



Konzept des Masterstudiengangs Natur- und Wirkstoffchemie an der Universität Bayreuth

STUDIENZIEL, ZIELGRUPPEN UND BESCHÄFTIGUNGSFELDER

Die Chemische Industrie ist mit mehr als 160 Milliarden Euro Jahresumsatz und über 430.000 Beschäftigten eine zentrale Säule der deutschen Wirtschaft. Ein Viertel ihrer Wertschöpfung erfolgt durch Innovation auf den beiden traditionellen Gebieten Arzneimittel und Pflanzenschutz. Über 70 Prozent der akademischen Berufsanfänger in der Chemischen Industrie beschäftigen sich mit der Entwicklung und Produktion niedermolekularer Verbindungen wie Pharmazeutika, Agro- und Petrochemikalien. Deren Chemie ist deshalb auch in der universitären Lehre und Forschung von zentraler Bedeutung. Sie strahlt über die Fachgrenzen hinweg auch auf die benachbarten Wissenschaften Biologie, Biochemie, Pharmazie und Medizin aus. Die Fähigkeit, maßgeschneiderte neue Wirkstoffe bereitzustellen ist essentiell für die Qualität unserer medizinischen Versorgung, Ernährung und der allgemeinen Lebensbedingungen. Der Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“ vermittelt die Kenntnisse und Methoden zur Synthese und Analytik von Natur-, Wirk- und Funktionalstoffen, sowie die molekularen Grundlagen ihrer Wechselwirkung mit biologischen Systemen. Die Strukturen und Eigenschaften von Biomolekülen, sei es als niedermolekulare Natur- und Wirkstoffe („Liganden“) oder makromolekulare Zielstrukturen („Targets“), nehmen ebenfalls einen breiten Raum im Lehrangebot ein. Als stoffliche Grundlagenwissenschaft bildet die Chemie allerdings den klar sichtbaren Schwerpunkt. Die Absolventen des Studiengangs werden somit alle Kenntnisse der modernen Synthesechemie besitzen, erweitert um das Wissen der Wirkmöglichkeiten chemischer Verbindungen im biologischen Kontext. Damit sind sie ideal positioniert sowohl für den klassischen Bereich der Chemie, wie auch für fachübergreifende neue Berufsfelder der Life und Agro Sciences und der Health Care.

Der für 20 bis 30 Studierende konzipierte Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“ richtet sich vornehmlich an Studierende mit einem ersten Abschluss (Bachelor of Science) in Studiengängen wie etwa Chemie, Polymer- und Kolloidchemie, Biochemie, und Lehramt mit Fach Chemie. Er ist inhaltlich und von den späteren Beschäftigungsfeldern her klar abgegrenzt von den Masterstudiengängen „Materialchemie und Katalyse“ und „Polymer Science“. Zusammen decken diese drei Studiengänge das gesamte Spektrum industriell nachgefragter chemischer Expertise ab. Ihre modulare Verzahnung erlaubt einen ökonomischen Einsatz von Lehrleistung und Ressourcen. Der Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“ kann wahlweise im Winter- oder Sommersemester begonnen werden und ist so besonders attraktiv für schnelle Studierende, Quereinsteiger und Wechsler. Zur Aufnahme wird ein in der Prüfungsordnung beschriebenes Eignungs-

verfahren durchgeführt. Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester. Als Abschluss wird der Grad „Master of Science“ (M. Sc.) verliehen.

AUSBILDUNGSSITUATION AN ANDEREN HOCHSCHULEN

Der wirtschaftlichen Bedeutung entsprechend wird die Ausrichtung „Naturstoff-/Wirkstoffchemie“ von den meisten deutschen Hochschulen mit Chemieausbildung angeboten, allerdings in der Regel als Differenzierung im Rahmen eines „umbrella“-Masterstudiengangs „Chemie“ (z.B. als einer von vier Schwerpunkten im Masterstudiengang „Chemie“ der Universität Göttingen). Ein dedizierter Masterstudiengang „Wirk- und Naturstoffchemie“ ist z. B. an der Leibniz-Universität Hannover neben den Studiengängen „Analytik“ und „Material- und Nanochemie“ etabliert. Die Tatsache, daß in Bayreuth alle notwendigen Säulen der Natur- und Wirkstoffchemie stark vertreten sind, nämlich Strukturaufklärung (NMR und Röntgenkristallographie), Molekulare Modellierung und Ligandendesign, Organische Synthesechemie und schließlich Bioscreening, legt einen eigenen Masterstudiengang dieser Ausrichtung nahe. Im europäischen Ausland sind ähnliche Studiengänge, da stark nachgefragt, wesentlich häufiger. Im Vereinigten Königreich, der Irischen Republik und der Schweiz sind sie im Angebot nahezu jeder Universität.

