



STUDIENGANGSDOKUMENTATION

BACHELORSTUDIENGANG BIOINFORMATIK

Fakultät für Informatik, Technische Universität München

03.02.2017

Formale Angaben zum Studiengang

Bezeichnung: Bioinformatik

Organisatorische TU München/LMU München

Zuordnung: Fakultät für Informatik der TUM, Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TUM, Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik der LMU, Fakultät für Biologie der LMU, Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU, Helmholtz Zentrum München, Max-Planck-Institut für Biochemie Martinsried

Abschluss: Bachelor of Science (B.Sc.)

Regelstudienzeit 6 Semester / 180 Credits

(Credits): 128-131 SWS

Studienform: Vollzeit

Zulassung: Eignungsfeststellungsverfahren

Starttermin: Wintersemester 2000/01

Sprache: Deutsch

**Studiengangs-
verantwortlicher:** Vorsitzender des Prüfungsausschusses
Prof. Dr. Burkhard Rost (TUM, Informatik)

**Ergänzende Angaben für
besondere Studiengänge:** Es handelt sich um einen gemeinsamen Studiengang der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Technischen Universität München.

Der interdisziplinäre Studiengang wird von fünf Fakultäten angeboten und implementiert:

- Fakultät für Informatik, TUM
- Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW), TUM
- Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik, LMU
- Fakultät für Biologie, LMU
- Fakultät für Chemie und Pharmazie, LMU

Am Studiengang sind seit der Einrichtung zum WS 2000/2001 im Rahmen des DFG Zentrum Bioinformatik auch das Helmholtz Zentrum München und das Max-Planck Inst. f. Biochemie in Martinsried beteiligt.

Ansprechpersonen bei TUM/LMU (Schriftführerin):

Rückfragen: Verena Wimmer <wimmerv@in.tum.de>

TUM-IN: Burkhard Rost <assistant@rostlab.org>

TUM-WZW: Hans-Werner Mewes <w.mewes@mytum.de>

LMU: Ralf Zimmer <Ralf.Zimmer@ifi.lmu.de>

LMU (Studiengangskoordinator):

Volker Heun <Volker.Heun@ifi.lmu.de>

Präambel: Bioinformatik als Brücke zwischen den Welten

Die Lebenswissenschaften sind essentielle Bestandteile von Forschung und Lehre in einer modernen demokratischen Gesellschaft. Ihre Digitalisierung ist zentrale Aufgabe der Bioinformatik. Die Herausforderungen der alternden Gesellschaft, der ökonomischen und ökologischen Probleme der Globalisierung sind von fundamentaler Bedeutung für die Schaffung einer lebenswerten Zukunft. In keinem anderen Bereich der Wissenschaft beeinflussen die Erkenntnisse so nachhaltig und unmittelbar das Leben der Menschen. Volkskrankheiten wie Diabetes, Neurodegeneration, Herz-Kreislauferkrankungen, chronische Lungenkrankheiten und Krebs gehören zu den fundamentalen Herausforderungen der Gesellschaft und des Gesundheitssystems.

Moderne Forschung und Technologieentwicklung erfordert interdisziplinäre Kooperation. Nationale und internationale Konsortien kooperieren erfolgreich durch Austausch von Daten und der Nutzung moderner Informationstechnologien. Während die erste Generation der Bioinformatiker an der Entwicklung grundlegender Methoden beteiligt war, werden diese Konzepte und Technologien den Studierenden als selbstverständliche Elemente ihrer Ausbildung vermittelt.

Mit der intensiven Anwendung von Hochdurchsatztechnologien in Forschung, Biotechnologie und Medizin wachsen die Datenmengen um mehrere Größenordnungen. Damit wird die Bioinformatik zum Engpass und der Bedarf an qualifizierten Bioinformatikern kann derzeit kaum gedeckt werden. Es überrascht daher nicht, dass die Herausforderungen an die Ausbildung im Fach Bioinformatik besonders hoch sind. Die Komplexität der Aufgabe und die Anforderungen an erfolgreiche Absolventen sind anspruchsvoll: Bioinformatik ist immanent interdisziplinär. Biochemiker, Biophysiker oder Medizintechniker nutzen Wissen der traditionellen Disziplinen wie Mathematik, Chemie oder Physik, ihr Denken ist dennoch in bestimmten, seit langem etablierten und hoch spezialisierten Disziplinen verhaftet. Für Bioinformatiker ist dies nicht der Fall. Das bedeutet, dass die Anforderungen der Bioinformatik bezüglich der Fähigkeiten ihrer Absolventen „Welten zu verbinden“ nicht nur ungewöhnlich hoch, sondern auch essentiell sind. Die Erfahrung aus mehreren Hundert Studienabschlüssen in der Bioinformatik zeigt, dass Absolventen Fähigkeiten erlernt haben, die sie in die Lage versetzen, einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung der zentralen Herausforderungen im Sinne der Gestaltung einer humanen Gesellschaft und einer lebenswerten Umwelt zu leisten.

1 Ziele

1.1 Ziele des Studiengangs

Die Bioinformatik stellt sich der Herausforderung der systematischen Bearbeitung biologischer Daten durch Anwendung informatischer Methoden und Algorithmen zur Datenanalyse.

Moderne Technologien der molekularen und zellulären Biologie generieren große, komplexe, hoch informative Datenmengen. Das Ziel, diese Daten zu explorieren, steht im Mittelpunkt der Wertschöpfung von der Grundlagenforschung bis hin zu datenbasierten Methoden der medizinischen Diagnose und Therapie. Aufgabe der Bioinformatik ist die Analyse und Interpretation biologischer Daten im Kontext biologischen Wissens. So ermöglicht Bioinformatik, die DNA-kodierten Baupläne der Organismen zu entschlüsseln und ihre funktionelle Bedeutung zu verstehen. Die Komplexität höherer Organismen und ihrer vielfältigen Regulationsmechanismen (Genetik, Epigenetik, prä- und post-translationale Regulation, nicht-kodierende RNA) ist nicht deskriptiv, sondern nur strukturiert erfassbar. Ziel des Bachelorstudiengangs ist es, Kenntnisse und Grundlagen zur Entwicklung und Anwendung bioinformatischer Methoden und Infrastrukturen zu vermitteln. Die erlernten Konzepte finden Anwendung in der biomedizinischen Grundlagenforschung, der mathematischen Modellierung biologischer Prozesse, sowie in der Biotechnologie und klinischen Forschung. Dazu gehören Sequenz- und Genomanalyse, Mathematik und Informatik der Datenanalyse und die Interpretation experimenteller Daten. Kenntnisse zur Entwicklung neuer bioinformatischer Methoden sowie die Vertiefung der Kenntnisse zur Interpretation biologischer Daten werden im komplementär angebotenen Masterstudiengang vermittelt.

Bioinformatiker, Biologen, Biotechnologen und Mediziner kooperieren interdisziplinär. Die Bioinformatik erfüllt eine wichtige Brückenfunktion zwischen den Disziplinen. Daten sind die Währung der modernen Biologie, Bioinformatiker sind für Datenanalyse und Infrastruktur zuständig, sie sind Schatzmeister der Lebenswissenschaften. Der Studiengang mit seiner vielseitigen, Forschung und Technologie gleichermaßen berücksichtigenden Ausbildung, setzt sich die Vernetzung experimenteller Daten mit biomedizinischem Wissen zum Ziel und öffnet Wege zu ihrer Nutzung.

Bioinformatik in München (BIM). Seit mehr als 15 Jahren (Beginn WS 2000/01) verfolgen die Studiengänge Bioinformatik (Bachelor und Master) erfolgreich das Ziel einer exzellenten, umfassenden Ausbildung. Durch koordinierte Aktivitäten an den Eliteuniversitäten (LMU und TUM) und lokalen Forschungszentren (MPI f. Biochemie, Helmholtz Zentrum München) hat BIM in seinem Umfeld eine höchst produktive, florierende und wachsende Forschergemeinde in den Disziplinen Bioinformatik und Systembiologie entwickelt, die Studierende der Bioinformatik an relevante Forschungsthemen heranzuführt.

Bioinformatik München - Bachelorstudiengang (BIM-BS): Gegenstand, Schwerpunkt, Kernthemen. Gegenstand des Bachelorstudiengangs Bioinformatik ist die interdisziplinäre Ausbildung in den Grundlagenfächern Informatik, Biologie, Chemie, und Mathematik. Darauf baut die Ausbildung in den bioinformatischen Fächern auf, diese umfasst Verstehen und Anwendung von Prinzipien, Methoden und Algorithmen der Bioinformatik (Sequenzdatenanalyse, statistische Interpretation, Nutzung bioinformatischer Ressourcen wie Datenbanken, Genomdaten, wissensbasierte Interpretation biologischer Daten).

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Die Digitalisierung der Lebenswissenschaften folgt konsequent den datengenerierenden Technologien, die gern als „-omics“ bezeichnet werden. Der Zugang zu molekularen Informationen ist Voraussetzung zum Verständnis biologischer Prozesse auf allen Ebenen, von der Genomanalyse von Mikroorganismen bis hin zur Forschung nach dem Einfluss genetischer Varianz auf das persönliche Krebsrisiko. Sie eröffnet Chancen für die personalisierte, präzise Diagnose und Therapie menschlicher Erkrankungen. Es vollzieht sich eine grundlegende Revolution in den Lebenswissenschaften an der Schnittstelle zwischen molekularen Daten und ihrer digitalen Interpretation. In keinem anderen Bereich der Wissenschaft beeinflussen wissenschaftliche Erkenntnisse so nachhaltig und unmittelbar das Leben der Patienten. Diabetes, Neurodegeneration, chronische Herz-Kreislauf- und Lungenerkrankungen sowie Krebs sind zu einer stetig wachsenden Belastung der alternden Gesellschaft und des Gesundheitssystems geworden. Die Bioinformatik ist herausgefordert, den Nutzen des digitalen Fortschritts zur Lösung brennender Fragen der medizinischen Versorgung zu nutzen.

Der technologische Fortschritt schafft neue experimentelle Methoden in der biologischen und medizinischen Forschung. Die gewonnenen Daten können nur mit der massiven Unterstützung durch die Bioinformatik bewältigt werden¹. Dazu bedarf es der massiven Unterstützung unter Anwendung von Methoden der Informatik. Die Bewältigung großer Datenmengen sowie die Strukturierung und systematische Auswertung vorhandenen Wissens bleibt bisher eine unbewältigte, aber dringliche Herausforderung. Die Bioinformatik hat sich dieser Herausforderung gestellt und trägt damit essentiell zum Fortschritt in den Lebenswissenschaften und insbesondere in der molekularen Medizin bei.

Bioinformatik hat seit der Sequenzierung der mikrobiellen, pflanzlichen und tierischen Genome ständig an Bedeutung gewonnen. Grundlegende Fragen der Funktion von viralen und bakteriellen Genomen gehören dazu, ebenso die Aufklärung der Mechanismen der Tumorentstehung und der individuellen Genetik der tumorinduzierenden somatischen Mutationen. Untersuchungen zu grundlegenden biologischen Mechanismen wie der Funktion nicht-kodierender Abschnitte der Genome oder Fragen zur epigenetischen Regulation oder der Rolle des Proteoms werden mit bioinformatischen

¹ z.B. Sequenzierung tausender Humangenome mit Datenmengen in der Größenordnung von Petabyte; die Menge dieser Technologien wird als „-omics“ bezeichnet

Methoden untersucht. Die Analyse großer Datenmengen (Big Data) ist ein aktuelles Kernthema der weltweit vernetzten medizinischen Forschung.

