

Empfehlungen für einen Studiengang

BIOMEDIZINISCHE CHEMIE

Schwerpunkt Wirkstoff-Forschung

STUDIENGANG IN DEN LIFE SCIENCES

Erarbeitet von
einer interdisziplinären
Fachkommission der
Studienreformkommission
der GDCh

LEHRINHALTE ZUM INTERDISZIPLINÄREN SCHWERPUNKT-STUDIENGANG
**BIOMEDIZINISCHE CHEMIE (BMC) (Wirkstoff-Forschung)-Studiengang in
den Life Sciences**

Inhaltsverzeichnis	Seite
Vorwort	1
Biochemie (beginnend im 5. Semester)	17
Pharmazeutische Chemie (beginnend im 5. Semester) (Pharmakologie)	23
Pharmakologie / Molekulare Pharmakologie	29
(Pharmazeutische Chemie)	
Organische Chemie	37
Bioorganische Chemie	41
Analytische Chemie - Bioanalytik	45
Bioanorganische Chemie	49
Bioinformatik, Chemoinformatik	53
Biophysikalische Chemie	55
Molekularbiologie / Zellbiologie	59
Molekulare Medizin	63
Toxikologie	65
Stellungnahmen von Vertretern der Wirtschaft in der Fachkommission	69
Mitglieder der Fachkommission des BMC-Studiengangs	73

Erläuterungen:

SWS ≙ Semesterwochenstunden

1 SWS ≙ 13 Stunden (Mittelwert von Sommersemester (12 h) und Wintersemester (14 h))

Gesamtstundenzahl: Absolutwert der Stunden (z. B. 4 SWS = 52 h)

Vorwort zu den Empfehlungen für einen interdisziplinären Studiengang

BIOMEDIZINISCHE CHEMIE (BMC)

(Wirkstoff-Forschung)

Studiengang in den Life Sciences

Nach dem Jahr der Physik (2000) wurde das Jahr 2001 von der Bundesregierung zum Jahr der Lebenswissenschaften (Life Sciences) erklärt.

Die Life Sciences mit all ihren Facetten und den vielfältigen Erwartungen auf den Gebieten Gesundheit, Ernährung und Umwelt sind extrem interdisziplinär geprägt.

Eine erfolgreiche Forschung in den Life Sciences setzt primär die Zusammenarbeit der Biowissenschaften mit der Chemie und der Informatik voraus.

Unabdingbare Voraussetzung für diese Zusammenarbeit ist die Teamfähigkeit aller beteiligten Wissenschaftler. Um das Chemiestudium stärker als bisher an diese komplexen Forschungsgebiete heranzuführen, hat eine interdisziplinäre Fachkommission als Unterkommission der Studienreformkommission der GDCh in der Zeit vom September 1999 bis zum November 2000 die hier vorliegenden Empfehlungen für einen Studiengang „Biomedizinische Chemie (BMC)“ als ein Life Science-Studium mit besonderem Gewicht auf dem Gebiet der Wirkstoff-Forschung erarbeitet. In der Fachkommission haben Vertreter der nachstehend aufgelisteten Fächer mitgearbeitet:¹

Bioanalytik
Bioanorganik
Biochemie
Bioinformatik
Bioorganische Chemie
Biophysikalische Chemie
Molekularbiologie/Zellbiologie

Molekulare Medizin
Organische Chemie
Pharmakologie/
Molekulare Pharmakologie
Pharmazeutische Chemie
Toxikologie

¹ eine namentliche Auflistung der Mitglieder der Fachkommission findet sich im Anhang.

Der hier vorgestellte Studiengang trägt der Tatsache Rechnung, dass sich als Folge des Strukturwandels in der Wissenschaft eine neue Forschungskultur entwickelt, die zu einer zunehmenden Interdisziplinarität führt. Zitat Prof. Dr. W. Herrmann, Präsident der TU München:

„Das beste Beispiel für den internationalen und interdisziplinären Anspruch in der Wissenschaft sind die Life Sciences. Sie stehen für die Zukunftsthemen Gesundheit, Ernährung und Umwelt. Im angebrochenen neuen Jahrtausend verbindet Life Sciences Biologie, Chemie, Landnutzungswissenschaften, Medizin und Pharmazie zu einer neuen interdisziplinären Wissenschaft. Gemeinsame Klammer sind die Molekularbiologie und die moderne Bio- und Gentechnologie, die Basis hierfür bietet die Chemie. Diese enge Verflechtung zwischen Chemie und den Biowissenschaften wird innovative Produkte und Substanzen für Gesundheit, Medizin, Ernährung und Industrie hervorbringen, die letztlich zur Lösung der Hauptprobleme der Menschheit beitragen.“

Die medizinische Chemie in der angelsächsischen Definition der „Medicinal Chemistry“ beinhaltet praktisch alle Fachgebiete des hier vorgestellten Studiengangs.

