

Fachspezifisch Ergänzende Hinweise des Fachausschusses 12 – Mathematik

*zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen
der Mathematik*

(Stand: 09.12.2016)

Die nachstehenden Ausführungen ergänzen die „Allgemeinen Kriterien für die Akkreditierung von Studiengängen“.

1 Vorbemerkung

1.1 Funktion und Kontext

Die Fachspezifisch Ergänzenden Hinweise (FEH) des Fachausschusses 12 Mathematik stehen unter der Prämisse, dass die von den Hochschulen in eigener Verantwortung und in Anlehnung an ihr Hochschulprofil formulierten und angestrebten Lernergebnisse bezüglich der zur Akkreditierung vorgelegten Studiengänge den zentralen Maßstab für ihre curriculare Bewertung bilden.

Darüber hinaus erfüllen die Fachspezifisch Ergänzenden Hinweise aller ASIIN-Fachausschüsse eine Reihe bedeutender Funktionen:

Die FEH sind Ergebnis einer regelmäßig vorgenommenen Einschätzung durch die ASIIN-Fachausschüsse, die zusammenfassen, was in einer von Akademia wie Berufspraxis gleichermaßen getragenen Fachgemeinschaft als gute Praxis in der Hochschulbildung verstanden bzw. als zukunftsorientierte Ausbildungsqualität im Arbeitsmarkt gefordert wird. Die in den FEH formulierten Erwartungen an das Erreichen von Studienzielen, Lernergebnissen und Kompetenzprofilen sind dabei nicht statisch angelegt. Vielmehr unterliegen sie einer ständigen Überprüfung in enger Kooperation mit Organisationen der „Fachcommunity“, wie Fakultäten- und Fachbereichstagen, Fachgesellschaften und Verbänden der Berufspraxis. Antragstellende Hochschulen sind gebeten, das Zusammenspiel der von ihnen selbst angestrebten Lernergebnisse, Curricula und darauf bezogenen Qualitätserwartungen mit Hilfe der FEH kritisch zu reflektieren und sich im Lichte der eigenen Hochschulziele zu positionieren.

In ihrer Funktion im Akkreditierungsverfahren stellen die FEH darüber hinaus eine fachlich ausgearbeitete Diskussionsbasis für Gutachter, Hochschulen und Gremien der ASIIN dar. Sie leisten

damit einen wichtigen Beitrag für die Vergleichbarkeit nationaler und internationaler Akkreditierungsverfahren, da es nicht dem Zufall der jeweiligen Prägung einzelner Gutachter überlassen bleiben soll, welche fachlichen Parameter in die Diskussion und die individuelle Bewertung einfließen. Gleichzeitig benennen die FEH jene Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen, die auf einem Fachgebiet typischerweise als aktueller „state of the art“ gelten dürfen, der jedoch immer überschritten und variiert werden kann und je nach Zielsetzung einer Hochschule auch soll.

Für inter- und multidisziplinäre Studiengänge können die FEH der ASIIN ggf. Anhaltspunkte für die Darstellung und Bewertung liefern. Sie sind jedoch grundsätzlich auf die jeweiligen Kernfächer der einzelnen Disziplinen ausgerichtet.

Die FEH der ASIIN leisten einen Beitrag zur Verwirklichung des Einheitlichen Europäischen Hochschulraums. Sie greifen Forderungen auf, fachspezifische, disziplinenorientierte Lernergebnisse als eines der wichtigsten Instrumente zur Förderung akademischer und beruflicher Mobilität in Europa als Qualitätsanforderung zu formulieren. Die FEH berücksichtigen u. a. die vielfältigen Vorarbeiten im Rahmen europäischer Projekte und Fachnetzwerke.

1.2 Ziele

Die FEH beschreiben Standards hinsichtlich fachlicher Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, über die Absolventen akkreditierter mathematischer Studiengänge verfügen sollen. Sie bilden damit einen Orientierungsrahmen für Hochschulen, Gutachter und Unternehmen gleichermaßen.

Die Diversität von Studiengangsprofilen hat in den letzten Jahren enorm zugenommen. Dies gilt insbesondere für solche Studiengänge, in denen die Mathematik eine wesentliche Rolle spielt. Zu deren Vergleichbarkeit kann eine Kategorisierung einen wichtigen Anhalt bieten. Die FEH des ASIIN-Fachausschusses 12 Mathematik beschreiben daher auch Kriterien zur Unterscheidung mathematischer Studiengänge einerseits und Studiengängen mit mathematischen Anteilen (u.a. interdisziplinäre Studiengänge) andererseits. Diese Unterscheidung wird im Folgenden durch Definition der Typen **M**, **xM** und **iM** vorgenommen. Es sei betont, dass die Kategorisierung in diese Typen nicht scharf sein kann, die Übergänge sind fließend. In dieser Unschärfe spiegelt sich auch der Spielraum der Hochschulen zur Schwerpunktsetzung und Ausgestaltung wider.