STRUKTUR UND INHALT DES STUDIENGANGS

Der zweijährige Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“ ist konsekutiv und damit BAFÖG- und stipendienfähig. Er baut auf den chemieständigen Bachelorstudiengängen in Bayreuth auf, ist forschungsorientiert und bindet die Studierenden frühzeitig in die Bearbeitung aktueller Fragestellungen ein. Sie erwerben so Kernkompetenzen in der Planung von Forschungsprojekten und der Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse. Der Studiengang bietet vielfältige und flexible Möglichkeiten des Austausches von Lehr- und Projekteinheiten mit den Studiengängen der Chemie, Biochemie, Biologie und Bioinformatik. Die vorhandene Expertise der entsprechenden Arbeitsgruppen und ihre interdisziplinäre Zusammenarbeit spiegelt sich so unmittelbar im Studiengang wider. Das inhaltliche Spektrum reicht von den theoretischen Grundlagen der Computerchemie und der molekularen Modellierung über das moderne Instrumentarium der Synthese organischer Natur-, Wirk- und Funktionalstoffe bis zur Thematik der Wechselwirkung zwischen Molekülen und Biomolekülen verschiedener Größenskalen im biologischen Kontext. Die Absolventen dieses Masterstudiengangs sollen so in die Lage versetzt werden, komplexe Synthesen von Naturstoffen und Naturstoffanaloga zu bewerten, selbständig zu planen und schließlich im Laboratorium durchzuführen. Dafür werden sowohl moderne Synthesemethoden als auch ein solides Hintergrundwissen über die Biosynthesewege für solche Verbindungen vermittelt. Ausgehend von den Strukturen der für bestimmte Krankheitsbilder typischen biologischen Targets werden dann u. a. computergestützte Verfahren zur Entwicklung optimaler Liganden und Wirkstoffe verwendet. Weitere wichtige Aspekte sind die Methoden zur Strukturaufklärung von Biomakromolekülen und zur Analytik, Evaluierung und Formulierung von Wirkstoffkandidaten. Durch die zusätzlichen Praktikumsangebote in der forschenden Industrie

können sich die Absolventen frühzeitig mit ihrem zukünftigen Arbeitsumfeld und den dortigen Forschungsthemen vertraut machen.

Im ersten Studienjahr werden sieben Fachmodule aus einem Angebot von vierzehn belegt, die in der Regel aus Vorlesung und Praktikum bestehen, um das Lehrfach auch experimentell vorzustellen und die praktische Geschicklichkeit zu trainieren. Im *ersten Semester* wählen die Studierenden vier aus sieben vorgeschlagenen Modulen aus (z.B. bei Beginn im Wintersemester: Naturstoffchemie: Biosynthesen und Strukturen; Wirkstoffchemie; Stereoselektive Organische Synthese; Metallorganische Komplexkatalyse; Molekulare Modellierung; Biomakromoleküle; Feste Anorganische Materialien: Nanochemie), jedoch mindestens zwei aus dem Bereich „Niedermolekulare Natur- und Wirkstoffe“ sowie eines aus dem Bereich „Makromolekulare Targets und Strukturen“ um die Breite des erworbenen Wissens zu gewährleisten. Das vierte Modul kann aus dem weiteren chemischen Angebot dieses Studiengangs oder anderer chemischer und biologischer Masterstudiengänge gewählt werden.

Im *zweiten Semester* belegen die Studierenden drei Vertiefungsmodule im Umfang von jeweils neun Leistungspunkten. Diese Module beinhalten jeweils ein längeres Praktikum in einer der am Studiengang beteiligten Forschungsgruppen. Mögliche Module für Winteranfänger sind: Spezielle Naturstoffchemie; Bioorganische Chemie; Bioanorganische Chemie; Analytik und Screening von Natur- und Wirkstoffen; Computerchemie; Strukturanalyse von Biomakromolekülen; Proteine – Struktur, Dynamik und Analytik. Außerdem erstellen die Studierenden die Planung für ein eigenes wissenschaftliches Forschungsprojekt.

