



DECHEMA

Gesellschaft für
Chemische Technik und
Biotechnologie e.V.

DECHEMA e.V.

**Ausbildung in der Biotechnologie –
Empfehlungen für grundständige Studiengänge
Biotechnologie und Bioverfahrenstechnik**

**Vorgelegt vom *Ad hoc*-Arbeitskreis
„Ausbildung in der Biotechnologie“
der DECHEMA e.V.**

Präambel

Mit diesem Positionspapier möchten die Autoren Vorschläge für die inhaltliche Ausgestaltung von biotechnologischen und bioverfahrenstechnischen Studiengängen liefern, an denen sich in Zukunft die jeweils involvierten Fachbereiche in Deutschland orientieren sollten.

Jeder Studiengang in diesen Fachrichtungen sollte, unabhängig von Art der Hochschule, die im Nachfolgenden genannten Grundlagen behandeln. Es werden ausschließlich inhaltliche Vorschläge gemacht. Es geht den Autoren nicht um die Organisation und Struktur der Studiengänge.

1 Einleitung

Die ingenieurwissenschaftlichen Fächer, wie z. B. die Bioverfahrenstechnik, und die naturwissenschaftlichen Fächer, wie Chemie und Biologie, haben die traditionellen Grenzen ihres jeweiligen Faches sowohl methodisch als auch inhaltlich in ihren Forschungsaktivitäten überschritten. Dies führt zwangsläufig sowohl zu einer gegenseitigen Öffnung dieser Disziplinen als auch zu einer engeren Kooperation mit anderen naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern wie beispielsweise der Physik. Bei einem modernen Projektmanagement ist es Praxis, dass Biologen, Chemiker, Pharmazeuten und Verfahrenstechniker intensiv zusammenarbeiten – in der Lehre hingegen führen die entsprechenden Studiengänge oft ein Inseldasein. Es stellt sich die Frage, ob für die rasant wachsenden Aufgabenfelder in der Industrie nicht Hochschulabsolventen benötigt werden, die weitgehend fachübergreifend ausgebildet werden. Wie ließe sich eine solche Ausbildung realisieren? Im Rahmen des Adhoc-Arbeitskreises „Ausbildung in der Biotechnologie“ der DECHEMA haben Vertreter aus der Industrie, wissenschaftlichen Fachverbänden und Hochschulen über die Inhalte von biotechnologischen Studiengängen diskutiert. Die Ergebnisse dieser Diskussionen sind in diesem Konzeptpapier beschrieben. Die hier gemachten Empfehlungen für naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge versuchen angesichts der Dynamik der Branche, Hinweise für Verbesserungen in der Ausbildung zu geben. Die im Folgenden angeführten Lehrveranstaltungen in den Curricula stellen die Grundanforderung an Studiengänge dar. Die genannten Bereiche spiegeln den üblichen Kern der Ausbildungsinhalte wider, der in den bewährten Diplomstudiengängen in den ersten vier bis sechs Semester absolviert werden sollte. In der neuen Bachelor- und Masterstruktur beziehen sich die Angaben ausschließlich auf den Bachelorstudiengang. Es ist für die Autoren selbstverständlich, dass die Hochschulen für ihre Profilbildung darüber hinaus bestimmte Schwerpunkte setzen werden. Dieses macht den Reiz eines föderalistischen Bildungssystems aus. Daher ist in den Curricula ausreichend Platz für eine solche Profilbildung

gegeben. In den Diplomstudiengängen stehen hierfür insbesondere die höheren Semester zur Verfügung. Im Rahmen der Umstrukturierung auf das Bachelor- und Mastersystem beginnt die Profilbildung im Bachelorstudiengang, wird schwerpunktmäßig aber sicherlich im Masterbereich angesiedelt werden.