Die Kategorisierung soll den Programmverantwortlichen aber als Anhalt für die Einordnung des von der Hochschule zu definierenden Kompetenzprofils eines Studiengangs in die fachliche Systematik von Studiengängen mit signifikanten Mathematik-Anteilen dienen. Insofern systematisieren diese FEH vorhandene Studiengangskonzepte; **sie formulieren keinerlei Vorschriften oder Regeln**. Die Kategorisierung ergibt sich aus dem von der jeweiligen Hochschule gewählten Studiengangsprofil sowie deren curricularer Umsetzung – die Programmverantwortlichen legen somit den Typ eines Studiengangs fest.

Je nach Graduierung eines Studiengangs in den Typen **M**, **xM** und **iM** wird der Fachausschuss Mathematik das Akkreditierungsverfahren federführend oder mitverantwortlich begleiten.

Für Lehramtsstudiengänge gelten die ASIIN „Fachspezifisch ergänzenden Hinweisen zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen mit denen die Bildungsvoraussetzungen für ein Lehramt in Deutschland vermittelt werden“ vom 09.12.2011.

2 Mathematische und interdisziplinäre Studiengänge

Die FEH des ASIIN-Fachausschusses 12 Mathematik betreffen im oben beschriebenen Rahmen bei der ASIIN zu akkreditierende mathematische Studiengänge sowie interdisziplinäre Studiengänge mit einem starken mathematischen Anteil und der Möglichkeit einer Vertiefung in ausgewählten Bereichen der Mathematik. Diese graduelle Unterscheidung richtet sich vor allem nach Anteil und Tiefe rein mathematischer Inhalte sowie der Rolle anderer Disziplinen, d.h. nach den **zu vermittelnden mathematischen Kompetenzen** und nicht notwendigerweise nach deren curricularem Anteil in Form von Leistungspunkten.

Die zu vermittelnden mathematischen Kompetenzen erfordern zwar zwangsläufig einen gewissen Mindestbedarf an curricularen Inhalten. Insofern ist ein gewisser curriculärer Anteil gemessen in Leistungspunkten eine **notwendige** Folgerung der Klassifizierung als mathematischer Studiengang (siehe auch Kap. 4). Ein solcher Anteil ist aber **nicht hinreichend**, wie folgendes Beispiel zeigt: Ein Studiengang, der zwar ausschließlich Module der Mathematik beinhalten würde, die Inhalte aber komplett ohne Beweise vermitteln und sich nur auf die reine Anwendung mathematischer Methoden beschränken würde, wäre aus Sicht des Fachausschusses kein mathematischer Studiengang.

Im Folgenden definieren wir diese graduelle Unterscheidung in dem Bewusstsein, dass eine 100%ig scharfe Abgrenzung weder möglich noch sinnvoll ist.

Typ M (Mathematik-Studiengang mit einem Neben-, Anwendungs- oder Beifach): Die Mathematik als solche steht eindeutig im Vordergrund; strukturelle Mathematik¹ und formale Beweisführung sind Kernbestandteile des Curriculums. Die notwendige Breite und Tiefe der mathematischen Inhalte führt dazu, dass im Durchschnitt in etwa höchstens 20% der Leistungspunkte für ein anderes Fach/für andere Fächer vorgesehen sind. Dieses andere Fach oder diese anderen Fächer können von dem Studierenden weitgehend frei gewählt werden und müssen keinen direkten Bezug zu den mathematischen curricularen Inhalten haben.

Typ xM (Mathematischer Studiengang mit Anwendungsorientierung):² Es besteht eine enge Verzahnung mit einem oder mehreren Anwendungsfächern, an deren Bedürfnissen die mathematische Ausbildung orientiert ist (in der Regel in Form eines integrativen Studiengangs). Neben einer Grundausbildung in Reiner und Angewandter Mathematik ist zumindest in den Bereichen der Mathematik, die für die jeweilige Anwendung relevant sind, strukturelle Mathematik inklusive formeller Beweisführung fest im Curriculum verankert. Beispiele sind Statistik, Wirtschafts-, Techno- oder Biomathematik.

Typ iM (Interdisziplinärer Studiengang mit starkem mathematischen Anteil):³ Dies sind interdisziplinäre Studiengänge, in denen in der Regel mindestens drei Fächer gelehrt werden, von denen die Mathematik im Pflichtkanon am stärksten vertreten ist und eine Vertiefung in Mathematik (optional) möglich ist. Der Anteil struktureller Mathematik ist auf die interdisziplinären Inhalte konzentriert. Mathematik wird nicht zum Selbstzweck, sondern mit klarem Fokus auf ihre Anwendungen betrieben. Beispiele sind Wissenschaftliches Rechnen, Computational Science and Engineering (CSE), Biometrie, Biostatistik, Datenwissenschaften, etc.

¹ Mit „struktureller Mathematik“ ist eine beweis- und abstraktionsorientierte Mathematik gemeint.

² Die Bezeichnung xM ist angelehnt an Wirtschafts-, Bio- oder Technomathematik, wobei „x“ hier dann für die jeweilige Spezifizierung des mathematischen Studiengangs steht.

³ Die Bezeichnung iM lehnt sich an „interdisziplinär mit Mathematik“ an.