Die Fachgruppe „Medizinische Chemie“ der GDCh hat in ihren letzten Publikationen diese Fachgebiete ebenfalls direkt oder indirekt aufgeführt.

Die „Medicinal Chemistry“ umfasst viele Bereiche der „Life Science“, zu denen man z. B. die nachfolgenden Fachgebiete zählt:

Core Subjects

Biochemistry
Cell Biology
Chemistry in Biology
Diversity of Life
Ecology
Evolution
Genetics
Immunology
Microbiology
Molecular Biology
Neuroscience
Plant Science
Structural Biology
Virology

Related Areas

Bioinformatics
Biological und Physical Techniques & Instrumentation
Cancer Research
Environmental Science
Functional & Comparative Morphology
Pharmacology
Physiology
Sociobiology
Theoretical Biology
Therapeutics
Toxicology

Damit rechtfertigt sich, dass der vorgestellte Studiengang als „Studiengang in den Life Sciences“ bezeichnet wird. Die hier gewählte Erweiterung der Medizinischen Chemie in der angelsächsischen Definition zur „Biomedizinischen Chemie“ wird dadurch begründet, dass die Biowissenschaften eine immer größere Bedeutung erlangen, der in einem solchen Studiengang Rechnung getragen werden muss.

Nicht von ungefähr spricht man in der Pharmaforschung von einem Paradigmenwechsel, der in folgenden Leitsätzen zum Ausdruck kommt (Prof. Wess, Aventis):

- Unifying concepts between Biology and Chemistry, Chemo- and Bioinformatics
- Integration of Chemical Biology knowledge
- Capitalizing of genome- and proteome-derived data
- Translation of structural and functional information on biological targets into drugs with unique profiles

Überall da, wo die Fortschritte der Forschung auf allen Gebieten der Life Sciences in den molekularen Bereich führen, sind solide Kenntnisse der Chemie und der Biochemie unverzichtbar.

Die sogenannte Biologisierung der Chemie – man kann auch von einer „Chemisierung der Biologie“ sprechen, verlangt nach einer maßgeblichen Mitwirkung der Chemie. Chemiker, die kreativ im Bereich der Life Science mit all ihren Facetten mitbestimmend arbeiten und forschen wollen, müssen aber grundlegende Kenntnisse der Biowissenschaften besitzen.

Ohne diese Interdisziplinarität wären die Chemiker weder teamfähig noch könnten sie über die reine Chemie hinaus innovativ wirken. Aus Sicht der Chemiker mit einem soliden chemischen Grundverständnis sollte es aber leichter sein, sich in die molekularen Bereiche der Biowissenschaften einzuarbeiten als umgekehrt.

Die Forschung auf dem Gebiet der Biomedizinischen Chemie wird sich nur dann erfolgreich entwickeln, wenn die Biowissenschaften, die Chemie und die Medizin ein interdisziplinäres Netzwerk aufbauen, in dem die Schwerpunkte durchaus fachspezifisch gesetzt werden können. Der Aufbau eines solchen Netzwerks sollte in allen Bereichen der Life Sciences einen synergistischen Effekt haben.

Die Wichtigkeit und die Bedeutung der Synthesechemie ist auch in Zukunft völlig unbestritten. Die Antwort der Chemie auf den Wandel im globalen Wissensraum und die Entwicklung neuer Forschungskulturen kann aber keinesfalls nur die Synthese sein. Das Szenario, dass Chemiker in Zukunft auf Weisung der Biologen und Mediziner Substanzen synthetisieren, würde das wissenschaftliche Potential der Chemie in einer nicht akzeptablen Weise einengen.

