie, die einerseits eine mathematische Beschreibung der Erscheinung und andererseits die ständige Verbindung zur experimentellen Praxis als grundlegende Elemente einschloss. Dem Abbe'schen Vorgehen ganz entsprechend, umfasste Letztere auch die Entwicklung geeigneter Messmethoden und deren konstruktive Realisierung. Seine Auffassung von den Aufgaben der theoretischen Physik und dem notwendigen Rückgriff auf die Mathematik bei der Lösung dieser Aufgaben artikuliert Auerbach in seinen Überblickswerken zur Physik und setzte sie in ihnen um.⁶⁷

Die Einrichtung eines separaten Lehrstuhls brachte auch für die mathematische Forschung an der Salana einen starken Aufschwung. Doch bewegten sich diese Untersuchungen auf rein mathematischem bzw. logischem Gebiet. Lediglich in einigen ihrer Werke wiesen Johannes Thomae (1840–1921), Gottlob Frege (1848–1925) und Adolf Piltz (1855–1940) auf die Möglichkeit hin, ihre Ergebnisse in der Physik anzuwenden. Diese Bemerkungen waren jedoch bis auf eine Ausnahme recht allgemein und unbestimmt gehalten und somit kaum geeignet, zur aktiven Gestaltung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik beizutragen. Die Ausnahme bildeten Freges Erörterungen zur logisch exakten Definition des Inertialsystems.⁶⁸ Frege, dessen Ziel die Zurückführung der Arithmetik auf die Logik war, hielt die in diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zur Logik grundsätzlich auf die Physik und andere Gebiete für anwendbar und demonstrierte dies an der Formulierung des Trägheitsgesetzes. Obwohl die Problematik von mehreren Physikern diskutiert wurde und Freges Kritik berechtigt war, konnte keine direkte Resonanz auf seine Publikation ermittelt werden. Abgesehen von der Tatsache, dass Frege in der Argumentation zu der von ihm offerierten Lösung ein Fehler unterlief, muss bezweifelt werden, dass seine abstrakten Darlegungen beim Aufbau einer Theorie der theoretischen oder mathematischen Physik eine Rolle gespielt haben.

Die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik wurden somit in Jena auf der von Fries geschaffenen philosophischen Basis nur seitens der Physiker weitergestaltet. Dabei trat die Verbindung mit technischen Fragestellungen in den Vordergrund, doch darf nicht verkannt werden, dass zumindest einige ihrer Vertreter über die notwendigen mathematischen Kenntnisse verfügten, um die Wechselbeziehungen auch hinsichtlich der Mathematik angemessen zu entwickeln.

3.3.6 Fazit

Die Detailanalysen zu den drei Universitäten Leipzig, Halle-Wittenberg und Jena ergaben eine Vielfalt und deutliche Unterschiede in der Entwicklungsdynamik und in der Ausgestaltung des Wechselverhältnisses zwischen Mathematik und Physik. Es offenbarte sich der unterschiedliche Stellenwert, den einzelne Faktoren für die Entwicklung dieses Verhältnisses haben und wie stark die Wirkung der verschiedenen Einflussfaktoren in Abhängigkeit vom

⁶⁴ Sohncke/Wangerin 1881; Sohncke/Wangerin 1883

⁶⁵ Stellvertretend seien Winkelmann/Schott 1894a; Winkelmann/Schott 1894b und Winkelmann 1897 genannt.

⁶⁶ Auerbach 1891; Auerbach 1894; Auerbach 1896a; Auerbach 1900. Für weitere Arbeiten und eine ausführlichere Diskussion vgl. Schlote/Schneider 2011, Kap. 5.2.3.