Der Fachausschuss sieht Studiengänge vom **Typ M und xM** als **mathematische Studiengänge** an, die vom Fachausschuss Mathematik in Akkreditierungsverfahren federführend begleitet werden. Absolventen dieser Studiengänge würde man als „Mathematiker/in“ bezeichnen, ggf. mit einer Spezifikation z.B. „Wirtschaftsmathematiker/in“ oder „Technomathematiker/in“. Studiengänge des **Typs iM sind keine mathematischen Studiengänge** im Sinne dieser Klassifikation, Absolventen würde man nicht als „Mathematiker/in“ bezeichnen. Aufgrund der hohen Bedeutung der Mathematik im Gesamtcurriculum wird der Fachausschuss Mathematik an der Akkreditierung beteiligt sein, aber nicht notwendigerweise federführend.

Von Studiengängen der **Typen M, xM und iM** zu unterscheiden, sind Programme, die mathematische Kompetenzen alleine als methodisches Rüstzeug der eigenen Disziplin vermitteln, dabei aber keine Vertiefung in Mathematik vorsehen. Auf solche Studiengänge können die vorliegenden FEH nicht angewendet werden. Dementsprechend wird der Fachausschuss Mathematik an diesbezüglichen Akkreditierungen nicht beteiligt sein. Beispiele sind Physik, Informatik oder Maschinenbau.

Grundsätzlich liegt es in der Verantwortung der Hochschule, dass der Name eines Studiengangs mit dessen angestrebtem Kompetenzprofil in Einklang steht. Insofern kann die obige Typisierung auch einen Anhalt zur Benennung von mathematisch orientierten Studiengängen sein.

3 Studienziele und Lernergebnisse

„Hochtechnologie ist mathematische Technologie“ – dieser Satz aus einer Standortbestimmung der National Academy of Science der USA zeigt, dass in praktisch allen Bereichen der Natur- und Ingenieurwissenschaften, aber auch in wirtschafts- und finanzwissenschaftlichen Bereichen, den Gesellschaftswissenschaften und der Medizin die Mathematik eine immer wichtigere Rolle spielt. Dies erklärt die oben beschriebene Diversität mathematisch orientierter Studienangebote. Die Typen M, xM und iM sollen anhand von Studienzielen und Lernergebnissen charakterisiert werden.

Studienziele werden durch die Beschreibung derjenigen Lernergebnisse – d.h. Kenntnissen, Fertigkeiten und Kompetenzen – deutlich, die Absolventinnen und Absolventen in ihrer Berufstätigkeit oder für weiterführende Studien benötigen. Diese Ergebnisse sind gemäß der unterschiedlichen Zielsetzung von Bachelor- und Masterstudiengängen hinsichtlich Breite und Tiefe verschieden ausgeprägt.

3.1 Anforderungen an Bachelorstudiengänge

Studiengänge der **Typen M, xM und iM** befähigen Studierende nicht nur zur Aufnahme eines konsekutiven Masterstudiums, sondern bereiten sie prinzipiell auch auf eine erste Berufseinstellung vor. Dazu werden nicht nur fachwissenschaftliche Kompetenzen in einer adäquaten Tiefe und Breite vermittelt, sondern auch überfachliche Kompetenzen und Aspekte der Persönlichkeitsentwicklung angemessen berücksichtigt.

Im Folgenden werden Beispiele von fachlichen und überfachlichen Lernergebnissen für mathematisch orientierte Bachelorstudiengänge aufgeführt und diese den Typen M, xM und iM zugeordnet. Daraus ergibt sich auch eine genauere Spezifizierung der drei Typen.

3.1.1 Beispielhafte fachliche Lernergebnisse für Bachelorstudiengänge

Bachelor		M	xM	iM
Wissen	Erinnern	<ul style="list-style-type: none"> verfügt über fundierte Kenntnisse der Grundlagen der reinen und angewandten Mathematik sowie in mindestens einem Nebenfach 	<ul style="list-style-type: none"> sowie im jeweiligen Anwendungsfach 	<ul style="list-style-type: none"> ... in ausgewählten Kapiteln der reinen und/oder der angewandten Mathematik sowie in den jeweiligen Anwendungsfächern
			<ul style="list-style-type: none"> kennt anwendungsrelevante Standardsoftware 	
Können	Verstehen	<ul style="list-style-type: none"> ist in der Lage, Wohlgestelltheit einfacher⁴ mathematischer Probleme zu identifizieren und zu erläutern ist in der Lage, einfache mathematische Probleme zu verallgemeinern 		<ul style="list-style-type: none"> ist in der Lage, einfache mathematische Probleme zu formulieren
	Anwenden	<ul style="list-style-type: none"> kann grundlegende mathematische Aussagen verwenden, um einfache mathematische Probleme zu lösen kann grundlegende mathematische Hypothesen formulieren 	<ul style="list-style-type: none"> kann einfache Probleme aus dem Anwendungsgebiet mit Hilfe von grundlegenden mathematischen Methoden lösen 	<ul style="list-style-type: none"> kann einfache Probleme aus den Anwendungsgebieten mit grundlegenden mathematischen Methoden (ggf. ausschließlich mit Software) lösen
Kompetenz	Analysieren	<ul style="list-style-type: none"> erkennt die formale Struktur einfacher mathematischer Problemstellungen 		<ul style="list-style-type: none"> kann Probleme aus dem Anwendungsfach einer mathematischen Kategorie zuordnen
	Beurteilen	<ul style="list-style-type: none"> beweist einfache mathematische Aussagen mit dem Studierenden bekannten Fakten und Methoden formal korrekt beherrscht grundlegende Strategien zum Methodentransfer 	<ul style="list-style-type: none"> beherrscht grundlegende Strategien zum Methodentransfer in ausgewählten Bereichen der Mathematik abhängig vom Anwendungsgebiet 	