Die Bioinformatik verknüpft strategische Schwerpunkte der Technischen Universität der Fakultäten Informatik, Life Sciences (WZW), dem Bioengineering und der Medizin. Es ist die Aufgabe des Bachelorstudiengangs die zur interdisziplinären Kooperation erforderlichen Fähigkeiten zu vermitteln. Die im Bachelorstudiengang erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten sind Voraussetzung für den vertiefenden Masterstudien-gang. Dieser vermittelt Kenntnisse, interdisziplinäre Forschung zu vernetzen und geeignete Forschungsinfrastrukturen zu entwickeln. Um dies zu erreichen, kooperieren fünf Fakultäten der beteiligten Universitäten. Der mit der LMU gemeinsam aufgebaute Studienplan, die abgestimmten, sich ergänzenden Lehrinhalten und die aktive Unterstützung der Fakultät für Informatik sowie der biologischen und mathematischen Fakultäten setzen die Studienziele um.

Die strategische Bedeutung des Bachelorstudiengangs liegt vor allem in der Erziehung zum Denken über die Grenzen der Disziplinen hinaus. Diese Fähigkeit wird zunehmend als elementare Voraussetzungen zum Erfolg im internationalen Wettbewerb gesehen. Interdisziplinäres Denken und Forschen wird explizit in den Strategiekonzepten der TUM herausgestellt.

Für die Region München hat die Förderung der qualifizierten Bioinformatik strategische Bedeutung. Die massive Sequenzierung von Genomen und Transkriptomen als Kerntechnologie neben den bildgebenden Verfahren, der Proteomics, der Transkriptionsanalyse und anderen –omics Technologien, sowie die rasant wachsenden Datenmengen zur Vernetzung von Grundlagen- und klinischer Forschung erzeugen hohen Bedarf an gut ausgebildeten Bioinformatikern, um innovative, fakultäts- und disziplinübergreifende Konzepte zu realisieren. Für den Hochtechnologiestandort München und seinen Bedarf an bioinformatischer Expertise ist eine exzellente Grundausbildung, wie sie der Bachelorstudiengang bietet, unabdingbare Voraussetzung.

Das Lehrangebot im Bachelorstudiengang muss sich den wachsenden Anforderungen einer sich rasant entwickelnden Disziplin stellen. Dazu gehört die Einbeziehung hochaktueller Forschungsprojekte bereits im Bachelorstudiengang. Die Breite des Angebots wird durch die Professorinnen und Professoren beider Universitäten, die Ausbildung in den Kernfächern der Bioinformatik leisten, sichergestellt. Dazu gehören: I. Antes, Drug Modeling; C. Friedel, Datenanalyse von Hochdurchsatzverfahren; D. Frishman, Genom- u. Strukturbiologie; J. Gagneur, Computational Genomics, V. Heun, Algorithmische Bioinformatik; D. Metzler, Statistische Genetik; H.W. Mewes, Funktionelle Genomanalyse, Metabolische Krankheitsnetzwerke; B. Rost, Molekül- und Systemvorhersagen; F. Theis, Systembiologie; R. Zimmer, Algorithmische Bioinformatik, Netzwerk- und Systembiologie. In der Informatik wird stärker die methodische Seite der Entwicklung von Modellen, Algorithmen und Datenstrukturen betont, die Mathematik wendet formale und statistische Verfahren zur Systemmodellierung an, während in den Lebenswissenschaften der Schwerpunkt im Bereich von Genom-

analyse, genetischer Varianz und Strukturbiologie liegt. In naher Zukunft soll am WZW ein Schwerpunkt zur Analyse von „omics“ Daten durch eine Neuberufung gestärkt werden.

Die Professorinnen und Professoren sind erfolgreich an einer großen Zahl von nationalen und internationalen Forschungsverbänden beteiligt und vielfältig durch Kooperationen interdisziplinär vernetzt. Sie vertreten ihre Forschungsthemen in den Modulen des Studiengangs und vermitteln den Studierenden ein breites Spektrum an bioinformatischen Konzepten und Methoden.

Bedeutung der Bioinformatik für die beteiligten Fakultäten: Bioinformatik nutzt Algorithmen der Informatik zur Analyse biologischer Daten. Diese basieren auf mathematischen Grundlagen, werden mit Hilfe der Informatik implementiert und zur Lösung biologischer Fragestellungen genutzt. Die fundierte Ausbildung der Bachelorstudierenden vermittelt zunächst die Grundlagen der Säulen Mathematik, Informatik, und Biologie. Daher leisten die beteiligten Fakultäten einen entscheidenden Beitrag zur Lehre in den Bachelor- und Masterstudiengängen. Ohne ihre aktive Unterstützung wäre der Anspruch der breiten, fundierten Ausbildung nicht zu leisten. Im Gegenzug ergibt sich für die einzelnen Fakultäten ein bedeutender Gewinn durch die Beteiligung der Bioinformatik an der Lehre im Rahmen der Studiengänge (insbesondere der Biologie und der molekularen Biotechnologie am WZW). Hinzu kommt die Erweiterung des inhaltlichen Spektrums in den Grundlagenfächern Informatik und Mathematik.

Am WZW leistet die Bioinformatik die Ausbildung der Biologen und molekularen Biotechnologen im Pflicht- und Erweiterungsfach Bioinformatik (Frishman, Mewes). In der Mathematik besetzt die Systembiologie (Theis) einen wichtigen Aspekt anwendungsorientierter Forschung. In der Informatik ist die Bioinformatik inzwischen in ihrer Rolle als Fachdisziplin, insbesondere der Strukturbiologie, der web-basierten Anwendungen, der Algorithmik und der Anwendungen von Algorithmen, der Datenanalyse und Big Data, nicht wegzudenken. An der LMU ist die Bioinformatik ein grundständiger Studiengang der Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik und bietet Vertiefungsfach- und Nebenfachangebote für Informatik und lebenswissenschaftliche Fächer. Besonders die Vergabe von Abschlussarbeiten an Forschungsgruppen in den Biowissenschaften und der Informatik, die gemeinsam betreut werden, beweist die verbindende Rolle der Bioinformatik zwischen den Disziplinen und ihre Bedeutung der Öffnung hin zu einer interdisziplinären Ausrichtung der Kernfächer Informatik und Mathematik. Der Bachelorstudiengang legt dabei die Grundlagen für die folgende spezialisierte, vertiefende Ausbildung in den Masterstudiengängen, bei Abschlussarbeiten und Promotionen.

Informatik: Die Technische Universität München (TUM) hat als eine der ersten deutschen Universitäten einen Studiengang Informatik angeboten. Damit sind der Bachelor- und der Masterstudiengang *Informatik*, die sich zunächst parallel zum Diplomstudiengang entwickelt hatten, weiterhin Kern der Ausbildung an der Fakultät für Informatik. Die TUM Informatik bietet 13 verschiedene Studiengänge an (Fig. 1).

Bachelor- und Masterstudiengänge an der Fakultät für Informatik

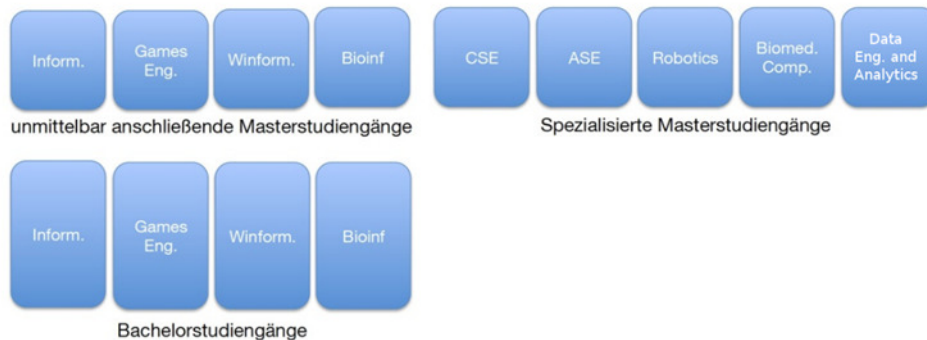


Fig. 1 Studiengänge an der Fakultät für Informatik der TUM

Die 2000 gemeinsam mit der LMU, dem Helmholtz Zentrum München und dem Max-Planck-Institut für Biochemie Martinsried eingerichteten Bioinformatik Studiengänge (Bachelor- und Masterstudiengang *Bioinformatik*) waren unter den ersten, die das Spektrum der Informatik um anwendungsorientierte Disziplinen erweitert haben. Ebenfalls 2001 hat sich mit dem starken Ausbau der Informatik Fakultät in Richtung Wirtschaftsinformatik (Bachelor- und Masterstudiengang *Wirtschaftsinformatik*) ein weiteres großes Standbein etabliert. Die spezialisierten Masterstudiengänge *Computational Science and Engineering* (CSE, seit 2001), *Automotive Software Engineering* (ASE, seit 2009), *Robotics, Cognition, Intelligence* (seit 2009), *Biomedical Computing* (seit 2009) und *Data Engineering and Analytics* (seit 2016) erlauben Bachelorabsolventen eine stärkere Fokussierung, als dies im klassischen Masterstudium Informatik möglich ist, und eröffnen zudem auch Absolventen anderer Bachelorstudiengänge die Perspektive eines informatiknahen Abschlusses. Seit WS 2011/12 bietet die Fakultät mit dem Bachelorstudiengang *Informatik: Games Engineering* einen weiteren grundständigen Studiengang an, der einerseits die Erfordernisse des Arbeitsmarktes berücksichtigt und andererseits die starken Kompetenzen der Fakultät in diesem Bereich reflektiert. Dieser wurde seit dem Wintersemester 2014/15 um den Masterstudiengang *Informatik: Games Engineering* ergänzt. Weitere Bachelorstudiengänge sind nicht geplant.

An der LMU werden Bachelor- und Masterstudiengänge in Informatik, Bioinformatik (gemeinsam mit der TUM) und Medieninformatik angeboten. Die Informatikstudiengänge (B.Sc.) können mit einem breiten Spektrum von Nebenfächern (30 oder 60 ECTS) sowie mit integrierten Anwendungsfächern (Mathematik, Statistik und Computerlinguistik) studiert werden und mit einem Masterstudiengang in Informatik oder Data Science fortgeführt werden. Zusätzlich gibt es Informatik als Nebenfach anderer Fächer. Die Medieninformatik ist ein eigenständiger Bachelorstudiengang und wird als Masterstudiengang mit mehreren Anwendungsfächern (Kommunikationswissenschaft, Mediengestaltung, Medienwirtschaft), zusätzlich der Masterstudiengang Mensch-Maschine-Interaktion) angeboten. Die Bioinformatik bietet in diesem Zusammenhang neben einer soliden Informatikausbildung eine starke biologische Säule und umfasst

das neue Fachgebiet der Bioinformatik und profiliert sich dadurch gegenüber einem Informatik oder Medieninformatik Masterstudiengang, einem Informatik-Studium mit Biologie Nebenfach oder einem Biologie-Studium mit Informatik als Nebenfach.

Bioinformatik: Bioinformatik München (BIM) bot weltweit eine der ersten Möglichkeiten, die neu erwachsende Disziplin der *Computational Biology & Bioinformatics* mit einem eigenen Abschluss und der Unterstützung durch eine starke Gruppe von international etablierten Wissenschaftlern zu erlernen.