Im *dritten* und *vierten Semester* sind zwei Forschungsmodule im Gesamtumfang von 30 Leistungspunkten nach freier Wahl zu absolvieren, wobei eines davon auch im Rahmen eines Industriepraktikums und/oder im Ausland durchgeführt werden kann. Das Thema der *Masterarbeit* zu aktuellen Fragestellungen der Natur- und Wirkstoffchemie wird bereits am Ende des zweiten Semesters ausgegeben, sodass die eigenständige wissenschaftliche Arbeit daran parallel mit den Forschungsmodulen erfolgen kann. Die Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten kann so über einen Zeitraum von 12 Monaten mit wachsender workload-Gewichtung im vierten Semester durchgeführt werden.

Insgesamt müssen im Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“ mindestens 120 Leistungspunkte erbracht werden (1. Semester: 28; 2. Semester: 32; 3. plus 4. Semester: 60). Eine Übersicht über die angebotenen Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs ist in Anhang 1 zu finden. Deren Inhalte werden im Modulhandbuch detailliert erläutert. In Anhang 2 sind zwei Beispielstudienverlaufspläne für Studienbeginn im Winter bzw. im Sommer gezeigt.

QUALITÄTSPROFIL UND PERSONELLE BASIS

Die molekularen Aspekte der Life Sciences sind ein gemeinsames Forschungsinteresse der Lehrstühle für Organische Chemie, Bioorganische Chemie, Chemie der Biopolymere, der Heisenbergprofessur für Bioanorganische Chemie sowie zentraler Bayreuther Forschungseinrichtungen (Forschungszentrum für Biomakromoleküle Bio-mac). Diese Gruppen tragen zusammen mit den Lehrstühlen Anorganische Chemie I und II, die an den molekularen Grundlagen von Funktionalität im anorganischen Bereich und an der Entwicklung neuer Synthesemethoden interessiert sind, die Lehre im Masterstudiengang „Natur- und Wirkstoffchemie“. In idealer Weise sind alle für die Naturstoffsynthese und Wirkstoffentwicklung notwendigen Schwerpunkte in Bayreuth vertreten und an diesem Studiengang beteiligt. Der synthetisch orientierte Sektor reicht dabei von der Entwicklung neuer Katalysatoren und Methoden (R. Kempe, R. Schobert) über Anwendungen auf komplexe Natur- und Wirkstoffe (R. Schobert, K. Seifert, C. Unverzagt) bis zu maßgeschneiderten Funktionsmaterialien (J. Breu, J. Senker). Die Analytik und insbesondere die Strukturaufklärung von funktionalen Biomakromolekülen sowie die Entwicklung von wirkoptimierten Liganden hierfür ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt, der von den Gruppen um H. Dobbek, P. Rösch, S. Schwarzinger und M. Ullmann bearbeitet wird. Diese Interdisziplinarität garantiert eine breite und fachlich tiefe, individuell vom Studierenden selbst akzentuierbare Ausbildung.

Anhang 1: Modulübersicht des Masterstudiengangs „Natur- und Wirkstoffchemie“ an der Universität Bayreuth

1. Semester bei Winterbeginn* (28 LP)

Wintermodule B 101 – B 107 Auswahl: 4 aus 7 Modulen*	Modul B 101 Naturstoffchemie: Biosynthesen und Strukturen 7/9 LP V 2 SWS P 6/8 SWS	Modul B 102 Wirkstoffchemie 7/9 LP V 2 SWS P 6/8 SWS	Modul B 103 Stereoselektive Organische Synthese 7/9 LP V 2 SWS P 6/8 SWS	Modul B 104 Metallorganische Komplekxkatalyse 7/9 LP V 2 SWS P 6/8 SWS
	Modul B 105 Molekulare Modellierung 7 LP V 2 SWS P 6 SWS	Modul B 106 Biomakromoleküle 7/9 LP V 2 SWS P 5/7 SWS	Modul B 107 Feste Anorganische Materialien: Nanochemie 7/9 LP V 2 SWS P 6/8 SWS	

* Das Studium kann im Winter- oder Sommersemester aufgenommen werden. **Winterbeginner** wählen im ersten Fachsemester vier Module zu je 7 LP aus, jedoch mindestens zwei Module aus dem Bereich „Niedermolekulare Natur- und Wirkstoffe“ (B101 – B104) und mindestens ein Modul aus dem Bereich „Makromolekulare Targets und Strukturen“ (B105 – B107). Ein Modul kann aus dem weiteren chemischen Angebot dieses Studiengangs oder anderer chemischer und biologischer Masterstudiengänge belegt werden. **Sommerbeginner** wählen im zweiten Fachsemester drei Module mit längerem Praktikum zu je 9 LP aus dem Angebot der Wintermodule aus.