⁴ Mit „einfach“ sind in diesem Zusammenhang in Abgrenzung zu Masterstudiengängen Probleme und Inhalte von überschaubarer Komplexität gemeint.

		dentransfer in einem breiten Bereich der Mathematik	
Erschaffen			<ul style="list-style-type: none"> modelliert mathematisch einfache, reale Probleme unter Anleitung
		<ul style="list-style-type: none"> implementiert einfache, mathematische Verfahren auf dem Computer 	<ul style="list-style-type: none"> wendet darüber hinaus elementare mathematische Software an
		<ul style="list-style-type: none"> bearbeitet im Rahmen der Bachelorarbeit eine einfache und klar umrissene wissenschaftliche Aufgabenstellung und ist in der Lage ihre Ergebnisse mündlich und schriftlich angemessen zu präsentieren aus dem Bereich der reinen, angewandten Mathematik oder einem Nebenfach mit starkem mathematischem Anteil 	<ul style="list-style-type: none"> ... aus einem Anwendungsbereich mit starkem mathematischem Anteil

3.1.2 Beispielhafte überfachliche Lernergebnisse

Bachelorabsolventen von Studiengängen der **Typen M, xM** und **iM** haben auch mit Blick auf eine erste Berufseinmündung Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen gemacht und können die dabei erworbenen Fähigkeiten weiter ausbauen.

Dazu gehören unter anderem

- die grundsätzliche Fähigkeit, erworbenes Wissen eigenständig zu vertiefen und zu erweitern (**lebenslanges Lernen**). Dazu sind Absolventen vor allem mit grundlegenden Lern- und Arbeitsstrategien vertraut und haben erste Erfahrungen im Umgang mit wissenschaftlicher Literatur gesammelt,
- die Fähigkeit, angemessen über Themenstellungen ihrer Disziplin sowohl mündlich als auch schriftlich adressatengerecht zu kommunizieren (**kommunikative Kompetenzen**),
- erste Erfahrungen in der Teamarbeit.

Weiterhin haben Absolventen einen ersten Eindruck von Auswirkungen des eigenen Fachgebiets auf Wirtschaft und Gesellschaft gewonnen. Sie sind in der Lage, auch moralisch ethische Dimensionen eines späteren beruflichen Handelns angemessen zu reflektieren.

3.2 Anforderungen an Masterstudiengänge

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss vermittelt das Masterstudium erweiterte analytisch-methodische Kompetenzen. Zugleich werden die im Bachelor erworbenen fachlichen

Kompetenzen angemessen erweitert und vertieft. Das Masterstudium befähigt Absolventen sowohl zu einer eigenverantwortlichen beruflichen Tätigkeit in Wissenschaft und Industrie als auch zu einer wissenschaftlichen Weiterqualifikation in Form einer Promotion.

Im Folgenden werden Beispiele von fachlichen und überfachlichen Lernergebnissen für mathematisch orientierte Masterstudiengänge aufgeführt und diese den Typen M, xM und iM zugeordnet. Daraus ergibt sich auch eine genauere Spezifizierung der drei Typen.

3.2.1 Beispielhafte fachliche Lernergebnisse für Masterstudiengänge

Master		M	xM	iM
Wissen	Erinnern	<ul style="list-style-type: none"> verfügt über vertiefte Kenntnisse der reinen und angewandten Mathematik sowie in mindestens einem Nebenfach 	<ul style="list-style-type: none"> ... der für das Anwendungsfach relevanten Mathematik sowie im jeweiligen Anwendungsfach 	<ul style="list-style-type: none"> ... in ausgewählten Kapiteln der reinen und/oder der angewandten Mathematik sowie in den jeweiligen Anwendungsfächern
	Verstehen	<ul style="list-style-type: none"> ist in der Lage, Wohlgestelltheit komplexer mathematischer Probleme zu identifizieren und zu erläutern ist in der Lage, komplexe mathematische Probleme zu verallgemeinern 	<ul style="list-style-type: none"> ist in der Lage, komplexe anwendungsbezogene Probleme mathematisch zu formulieren 	
Können	Anwenden	<ul style="list-style-type: none"> kann mathematische Aussagen verwenden, um mathematische Probleme zu lösen kann mathematische Hypothesen formulieren und diese überprüfen 	<ul style="list-style-type: none"> kann Probleme aus dem Anwendungsgebiet mit Hilfe von mathematischen Methoden lösen 	<ul style="list-style-type: none"> kann Probleme aus den Anwendungsgebieten mit mathematischen Methoden (ggf. auch mit Software) lösen
	Analysieren	<ul style="list-style-type: none"> erkennt die mathematisch abstrakte Struktur von Problemen und kann diese 	<ul style="list-style-type: none"> erkennt die mathematisch abstrakte Struktur von anwendungsrelevanten Problemen 	<ul style="list-style-type: none"> kann komplexe Probleme aus dem Anwendungsfach einer mathematischen Kategorie zuordnen