Das Leitbild des Münchener Bioinformatikprogrammes ist geprägt von Interdisziplinarität und Kooperation zwischen den beteiligten Forschungseinrichtungen. 2001 wurde dieses Programm als einer der fünf "Gewinner" der DFG-Initiative *Bioinformatik*¹ gefördert. Seit München sich damit als Bioinformatikstandort „der ersten Stunde“ etablierte, wuchsen Umfang und Vielfalt der aus diesem Beginn erwachsenden Arbeitsgruppen und Unternehmen, die im Bereich der Bioinformatik im Münchener Programm arbeiten. Auf dieser Grundlage konnte, z.B. in München 2001 ein durch den BMBF gefördertes Bioinformatik Zentrum eingerichtet werden (BFAM: *Bioinformatics for the Functional Analysis of Mammalian Genomes*). Studierende und Professoren der Bioinformatik Studiengänge (Bachelor und Master) beteiligen sich am **m⁴**-Spitzencluster des BMBF (www.m4.de). Viele Studierende promovieren in Münchner Forschungsgruppen und strukturierten Promotionsprogrammen wie den Exzellenzgraduiertenschulen IGSSE (TUM) und QBM (LMU). Die Bioinformatik Studiengänge sind eng vernetzt mit den außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Bioinformatikunternehmen der Region (z.B. Biomax AG, Genomatix GmbH, Clueda AG, Siemens, und Roche Diagnostics). Das Bioinformatikprogramm trägt damit stark zum intra- und extrauniversitären Wachstum in den Bereichen Bioinformatik, Biotechnologie und Biomedizin bei. Dies ist besonders auch im Hinblick auf den Biotechnologiestandort Bayern und die strategische Initiative Digitalisierung Bayern wichtig. Seit der Umstellung auf das Bachelor-/Masterprogramm werden mit dem Bachelorstudiengang Bioinformatik nun die notwendigen Grundlagen für das häufig angeschlossene Masterstudium gelegt und damit der Grundstein für den Nachschub an hoch qualifizierten Kräften für die Region gelegt.

Durch ihre tragende Beteiligung an diesem Studiengang trägt die Fakultät für Informatik der TUM dem Umstand Rechnung, dass der Einsatz von Informatik in den Lebenswissenschaften und der Medizin als wichtiges Einsatzgebiet zur innovationsbestimmenden Kraft geworden ist.

1.3 Zielgruppen

Als Zielgruppe bringen BIM Bewerber ein Interesse an biologischen Fragestellungen sowie ein Verständnis für abstrakt-logische Zusammenhänge mit. Bioinformatik ist eine interdisziplinäre Forschungsrichtung, die sich enorm schnell entwickelt. Sie prägt die Digitalisierung der Lebenswissenschaften. Folglich sollten BIM Studierende muti-

¹ http://www.dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2000/pressemitteilung_nr_39/index.html

ger, flexibler, vielseitiger und experimentierfreudiger sein als ihre Kollegen in traditionellen Disziplinen. Die Lösung komplexer Probleme ebenso wie die Abstraktion biologischer Prozesse erfordern unorthodoxe kreative Lösungen. Die meisten Bioinformatik Absolventen werden im Laufe ihrer Abschlussarbeiten mehr Zeit mit der Entwicklung praxisorientierter Software verbracht haben als ihre Kollegen aus anderen Informatik-Studiengängen, die Suche nach methodisch perfekten Lösungen tritt gegenüber den Herausforderungen aus Mathematik, Physik und anderen Spezialisierungen der Informatik in den Hintergrund. Bioinformatiker kooperieren mehr mit experimentellen Biologen und Medizinerinnen als alle anderen Absolventen theoretisch/technischer Fächer.

Die rasante Entwicklung der dynamischen Disziplin Bioinformatik wird - wie alle Entwicklungen in der modernen Biologie - international von Institutionen in Europa, den USA und Kanada, Japan und neuerdings auch in China vorangetrieben. Publikationen und internationale Konferenzen als Informationsquellen werden ausschließlich auf Englisch angeboten. Daher ist es beinahe undenkbar, diese Disziplin auf hohem Niveau zu studieren, ohne fließend Englisch zu sprechen und zu schreiben. Um beurteilen zu können, ob ein Bewerber für das Bioinformatik Bachelorstudium geeignet ist, fließen im Eignungsfeststellungsverfahren die Noten in den Fächern Mathematik, Informatik, Biologie, Chemie, Physik, Englisch und Deutsch bereits in der ersten Stufe mit ein. Englischkenntnisse werden vorausgesetzt und nachgefragt, sie sind kein formales Zulassungskriterium. In einem möglicherweise notwendigen Auswahlgespräch werden Fähigkeiten in den Bereichen Logik, Algorithmisches Denken, Abstraktionsvermögen, Analytisches Denken, Mathematik, sowie Englisch (aktiv) getestet. Besondere Vorkenntnisse, die - insbesondere in den Bereich Informatik und Biologie - über das allgemeine Gymnasialwissen hinausgehen, sind willkommen, werden aber nicht ausdrücklich geprüft. Das Eignungsfeststellungsverfahren hat sich bewährt, wie aus dem Rückgang der Zahl der Studienabbrecher ersichtlich ist.

Der Bachelorstudiengang (B.Sc.) Bioinformatik ist bisher die einzig akzeptierte Qualifikation für den anschließenden Masterstudiengang (M.Sc.) Bioinformatik. Langfristig ist geplant, die Studierbarkeit der Bachelor- und Masterstudiengänge für internationale Studierende zu ermöglichen. Die Möglichkeit, während der Regelstudienzeit ein Auslandssemester zu absolvieren, fördert die Internationalisierung zusätzlich. BIM-BS Studierende werden von Beginn an mit Englisch als lingua franca der Bioinformatik vertraut gemacht. Seminarvorträge und Diskussionen werden auch auf Englisch gehalten, zunehmend werden Module auf Englisch angeboten.

2 Qualifikationsprofil

Die Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik erwerben sowohl die Fähigkeiten eines Informatikers als auch die Kenntnisse eines Biowissenschaftlers. Dazu können die Absolventen die Formalismen der Informatik zur Beschreibung komplexer lebender Systeme nutzen, um biologische Daten aus hochdimensionalen Datenräumen im Kontext biologischen Wissens zu interpretieren. Die rationale systematische

Analyse der Daten ersetzt die intuitive Interpretation biologischer Phänomene. Die Verschränkung dieser komplementären Konzepte und Begrifflichkeiten (Informatik vs. Biologie) ist eines der spezifischen, zentralen Anliegen der Bioinformatik-Ausbildung. Die BIM-BS Studierenden werden in Grundlagen und Technologien eingeführt, um so Grundlagen für den forschungsorientierten Masterstudiengang zu schaffen. BIM-MS (Bioinformatik München - Masterstudiengang) hat die Eigenständigkeit, wissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten zum Ziel. Für den erfolgreichen BIM-BS Abschluss steht das Ziel im Vordergrund, biologische Beobachtungen digital mit den Methoden der Bioinformatik darzustellen, bioinformatische Werkzeuge zur Analyse experimenteller Daten einzusetzen und in der Lage zu sein, mit den Kollegen innerhalb der Disziplin und mit den kooperierenden Partnern aus den Lebenswissenschaften über konkrete Problemstellungen der Bioinformatik kompetent zu kommunizieren.

Das Potential der biologischen Forschung wird vom technologischen Fortschritt bestimmt. Sie ist datenorientiert. Zur Bewältigung und Exploration komplexer großer Datenmengen stützt sich die Bioinformatik auf Grundlagen der Mathematik (Diskrete Strukturen und statistische Verfahren / stochastische Modelle), deren Kenntnis Voraussetzung zur biologischen Datenanalyse ist. Bisher sind längst nicht alle Herausforderungen, die Strukturierung und systematische Auswertung der Daten stellt, bewältigt. Vor allem die Strukturierung des in der Literatur kumulierten biologischen Wissens (z.B. durch Methoden des Textmining) ist ein ungelöstes, brennend wichtiges Problem angesichts von mehr als 2 Millionen Publikationen pro Jahr. Um den interdisziplinären Anforderungen gerecht zu werden, müssen Absolventen Grundlagen aus den Bereichen Biochemie, Biologie, Informatik sowie Mathematik und Stochastik beherrschen. Als Beispiel soll der Fluss von Metaboliten in einem Mikroorganismus dienen: seine Genetik kodiert die beteiligten Enzyme, die Metaboliten umwandeln, Differentialgleichungen werden eingesetzt, um den Prozess der Umwandlung zu modellieren, die erhobenen Daten müssen verwaltet, analysiert, interpretiert und die Ergebnisse visualisiert werden.

Durch die beispielhafte Kooperation beider Münchner Elite-Universitäten (LMU & TUM), vertreten durch Fakultäten und Lehrstühle, wurde ein Bachelorstudiengang etabliert, der diesen Anforderungen gerecht wird.

Das weite Spektrum der Bioinformatik zwischen Informatik und Bioinformatik wird geprägt durch die sehr unterschiedlichen Anforderungen der biologischen Fragestellungen.

Generell: Die Bioinformatik ist eine ihrem Wesen nach interdisziplinäre Wissenschaft. Sie baut auf den Grundlagen der Informatik auf und nutzt die Möglichkeiten moderner Informationstechnologien. Um den multidisziplinären Anforderungen gerecht zu werden, wird Wert auf eine umfassende Grundausbildung gelegt. Die Absolventen des Bachelorstudiengangs verfügen über ein solides Informatikwissen, welches unabhängig von der technischen Fortentwicklung seinen Wert behält. Sie beherrschen die Entwicklung und Implementierung von Softwaresystemen und den Umgang mit Algo-

rithmen und Datenstrukturen sowie Datenbanksystemen. Daneben verfügen sie über die notwendigen theoretischen Kenntnisse im Bereich von Komplexität und Berechenbarkeit. Diese Kenntnisse sind zur Bearbeitung großer und komplexer Datenmengen unverzichtbar. Gute praktische Fähigkeiten ermöglichen es, bekannte Algorithmen anzupassen und zu implementieren. Im Bereich der molekularen Biologie und Biochemie verfügen die Absolventen über die theoretischen Grundlagen und Kenntnisse des Standes der Wissenschaft, die notwendig sind, um mit dem Einsatz von Algorithmen und bioinformatischen Werkzeugen experimentelle Daten zu organisieren, strukturieren, analysieren und interpretieren. Das gilt für Standardverfahren (z.B. Analyse der Genotypisierung aus Populationsstudien) ebenso wie für spezifische Anwendungen (z.B. Genexpression von Einzelzellen).