Es ist leider Tatsache, dass z. B. gerade in den boomenden jungen Biotechnologie-Unternehmen (start-up-Unternehmen) einerseits „klassische“ Chemiker mangels Kern-Kompetenzen in den Biowissenschaften praktisch keine Chance haben, andererseits diesen rasch wachsenden Unternehmen aber Nachwuchsmangel droht.

Der vorliegende Lehrinhaltskatalog für den interdisziplinären Studiengang „Biomedizinische Chemie“ (BMC) ist breit angelegt, eine Relativierung erfolgt aber durch die in Abb. 1 angegebene SWS-Zahl für die einzelnen Fächer.

Das von der Studienreformkommission der GDCh konzipierte neu strukturierte Chemie-studium gliedert sich in das 6-semesterige Basisstudium und ein 4-semesteriges Schwerpunktstudium (7.-10. Sem.). Der vorliegende interdisziplinäre Studiengang „Wirkstoff-Forschung“ ist ein Schwerpunktstudium. Das Basisstudium, in dem die grundlegenden Fächer Analytische Chemie, Anorganische Chemie, Organische Chemie und Physikalische Chemie studiert werden, bietet im 5. und 6. Semester insgesamt 24 SWS für Fächer, die von den Studierenden frei gewählt werden können (im Rahmen des von der Fakultät angebotenen Fächerspektrums). Das von der Studienreformkommission der GDCh vorgesehene Wahlfach Biochemie mit 12-14 SWS ist im Studiengang Biomedizinische Chemie obligatorisch. Wegen der hohen Interdisziplinarität sollten im Gegensatz zu den Vorgaben ausnahmsweise die Fächer Pharmazeutische Chemie (Toxikologie) als zweites Wahlfach angeboten werden. Aus diesem Grund sollte die Entscheidung für den BMC-Studiengang möglichst frühzeitig, also nach dem 4. Semester fallen, um das 5. und 6. Semester zur Vorbereitung des Schwerpunktstudiums ohne zeitliche Verluste nutzen zu können.