⁶⁷ Auerbach 1899

⁶⁸ Frege 1891

Platz der jeweiligen Universität im System der deutschen Universitäten, von der Tradition der Universität, dem lokalen und regionalen Kontext und den einzelnen Wissenschaftlern variieren konnte. Während die dominierende Stellung des Ordinariats für Experimentalphysik und der damit bezeichnete Karriereweg für Physiker im universitären Bereich in Leipzig und in Jena kaum besonders hervorzuheben war, generierte dies in Halle einige verwunderliche Stellenbesetzungen. Die für alle drei Universitäten scheinbar übereinstimmende Feststellung der knappen finanziellen Ressourcen hatte ebenfalls sehr unterschiedliche Konsequenzen. Schließlich sei noch das nahezu gegensätzliche Verhältnis der technischen Physik zur Experimental- und theoretischen Physik in Leipzig und Jena erwähnt. Die Beiträge auf der Konferenz „Mathematics meets physics – Global and local aspects“ bestätigten diese große Variabilität in der Gestaltung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik und ergänzten sie hinsichtlich verschiedener Aspekte. Die einzelnen Konferenzbeiträge untersuchten unterschiedliche Fragestellungen in der internationalen und nationalen Entwicklung der Wechselbeziehungen und trugen zur Einbettung der Detailstudien in einen breiteren Kontext bei. Die in den Projektpublikationen wie in den Konferenzbeiträgen vorgelegten Ergebnisse dokumentieren zum einen den Wert und die Notwendigkeit dieser Detailuntersuchungen, um die Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik in ihrer Vielfalt und mit der nötigen Präzision zu erfassen, zum anderen lassen sie in ihrer Gesamtheit noch zu beantwortende Forschungsfragen erkennen.

Neben dem eingangs skizzierten Problem der Charakterisierung von mathematischer und theoretischer Physik wäre die Frage nach Entwicklungsstufen in dem Wechselverhältnis zwischen Mathematik und Physik zu stellen. Die in mehreren Konferenzbeiträgen aus unterschiedlicher Perspektive vorgenommene Analyse von Entwicklungsprozessen im 20. Jahrhundert (zur Quantenmechanik, zur Quantenfeldtheorie, zur Relativitätstheorie u. a.) weist auf einen höheren Abstraktionsgrad als in früheren Phasen bzw. in den etwa zeitgleich an der Universität Halle durchgeführten Forschungen hin. Lassen sich also einzelne Entwicklungsstufen der Wechselbeziehungen charakterisieren, die vermutlich parallel nebeneinander existieren können? Inwiefern sind diese Entwicklungsstufen etwa mit einer Verschiebung der Rolle der Mathematik beim Aufbau und der Strukturierung einer physikalischen Theorie bzw. einem veränderten Einwirken physikalischer Fragestellungen auf die mathematische Forschung verbunden? Ein weiterer wenig studierter Gesichtspunkt ist die Bedeutung der Lehre für die Entwicklung der Wechselbeziehungen. Die Detailstudien zeigten, dass eine ganze Reihe von Lehrenden Vorlesungen zur mathematischen bzw. theoretischen Physik hielt, ohne derartige Themen in irgendeiner Weise in ihren Forschungen zu berühren. Lassen sich aus einem guten Lehrangebot für diese Fächer Rückschlüsse auf das Niveau der Wechselbeziehungen ableiten? Eng damit verknüpft ist zum einen die Ausbildung des Nachwuchses für die mathematische und theoretische Physik, zum anderen solche Fragen wie: Welche Mathematik wurde in der Physik angewandt und welche Methoden, Theorien etc. wurden als grundlegend angesehen und in den Vorlesungen vermittelt? Die Studie von Warwick hat am Beispiel der Universität Cambridge mehrere interessante Fragen für dieses Thema benannt und untersucht. Es bedarf weiterer Studien dazu, um globale bzw. länderspezifische Merkmale für diesen Prozess herausarbeiten zu können. Schließlich sei noch die Frage erwähnt, wie sich die Wechselbeziehungen in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit darstellten. Die im Projekt durchgeführten Detailstudien offenbarten u.a. die nicht zu unterschätzende Rolle regionaler und überregionaler wissenschaftlicher Gesellschaften bei der Gestaltung des Wechselverhältnisses. Die Publikationsorgane dieser Gesellschaften boten meist günstige Möglichkeiten, um neue Ergebnisse publik zu machen. Da die Palette der Organisationen von Akademien, wie der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig und der Leopoldina, bis zu kleinen Vereinen reicht, bedürfen die Wirkmechanismen auch in diesen Fall noch einer weiteren Aufklärung.