Durch praktische Laborerfahrungen sind die Absolventen mit der immanenten Fehler- und Störanfälligkeit von biologischen Experimenten vertraut und besitzen ausreichende Kenntnisse in Statistik und Stochastik, um mit dieser Unsicherheit formal korrekt umgehen zu können. Sie sind in der Lage, biologische Probleme mit Hilfe der Formalismen der Informatik und Mathematik zu beschreiben und zu bearbeiten. Konkret bedeutet dies:

- Sie verfügen über fundierte Kenntnisse in der Software-Entwicklung und in der Algorithmik, d.h. sie können für eine gegebene Spezifikation größere Softwareprojekte planen, die benötigten grundlegenden Datenstrukturen und Algorithmen auswählen und das zugehörige Programm implementieren.
- Sie verfügen über fundierte Kenntnisse im Bereich Datenbanksysteme und der theoretischen Informatik, d.h. sie können die für eine Softwarelösung benötigten effizient einsetzbaren Datenbankschemata konzeptionieren und erstellen, für einfache zustandsorientierte Spezifikationen Modellierungen mittels Automaten vornehmen und für konkrete Problemstellungen deren Komplexität abschätzen und ggf. alternative Methoden (wie Approximationsalgorithmen oder Heuristiken) einsetzen.
- Sie kennen die grundlegenden mathematischen Methoden, die in der Bioinformatik (und Informatik) eingesetzt werden, d.h. sie können für die Analyse von Laufzeit- und Speicherplatzverhalten von Algorithmen die benötigten mathematischen Verfahren auswählen und einsetzen, sie können die für die Implementierung von Softwareprodukten benötigte Modellierung sowohl mittels diskreter als auch stochastischer Konzepte bewerten und einsetzen.
- Sie verfügen über vertiefte Kenntnisse in der Biologie und Biochemie, d.h. sie sind mit den grundlegenden Konzepten der Biologie, insbesondere der Zellbiologie, Genetik und Evolution, aber auch mit den biochemischen Konzepten der Molekularbiologie vertraut. Sie können sich in neue Anwendungen der Molekularbiologie und in die Prinzipien neuer biotechnologischer Verfahren eigenständig einarbeiten, um die daraus resultierenden experimentellen Daten für bioinformatische Fragestellungen einsetzen zu können.

- Sie sind mit dem Arbeiten im Labor im Bereich der Molekularbiologie und Biochemie vertraut, können einfache Experimente durchführen und kennen die Problematik bei der Erhebung experimenteller Daten.
- Sie kennen die grundlegenden Methoden und Algorithmen der Bioinformatik und die gängigsten Fragestellungen der Bioinformatik mit den aktuellen Lösungsansätzen und sind in der Lage, diese für gegebene Fragestellungen auszuwählen oder ggf. geeignet anzupassen.
- Sie sind in der Lage, eigenständig für konkrete einfache biologische Fragestellungen eine automatisierte Lösung zu spezifizieren, zu planen und diese als Softwarelösung zu implementieren und die Ergebnisse im biologischen Kontext zu analysieren, zu evaluieren und zu validieren.
- Sie sind in der Lage, eine konkret umrissene wissenschaftliche Problemstellung eigenständig zu lösen und die Ergebnisse schriftlich und in einer Präsentation darzustellen (Bachelor's Thesis).

Diese Basis befähigt sie, sowohl mit der Entwicklung der technischen Möglichkeiten auf Seiten der Informatik als auch mit den umfangreichen Datensätzen aus einer wachsenden Zahl von experimentellen Technologien umzugehen (z.B. Sequenzierung, Strukturbiologie, Expressionsanalyse, Populationsgenetik) und ihr Wissen auf dem aktuellen Stand zu halten. Mit den Konzepten aus Biologie und Informatik vertraut, bilden sie häufig die Schnittstelle zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen und überbrücken die häufig bestehenden Hürden für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Mit diesen Qualifikationen sind Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik in der Lage, sowohl einen Einstieg in die Industrie als auch das mehr forschungsorientierte und vertiefende Masterstudium aufzunehmen.

Fachkompetenzen: Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik sind in der Lage, anhand einer Aufgabenbeschreibung die Lösbarkeit eines Problems zu erkennen, sowie einen Lösungsweg vorzuschlagen und umzusetzen. Eine solche Aufgabe könnte z.B. die Suche nach der kausalen Mutation einer genetisch bedingten Erkrankung oder die Entwicklung einer neuen Methode und Hypothese zur Erklärung eines Hochdurchsatzdatensatzes sein. Absolventen können die erhaltenen Ergebnisse interpretieren und deren Verlässlichkeit abschätzen. Sie sind damit in der Lage, gemeinsam mit Lebenswissenschaftlern neue Experimente zu planen und die Einsatzmöglichkeiten neuer Techniken vorzuschlagen. Bioinformatiker nehmen in interdisziplinären Arbeitsgruppen daher häufig Schlüsselpositionen ein.

Methodenkompetenzen: Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik beherrschen die theoretischen Grundlagen der Bioinformatik und können diese in der Praxis adäquat anwenden. Sie kennen die für Fragen der Bioinformatik üblichen Repräsentationsformen. Sie sind vertraut mit Datenformaten und bioinformatischen Ressourcen (Datenbanken, Services, Programmbibliotheken) und können diese einsetzen. Sie haben einen Überblick über die typischerweise in der Bioinformatik eingesetzten

Algorithmen zur statistischen Bewertung (Sequenz-, Strukturanalyse, Genetik), kennen die wichtigsten Standardsoftwarepakete und können diese anwenden. Sie können die gewonnenen Ergebnisse je nach Erfordernis aus theoretischer oder praktischer Sicht sowohl für Informatiker als auch für Biologen verständlich darstellen.

Absolventen können aufgrund ihrer Methodenkompetenz die bioinformatische Bearbeitung der Daten einer forschenden Arbeitsgruppe analysieren und die dazu erforderlichen Algorithmen und IT-Strukturen implementieren. Sie sind in der Lage, bestehende Workflows, Programme und Datenverwaltungssysteme zu pflegen und weiter zu entwickeln. Sie sind in der Lage, Funktion und Parametrisierung bioinformatischer Software den Nutzern zu erläutern und sie in die Bedienung und Interpretation der Daten einzuführen.

Sozialkompetenzen: Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik sind ausgebildet, in interdisziplinären Projektgruppen zu arbeiten. Dabei beherrschen sie die Kommunikation in der engeren Gruppe mit anderen Teilprojektmitgliedern sowie mit Kooperationspartnern im rein informatischen oder rein biologischen Umfeld. Sie kennen die Probleme, die aus den unterschiedlichen Wissenschaftskontexten herrühren. Sie können mit den Konflikten, die aus Kommunikationsproblemen, inhaltlichen Missverständnissen und dem daraus resultierendem Zeitdruck entstehen, umgehen.

Selbstkompetenzen: Absolventen des Bachelorstudiengangs Bioinformatik können gestellte Aufgaben selbstständig und zielgerichtet im Rahmen ihrer Kenntnisse und Fähigkeiten bearbeiten. Sie sind dabei auch ihrer Limitierungen bewusst und gehen verantwortungsvoll mit ihrer Arbeitskraft um.

3 Bedarfsanalyse/Informationen zum Bedarf

3.1 Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt

Bayern ist ein Hightech-Standort: 27,5% aller Patentanmeldungen in Deutschland kamen 2008 aus Bayern. Und der Großraum München ist ein hervorragender Wirtschaftsstandort: In der Region München leben und arbeiten über 340.000 kreative Wissensarbeiter, das entspricht einem Drittel aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Region. Damit ist München führend unter den deutschen Metropolen.

Im Münchner Branchenmix ist die Informations- und Kommunikationstechnologie eine tragende Säule. Daneben stellt die Region München und Oberbayern eine der wichtigsten Biotechnologieregionen Deutschlands dar und ist mit zwei Gewinnern der Exzellenzinitiative des Bundes sowie mehreren Max-Planck-Instituten und anderen Großforschungseinrichtungen des Bundes einer der renommiertesten Wissenschaftsstandorte in Deutschland. Deswegen schließen die meisten Absolventen des BIM Bachelorstudiums immer noch das BIM Masterstudium an und helfen somit den immer noch wachsenden Bedarf an Nachwuchskräften im Bereich der Grundlagenforschung zu decken.

Die Bioinformatik ist noch zu jung und dynamisch, um schon ausführliche Quellen über den Arbeitsmarkt dieser Spezialisierung zu haben. Bioinformatiker arbeiten (1) an Universitäten, der Max-Planck Gesellschaft und Forschungszentren des Bundes in spezialisierten Arbeitsgruppen (im akademischen Bereich 72 Bioinformatikgruppen; hinzu kommen 165 Arbeitsgruppen, die Bioinformatikthemen als Teil ihrer Forschung sehen¹), (2) in kleinen und mittleren Unternehmen der Bioinformatik (Biomax, Genomatix, GenXPro, Brain, BioSolveIT etc.), (3) in den Unternehmen der Biotechnologie (Qiagen, GATC, Eurofins, Medigene, Morphosys, Pieris, etc.), (4) in Unternehmen der Agro- und Pharmaindustrie (Bayer, BASF, Merck, Roche, Boehringer Ingelheim, KWS, etc.).

Auf dem BIM Bioinformatik Absolventenfest 2012 wurde eine Befragung der anwesenden Absolventen durchgeführt, auf die 19 Absolventen (2 Diplom, 5 Master, 12 Bachelor) antworteten. Sämtliche Master- und Diplomabsolventen gaben eine Promotion als Anschlussbeschäftigung an. Von den 12 Bachelorabsolventen möchten 9 mit dem Masterstudium Bioinformatik weitermachen, 2 Absolventen nahmen eine Tätigkeit außerhalb der Universität auf und ein Absolvent wechselte den Studiengang.

3.2 Nachfrage potentieller Studierender

In den letzten Semestern sind die Zahlen der BIM Bachelorstudierenden sehr stabil und zeigen einen positiven Trend (Fig. 2), wobei 2011 aufgrund des doppelten Abiturjahrgangs in Bayern eine Sonderrolle einnimmt, da hier auch ein außerordentlicher Studienbeginn zum Sommersemester 2011 möglich war. Der Bewerberrückgang 2012 lässt sich auf die anfängliche Meinung der ersten G8-Jahrgänge zurückführen, lieber später mit einem Studium zu beginnen als in überfüllten Hörsälen zu sitzen. Darüber hinaus sind die Bewerberzahlen der Bioinformatik als neues Feld ähnlich wie die Biotechnologie stärker von den aktuell wahrgenommenen Zukunftschancen abhängig.