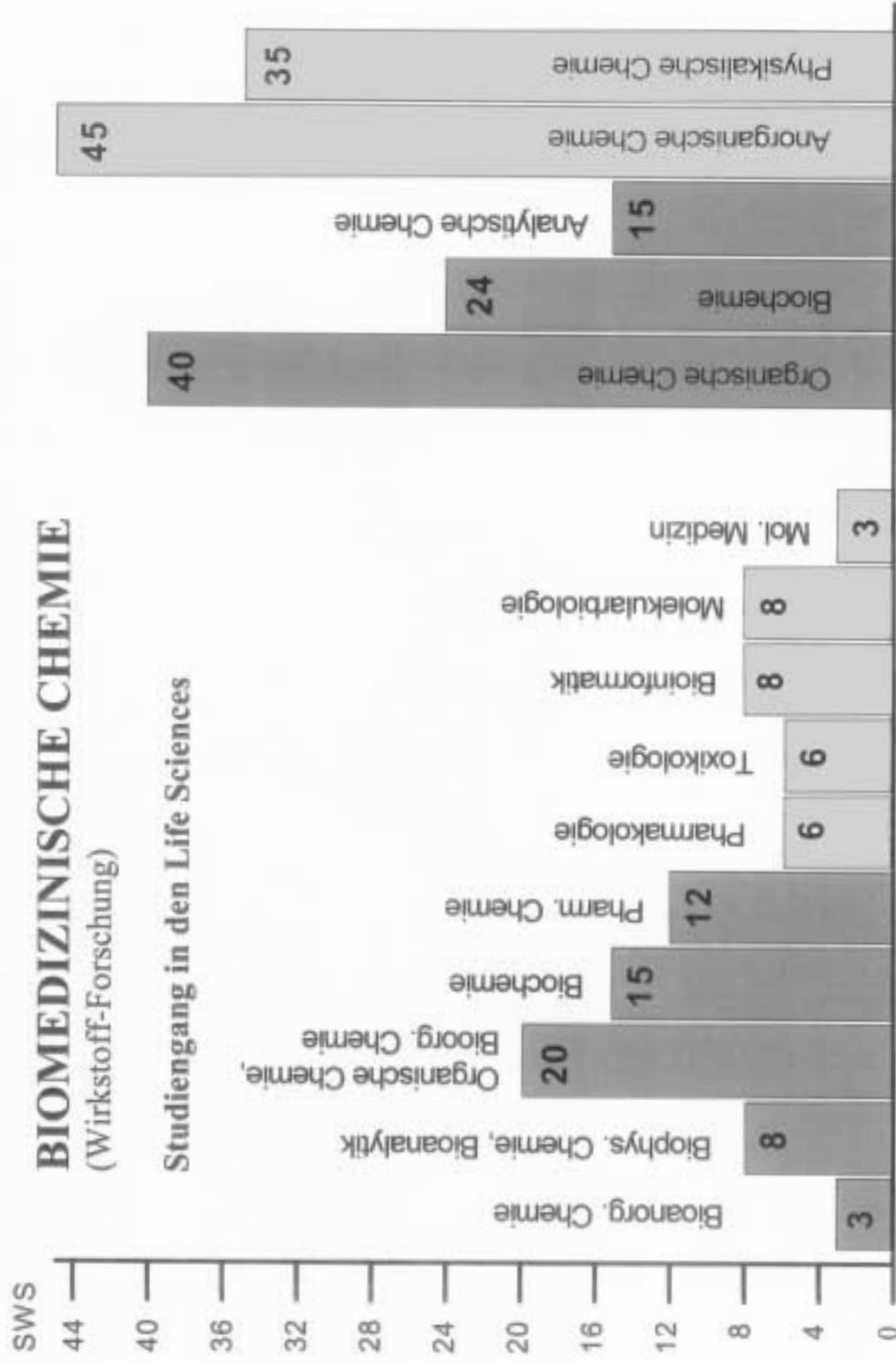
SCHWERPUNKTSTUDIUM

im neu strukturierten Chemiestudium

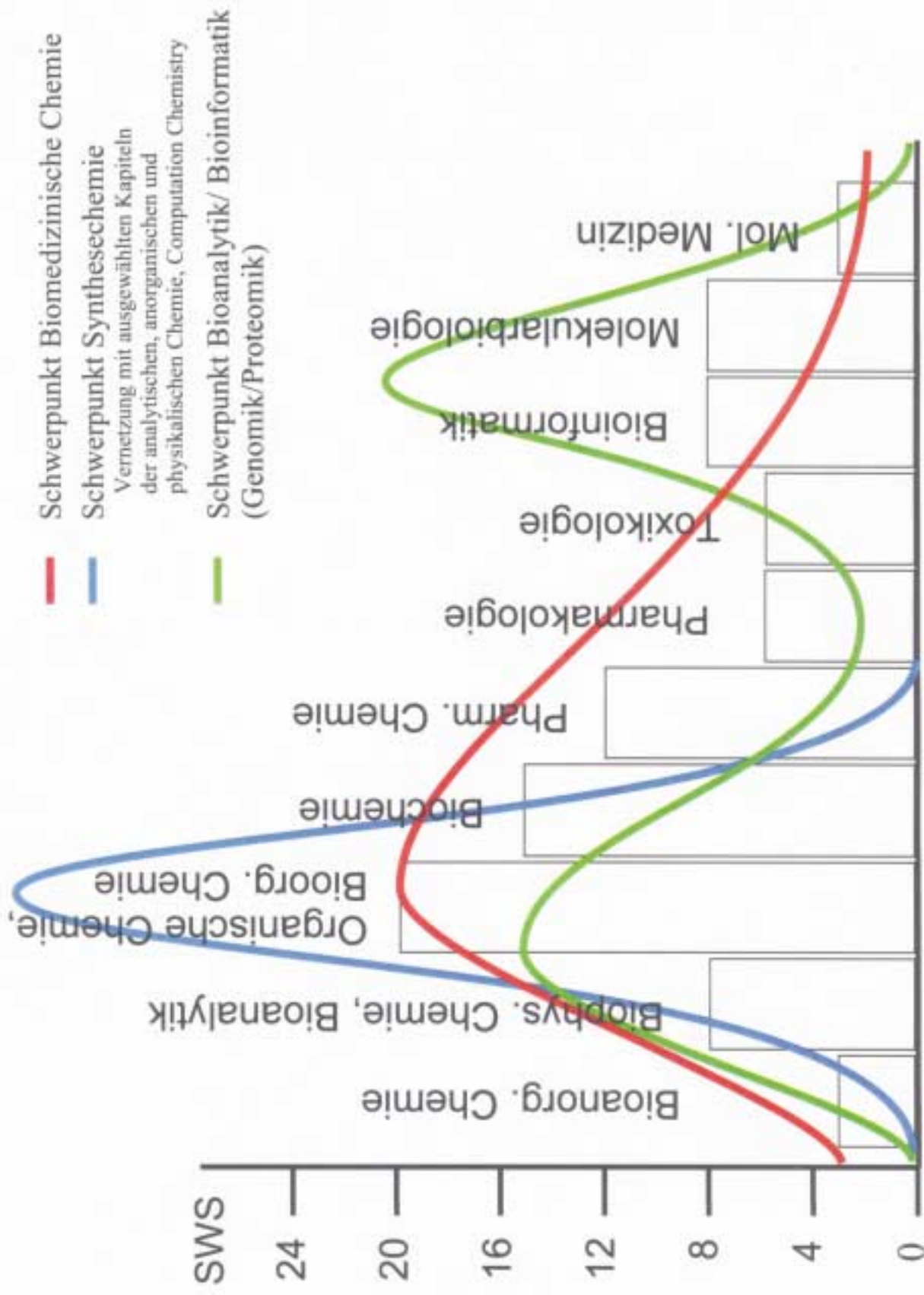
(7.-10. Sem., 90 SWS u. Diplom- bzw. Masterarbeit)