Diese kleine Auswahl von weiteren notwendigen Studien soll einen Eindruck von der Fülle der noch zu bearbeitenden Fragen vermitteln. Die Beziehungen zwischen zwei großen Disziplinen erweisen sich als vielschichtiger und komplexer als dies ursprünglich erwartet wurde. Um die Interdisziplinarität in ihren vielen Formen und Ausprägungen zu erfassen, sind weitere Analysen erforderlich. Ein vertieftes und präziseres Wissen über die Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik bildet die notwendige Voraussetzung für einen fundierten Ansatz zur Entwicklung dieser Beziehungen und um in einer Zusammenschau der Resultate die Frage nach allgemeinen Merkmalen dieses Prozesses zu beantworten und ihn genauer konturieren zu können. Der Verzicht auf einen vollständigen Abschluss des Projektes ist in diesem Zusammenhang unverständlich und sehr bedauerlich.

„Die Arbeit des Mathematikers ist ... für den Physiker von grundlegender Bedeutung. Auf der anderen Seite erwachsen wiederum dem Mathematiker aus den Anregungen, die ihm die Physik bietet, reiche Aufgaben.“⁶⁹

⁶⁹ Lichtenstein 1923, S. 148

4 Literatur

- Arnold, Vladimir I. et al. (eds.) [2000]: Mathematics: frontiers and perspectives. American Mathematical Society, [Providence, RI] 2000.
- Auerbach, Felix [1891]: Absolute Härtemessung. *Annalen der Physik*, [3. Folge,] 43 (1891), S. 61–100.
- Auerbach, Felix [1894]: Ueber die Härte- und Elasticitätsverhältnisse des Glases. *Annalen der Physik*, [3. Folge,] 53 (1894), S. 1000–1038.
- Auerbach, Felix [1896a]: Die Härtescala in absolutem Maasse. *Annalen der Physik*, [3. Folge,] 58 (1896), S. 357–380.
- Auerbach, Felix [1899]: *Kanon der Physik. Die Begriffe, Principien, Sätze, Formeln, Dimensionsformeln und Konstanten der Physik. Nach dem neuesten Stande der Wissenschaft systematisch dargestellt.* Veit, Leipzig 1899.
- Auerbach, Felix [1900]: Ueber die Härte der Metalle. *Annalen der Physik*, 4. Folge, 3 (1900), S. 108–115.
- Baer, Reinhold [1928]: Zur Einordnung der Theorie der Mischgruppen in die Gruppentheorie. *Sitzungsber. der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwiss. Kl.*, 1928, H. 4.
- Baer, Reinhold [1929]: Beziehungen zwischen den Grundbegriffen der Topologie. *Sitzungsber. der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwiss. Kl.*, 1929, H. 15.
- Baer, Reinhold; Levi, Friedrich [1930]: Ränder topologischer Räume. *Ber. über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Math.-phys. Kl.* 82 (1930), S. 171–189.