¹ <http://www.bioinformatik.de>, Stand April 2016

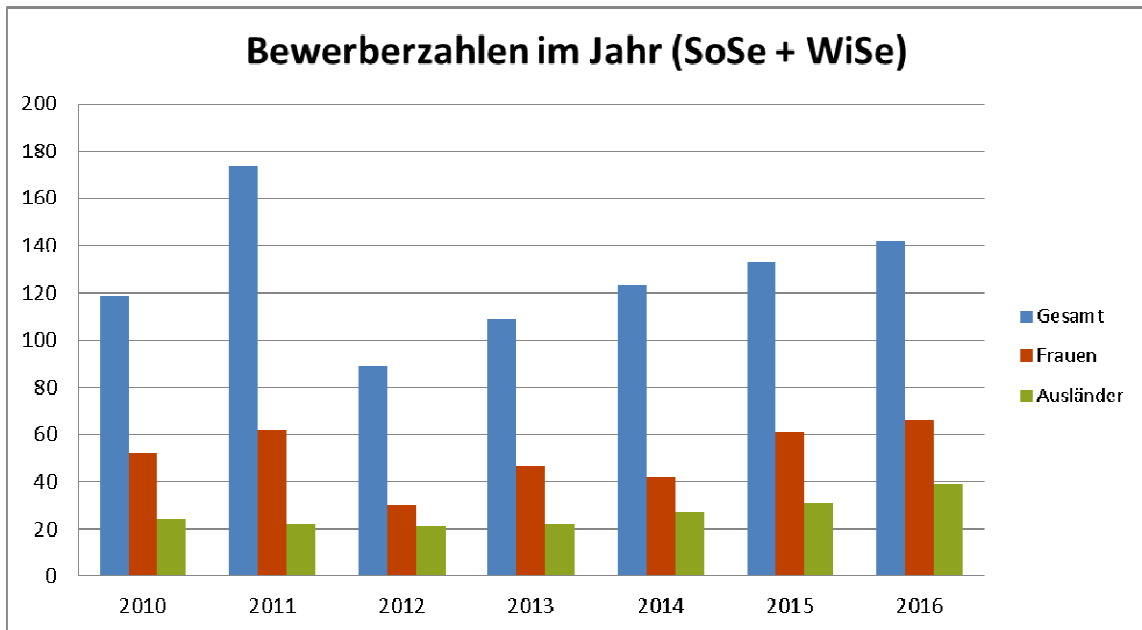


Fig. 2: Bewerberzahlen im Bachelorstudiengang Bioinformatik (jeweils für das Sommersemester und das darauf folgende Wintersemester zusammengefasst)

Die Anzahl aller Studierenden im Bachelorstudiengang Bioinformatik sind kontinuierlich gestiegen (Fig. 3). Allein der doppelte Abiturjahrgang in Bayern aufgrund der G8-Einführung hat zu einem verstärkten Anstieg der Studierendenzahlen im WS11/12 geführt. Zusammen mit dem bereits erwähnten verspäteten Studienbeginn einiger G8-Studierenden an die Universitäten erklärt sich der leichte technische Einbruch der Studierendenzahlen im WS12/13 und WS13/14.

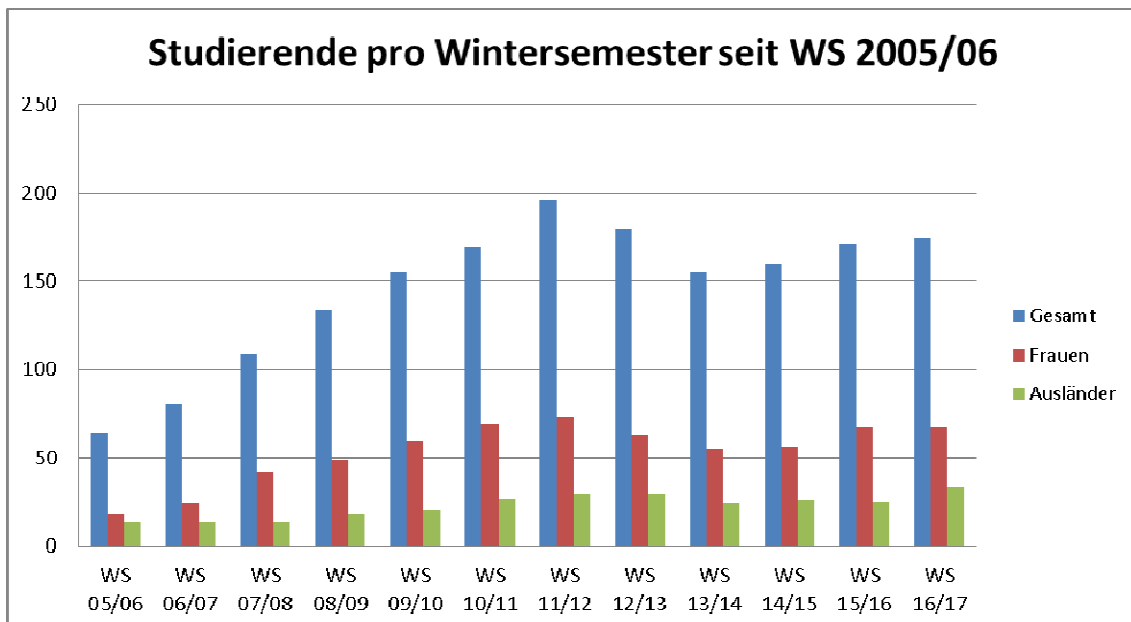


Fig. 3: Studierendenzahlen im Bachelorstudiengang Bioinformatik (jeweils die konsolidierten Zahlen für das Wintersemester)

3.3 Limitierende Faktoren

Die am Bachelorstudiengang Bioinformatik beteiligten Fakultäten stellen sicher, allen geeigneten Bewerbern einen Studienplatz und Plätze in den Pflichtmodulen anzubieten.

3.4 Zielvorgaben: stetiges Wachstum

Die Zahlen der Anfänger in dem Bioinformatik Bachelorstudium wachsen langsam, aber stetig (Fig. 4).

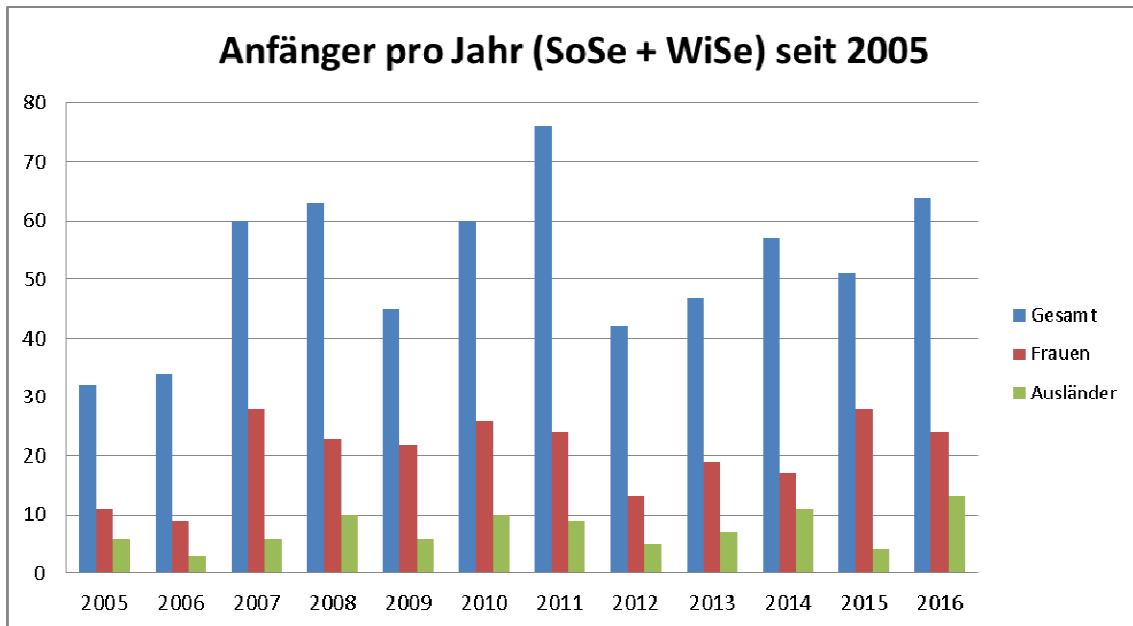


Fig. 4: Anfängerzahlen im Bachelorstudiengang Bioinformatik (jeweils die Studienanfänger für das Sommersemester und das darauf folgende Wintersemester zusammengefasst)

Der Einbruch im WS 09/10 könnte auf eine unsichere Wirtschaftslage zurückzuführen sein, die die Bioinformatik möglicherweise schwerer betrifft als andere Gebiete der Informatik. Die Bioinformatik ist ein sehr forschungsorientiertes Gebiet, das die Verfügbarkeit von Mitteln für Forschung und Entwicklung im öffentlichen und privaten Bereich erfordert. Insbesondere bei Firmen aus dem Bereich der Biotechnologie handelt es sich noch sehr oft um kleinere, in der Etablierung befindliche Unternehmen.

Da aufgrund des gemeinsamen Studienganges mit der LMU das Bioinformatik Bachelorstudium ausnahmsweise auch schon im Sommersemester 2011 aufgenommen werden konnte, zeigt sich hier bei den Anfängerzahlen ein Ausreißer nach oben. Die geringeren Anfängerzahlen 2012 lassen sich wieder durch den Trend erklären, dass die ersten G8-Absolventen lieber später mit einem Studium beginnen wollten als in vollen Hörsälen zu sitzen. Insgesamt zeigt sich aber mit etwa 60 Studienfängern ein solider, leicht positiver Trend.

Wenn wir die Absolventen des BIM-BS berücksichtigen, wird deutlich, dass der Erfolg dieser außergewöhnlichen Ausbildung sehr stabil ist (Fig. 5): Seit dem Studienjahr

2010/11 erwerben etwa 30 Studierende jährlich ihren Abschluss (die Zahlen vom 2015/16 sind noch unvollständig).

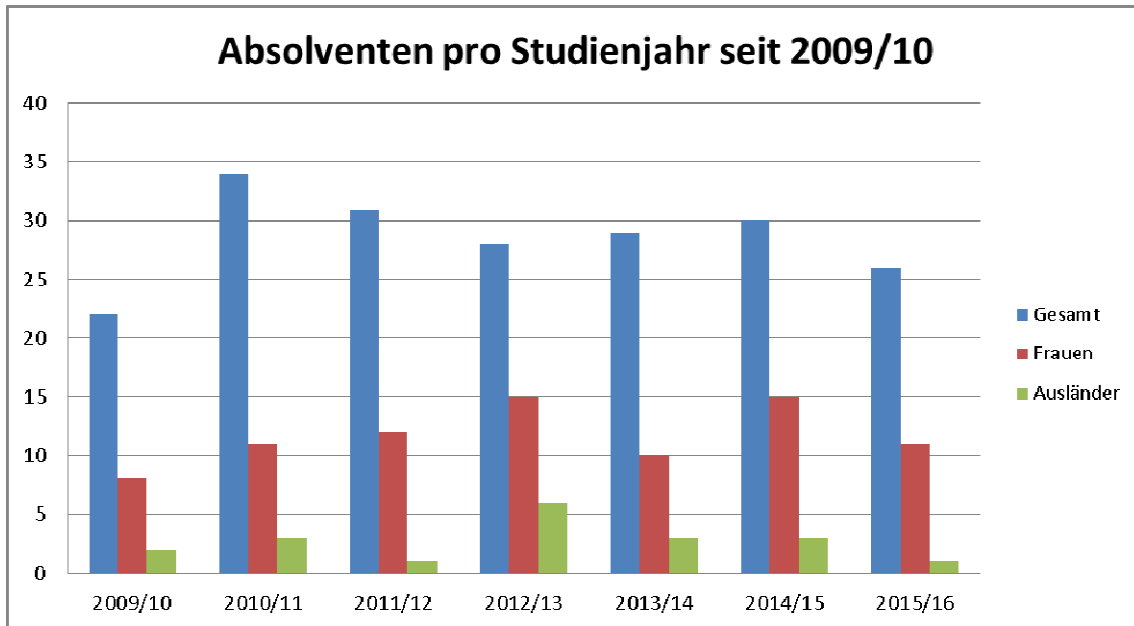


Fig. 5: Absolventenzahlen im Bachelorstudiengang Bioinformatik (jeweils für ein Studienjahr, also das Wintersemester und das darauf folgende Sommersemester zusammengefasst)

4 Wettbewerbsanalyse/Positionierung des Studiengangs

Der Bachelorstudiengang Bioinformatik ist als Teil des Bioinformatik München (BIM) Programmes als einer von fünf DFG Preisträger 2001 entstanden und gehört seitdem zu den prominentesten Bioinformatikstudiengängen im deutschsprachigen Bereich. Der BIM-BS rangiert im europäischen Raum an der Spitze der Bioinformatik-Curricula: (1) Zahl der beteiligten Institute: der Studiengang hat mit der Verknüpfung von Universitäten und Forschungseinrichtungen eine kritische Masse erreicht, die nur noch mit nationalen Verbänden vor allem kleinerer Länder vergleichbar ist (SIB: Swiss Institute Bioinformatics bzw. NBIC: Netherlands Bioinformatics Center) (2) Die Zahl der beteiligten Bioinformatik-Professuren, die aktiv den Studiengang implementieren, hat inzwischen 8 erreicht (5 TUM, davon 3 am WZW, 3 LMU).