		analysieren			
Kompetenz	Beurteilen	<ul style="list-style-type: none"> • beweist mathematische Aussagen formal korrekt 	<ul style="list-style-type: none"> • beweist mathematische Aussagen aus ausgewählten Bereichen formal korrekt 		
		<ul style="list-style-type: none"> • beherrscht Strategien zum Methodentransfer in einem breiten Bereich der Mathematik 	<ul style="list-style-type: none"> • beherrscht Strategien zum Methodentransfer in ausgewählten Bereichen der Mathematik abhängig vom Anwendungsgebiet 		
	Erschaffen		<ul style="list-style-type: none"> • beherrscht die mathematische Modellierung realer Probleme 		
		<ul style="list-style-type: none"> • implementiert mathematische Verfahren für komplexe Probleme auf dem Computer ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... unter Anwendung mathematischer Standardsoftware 	<ul style="list-style-type: none"> • ... unter Anwendung anwendungsrelevanter Standardsoftware 	
<ul style="list-style-type: none"> • kann mathematische Probleme fundiert wissenschaftlich bearbeiten und darstellen ... • aus dem Bereich der reinen, angewandten Mathematik oder einem Nebenfach mit engem mathematischem Bezug 		<ul style="list-style-type: none"> • bearbeitet im Rahmen der Masterarbeit weitgehend selbständig eine fortgeschrittene wissenschaftliche Aufgabenstellung ... 	<ul style="list-style-type: none"> • aus einem Anwendungsbereich mit starkem mathematischem Anteil 	<ul style="list-style-type: none"> • aus einem Anwendungsbereich in der Regel mit mathematischem Anteil 	
	<ul style="list-style-type: none"> • ... aus dem Bereich der reinen, angewandten Mathematik oder einem Nebenfach mit starkem mathematischem Anteil ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... und ist in der Lage die Ergebnisse mündlich und schriftlich angemessen zu präsentieren sowie diese wissenschaftlich zu diskutieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... aus einem Anwendungsbereich mit starkem mathematischem Anteil ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... aus einem Anwendungsbereich in der Regel mit mathematischem Anteil ... 	

3.2.2 Beispielhafte überfachliche Lernergebnisse

Masterabsolventen von Studiengängen der **Typen M, xM** und **iM** haben ihre im Bachelor erworbenen überfachlichen Kompetenzen **niveaugerecht** vertieft und erweitert und sind dadurch in besonderem Maße zur Übernahme anspruchsvoller beruflicher und/oder wissenschaftlicher Aufgaben befähigt.

4 Curriculum

Grundsätzlich obliegt es der jeweiligen Hochschule, das von ihr definierte Kompetenzprofil curricular umzusetzen. Aufgabe der Akkreditierung ist es lediglich, diese Umsetzung zu begutachten. Daher wollen und können diese FEH keinerlei Vorgaben für die curriculare Gestaltung von Studiengängen machen. Im Folgenden stellen wir einige curriculare Umsetzungsmöglichkeiten sowie sich daraus ergebene Charakteristika und Unterscheidungsmerkmale mathematisch orientierter Studiengänge dar.

4.1 Grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale von Studiengängen der Typen M, xM und iM

Die curriculare Struktur eines Studiengangs richtet sich in erster Linie nach den von der Hochschule selbst definierten Studienzielen und Lernergebnissen.

Auch wenn eine trennscharfe Abgrenzung nicht immer möglich und sinnvoll ist, ergeben sich gleichwohl in der Regel für Studiengänge der oben eingeführten **Typen M, xM** und **iM** bestimmte curriculare Spezifika:

Typ M (Mathematik-Studiengang mit einem Neben-, Anwendungs- oder Beifach):

Die mathematischen Module sind so angelegt, dass sie dem angestrebten Niveau entsprechende Kenntnisse in reiner und angewandter Mathematik (in angemessener Tiefe) sowie strukturmathematische Kompetenzen (inkl. Abstraktion und formale Beweisführung) in breiten Gebieten der Mathematik vermitteln.

Typ xM (Mathematischer Studiengang mit Anwendungsorientierung):

Die mathematischen Module sind so angelegt, dass sie dem Niveau entsprechende Kenntnisse in reiner und angewandter Mathematik sowie strukturmathematische Kompetenzen (inkl. Abstraktion und formaler Beweisführung) in ausgewählten, direkt auf das Anwendungsgebiet bezogenen Teilbereichen der Mathematik vermitteln.