- Boi, Luciano et al. (eds.) [1992]: 1830–1930: A century of geometry. *Epistemology, history and mathematics.* Springer, Berlin [u.a.] 1992.
- Boi, Luciano [1995]: *La probleme mathématique de l'espace. Une quête de l'intelligible.* Springer, Berlin [u. a.] 1995.
- Boltzmann, Ludwig [1925]: Josef Stefan. In: Boltzmann, Ludwig: *Populäre Schriften.* 3. Aufl., J. A. Barth, Leipzig 1925, S. 92–103.
- Brandt, Heinrich [1930]: Zur Idealtheorie Dedekindscher Algebren. *Commentarii mathematici Helvetici* 2 (1930), S. 13–17.
- Brandt, Heinrich [1937]: Zur Zahlentheorie der quadratischen Formen. *Jahresber. der Deutschen Mathematiker-Vereinigung.* 47 (1937), S. 149–159.
- Cantor, Georg [1873]: Historische Notizen über die Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Bericht über die Sitzungen der Naturforschenden Ges. zu Halle 1873*, S. 34–42. [= Zermelo 1932, S. 357–367]
- Cassidy, David C.[1995]: *Werner Heisenberg: Leben und Werk.* Aus dem Amerikanischen von Andreas und Gisela Kleinert. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg [u.a.] 1995.
- Darmstaedter, Ludwig (Hrsg.) [1908]: *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.* In chronologischer Darstellung. Unter Mitwirkung von René du Bois-Reymond und Carl Schaefer. 2., umgearbeitete und vermehrte Auflage. Springer, Berlin 1908.
- Doetsch, Gustav [1922]: Der Sinn der angewandten Mathematik. *Jahresber. der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 31 (1922), S. 222–233 [Antrittsvorlesung].
- Doetsch, Gustav [1923a]: Die Integrodifferentialgleichungen vom Faltungstypus. *Math. Annalen* 89 (1923), S. 192–207.
- Doetsch, Gustav [1923b]: Transzendente Additionstheoreme der elliptischen Thetafunktionen und andere Thetarelationen vom Faltungstypus. *Math. Annalen* 90 (1923). S. 19–25.
- Doetsch, Gustav [1924]: Der Sinn der reinen Mathematik und ihrer Anwendung. *Kant-Studien* 29 (1924) S. 439–459.
- Dorn, Ernst [1889]: Eine Bestimmung des Ohm. *Annalen der Physik*, [3. Folge,] 36 (1889), S. 22–72, 398–446.
- Dorn, Ernst [1896]: Über die Schwingungsausrichtung der Röntgen-Strahlen. *Abh. der Naturforschenden Ges. zu Halle* 21 (1896–1898), S. 53–59.
- Dorn, Ernst [1901]: Versuche über Sekundärstrahlen und Radiumstrahlen. *Abh. der Naturforschenden Ges. zu Halle*, 22 (1901), S. 37–43.
- Dorn, Ernst [1910]: Zur Optik flüssiger Kristalle. *Vorläufige Mitteilung. Physikal. Zeitschr.* 11 (1910), S. 777–780.
- Dorn, Ernst; Lohmann, W. [1909]: Bestimmung der optischen Konstanten einiger flüssiger Kristalle. *Annalen der Physik*, 4. Folge, 29 (1909), S. 533–565.