Aufgrund der geforderten Deutschkenntnisse werden nicht-deutschsprachige Studierenden bisher nicht zugelassen (allgemeine Regelung der Hochschulzulassung). Der Zugang zum internationalen Pool an hochtalentierten und mobilen Studierenden ist deswegen entsprechend eingeschränkt. Wie bereits erwähnt, bereitet sich BIM vor, dieses Problem zu lösen.

Mindestens 21 universitäre Einrichtungen in Deutschland bieten im Wintersemester 2016/17 die Möglichkeit eines Studiums der Bioinformatik an. In 9 von diesen ist ein Abschluss in der Bioinformatik das Hauptziel (Tabelle 1), in den anderen 12 ist Bioinformatik eine mögliche Spezialisierung eines Studiums in einem anderen Fach. BIM

ragt aus der Liste der Einrichtungen, die in Deutschland Bioinformatik lehren, eindeutig in Bezug auf die Anzahl der international in dem Feld der Bioinformatik renommierten Forschungsgruppen heraus (Tabelle 1). Der Studiengang in München hat in seiner Breite der Forschungsthemen und des Lehrangebots ein absolutes Alleinstellungsmerkmal, vor allem durch die gelungene Kooperation der führenden Lehrstühle für Bioinformatik an TUM und LMU sowie der Integration der Lehre der beteiligten Fakultäten. Dieses Angebot ist in Europa ohne Beispiel, München gehört zu den prominentesten Standorten der Bioinformatikausbildung. Am ehesten kommt die Region Heidelberg/Mannheim mit dem EMBL (*European Molecular Biology Laboratory*) und dem DKFZ (Das Deutsche Krebsforschungszentrum) der Münchner Forschungslandschaft in den Lebenswissenschaften nahe. Allerdings bieten weder Heidelberg noch Mannheim einen Bachelor- oder Masterstudiengang in der Bioinformatik an.

International ist die Bachelorausbildung der Bioinformatik nur sehr schwach vertreten. In den angelsächsischen Ländern werden meist Masterstudiengänge zum Aufbau auf B.Sc. in Biologie oder Informatik angeboten. In USA sind die Masterstudiengänge weniger eng definiert als in Europa.

Tabelle 1: Studiengänge in Deutschland mit Abschluss „Bioinformatik Bachelor“

| Universität | Bioinformatik Gruppen | Seit | Sprache |
|-------------------------------------|-----------------------|------|------------------|
| FU Berlin | 3-5 | 2000 | Deutsch |
| Univ Bielefeld | 5 | 2000 | Deutsch |
| Goethe Univ Frankfurt | 1 | 2006 | Deutsch/Englisch |
| Martin Luther Univ Halle-Wittenberg | 3 | 2005 | Deutsch |
| Friedrich Schiller Univ Jena | 2 | 2001 | Deutsch/Englisch |
| LMU/TUM München | 8-12 | 2000 | Deutsch |
| Univ Saarland Saarbrücken | 4-7 | 2000 | Deutsch |
| Eberhard Karls Univ Tübingen | 5 | 2000 | Deutsch |

Studiengänge mit verwandtem Profil: Bei dem im Titel ähnlich genannten Studiengang *Molekulare Biotechnologie* (WZW) an der Technischen Universität München handelt es sich um eine Disziplin, die sich inhaltlich deutlich von den Zielen und Kompetenzen der Bioinformatik unterscheidet. *Molekulare Biotechnologie* fokussiert auf Themen des Designs von Biomolekülen und ihrer technologischen Nutzung und ist – im Gegensatz zum Bachelorstudiengang Bioinformatik – experimentell orientiert. An der LMU gibt es keine Studiengänge mit verwandtem Profil.

5 Aufbau des BIM-BS Studiengangs

Bioinformatik nutzt die Werkzeuge der Informatik (inkl. anderer theoretischer Fächer), um Fragen der Biologie (inkl. anderer Lebenswissenschaften) zu beantworten. Diesen Brückenschlag spiegelt der Aufbau des Bachelorstudiengangs wieder. Bioinformatik, Informatik, und Biologie bilden dementsprechend die drei Grundsäulen, auf denen das BIM-BS (Bioinformatik München Bachelor) aufbaut. Das BIM-BS Curriculum basiert somit auf der Vermittlung von Grundkenntnissen in drei „Säulen“: (1) Bioinformatik, (2)

Informatik, Mathematik, Statistik, und (3) Biologie, Biochemie, Chemie. Die Grundkenntnisse sind Voraussetzung für die Anwendung bioinformatischer Werkzeuge in der Praxis: ohne das Verständnis der mathematischen und informatischen Grundlagen der Bioinformatik einerseits und ohne die Kenntnis der wesentlichen biologischen Prinzipien und des aktuellen Stands der biologischen Forschung andererseits können die Studierenden weder Funktion bioinformatischer Algorithmen noch die Sinnhaftigkeit ihrer Anwendungen verstehen und beurteilen.

Diese Säulen werden in Modulen vermittelt, die den jeweiligen übergeordneten Disziplinen zugeordnet sind. Insbesondere die obligatorischen Informatik, Mathematik und Statistik Grundmodule sind identisch mit jenen, die auch für den Bachelorstudiengang Informatik abzuschließen sind. Zusätzlich dazu werden die grundlegenden Einführungsmodule aus Biologie, Chemie und Biochemie belegt. Das Bindeglied bilden spezielle Bioinformatikmodule in einer eigenen Säule. Diese werden durch einschlägige Seminare und Praktika mit der Bearbeitung typischer Bioinformatikfragestellungen ergänzt. Aufgrund des großen Pflichtanteils an Modulen gibt es nur sehr wenige Wahl- und keine Vertiefungsmodule mehr, wie etwa im Bachelorstudiengang Informatik. Der Bachelorstudiengang Bioinformatik stellt als erster berufsqualifizierender Abschluss ein Einstieg in die Bioinformatik dar. Das Hauptaugenmerk des Bachelorstudiums liegt allerdings darin, auf das forschungsqualifizierende Masterstudium vorzubereiten.

Der skizzierte Studienplan (siehe Tabelle 2a bzw. Tabelle 2b) gibt einen Überblick über den Ablauf des BIM-BS. Die drei Säulen – Bioinformatik (90 ECTS), Biologie (+Biochemie, +Chemie, 30 ECTS), Informatik (30 ECTS) und Mathematik/Statistik (30 ECTS) – sind separat zusammengefasst. Der Bereich-spezifische Umfang an ECTS ist in der letzten Zeile aufgeführt (Tabelle 2a bzw. Tabelle 2b). Den größten Teil nehmen die dedizierten Bioinformatikmodule ein, die sich ohne die Bachelor's Thesis (12 ECTS) auf insgesamt 78 ECTS belaufen. Diese Module werden kollegial von den Bioinformatikprofessoren beider Universitäten gehalten.

In Tabelle 2a bzw. 2b sind die Studienpläne jeweils mit allen Modulen der zweiten Säule Informatik, Mathematik und Statistik von der LMU bzw. von der TUM angegeben. Beide Studienpläne entsprechen den KMK-Vorgaben und sind, wie in den Stundenplänen dargelegt, auch studierbar. Den Studierenden steht es frei, unter Berücksichtigung der im folgenden Absatz genannten Äquivalenzen von Modulen, die Module der zweiten Säule Informatik, Mathematik und Statistik frei zu wählen. Aufgrund der kombinatorischen Explosion der möglichen Studienpläne kann sich dabei sowohl die ECTS-Belastung pro Semester ändern als auch die Überschneidungsfreiheit der Module im Stundenplan und bei Prüfungen nicht immer gewährleistet werden. Daher wird den Studierenden vor einer solchen Entscheidung der Besuch der Fachstudienberatung empfohlen.

Die Lernergebnisse der Module in Informatik an der LMU bzw. der TUM sind im Wesentlichen gleichwertig, ebenso sind die Lernergebnisse der Module im Bereich Mathematik und Statistik an der LMU bzw. an der TUM im Wesentlichen gleichwertig. Bei

der Wahl der Module in der zweiten Säule Informatik, Mathematik und Statistik ist jedoch dabei zu beachten, dass sowohl im Bereich Informatik als auch im Bereich Mathematik und Statistik jeweils genau 30 ECTS zu erbringen sind. Somit ergeben sich die folgenden äquivalenten Modulgruppen an der LMU und der TUM, die jeweils gemeinsam an einer der beiden Universitäten absolviert werden müssen:

- *Einführung in die Programmierung, Bioinformatik-Tutorium, und Formale Sprachen und Komplexität* [alle LMU] zu *Einführung in die Informatik für Bioinformatiker* und *Einführung in die Theoretische Informatik* [alle TUM]
- *Algorithmen und Datenstrukturen* [LMU] zu *Grundlagen: Algorithmen und Datenstrukturen* [TUM]
- *Datenbanksysteme 1* [LMU] zu *Grundlagen: Datenbanken* [TUM]
- *Analysis, Logik und Diskrete Strukturen, Lineare Algebra, Stochastik und Statistik* [alle LMU] zu *Diskrete Strukturen, Lineare Algebra, Analysis und Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie* [alle TUM]

Tabelle 2a: Studienplan Bioinformatik (FPSO 2017), zweite Säule an der LMU

| Sem | Bioinformatik** | Informatik, Mathematik & Statistik | Biologie, Chemie & Biochemie | ECTS #Prüf. |
|-----|--|---|--|-------------|
| 1 | Einführung in die Bioinformatik 1 2V+3Ü/6* | Analysis 4V+2Ü/9 | Chemie 3V/3 | 30 4 |
| | | Einführung in die Programmierung 4V+2Ü/9 | Biologie 2V/3 von 6 | |
| 2 | Einführung in die Bioinformatik 2 2V+3Ü/6 | Algorithmen und Datenstrukturen 3V+2Ü/6 | Biologie 2V/3 von 6 | 31 5 |
| | Problem-Based-Learning 2S/4 von 9 | Bioinformatiker-Tutorium 2Ü/3 | Grundlagen zur Biochemie 2V/3 von 6 | |
| | | Logik und Diskrete Strukturen 3V+2Ü/6 | | |
| 3 | Problem-Based-Learning 3S/5 von 9 | Lineare Algebra 3V+2Ü/6 | Grundlagen zur Biochemie 2V/3 von 6 | 29 5 |
| | Programmierpraktikum Bioinformatik 8P/9 | Datenbankensysteme I 3V+2Ü/6 | | |
| 4 | Algorithmische Bioinformatik I 4V+2Ü/9 | Formale Sprachen und Komplexität 3V+2Ü/6 | Fortgeschrittene Biochemie 4V/6 | 30 4 |
| | | Stochastik und Statistik 4V+2Ü/9 | | |
| 5 | Algorithmische Bioinformatik II 4V+2Ü/9 | | Praktikum Molekularbiologie & Biochemie 10P/9 | 30 3 |
| | Praktikum Genomorientierte Bioinformatik 10P/12 | | | |
| 6 | Weiterführende Bioinformatik 3V+2Ü/6 | | | 30 4 |
| | Praktische Arbeit 4P/6 | | | |
| | Bachelor's Thesis 12 | | | |
| | Wahlmodul 6 | | | |
| | 90 ECTS | 30+30=60 ECTS | 30 ECTS | 180 |

* Abkürzungen: „n1V+mÜ/o“ steht für n1 Semesterwochenstunden – SWS – Vorlesung, m SWS Übung, und o ECTS; n2P steht für n2 SWS eines Praktikums und n3S für n3 SWS eines Seminars. Namentlich sind nur Pflichtmodule aufgeführt.