BASISSTUDIUM

(1.-6. Sem., 180 SWS)



BIOMEDIZINISCHE CHEMIE (Wirkstoff-Forschung) und Extremvarianten



BIOMEDIZINISCHE CHEMIE (BMJ) (Wirkstoff-Forschung)-Studiengang in den Life Sciences

Semesterwochenstunden im Basis- und Schwerpunktstudium

Fächer im Basis- und Schwerpunkt-Studium	Gesamt-SWS	Stunden *)	hiervon im Basis-Studium (SWS)	Wirkstoff-Forschung-Schwerpunkt SWS	Wirkstoff-Forschung-Schwerpunkt Stunden *)
Organische Chemie	60 SWS	780	40 SWS	20 SWS	260
Biochemie	max. 30 SWS	390	15 SWS	15 SWS	195
Pharm. Chemie	20 SWS	260	8 SWS	12 SWS	156
Biophys. Chemie/ Bioanalytik **)	8 SWS	104	-	8 SWS (+ Org. Chemie + Phys. Chemie)	104
Bioanorg. Chemie	3 SWS	39	-	3 SWS	39
Pharmakologie	6 SWS	78	-	6 SWS	78
Toxikologie	6 SWS	78	2 SWS	4 SWS	52
Bioinformatik	8 SWS	104	-	8 SWS	104
Molekularbiologie/Zellbiologie	8 SWS	104	-	8 SWS	104
Mol. Medizin	3 SWS	39	-	3 SWS	39
Σ 152 SWS		1976 h	Σ 65 SWS (845 h)	Σ 87 SWS	Σ 1131 h

*) 1 SWS = 13 Stunden

**) In der analytischen Chemie mit 15 SWS im Basisstudium wird ebenfalls Spektroskopie gelehrt.

Tab.1

Der Vorlauf dieser Fächer sollte die Logistik des Studienaufbaus im Schwerpunkt wesentlich erleichtern. Wenn die Grundlagen der Biochemie bereits im 5. und 6. Semester gelehrt werden, können die Fächer, die biochemische Grundkenntnisse voraussetzen, im Schwerpunkt darauf aufbauen.

Die Kenntnisse der Biochemie werden im Schwerpunkt vertieft und durch die Lehrveranstaltungen in Molekularbiologie, Pharmazeutischer Chemie, Pharmakologie und Toxikologie noch speziell erweitert.

Die in Abb. 1 für die einzelnen Fächer angegebenen SWS-Zahlen stellen einen ausgewogenen Mittelwert dar. Es liegt natürlich im Ermessen der Fakultäten, die Gewichte zu verschieben. Abb. 2 zeigt neben der vollen Bandbreite des Studiengangs „Biomedizinische Chemie“ zwei extreme Varianten, dazwischen liegen zahlreiche Übergänge. Es ist einsichtig, dass auf diese Weise eine große Variationsbreite und Flexibilität erreicht wird.