- Einstein, Albert [1934]: On the method of theoretical physics. *Philosophy of Science* 1 (1934), S. 163–169.
- Endres, Klaus-Peter [2002]: Ein Mathematiker bedenkt die Evolution. Karl Snell (1806–1886). Olms, Hildesheim [u.a.] 2002 (Studien und Materialien zur Geschichte der Philosophie, 60).
- Faddeev, Ljudvig D. [1995]: 40 years of mathematical physics. World Scientific, Singapore [u.a.] 1995. (World scientific series in 20th century mathematics, 2).
- Feynman, Richard [1994]: The character of physical law. Modern Library, New York 1994. [Reprint].
- Fries, Jakob Friedrich [1822]: Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Ein Versuch. Mohr und Winter, Heidelberg 1822.
- Fries, Jakob Friedrich [1826]: Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bey akademischen Vorlesungen. Erster Theil: Experimentalphysik. Cröcker, Jena 1826.
- Fries, Jakob Friedrich [1842]: Versuch einer Kritik der Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Vieweg, Braunschweig 1842.
- Garber, Elizabeth [1999]: The language of physics: The calculus and the development of theoretical physics in Europe, 1750–1914. Birkhäuser, Boston [u.a.] 1999.
- Grattan-Guinness, Ivor [1990]: Convolutions in French mathematics, 1800–1840. From the calculus and mechanics to mathematical analysis and mathematical physics. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1990. (Science networks, 2–4).
- Haas, Arthur Erich [1919]: Einführung in die theoretische Physik. Bd. 1, Veit & Co., Leipzig 1919.
- Harries, Wolfgang; Hertz, Gustav [1928]: Über die Zahl der Zusammenstöße bei der Diffusion langsamer Elektronen im elektrischen Felde. *Zeitschr. f. Physik* 46 (1928), S. 177–187.
- Hasse, Helmut [1926]: Bericht über neuere Untersuchungen und Probleme aus der Theorie der algebraischen Zahlkörper. Teil 1: Klassenkörpertheorie. *Jahresber. der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 35 (1926), S. 1–55; Teil 1a: Beweise zu Teil 1. Ebenda, 36 (1927), S. 233–311; Teil 2: Reziprozitätsgesetz. Ebenda, *Ergänzungsband* 6 (1930), S. 1–204.
- Hasse, Helmut [1930]: Die Normenresttheorie relativ-Abelscher Zahlkörper als Klassenkörpertheorie im Kleinen. *Journal f. die reine u. angew. Math.* 162 (1930), S. 145–154.
- Hertz, Gustav [1925]: Über die Diffusion langsamer Elektronen im elektrischen Felde. *Zeitschr. f. Physik* 32 (1925), S. 298–306.
- Hoffmann, Gerhard [1931]: Über exakte Intensitätsmessungen der Hessschen Ultrastrahlung. *Zeitschr. f. Physik* 69 (1931), S. 703–718.
- Hoffmann, Gerhard [1932]: Probleme der Ultrastrahlung. *Physikal. Zeitschr.* 33 (1932), S. 633–662.
- Jung, Heinrich [1925]: Algebraische Flächen. Helwing, Hannover 1925.
- Jung, Heinrich [1931]: Algebraische Funktionen von zwei Veränderlichen. A: Totale Differentiale. Algebraischer Teil. *Journal f. die reine u. angew. Math.* 165 (1931), S. 128–158; B: Totale Differentiale. Transzendentaler Teil. Ebenda, 167 (1932), S. 346–359; C: Über die Defekte von Klassen. Ebenda, 168 (1932), S. 131–169; D: Doppelintegrale zweiter Gattung. Ebenda, 169 (1933), S. 43–60.
- Jung, Heinrich [1939]: Zur Theorie der algebraischen Funktionen zweier Veränderlicher. 1: Divisorenklassen. *Journal f. die reine u. angew. Math.* 180 (1939), S. 219–244; 2: Zusammenhang zwischen linearen Integralen zweiter und dritter Gattung. Ebenda, 181 (1940), S. 68–82. 3: Über die Zahl δ der Zeuthen-Segreschen Invariante. Ebenda, S. 125–132.
- Jungnickel, Christa; McCormmach, Russell [1986]: Intellectual mastery of nature. Theoretical physics from Ohm to Einstein. 2 Bde. University of Chicago Press, Chicago u.a. 1986.
- Kast, Wilhelm [1931]: Anisotrope Flüssigkeiten („Flüssige Kristalle“) im elektrischen Felde. *Zeitschr. f. Physik* 71 (1931), S. 39–52; 2. Ebenda, 76 (1932), S. 19–23; (mit Bouma, P. J.) 3. (Messungen des dielektrischen Verlustes von kr. fl. p-Azoxyanisol.) Ebenda, 87 (1934), S. 753–762.
- Kast, Wilhelm [1937]: Anisotrope Flüssigkeiten. *Physikal. Zeitschr.* 38 (1937), S. 627–635.
- Kleint, Christian; Rechenberg, Helmut; Wiemers, Gerald (Hrsg.) [2005]: Werner Heisenberg 1901–1976. Beiträge, Berichte, Briefe. Festschrift zu seinem 100. Geburtstag. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Math.-naturwiss. Kl., 62 (2005).
- Kleint, Christian; Wiemers, Gerald (Hrsg.) [1993]: Werner Heisenberg in Leipzig 1927–1945. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Math.-naturwiss. Kl., 58 (1993), H. 2.
- Köstler, Margot [1999]: J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften. In: Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig: Geschichte ausge-