** Bioinformatik Module werden zwischen LMU & TUM koordiniert und gemeinsam angeboten.

Tabelle 2b: Studienplan Bioinformatik (FPSO 2017), zweite Säule an der TUM

| Sem | Bioinformatik** | Informatik, Mathematik & Statistik | Biologie, Chemie & Biochemie | ECTS #Prüf. |
|------------|--|--|--|--------------------|
| 1 | Einführung in die Bioinformatik 1 2V+3Ü/6* | Diskrete Strukturen 4V+2Ü/8 | Chemie 3V/3 | 30 4 |
| | | Einführung in die Informatik für Bioinformatiker 4V+3Ü/10 | Biologie 2V/3 von 6 | |
| 2 | Einführung in die Bioinformatik 2 2V+3Ü/6 | Grundlagen: Algorithmen und Datenstrukturen 3V+2Ü/6 | Biologie 2V/3 von 6 | 30 4 |
| | Problem-Based-Learning 2S/4 von 9 | Lineare Algebra 4V+2Ü/8 | Grundlagen zur Biochemie 2V/3 von 6 | |
| 3 | Problem-Based-Learning 3S/5 von 9 | Analysis 4V+2Ü/8 | Grundlagen zur Biochemie 2V/3 von 6 | 31 5 |
| | Programmierpraktikum Bioinformatik 8P/9 | Grundlagen: Datenbanken 3V+2Ü/6 | | |
| 4 | Algorithmische Bioinformatik I 4V+2Ü/9 | Einführung in die Theoretische Informatik 4V+2Ü/8 | Fortgeschrittene Biochemie 4V/6 | 29 4 |
| | | Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie 3V+2Ü/6 | | |
| 5 | Algorithmische Bioinformatik II 4V+2Ü/9 | | Praktikum Molekularbiologie & Biochemie 10P/9 | 30 3 |
| | Praktikum Genomorientierte Bioinformatik 10P/12 | | | |
| 6 | Weiterführende Bioinformatik 3V+2Ü/6 | | | 30 4 |
| | Praktische Arbeit 4P/6 | | | |
| | Bachelor's Thesis 12 | | | |
| | Wahlmodul 6 | | | |
| | 90 ECTS | 30+30=60 ECTS | 30 ECTS | 180 |

* Abkürzungen: „n1V+mÜ/o“ steht für n1 Semesterwochenstunden – SWS – Vorlesung, m SWS Übung, und o ECTS; n2P steht für n2 SWS eines Praktikums und n3S für n3 SWS eines Seminars. Namentlich sind nur Pflichtmodule aufgeführt.

** Bioinformatik Module werden zwischen LMU & TUM koordiniert und gemeinsam angeboten.

Die Säule Bioinformatik dient dem Erwerb der zentralen Kompetenzen des Studiengangs: so werden in den Modulen Einführung in die Bioinformatik I, II und der Weiterführenden Bioinformatik die Grundlagen der Sequenz- und Genomanalyse, der Strukturbioinformatik, der sog. -omics Technologien vermittelt. Theorie und Praxis des Entwurfs und der Anwendung bioinformatischer Algorithmen werden im 3. mit 5. Semester sowohl mit den Modulen Algorithmische Bioinformatik I und II als auch mit dem Programmierpraktikum Bioinformatik und dem Praktikum genomorientierte Bioinformatik vermittelt. Diese Kenntnisse werden in Übungen, Seminaren und Praktika weiter vertieft. Das semesterübergreifende Modul Problem-Based-Learning (Semester

2 und 3) führt die Studierenden in das selbständige Einarbeiten in und Verstehen von bioinformatischen Problemstellungen, das Literaturstudium, das Erstellen von Präsentationen und wissenschaftlichen Aufsätzen sowie das Halten von Vorträgen und die wissenschaftliche Verteidigung eigener Ideen ein.

Die technische Informatik trägt nicht zum Qualifikationsprofil des BIM-BS bei und wurde nicht in das Curriculum aufgenommen, genauso wie auf ausgewiesene Module zu überfachlichen Grundlagen verzichtet wurde. Überfachliche Fähigkeiten („Softskills“, wie Zeit- und Selbstmanagement, Projektplanung und Konfliktlösung in der Gruppe) werden im Rahmen von Praktika (Programmierpraktikum, Semester 3 und Genomorientiertes Praktikum, Semester 5) sowie im Modul Problem-Based-Learning (Semester 2 und 3) erworben.

Die Fähigkeit, informatische Methoden und mathematische Modelle auf Probleme in den Lebenswissenschaften anwenden zu können, kann nicht alleine aus Vorlesungen und Übungen angeeignet werden. Hierzu sind im Curriculum zahlreiche Seminare und Praktika vorgesehen, um den interdisziplinären Brückenschlag an praktischen Beispielen auszuführen. Im Gegensatz zur Informatik ist neben der reinen Entwicklung und Implementierung von Algorithmen auch die Fähigkeit, mit in der Regel unvollständigen Spezifizierungen der Problemstellungen aus den Lebenswissenschaften und den nicht einheitlichen bzw. in unterschiedlich vorliegenden Formaten umgehen zu können, eine wesentliche Herausforderung in der Bioinformatik, auf die in den Praktika eingegangen wird.

Im Programmierpraktikum Bioinformatik im dritten Fachsemester wird die konkrete Implementierung vorgegebener Algorithmen für reale Daten aus den Lebenswissenschaften erlernt, wobei hier die Spezifikationen relativ vollständig sind, jedoch auch die Aufbereitung der biologischen Daten und die sinnvolle Interpretation der Ergebnisse Teil des Lernergebnisses ist. Das weiterführende Praktikum zur genomorientierte Bioinformatik im fünften Fachsemester basiert auf einer gegebenen biologischen bzw. bioinformatischen Fragestellung mit einer unvollständigen Spezifikation, so dass die Teilnehmer die Spezifikation und die Modellierung der Fragestellung sowie die Methoden zum Beantworten der Fragestellung und zur Validierung der Ergebnisse unter Anleitung selbst auswählen.

Auch das Praktikum Molekularbiologie und Biochemie im fünften Fachsemester spielt in diesem Kontext eine bedeutende Rolle. Hier werden nicht nur Kompetenzen zur eigenständigen Durchführung einfacher Laborexperimente erworben, sondern insbesondere auch das Verständnis für die und das Problembewusstsein bei der Erstellung experimenteller Daten im Labor geschärft, insbesondere für die damit verbundenen Probleme exakte Ergebnisse aufgrund der biologisch limitierenden Randbedingungen ermitteln zu können.

Das Modul Problem-Based-Learning im zweiten und dritten Fachsemester führt unter Anleitung in den Umgang mit wissenschaftlicher Literatur in der Bioinformatik ein und hat einen Seminarcharakter. Hier wird die Kompetenz erworben, sich mit konkreten

wissenschaftlichen Fragestellungen aus der Bioinformatik selbständig vertraut zu machen, d.h. dass die Teilnehmer sich für eine gegebene Fragestellung selbständig in die Literatur einarbeiten können, die wesentlichen Konzepte verstehen und reproduzieren können, diese sowohl in einem Vortrag als auch schriftlich wiedergeben können und ihre Ergebnisse in einer Diskussion wissenschaftlich verteidigen können. Diese Kompetenzen werden in den zuvor genannten Praktika weiter an kleineren konkreten Beispielen vertieft.

Insgesamt bereiten die Seminare und Praktika auf die Praktische Arbeit und die Bachelor's Thesis vor. Das Modul Praktische Arbeit dient zur selbständigen Vertiefung in einen engeren Bereich der Bioinformatik, aus dem sich in der Regel das Thema der Bachelor's Thesis ergibt. Hierzu wird unter Anleitung des Themenstellers als Ergebnis eine bioinformatische Fragestellung ausformuliert und so weitgehend spezifiziert, dass die ausführliche Bearbeitung als Bachelor's Thesis erfolgen kann. Das Modul wird mit einer wissenschaftlichen Ausarbeitung abgeschlossen. In der Bachelor's Thesis soll für diese Problemstellung aus der Bioinformatik selbständig zuerst eine geeignete Modellierung und mit deren Hilfe eine rechnergestützte Lösung gefunden werden. Darauf aufbauend sollen die damit erzielten Ergebnisse aus wissenschaftlicher Sicht im Kontext der Themenstellung evaluiert und diskutiert werden.

Für die Bachelor's Thesis ist eine Bearbeitungszeit von vier Monaten vorgesehen, da zum einen parallel auch andere Module samt deren studienbegleitenden Prüfungen einschließlich Prüfungsvorbereitung zu absolvieren sind und zum anderen experimentelle Teile der Bachelor's Thesis die unverzügliche Weiterarbeit in Vollzeit nicht erlauben. Die Rechenzeiten zur Ausführung der eigenen Implementierung, zur Bestimmung von Modellparametern, zur Validierung der Ergebnisse, zur Evaluierung der Methoden oder zur Simulation können aufgrund der großen biologischen Datenmengen beträchtlich sein. Darüber hinaus kann sich auch erst während der ersten Berechnungen herausstellen, dass die Daten nicht im erwarteten Format vorliegen bzw. Änderungen an den Modellierungen erforderlich sind. Daher hat es sich als sinnvoll herausgestellt, die Bachelor's Thesis größtenteils in Teilzeit über einen längeren Zeitraum zu absolvieren und die freie Zeit während der experimentellen Phasen für andere Module sinnvoll zu nutzen.