Die Gewichtung der Fächer kann von der Fakultät entsprechend ihren Möglichkeiten vorgegeben werden. Den Studierenden sollte aber auch – über Wahlmöglichkeiten (Options) – in einem gewissen Umfang die individuelle Gestaltung des BMC-Studiengangs erlaubt sein (im ECT-System ist dies problemlos möglich).

In Tab. 1 sind die SWS-Zahlen und die absoluten Studienzahlen für den BMC-Studiengang vom 1.-10. Semester aufgelistet. Dies soll verdeutlichen, dass es sich hier um einen Studiengang mit dem Schwerpunkt Chemie handelt.

Die mit dem hier geforderten Zusammenwachsen von Chemie, Biologie und Medizin sich entwickelnde, interdisziplinäre Forschungskultur verlangt nach einer größeren Vielfalt auch in der universitären Chemie-Ausbildung. Die naturwissenschaftliche Forschungslandschaft verlangt sowohl den Generalisten mit einem größtmöglichen thematischen Überblick als auch den Spezialisten.

Der Generalist muss aber mit soviel speziellem Fachwissen ausgestattet sein, dass er entscheiden kann, wann, wie und wo welche Spezialisten zur Problemlösung heranzuziehen sind.

Die für die Biomedizinische Chemie (Wirkstoff-Forschung) vorgelegten Lehrinhalte erlauben - entsprechend der unterschiedlichen Gewichtung des Lehrkanons – sowohl die Ausbildung zum Generalisten als auch zum teamfähigen Spezialisten.

Der reine Synthesechemiker mit einem Methodenarsenal, das dem heutigen „State of the Art“ entspricht, kann und muss sich ausschließlich der Synthese mit dem dazugehörigen Umfeld (z. B. Festphasensynthesen, Molecular Modelling, Spektroskopie) widmen. Er ist ein Spezialist.

Der interdisziplinär orientierte, zur Teamarbeit mit Biologen, Medizinern oder Physikern befähigte Chemiker kann den Anspruch an den Spezialisten natürlich nicht mehr genügen. Er muss Generalist auf hohem Niveau sein.

Zwischen beiden Spezies kann es alle möglichen Übergänge geben. Nur für einen engeren thematischen Bereich z. B. in kleineren, hochspezialisierten Unternehmen ist denkbar, dass exzellente Chemiker sowohl dem Anspruch an den Spezialisten wie an den teamfähigen Generalisten gerecht werden können.