2 Grundanforderungen an die Curricula

Biotechnologische und bioverfahrenstechnische Studiengänge sind in Deutschland bereits an vielen Hochschulen etabliert. Im Zuge der Umstrukturierung auf das Bachelor/Mastersystem entstehen zurzeit weitere Studiengänge mit biotechnologischer Ausrichtung [siehe z. B. „Biotechnologie Studienführer“ (Levermann, BIOCOM AG, 2003), „Studienführer Biotechnologie-Bioingenieurwesen-Bioinformatik“ (Böhm/Manns, Lexika Verlag, 2004), „Studienführer Biologie-Biochemie-Biotechnologie-Biomedizin“ (Roller, Elsevier Verlag, 2005)]. Der Erfolg einzelner Studiengänge wird sicher durch den wachsenden Wettbewerb auf dem Bildungsmarkt geregelt werden. Ziel des Adhoc-Arbeitskreises „Ausbildung in der Biotechnologie“ der DECHEMA war es, die Grundlagen zu definieren, die in neuen (aber auch in den etablierten) Studiengängen enthalten sein sollten, um als „biotechnologischer“ Studiengang gelten zu können. Wie bereits weiter oben angesprochen beziehen sich die Angaben nur auf rund 60% der jeweiligen Curricula. Die Profilbildung erfolgt durch die Vertiefung und Spezialisierung in den weiteren 40% der Curricula. Ausgehend von einer Gesamtbelastung von 900 h pro Semester (entsprechend 30 ECTS-Punkte) sind mit den hier vorgeschlagenen Grundlagenbereichen rund 110 ECTS-Punkte abgedeckt. Da von Seiten der Industrie unterschiedliche Anforderungen an die Absolventen gestellt werden, wird im Folgenden zwischen dem naturwissenschaftlichen „Biotechnologiestudiengang“ und dem ingenieurwissenschaftlichen „Bioverfahrenstechnikstudiengang“ unterschieden. So wird von einem naturwissenschaftlichen Absolventen eher erwartet, dass er/sie über vertiefende Kenntnisse aus dem Bereich der biologischen Systeme (z. B. Molekularbiologie, Gentechnik) verfügt, der Ingenieur/die Ingenieurin dagegen deutlich mehr Wissen in den verfahrenstechnischen Grundlagen mitbringt. Neben der fachlichen Kompetenz legen Unternehmen insbesondere Wert auf Unternehmertum, Führungsfähigkeiten, soziale Interaktion und Kooperation. Kann und muss ein Studium auch auf diese Schwerpunkte eingehen? Wie weit sollte und kann in die freie Gestaltung der Lehre eingegriffen werden, um interdisziplinäre Studiengänge alleine aus organisatorischen Gesichtspunkten zu ermöglichen? Welche Voraussetzungen müssen für die Studierenden geschaffen werden, um ein effizienteres Studieren zu ermöglichen? Die Fragen stellen sich den heutigen Hochschullehrern und sollten bei der Strukturierung von Studiengängen

berücksichtigt werden. Derartige Schlüsselkompetenzen fallen in den Bereich der jeweiligen Profilbildung der Hochschule und werden hier nicht detaillierter betrachtet. In diesen Bereich fällt auch die Integration eines fakultativen externen Praxisanteils.

2.1 Studiengänge mit naturwissenschaftlicher Ausrichtung

Ein Studiengang Biotechnologie mit naturwissenschaftlicher Ausrichtung soll die Absolventen in die Lage versetzen, die molekularen und zellulären Grundlagen biotechnologischer Verfahren und Prozesse zu analysieren, um eine gezielte und strategische Verfahrensoptimierung zu ermöglichen. Darum besteht der Schwerpunkt der vorgeschlagenen Modulblöcke aus einer fundierten, interdisziplinären naturwissenschaftlichen Ausbildung. Die molekulare und zelluläre Betrachtung muss jedoch immer vor dem Hintergrund der verfahrenstechnischen Randbedingungen eines realen Prozesses erfolgen, so dass ein eigenständiger Modulblock *Verfahrenstechnik* zwingend notwendig ist. Darüber hinaus sind spezielle biotechnologische Fachinhalte wie das Handling und die Immobilisierung von Enzymen oder der Einsatz von tierischen Zellen oder Mikroorganismen in Bioreaktoren in einem eigenständigen Modulblock zusammengefasst. Hier werden Kenntnisse und Fertigkeiten direkt an der Schnittstelle zwischen biologischen Systemen (molekular, zellulär) und technischen Strukturen vermittelt. Die zur traditionellen Biotechnologie neu hinzugekommenen und immer bedeutsamer werdenden Bereiche mit naturwissenschaftlicher Prägung wie *Nanobiotechnologie*, *regenerative Medizin* und *Bioinformatik* sind in den hier vorgeschlagenen 60 % des gesamten Curriculums nur am Rande vertreten und sind Gegenstand einer lokalen, individuellen Ausgestaltung des Studienganges.