[V = Vorlesung; S = Seminar; P = Praktikum. SWS = Semesterwochenstunden]

2. Semester bei Winterbeginn* (32 LP)

Sommermodule B 201 – B 207 Auswahl: 3 aus 7 Modulen*	Modul B 201 Spezielle Naturstoffchemie 9/7 LP V 2 SWS P 8/6 SWS	Modul B 202 Bioorganische Chemie 9/7 LP V 2 SWS P 8/6 SWS	Modul B 203 Bioorganische Chemie 9/7 LP V 2 SWS P 8/6 SWS	Modul B 204 Analytik und Screening v. Natur- und Wirkstoffen 9/7 LP V 2 SWS P 8/6 SWS
	Modul B 205 Computerchemie 9/7 LP V 2 SWS P 8/6 SWS	Modul B 206 Strukturanalyse von Biomakromolekülen 9/7 LP V 2 SWS P 7/5 SWS	Modul B 207 Proteine – Struktur, Dynamik, u. Analytik 9/7 LP V 2 SWS P 7/5 SWS	

* **Winterbeginner** wählen im zweiten Fachsemester drei Module mit langem Praktikum zu je 9 LP aus. Zusätzlich wird im Rahmen eines vierten Moduls (B 210) im Umfang von 5 LP die Planung eines eigenen Forschungsprojekts (Research Proposal) durchgeführt. **Sommerbeginner** wählen im ersten Fachsemester vier Module mit kurzem Praktikum zu je 7 LP aus dem Angebot der Sommermodule aus, jedoch mindestens zwei Module aus dem Bereich „Niedermolekulare Natur- und Wirkstoffe“ (B201 – B204) und mindestens ein Modul aus dem Bereich „Makromolekulare Targets und Strukturen“ (B205 – B207). Ein Modul kann aus dem weiteren chemischen Angebot dieses Studiengangs oder anderer chemischer und biologischer Masterstudiengänge belegt werden.

Modul	Modul B 210
	Forschungsplan
	5 LP
	9 SWS

3. und 4. Semester (60 LP inklusive Masterarbeit)

Forschungs- module *	Modul B 301	Modul B 302
	Forschungsmodul I	Forschungsmodul II
	15 LP	15 LP
	P 19 SWS S 1 SWS	P 19 SWS S 1 SWS

* Aus dem Angebot der im ersten Studienjahr belegten Fächer. Eines dieser Module kann auch an einer ausländischen Hochschule oder als Industriepraktikum durchgeführt werden.

Modul	Modul B 400
	Masterarbeit
	30 LP
	900 Arbeitsstunden

Anhang 2: Beispielstudienverlaufspläne

a) Eine mögliche Auswahl eines/r Studierenden, der/die das Studium im Wintersemester beginnt:

1. Semester	Modul B 101 Naturstoffchemie: Biosynthesen und Strukturen 7 LP	Modul B 102 Wirkstoffchemie 7 LP	Modul B 103 Stereoselektive Organische Synthese 7 LP	Modul B 105 Molekulare Modellierung 7 LP
28 LP				
2. Semester	Modul B 201 Spezielle Naturstoffchemie 9 LP	Modul B 203 Bioanorganische Chemie 9 LP	Modul B 206 Strukturanalyse von Biomakromolekülen 9 LP	Modul B 210 Forschungsplan 5 LP
32 LP				
3. u. 4. Semester	Modul B 301 Forschungsmodul I im Fach Bioinformatik 15 LP	Modul B 302 Forschungsmodul II im Fach Organische Chemie 15 LP	Modul B 400 Masterarbeit 30 LP	
60 LP				

b) Eine mögliche Auswahl eines/r Studierenden, der/die das Studium im Sommersemester beginnt:

1. Semester	Modul B 201 Spezielle Naturstoffchemie 7 LP	Modul B 202 Bioorganische Chemie 7 LP	Modul B 204 Analytik und Screening v. Natur- und Wirkstoffen 7 LP	Modul B 207 Proteine – Struktur, Dynamik, u. Analytik 7 LP
28 LP				
2. Semester	Modul B 102 Wirkstoffchemie 9 LP	Modul B 106 Biomakromoleküle 9 LP	Modul B 107 Feste Anorganische Materialien: Nanochemie 9 LP	Modul B 210 Forschungsplan 5 LP
32 LP				
3. u. 4. Semester	Modul B 301 Forschungsmodul I im Fach Biopolymerchemie 15 LP	Modul B 302 Forschungsmodul II im Fach Proteinkristallograph. 15 LP	Modul B 400 Masterarbeit 30 LP	
60 LP				