Typ iM (Interdisziplinärer Studiengang mit starkem mathematischem Anteil):

Die mathematischen Module sind zwar auf die Vermittlung mathematischer Methoden im jeweiligen interdisziplinären Kontext fokussiert, gehen dabei aber über deren bloße *Anwendung* hinaus. Strukturmathematische Kompetenzen werden auch mit Blick auf eine mögliche Vertiefung im weiteren Studienverlauf in ausgewählten und für den interdisziplinären Kontext des Studiengangs relevanten Teilbereichen der Mathematik vermittelt.

4.2 Curricula von Bachelor- und Masterstudiengängen

4.2.1 Bachelorstudiengänge

In Bachelorstudiengängen der **Typen M, xM** und **iM** werden generell die fachlichen Grundlagen struktureller Mathematik vermittelt. Für Studiengänge der **Typen M** und **xM** beinhaltet dies in

der Regel mehrsemestrige Zyklen in Analysis und Linearer Algebra inklusive Beweisen und Abstraktion. Diese mathematische Grundausbildung kann sich bei Studiengängen des **Typs iM** auf ausgewählte Inhalte beschränken und sich z.B. an der Mathematikausbildung für Physiker orientieren.

Die mathematische Grundausbildung wird ergänzt durch Inhalte aus den Bereichen Algebra/Geometrie, Höhere Analysis, Numerische Mathematik, Optimierung und Stochastik. Während **Typ M-Studiengänge** eine breite mathematische Ausbildung in diesen Bereichen vermitteln, beschränken sich **Typ xM-Studiengänge** auf die Gebiete, die für das jeweilige Anwendungsfach von Bedeutung sind (z.B. Finanz- und Versicherungsmathematik oder Optimierung bei Studiengängen der Wirtschaftsmathematik). Eine gewisse mathematische Breite wird jedoch oftmals auch hier angestrebt. Diese ergänzende mathematische Ausbildung erstreckt sich bei **Typ iM-Studiengängen** ausschließlich auf die für die Anwendungsfächer relevanten mathematischen Bereiche und kann dort auch verpflichtende Elemente enthalten (z.B. Numerik von Partiellen Differenzialgleichungen bei Studiengängen des Wissenschaftlichen Rechnens). Auch wenn diese Inhalte u.U. in anwendungsorientierter Form gelehrt werden, ist darauf zu achten, dass eine mathematische Vertiefung in diesen Bereichen möglich ist.

Nach der mathematischen Grundausbildung zeichnen sich **Typ M-Studiengänge** typischerweise durch einen hohen Grad an **Wahlmöglichkeiten** aus. Das Curriculum dieses Studienabschnitts sollte sämtliche der im vorigen Abschnitt genannten Teilgebiete abdecken. Um den Erwerb von mathematischen Kompetenzen in einer angemessenen Breite sicherzustellen, sollte zudem strukturell darauf geachtet werden, dass trotz individueller Wahlmöglichkeiten sämtliche Studierende mit einer angemessenen Auswahl dieser Teilbereiche in Berührung kommen. Das Gleiche gilt prinzipiell für **Typ xM-** und **iM-Studiengänge**, wobei sich die Wahlmöglichkeiten mathematischer Module an den jeweiligen Inhalten der mathematischen Grundausbildung und der Ausrichtung des Studiengangs orientieren. Bei der Konzeption ist auf notwendige Vorkenntnisse zu achten.

Die von den Studierenden belegbaren Module in den **Neben- und Anwendungsfächern** müssen in den Modulhandbüchern ausgewiesen werden. Selbstverständlich können über die Pflichtanteile hinaus weitere Module belegt werden. Bei Studiengängen vom **Typ M** wird keine inhaltliche Verknüpfung der Module in den Neben- bzw. Anwendungsfächern mit den mathematischen Inhalten erwartet (diese Fächer dienen auch der Erweiterung des wissenschaftlichen Horizontes), wohingegen bei Studiengängen der **Typen xM** und **iM** integrative Elemente erwartet werden.

Zumindest Bachelorstudiengänge von **Typ xM** und **iM** sind in der Regel durch ein **betreutes Industriepraktikum** oder ein gleichwertiges **anwendungsbezogenes Projekt** gekennzeichnet. Dessen konkrete Ausgestaltung orientiert sich an den übergeordneten Lernzielen und trägt nicht zuletzt zur Berufsbefähigung der Bachelorabsolventen bei. Bei Studiengängen vom **Typ M** soll das Curriculum so eingerichtet sein, dass sowohl eine freiwillige Praxisphase ohne studienzeitverlängernde Effekte in das Bachelorstudium integrierbar ist.

Ein Auslandssemester wird aufgrund der angestrebten Internationalisierung empfohlen. Dieses sollte ohne studienzeitverlängernde Effekte integrierbar sein („Mobilitätsfenster“).

Fachübergreifende Inhalte dienen der Berufsbefähigung im Sinne der jeweiligen Studiengangziele des Bachelorstudiums (Schlüsselqualifikationen) und eröffnen den Studierenden weitere Wahlmöglichkeiten.