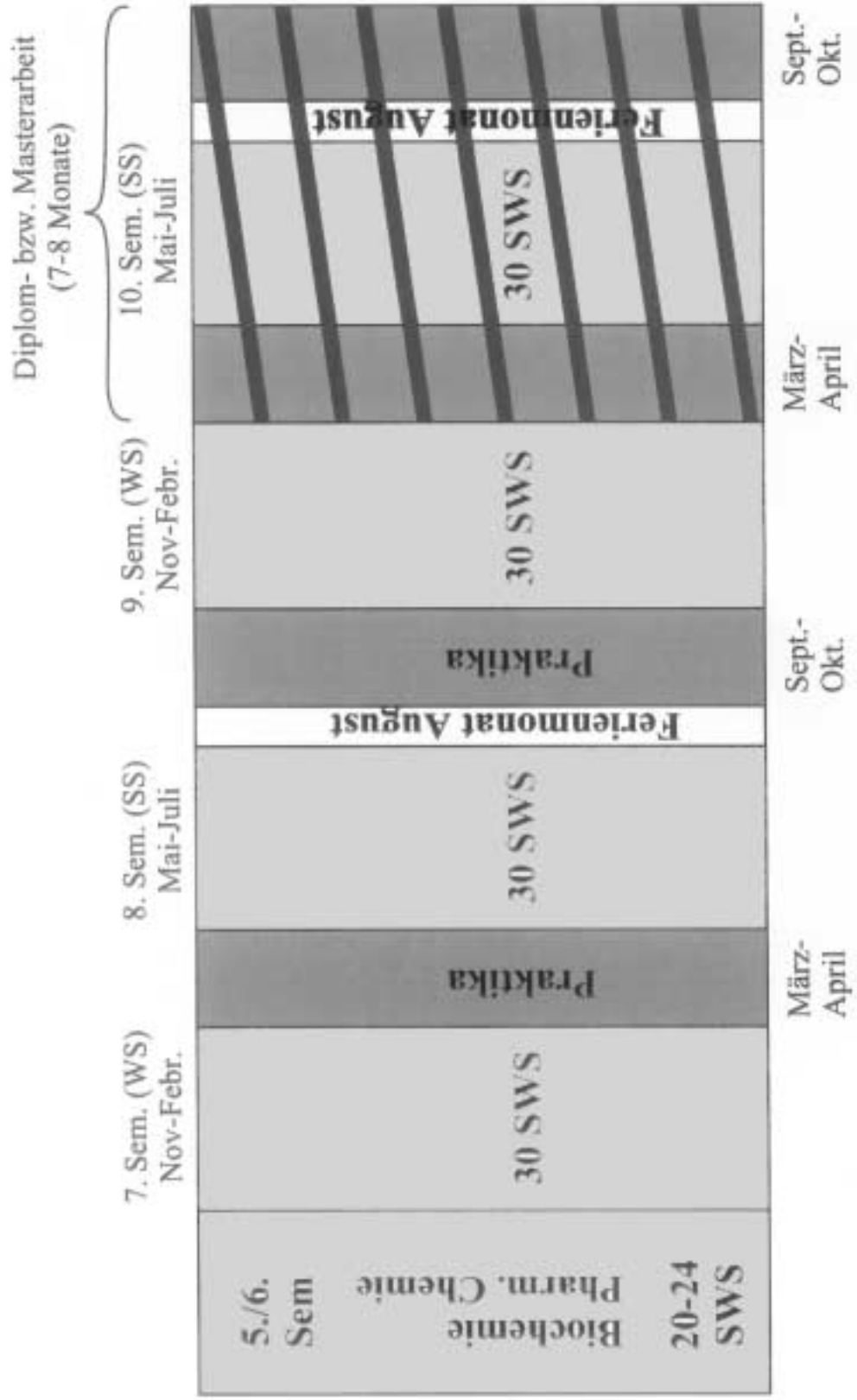
Unabhängig von der Zielrichtung soll das interdisziplinäre BMC-Studium die Voraussetzungen für ein zielgerichtetes „Learning on the Job“ in den Unternehmen schaffen (ein „klassisch“ ausgebildeter Chemiker wird sich in die Forschungsaufgaben der Life Science durch Learning on the Job nur in den seltensten Fällen einbringen können).

Aus den graphischen Darstellungen (Abb. 1 und Abb. 2) wird deutlich, dass es sich hier um einen sehr arbeitsintensiven „Elitestudiengang“ handelt, der nur von sehr guten Chemiestudierenden bewältigt werden kann. Auch während der Diplom-/Master- und Doktorarbeit müssen noch kreditierte Spezialvorlesungen und Seminare absolviert werden.

Wie aus dem in Abb. 3 graphisch dargestellten Zeithorizont für den BMC-Studiengang zu ersehen ist, ist er in der zur Verfügung stehenden Zeit (einschließlich 5. und 6. Semester) in seiner ganzen Breite studierbar, wenn Überschneidungen insbesondere der biochemischen Lehrinhalte konsequent vermieden werden. Aus diesem Grund wurden aus allen Fächern des BMC-Studiengangs die zum Verständnis notwendigen biochemischen

BIOMEDIZINISCHE CHEMIE (Wirkstoff-Forschung)
 Studiengang in den Life Sciences

Zeithorizont



Aspekte herausgezogen und in die biochemischen Lehrveranstaltungen integriert. Da die biochemischen Lehrveranstaltungen bereits im 5. Semester beginnen, sollten die von den übrigen Fächern im Schwerpunkt benötigten biochemischen Grundlagen bereits präsent sein.

Die in Abb. 1 und Tab. 1 für die Fächer angegebenen SWS-Zahlen entsprechen den jeweils 30 SWS im 7., 8. und 9. Semester. Darüber hinaus sollten die Fakultäten aber in Erwägung ziehen, die vorlesungsfreien Monate März, April (zwischen dem 7. und 8. Sem.) und September, Oktober (zwischen dem 8. und 9. Sem.) für Praktika vorzusehen.

Bei der Formulierung der Studienpläne sollte auch darauf geachtet werden, welche Lehrinhalte obligatorisch (compulsary modules) sind und welche wahlweise (optional modules) angeboten werden. Die Studierenden sollten – wie erwähnt – in der Lage sein, selbst individuelle Schwerpunkte zu setzen, mit denen sie sich Kompetenzen in der einen oder anderen Richtung aneignen können, die über das Breitenstudium hinausgehen.