- wählter Arbeitsvorhaben. Im Auftrag der Akademie hrsg. von Heinz Penzlin. Verlag der Sächsischen Akademie, in Kommission bei S. Hirzel, Stuttgart, Leipzig 1999, S. 59–69.
- Kolhörster, Werner; Wigand, Albert; Stoye, Karl [1914]: Physikalische Untersuchungen im Freiballon III. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle, N. F. 4 (1914) (Aerophysikalischer Forschungsfonds Halle, 13), S. 3–76.
- Kühn, Heidi [2004]: J. C. Poggendorff Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften. Teilband Mathematik. 3 Teilbände. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2004.
- Lichtenstein, Leon [1923]: Astronomie und Mathematik in ihrer Wechselwirkung. Mathematische Probleme in der Theorie der Figur der Himmelskörper. S. Hirzel, Leipzig 1923. In: Beckert, Herbert; Purkert, Walter (Hrsg.): Leipziger mathematische Antrittsvorlesungen. Auswahl aus den Jahren 1869–1922. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1987 (Teubner-Archiv zur Mathematik, 8), S. 147–185.
- Longair, Malcolm S. [1991]: Theoretische Konzepte der Physik. Eine alternative Betrachtung. Aus dem Englischen übersetzt von B. Simon und H. Simon. Springer, Berlin [u.a.] 1991.
- Minkowski, Hermann [1909]: Raum und Zeit. Vortrag, gehalten auf der 80. Naturforscher-Versammlung zu Köln am 21. September 1908. B.G. Teubner, Leipzig, Berlin 1909.
- Neumann, Carl [1865]: Der gegenwärtige Standpunct der mathematischen Physik. Akademische Antrittsrede. Laupp & Siebeck, Tübingen 1865.
- Neumann, Carl [1870]: Ueber die Principien der Galilei-Newton'schen Theorie. Akademische Antrittsvorlesung. B. G. Teubner, Leipzig 1870. Auch in: Beckert, Herbert; Purkert, Walter (Hrsg.): Leipziger mathematische Antrittsvorlesungen. Auswahl aus den Jahren 1869–1922. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1987 (Teubner-Archiv zur Mathematik, 8), S. 7–37.
- Oberbeck, Anton [1879a]: Untersuchungen über schnell wechselnde electriche Ströme. Annalen der Physik, [3. Folge,] 6 = 242 (1879), S. 210–241.
- Oberbeck, Anton [1879b]: Ueber die Wärmeleitung der Flüssigkeiten bei Berücksichtigung der Strömungen infolge von Temperaturdifferenzen. Annalen der Physik, [3. Folge,] 7 (1879), S. 271–292.
- Oberbeck, Anton [1882]: Ueber electriche Schwingungen. Mit besonderer Berücksichtigung ihrer Phasen. Annalen der Physik, [3. Folge,] 17 (1882), S. 816–841; ~. Nachtrag. Ebenda, S. 1040–1042; [2. Abhandlung:] ~. Mit besonderer Berücksichtigung ihrer Phasen. Fortsetzung. Ebenda, 19 (1883), S. 213–226; 3. Abhandlung: ~. Ueber die Polarisationserscheinungen, welche durch dieselben hervorgebracht werden. Ebenda, 19 (1883), S. 625–649; 4. Abhandlung: ~. Besonders über die Polarisationserscheinungen, welche durch dieselben hervorgebracht werden. Ebenda, 21 (1884), S. 139–158; 5. Abhandlung: ~. Die magnetisirende Wirkung derselben. Ebenda, S. 672–697; 6. Abhandlung: ~. Insbesondere über die magnetisirende Wirkung derselben und über die Fortpflanzung magnetischer Schwingungen. Ebenda, 22 (1884), S. 73–84.
- Olesko, Kathryn M. [1991]: Physics as a calling. Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics. Cornell University Press, Ithaca, London 1991. (Cornell history of science series).
- Penrose, Roger [2000]: Mathematical physics of the 20th and 21st centuries. In: Arnold et al. (eds.) 2000, S. 219–234.
- Pfaff, Johann Friedrich [1818]: Methodus generalis, aequationes differentiarum partialium, nec non aequationes differentiales vulgares, utrasque primi ordinis, inter quotcunque variables, complete integrandi. Abh. der Königl. Akad. der Wiss. in Berlin 1814/1815 (1818), Math. Kl., S. 76–136. [Deutsche Übersetzung: Kowalewski, Gerhard [1902] (Hrsg.): Johann Friedrich Pfaff: Allgemeine Methode partielle Differentialgleichungen [...] zu integriren. Engelmann, Leipzig 1902 (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 129)].
- Pose, Heinz [1930]: Über die diskreten Reichweitengruppen der H-Teilchen aus Aluminium. 1: Abhängigkeit der Ausbeute und Energie der H-Teilchen von der Primärenergie. Zeitschr. f. Physik 64 (1930), S. 1–21; 2: Abhängigkeit von Ausbeute und Energie der H-Teilchen vom Winkel zwischen Primär- und Sekundärstrahl. Ebenda, 67 (1931), S. 194–206.
- Pulte, Helmut [2000]: Mathematische Naturphilosophie im Übergang. Eine wissenschaftstheoretische Untersuchung zum Verhältnis von Axiomatik und Empirie von Newton bis Neumann. Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2000 [Habilitationsschrift].
- Schlote, Karl-Heinz [2001]: Zur Entwicklung der mathematischen Physik in Leipzig (I) – Der Beginn der Neumannschen Ära. NTM Internat. Schriftenreihe Gesch. u. Ethik Naturwiss. Techn. Med. N. S. 9 (2001), S. 229–245.