Die Bachelorarbeit darf gemäß KMK-Strukturvorgaben in Deutschland höchstens 12 Kreditpunkte erhalten. Für einen idealen mathematischen Kompetenzgewinn wird die Ausschöpfung dieses

Rahmens grundsätzlich empfohlen. Durch ein ergänzendes Kolloquium oder Seminar können die im Rahmen der Bachelorarbeit angestrebten Kompetenzen erweitert und vertieft werden. Die Bachelorarbeit kann in Kooperation mit einem Unternehmen oder einer Forschungseinrichtung angefertigt werden, wobei die Hochschule in letzter Instanz für Niveau und Qualität bürgt.

4.2.2 Masterstudiengänge

Masterstudiengänge werden oftmals in die Kategorien forschungs- oder anwendungsorientiert unterteilt. Typ M-Masterstudiengänge sind in aller Regel forschungsorientiert, xM- und iM-Masterstudiengänge können forschungs- oder anwendungsorientiert sein. In beiden Ausprägungen sollten die Studiengänge deutlich freier strukturiert als Bachelorstudiengänge sein. Sie können konsekutiv auf ein Bachelorstudium aufbauen oder für Studierende aus anderen verwandten Disziplinen konzipiert sein. Besonders **Typ iM-Studiengänge** sollten so strukturiert sein, dass auch Absolventen verwandter Bachelorstudiengänge ein Masterstudium möglichst nahtlos aufnehmen können.

Trotz einer höheren Spezialisierung zielen **Typ M-Studiengänge** auf eine niveaugerechte fachliche Vertiefung und Verbreiterung in *verschiedenen* Bereichen der Mathematik (insbesondere in reiner *und* angewandter Mathematik). Diese kann zum Beispiel durch eine angemessene Verteilung der Module auf die Gebiete der Analysis/Algebra/Geometrie bzw. Numerische Mathematik/Optimierung/Stochastik erreicht werden.

Auch in der Masterausbildung hat das Nebenfach einen substantiellen Anteil. Bei **xM-Studiengängen** ist bei der Konzeption eine Balance zwischen einer notwendigen Breite (sowohl in den relevanten Bereichen der Mathematik als auch in dem Anwendungsbereich) und einer niveaugerechten Tiefe zu sichern. Dies kann sowohl verpflichtende Elemente beinhalten (z.B. fortgeschrittene Finanzmathematik oder Operations Research in Studiengängen der Wirtschaftsmathematik) als auch Wahlpflichtmodule innerhalb von Blöcken (z.B. mindestens je 18 Kreditpunkte in Mathematik, Informatik und Lebenswissenschaften in Studiengängen der Biomathematik).

Die Masterarbeit hat in der Regel einen Umfang von 30 Kreditpunkten mit einer Bearbeitungszeit von 6 Monaten. Auch hier wird die Ausschöpfung dieses Rahmens bei Studiengängen der **Typen M, xM und iM** grundsätzlich empfohlen. In forschungsorientierten Masterstudiengängen sollte die Abschlussarbeit in Bezug zu aktuellen Forschungsthemen der Mathematik (ggf. mit Fokus auf den jeweiligen Anwendungsbereich) stehen. Bei anwendungsorientierten Masterstudiengängen sollte das Thema der Masterarbeit anwendungsbezogen sein, wobei die jeweilige Problemstellung die Verwendung moderner mathematischer Lösungsmethoden erfordern soll. Die Masterarbeit kann in Kooperation mit einem Unternehmen oder einer Forschungseinrichtung angefertigt werden, wobei die Hochschule in letzter Instanz für Niveau und Qualität bürgt. Präsentationen und wissenschaftlicher Austausch in den jeweiligen Arbeitsgruppen sollte sowohl bei forschungs- als auch bei anwendungsorientierten Masterstudiengängen die Regel sein.

Praxisphasen sollten nur in anwendungsorientierten Masterstudiengängen verbindlich vorgeschrieben werden. Ein direkter Bezug zu den jeweils übergeordneten Studienzielen ist dabei genauso selbstverständlich wie eine dem tatsächlichen Arbeitsaufwand entsprechende Kreditierung mit Leistungspunkten. In jedem Fall sollte das Curriculum aber so angelegt sein, dass eine Praxisphase oder auch ein Auslandsaufenthalt ohne studienzeitverlängernde Effekte integriert werden kann.

Die Verwendung von Bachelormodulen im Master ist prinzipiell möglich, muss sich aber eng an den Qualifikationszielen des Masters orientieren (z.B. zur Komplettierung einer breiten mathematischen Ausbildung). Eine Doppelkreditierung von Lehreinheiten im Bachelor und im Master ist in jedem Fall auszuschließen.

4.3 Lehrveranstaltungen und Prüfungen

Die Wahl der Lehrveranstaltungsart muss sich an den Lernzielen des (Teil-)Moduls orientieren und sollte die selbstständige Lösung mathematischer Probleme auf dem jeweiligen Kompetenzniveau unterstützen.

Der Abschluss eines Moduls setzt eine benotete oder unbenotete Leistungskontrolle voraus. Die Möglichkeit einer erstmaligen Wiederholungsprüfung muss terminlich so organisiert sein, dass der weitere Fortschritt des Studiums nicht behindert wird. Die Auswahl der Prüfungsform muss sich an den Lernzielen des jeweiligen (Teil-)Moduls orientieren. Insgesamt sollten bezogen auf das Gesamtstudium verschiedene Prüfungsformen zum Einsatz kommen.