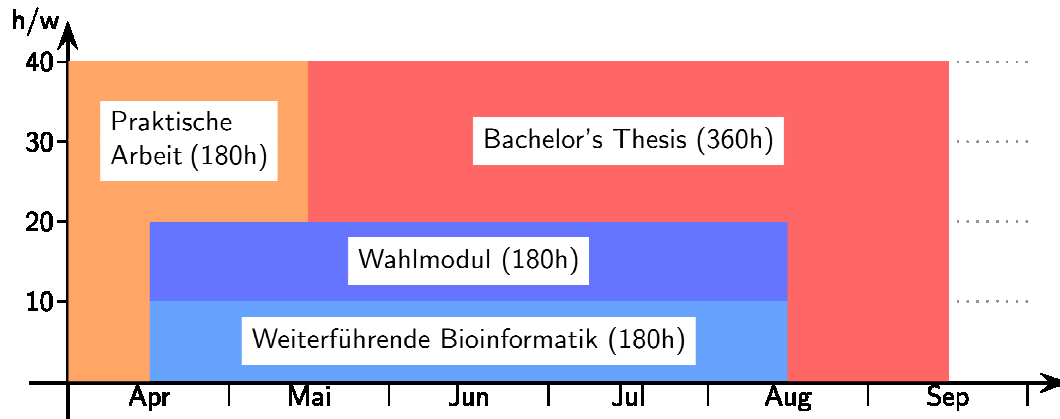


Fig. 6: Schematische Darstellung der Arbeitsbelastung im letzten Fachsemester

Der Workload im sechsten Fachsemester ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Während der ersten drei Monate der Bachelor's Thesis wird dabei von einer Belastung von knapp 20 Stunden pro Woche ausgegangen, da einige experimentelle Teile ohne Aufsicht automatisiert durchgeführt werden können. Im letzten Monat, insbesondere zum Ausformulieren der Ergebnisse, ist dann eine Arbeit in Vollzeit vorgesehen. Dies ergänzt sich perfekt zu den gut 20 Stunden Arbeitszeit pro Woche für die beiden anderen zu absolvierenden Module und dem zeitlich recht flexiblen Modul *Praktische Arbeit*, als Vorbereitung auf die Bachelor's Thesis.

Die Informatik-Module umfassen eine Einführung in die Programmierung mit einer praktischen Umsetzung speziell für Problemstellungen aus der Bioinformatik, eine Einführung in Datenbanksysteme, eine Einführung in die Algorithmik sowie in die theoretischen Grundlagen der Informatik, insbesondere im Bereich der Komplexität von Problemen und der formalen Modellierungstechniken. Die Mathematik-Module behandeln die grundlegenden Konzepte und Techniken sowohl in der kontinuierlichen als auch in der diskreten Mathematik und darauf aufbauend werden die Konzepte und Modellierungstechniken in Stochastik und Statistik vermittelt.

In der dritten Säule (Biologie, Chemie und Biochemie) werden die Grundlagen in organischer Chemie und Biologie vermittelt. Darauf aufbauend werden in den Modulen der Biochemie die grundlegenden Prinzipien und Techniken der Molekularbiologie vermittelt, die in einem Praktikum unter Laborbedingungen praktisch vertieft werden. Als Wahlmodule gelten Module aus allen oben genannten drei Säulen. Der Katalog an zugelassenen Wahlmodulen wird fortlaufend angepasst.

Innerhalb der Regelstudienzeit von sechs Semestern ist das vierte Fachsemester als Mobilitätsfenster vorgesehen. Die in diesem Semester vorgesehenen Module der Informatik und Biologie/Biochemie werden in äquivalenter Form an verschiedenen Universitäten angeboten. Algorithmische Bioinformatik I in der Bioinformatik gehört auch oft zum Standardkanon vieler Curricula.

Der BIM Prüfungsausschuss (BIPA) trägt mit der vorliegenden Fachprüfungs- und Studienordnung (FPSO 2017) den politischen Vorgaben zur Reduzierung der Prüfungsbelastung bei Studierenden sowie der Abstützung auf die aktuelle Allgemeine Prüfungs- und Studienordnung (APSO) der Technischen Universität München Rechnung.

Das Ziel des Modulkonzepts des Bachelorstudiengangs Bioinformatik ist die differenzierte und inhaltlich überschneidungsfreie Vermittlung des Grundlagenwissens entsprechend des in Kapitel 2 ausgeführten Qualifikationsprofils. Damit die Darstellung des gesamten Arbeitsaufwandes in der ECTS-Zuweisung korrekt und in sich stimmig ist, ist für die am Studiengang beteiligten Fakultäten ausschlaggebend, dass bei der Gestaltung des Curriculums die inhaltlichen Gesichtspunkte und der jeweilige Arbeitsaufwand (Workload) der Studierenden beachtet werden. Diese Aspekte berücksichtigend, weisen zwei Pflichtmodule weniger als 5 ECTS auf, weichen somit von den „Ländergemeinsame(n) Strukturvorgaben für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen“ ab. Diese Strukturvorgaben wurden von der Kultusministerkonferenz (KMK) beschlossen und lassen Ausnahmen vom Regelfall zu, wenn diese hinreichend begründet sind. Es entsteht hierdurch jedoch keine übergroße Prüfungsbelastung (max. fünf Modulprüfungen pro Semester). Im Folgenden werden diese Abweichungen der Modulgrößen für die jeweiligen Module einzeln dargelegt.

Begründung Modulgröße (Chemie IN5166): Die in diesem Modul erworbenen Fertigkeiten und Kompetenzen in der Beherrschung der grundlegenden Konzepte, Modelle und Arbeitstechniken in der organischen Chemie (wie die Kenntnis der chemischen Bindung, wichtiger organischer Stoffklassen und deren Synthese sowie der organischer Reaktionstypen) ist eine notwendige Voraussetzung für das grundlegende Verständnis der Biochemie und somit für das Modul Grundlagen zur Biochemie (IN5167).

Begründung Modulgröße (Bioinformatik-Tutorium IN5112): Die in diesem Modul erworbenen Fertigkeiten und Kompetenzen in der Beherrschung der grundlegenden Befehle der interaktiven Shell sowie zur Implementierung einfacher Programme in einer objektorientierten Programmiersprache inklusive der Grundkenntnisse der Bedienung einer integrierten Entwicklungsumgebung ist eine notwendige Voraussetzung für das Modul Programmierpraktikum Bioinformatik (IN5032).

Die Stundenpläne für beide Studienpläne liegen bei (Anhang A). In diesem Studiengang sind fünf Fakultäten aus zwei Universitäten verbunden, demzufolge die konkrete Stundenplanung von jedem dieser Partner beeinflusst werden kann. Deswegen gibt es für jedes Semester einen konkreten Stundenplanvorschlag, der vom Studienkoordinator an der LMU, Prof. Heun, erstellt wird. Mit Hilfe dieser Planung kann zeitnah auf Änderungen reagiert und Konflikte aufgelöst werden. Neben Terminabsprachen mit den Studierenden wurde auch schon die Abhaltung von zeitgleichen Prüfungen an einem Zweitstandort eingesetzt, um Terminkonflikte für die Studierenden aufzulösen.

6 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Anbieter des Bachelorstudiengangs Bioinformatik sind die Ludwig-Maximilians-Universität München und die Technische Universität München. Beteiligt sind dabei die Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik der LMU, die Fakultät für Biologie der LMU, die Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU, die Fakultät für Informatik der TUM und das Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) der TUM. Das Studium gliedert sich in drei Säulen: Bioinformatik, Informatik/Mathematik/Statistik und Biologie/Biochemie/Chemie (Tabelle 2a bzw. Tabelle 2b). Die Bioinformatikmodule werden von den beteiligten Dozenten universitätsübergreifend gehalten. Mathematikmodule werden analog zu anderen Informatikstudiengängen von den mathematischen Fakultäten importiert.

Das Entscheidungsgremium ist der Prüfungsausschuss für Bioinformatik (BIPA). Der Prüfungsausschuss Bioinformatik ist keiner der beteiligten Fakultäten bevorzugt zugeordnet. Er setzt sich aus je einem Vertreter der beteiligten Fakultäten zusammen. Ausnahme ist das Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW), welches zwei Vertreter stellt, einen aus der Biologie und eine aus der Chemie. Insgesamt entsenden die vertretenen Fakultäten selbst ihre jeweiligen Vertreter. Die LMU ist federführend in Fragen der Immatrikulation. Studierende der Bioinformatik sind an beiden Universitäten gleichzeitig vollwertig immatrikuliert. Eignungsfeststellungsverfahren und Immatrikulation werden von der LMU durchgeführt. Die Fachstudienberatung erfolgt vorwiegend über die LMU. Die Prüfungsverwaltung findet an der TUM statt. Die Fakultät für Informatik stellt den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses und das Servicebüro Studium den operativen Schriftführer. Die Zusammenarbeit und Abstimmung erfolgt in enger persönlicher Zusammenarbeit der Dozenten sowie Stundenplanung und Schriftführung, da das Wissen um die Besonderheiten des Studienganges in den beteiligten Einheiten nicht verbreitet ist. In der aktuellen Aufgabenverteilung übernimmt der Schriftführer nur die operative Schriftführung, für die keinerlei Fachwissen notwendig ist.

Als weitere Maßnahme zur Qualitätssicherung des Bachelor- und Masterstudiengangs Bioinformatik gibt es den Qualitätsmanagementzirkel Bioinformatik (auch als Bioinformatik-Stammtisch bekannt). Inhalt dieses Bioinformatik-Stammtischs ist die Diskussion über den aktuellen Stand der beiden Studiengänge und seiner Module sowie mögliche Verbesserungsvorschläge. Unter anderem werden mögliche Verbesserungsmaßnahmen auf dem Bioinformatik-Stammtisch angeregt bzw. beschlossen. Die Ergebnisse bzw. Umsetzung dieser Maßnahmen werden in den folgenden Bioinformatik-Stammtischen nachverfolgt. Dieser Bioinformatik-Stammtisch findet in der Regel einmal im Semester, bei Bedarf auch öfter statt. Zum Bioinformatik-Stammtisch werden die gewählten Fachschaftsvertreter, die Mitglieder des Prüfungsausschusses, die Professoren der Kernbioinformatik und die zugehörigen Studiendekane eingeladen. Darüber hinaus können und sollen auch alle Studierende des Bachelor- und Masterstudiengangs Bioinformatik, die Dozenten der Module der beiden Studiengänge, die Schriftführung des Prüfungsausschusses Bioinformatik, die Studiengangskoordination

Bioinformatik sowie weitere am Bachelor- und Masterstudiengang Bioinformatik beteiligte Personen teilnehmen.

7 Ressourcen

7.1 Personelle Ressourcen

Die Fakultät für Informatik der TUM (TUM-Informatik) und die Fakultät für Lebenswissenschaften (TUM-WZW) verfügen über ausreichende personelle Ressourcen für die Durchführung der TUM Module der Bioinformatik, Informatik/Mathematik/Statistik und Biologie/Chemie/Biochemie des Studienganges. Spezifische Bioinformatikangebote werden insbesondere von den dedizierten Professoren (Profs. Dmitrij Frishman, Julien Gagneur, Hans-Werner Mewes, Burkhard Rost) im Umfang ihrer Lehrverpflichtung abgehalten. Einen genauen Überblick bietet die Ressourcenübersichtstabelle im Anhang B.

Die Partnerfakultäten der LMU für Mathematik, Informatik und Statistik, für Biologie sowie für Chemie und Pharmazie verfügen über ausreichende personelle Ressourcen für die Durchführung der LMU Module der Bioinformatik, Informatik/Mathematik/Statistik und Biologie/Chemie/Biochemie des Studienganges. Spezifische Bioinformatikangebote werden insbesondere von den dedizierten Professoren (Profs. Caroline Friedel, Volker Heun, Ralf Zimmer) im Umfang ihrer Lehrverpflichtung abgehalten.

7.2 Sachausstattung Räume

Die beteiligten Fakultäten verfügen über genügend Räume und Rechnerkapazitäten, um die ordnungsgemäße Durchführung an den jeweiligen Standorten gewährleisten zu können. Dazu zählen insbesondere Laborplätze in Großhadern (LMU, MPI), in Weihenstephan (WZW-TUM), in Neuherberg (Helmholtz Institut), sowie Rechnerräume in Garching (TUM), Weihenstephan (WZW-TUM) und der Münchner Innenstadt (LMU).