- Schlote, Karl-Heinz (Hrsg.) [2002]: Chronologie der Naturwissenschaften. Der Weg der Mathematik und der Naturwissenschaften von den Anfängen in das 21. Jahrhundert. H. Deutsch, Frankfurt/Main 2002.
- Schlote, Karl-Heinz [2004a]: Zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Leipzig in der Zeit von 1830 bis 1904/05. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften Leipzig. Math.-naturwiss. Kl. 63 (2004), H. 1.
- Schlote, Karl-Heinz [2004b]: Carl Neumanns Forschungen zur Potentialtheorie. Centaurus 46 (2004), S. 99–132.
- Schlote, Karl-Heinz [2004c]: Carl Neumann's contributions to electrodynamics. Physics in Perspective 6 (2004), S. 252–270.
- Schlote, Karl-Heinz [2008]: Von geordneten Mengen bis zur Uranmaschine. Zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Leipzig in der Zeit von 1905 bis 1945. H. Deutsch Frankfurt/Main 2008, 436 S. (Studien zur Entwicklung von Mathematik und Physik in ihren Wechselwirkungen).
- Schlote, Karl-Heinz [2011]: The emergence of mathematical physics at the University of Leipzig. In: Barbin, Evelyne; Pisano, Raffael (eds.): The dialectic relation between physics and mathematics in the XIXth century. Springer, Berlin [u. a.] 2011. [in Vorbereitung].
- Schlote, Karl-Heinz; Schneider, Martina [2009a]: Von Schweiggers erstem Galvanometer bis zu Cantors Mengenlehre. Zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Halle-Wittenberg in der Zeit von 1817 bis 1890. H. Deutsch, Frankfurt am Main 2009 (Studien zur Entwicklung von Mathematik und Physik in ihren Wechselwirkungen).
- Schlote, Karl-Heinz; Schneider, Martina [2009b]: Funktechnik, Höhenstrahlung, Flüssigkristalle und algebraische Strukturen. Zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Halle-Wittenberg in der Zeit von 1890 bis 1945. H. Deutsch, Frankfurt am Main 2009 (Studien zur Entwicklung von Mathematik und Physik in ihren Wechselwirkungen).
- Schlote, Karl-Heinz; Schneider, Martina [2011]: Mathematische Naturphilosophie, Optik und Begriffsschrift. Zu den Wechselbeziehungen zwischen Mathematik und Physik an der Universität Jena in der Zeit von 1816 bis 1900. H. Deutsch, Frankfurt am Main 2011 (Studien zur Entwicklung von Mathematik und Physik in ihren Wechselwirkungen).
- Schneider, Martina [2011]: Zwischen zwei Disziplinen – B. L. van der Waerden und die Entwicklung der Quantenmechanik. Springer, Berlin [u.a.] 2011. (Mathematik im Kontext) [im Druck].
- Schweber, Silvan Samuel [2009]: Weimar physics: Sommerfeld's seminar and the causality principle. Physics in Perspective 11 (2009), 261–301.
- Smekal, Adolf [1929]: Kristalleigenschaften und Kristallisationsbedingungen. Zeitschr. f. Physik 55 (1929), S. 289–303.
- Smekal, Adolf [1933]: Strukturempfindliche Eigenschaften der Kristalle. In: Smekal, Adolf (Red.): Aufbau der zusammenhängenden Materie. Springer, Berlin 1933 (Geiger, H.; Karl Scheel (Hrsg.): Handbuch der Physik, 2. Aufl. Bd. 24, 2), S. 289–303.
- Smekal, Adolf [1936a]: Elektrophysik der Festkörper. 1. A: Allgemeines. Feste Ionenleiter. Physik in regelmäßigen Berichten 4 (1936), S. 17–33; 1. B: Nichtmetallische Elektronenleiter. Ebenda, S. 173–192; 1. C: Metallische Elektronenleiter. Ebenda, S. 193–204; 2. A: Allgemeines. Feste Ionenleiter. Ebenda, 8 (1940), S. 127–148.
- Smekal, Adolf [1936b]: Bruchtheorie spröder Körper. Zeitschr. f. Physik 103 (1936), S. 495–525.
- Sohncke, Leonhard; Wangerin, Albert [1881]: Neue Untersuchungen über die Newton'schen Ringe. Annalen der Physik, [3. Folge,] 12 (1881), S. 1–40, 201–249.
- Sohncke, Leonhard; Wangerin, Albert [1883]: Ueber Interferenzerscheinungen an dünnen, insbesondere keilförmigen Blättchen. Annalen der Physik, [3. Folge,] 20 (1883), S. 177–227; ~. 2. Experimenteller Theil, S. 391–425.
- Thirring, Hans [1921]: Ziele und Methoden der theoretischen Physik. Die Naturwissenschaften 9 (1921), S. 1023–1028.
- Vafa, Cumrun [2000]: On the future of mathematics/physics interaction. In: Arnold et al. (eds.) 2000, S. 321–328.
- van der Waerden, Bartel Leendert [1929]: Spinoranalyse. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen aus dem Jahr 1929, Math.-phys. Kl. 1929, S. 100–109.