4.4 Mögliche curriculare Differenzierungsmerkmale

Ausgehend von den in Kapitel 2 formulierten beispielhaften Lernergebnissen fasst die folgende Tabelle **mögliche curriculare Unterscheidungsmerkmale** von Studiengängen der **Typen M, xM und iM** zusammen. Der Einfachheit der Darstellung halber beziehen sich die Inhalte auf beispielhaft ausgewählte konkrete konsekutive Bachelor/Masterstudiengänge. **Die diesbezüglichen Angaben sind ausdrücklich weder bindend noch verpflichtend, sondern sollen lediglich als Orientierungshilfe dienen. Als Vorschlag für eine mögliche Gewichtung sind den jeweiligen Kompetenzbereichen in Klammern Leistungspunktwerte zugeordnet.** Jeweils in Kleinbuchstaben sind mögliche Module für das hier gewählte Beispiel angegeben (die Angaben lassen sich sofort auf andere Kombinationen übertragen, z.B. Mathematik mit NF Maschinenbau / Technomathematik / Computational Science and Engineering oder Mathematik mit NF Lebenswissenschaften / Biomathematik / Biostatistik).

M (z.B. Mathematik mit NF Wirtschaftswissenschaften)	xM (z.B. Wirtschaftsmathematik)	iM (z.B. Mathematische Ökonometrie)
Diese Tabelle enthält mögliche curriculare Unterscheidungsmerkmale mathematisch orientierter Studiengänge. Die Angaben verstehen sich als Orientierungshilfe und sind weder bindend noch verpflichtend!		
Strukturell orientierte mathematische Basismodule in Analysis (27) und Linearer Algebra (18) (Analysis 1-3, Lineare Algebra 1-2)	Strukturell orientierte mathematische Basismodule in Analysis (27) und Linearer Algebra (9) (Analysis 1-3, Lineare Algebra 1)	Mathematische Basismodule, die zumindest in wichtigen Teilgebieten strukturell orientiert sind (20) (Höhere Mathematik 1-3)
Pflichtmodule aus den Bereichen Analysis / Algebra / Geometrie (18) sowie Numerik / Optimierung / Stochastik (18) (Algebra, Zahlentheorie, Funktionentheorie, Stochastik 1, Numerik 1, Optimierung 1)	Pflichtmodule aus den Bereichen der Mathematik, die für das Anwendungsfach wichtig sind (18) (Stochastik 1-2)	Anwendungsorientierte Pflichtmodule mit mathematischem Inhalt in Bezug auf die Anwendungsfächer (10) (statistische Methoden inklusive R-Praktikum)

<p>Pflichtmodule aus mindestens einem Nebenfach (18), nicht notwendigerweise mit Bezug zur Mathematik (BWL 1, VWL 1)</p>	<p>Pflichtmodule aus dem Anwendungsfach mit integriertem Bezug zur Mathematik (18) (BWL 1, Finanzierung)</p>	<p>Pflichtmodule aus den Anwendungsfächern mit integriertem Bezug zur Mathematik (25) (Ökonometrie, Business Analytics)</p>
<p>Wahlpflichtmodule aus Reiner und Angewandter Mathematik (jeweils mindestens 18) (Topologie, Funktionalanalysis, Stochastik 2, Numerik 2)</p>	<p>Wahlpflichtmodule aus den Bereichen, die für das Anwendungsfach wichtig sind (jeweils mindestens 18) (Finanzmathematik, Optimierung und Operations Research)</p>	<p>Wahlmodule aus den Bereichen, die für das Anwendungsfach wichtig sind (Zeitreihen, experimentelles Design)</p>
<p>Vertiefungsmodule in Reiner oder Angewandter Mathematik (18) (Mathematische Spezialvorlesungen)</p>	<p>Vertiefende Wahlmodule aus den Bereichen, die für das Anwendungsfach wichtig sind (Risikotheorie, Spieltheorie, Partielle Differenzialgleichungen)</p>	<p>Vertiefende Wahlmodule aus den Bereichen, die für die Anwendungsfächer wichtig sind (Multivariate Statistik)</p>
<p>Programmierkurs</p>	<p>Praktikum Standardsoftware; anwendungsnahe Informatik-Module integriert</p>	<p>Praktikum Standardsoftware; anwendungsnahe Informatik-Module integriert</p>
<p>Berufspraktikum o.ä. freiwillig nahtlos möglich</p>	<p>Berufspraktikum o.ä. in der Regel verpflichtend</p>	<p>Berufspraktikum o.ä. in der Regel verpflichtend</p>
<p>Abschlussarbeit mit klar mathematischem Inhalt, Thema kann aus Nebenfach stammen</p>	<p>Abschlussarbeit mit engem mathematischen Bezug, Thema in der Regel aus Anwendungsfach motiviert</p>	<p>Abschlussarbeit verwendet in der Regel mathematische Methoden, kann auch aus einem anwendungsbezogenen Teilgebiet der Mathematik stammen</p>