Das Einräumen von Optionen setzt eine Modularisierung des Studiengangs voraus, es setzt weiter voraus, dass das ECT-Kreditpunktsystem eingeführt wird. Wenn die Module mit Kreditpunkten gewichtet werden, ist die Verrechnung der erbrachten Studienleistungen problemlos. Die Fakultäten können festlegen, welche CP's mit den „Compulsary Modules“ eingebracht werden müssen und welche mit „Optional Modules“ erworben werden können.

Über den hier vorgegebenen Rahmen hinaus sollte es den Fakultäten angelegen sein, weitere optionale Module anzubieten. So ist es für den Erwerb berufspraktischer Qualifikationen z. B. sinnvoll, die Themenbereiche „Patentwesen“ und „Nationale/Internationale Zulassung von Arzneimitteln (Wirkstoffen)“ anzubieten. Solche Lehrveranstaltungen könnten von erfahrenen Berufspraktikern über Lehraufträge kompetent angeboten werden.

Interdisziplinäre Studiengänge setzen voraus, dass die „klassischen“ Grenzen zwischen den Fakultäten durchlässiger werden.

Module, die nur von einer Fakultät erbracht werden können, müssen importiert, andere exportiert werden. Es ist auch daran zu denken, Wissenschaftler aus der Wirtschaft für

Lehraufträge im BMC-Studiengang zu gewinnen. Dies ist auch im Hinblick auf die gewünschte Stärkung der Wechselbeziehungen Wirtschaft/Hochschule wünschenswert.

Fakultäten, die den BMC-Studiengang anbieten wollen, müssen in jedem Fall dafür Sorge tragen, dass die Kernkompetenzen in Biochemie, Pharmazeutischer Chemie und Pharmakologie abgedeckt sind.

Der Studiengang Biomedizinische Chemie (Wirkstoff-Forschung) sollte als internationaler, konsekutiver Studiengang mit den Abschlüssen Bachelor of Science (Abschluss Basisstudium) und Master of Science (Abschluss Masterstudium) konzipiert werden.

Aus diesem Grund ist es auch wünschenswert, dass die Fakultäten Kooperationsabkommen mit ausländischen Universitäten abschließen, um deutschen Studierenden das Studium von BMC-Modulen im Ausland ohne Zeitverlust zu ermöglichen und vice versa.

Der M.Sc.-Abschluss ist berufsqualifizierend, allerdings ist es im Hinblick auf die in diesem Studiengang investierte Arbeitsleistung sinnvoll und wünschenswert, wenn eine zur selbständigen Grundlagenforschung befähigende Dissertation angeschlossen wird.

Chemiker mit einer Ausbildung in dem hier vorliegenden Studiengang Biomedizinische Chemie (Wirkstoff-Forschung) besitzen die wissenschaftlichen Grundlagen, um sich durch Learning on the Job in alle auch spezielleren Bereich der Life Sciences erfolgreich einbringen zu können.

Es ist generell daran gedacht, diesen Studiengang auch Studierenden von Fächern, die der Chemie nahe stehen, anzubieten. Am einfachsten sollte dies den Studierenden der Pharmazie möglich sein, da sie bis zum zweiten Staatsexamen bereits zahlreiche kreditierte Module des BMC-Studiengangs eingebracht haben.

Studierende der Biologie sollten bis zum Ende des 6. Semesters ebenfalls zahlreiche kreditierte Module aus den Bio-Wissenschaften nachweisen können. Hier muss der Prüfungsausschuss für den BMC-Studiengang in jedem Fall individuell über noch zu erbringende Studienleistungen entscheiden. Es ist sicher sinnvoll, dass Studierende mit dem B.Sc. in Chemie diesen Studiengang im Normalfall mit dem M.Sc. bzw. Diplom in Chemie

abschließen, Biologen würden zum M.Sc. in Biologie bzw. Diplombiologen graduieren, Studierende der Pharmazie sollten diesen Studiengang mit dem neu einzuführenden Titel Diplompharmazie oder M.Sc. in Pharmazie abschließen.

Prof. Dr. G. Märkl
Vorsitzender der Fachkommission