- van der Waerden, Bartel Leendert [1932]: Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik. Springer, Berlin 1932. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete, 36).
- Warwick, Andrew [2003]: Masters of theory. Cambridge and the rise of mathematical physics. University of Chicago Press, Chicago, London 2003.
- Wien, Wilhelm [1916]: Ziele und Methoden der theoretischen Physik. Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik 12. 1915 (1916), S. 241–259.
- Wigner, Eugene [1960]: The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences. Communications on Pure and Applied Mathematics 13 (1960), S. 1–14.
- Winkelmann, Adolph [1897]: Ueber die Elasticitätscoefficienten verschieden zusammengesetzter Gläser in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur. Annalen der Physik, [3. Folge,] 61 (1897), S. 105–141.
- Winkelmann, Adolph; Schott, Otto [1894a]: Ueber die Elasticität und über die Zug- und Druckfestigkeit verschiedener neuer Gläser in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. Annalen der Physik, [3. Folge,] 51 (1894), S. 697–729.
- Winkelmann, Adolph; Schott, Otto [1894b]: Ueber thermische Widerstandscoefficienten verschiedener Gläser in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. Annalen der Physik, [3. Folge,] 51 (1894), S. 730–746.
- Zermelo, Ernst (Hrsg.) [1932]: Georg Cantor. Gesammelte Abhandlungen mathematischen und philosophischen Inhalts. Springer, Berlin 1932.