Der *Ad Hoc Arbeitskreis* schlägt die folgenden Grundanforderungen vor:

Grundlagenbereich bei naturwissenschaftlichem Schwerpunkt

60 % des Gesamt-Curriculums (= 100 % der nachfolgenden Auflistung)

davon 60 % naturwissenschaftliche Grundlagen (Modulblöcke I, II, III, IV)

20 % verfahrenstechnische Grundlagen (Modulblock V)

20 % Biotechnologie (Modulblock VI)

Modulblock I - Biologie

Mikrobiologie

- Pro- und Eukaryotische Mikroorganismen Struktur / Aufbau
- Mikrobielle Evolution und Systematik
- Mikrobielle Genetik
- Mikrobieller Stoffwechsel
- Physiologie & Ökologie von Mikroorganismen

Zellbiologie

- Struktur und Funktion von Bakterien-, Tier- und Pflanzenzelle
- Kompartimentierung / Struktur und Funktion der Organellen
- Proliferation, Zellzyklus, Apoptose, Differenzierung

Molekulargenetik / Molekularbiologie

- Grundlagen der Genetik
- Molekularbiologische Elementarprozesse (Replikation / Transkription / Translation / Virale Systeme)
- Organisation und Regulation der Genexpression
- Gentechnische Arbeitsmethoden (Klonieren, Aufreinigen, Sequenzieren, Gensonden, PCR, gerichtete Mutagenese, heterologe Expression, Expressionssysteme (Transgene Organismen / Gentherapie)

Modulblock II - Chemie

Chemische Grundlagen

- Atombau und chem. Bindung, Stöchiometrie
- Thermodynamik, Chemisches Gleichgewicht
- Redox- und Säure-Base-Reaktionen
- Elektrochemie
- Kinetik

Organische Chemie

- Chemie funktioneller Gruppen und Stoffklassen
- Grundlegende Reaktionsmechanismen
- Stereochemie

Analytische Chemie

- Chromatographische / elektrophoretische Trenn- und Analysemethoden
- Spektroskopische Verfahren
- Strukturaufklärung organischer Moleküle
- Instrumentelle Analytik
- Biosensorik, Chip-Technologie

Biochemie

- Struktur / Funktion / Labormethoden zur Untersuchung
 - von Proteinen
 - von Lipiden
 - von Kohlenhydraten
 - von Nukleinsäuren
- Stoffwechselwege
- Sekundärmetabolite

Modulblock III - Physik

Mechanik

- Statik
- Kinematik
- Dynamik
- Schwingung und Wellen, Schall
- Hydrostatik und Hydrodynamik

Optik

- Strahlenoptik
- Wellenoptik
- Optische Instrumente

Elektrische und magnetische Felder

- Grundlagen der Elektrizitätslehre
- Elektrische Felder
- Grundlagen des Magnetismus
- Elektromagnetismus

Modulblock IV – Mathematik / Informatik

Mathematische Grundlagen

- Algebra
- Vektor-Rechnung, analytische Geometrie
- Stochastik, Fehlerrechnung
- Integral- und Differentialrechnung
- Differentialgleichungen
- Numerische Methoden (z.B. Optimierung)

Informatik / Bioinformatik

- Grundlagen der Bioinformatik
- Datenbanken, Datenstrukturen
- Genom-Informatik (Sequenzanalyse)
- Biomolekulare Modellierung (Strukturvorhersage)
- Molekulares Design (Wirkstoff-Design)

Modulblock V - Verfahrenstechnik / Bioverfahrenstechnik

- Grundlagen der Verfahrenstechnik (Stoffeigenschaften, Fluiddynamik, Thermodynamik, Bilanzen)
- Grundoperationen der Biotechnologie (Aufbereitungsverfahren für niedermolekulare Substanzen und Biopolymere, Destillation und Rektifikation, Extraktion, Adsorption, Absorption, Filtration)
- Reaktionstechnik (Reaktionskinetik, Katalyse, Kopplung von Reaktion und Stofftransport, Reaktorgrundtypen, Verweilzeitverhalten)
- Maßstabsvergrößerung

Modulblock VI Biotechnologie

- Biotechnologische Produkte und Verfahren
- Proteinfunktion (Enzyme, Antikörper, Peptide)
- Enzymtechnologie (Aufreinigung, Handling, Immobilisierung und Biokatalyse)
- Industrielle Biotransformationen (Produkte u. Prozesse)

- Kultivierung, Modifizierung, Handhabung von Mikroorganismen in technischen Prozessen (inkl. Zellkulturtechnik)
- Umweltbiotechnologie
- Projektmanagement, Regel-/Gesetzeskunde, Biologische Sicherheit, TQM, GLP, GMP

2.2 Studiengänge mit ingenieurwissenschaftlicher Ausrichtung

Von ingenieurwissenschaftlichen Absolventen/innen aus bioverfahrenstechnischen Studiengängen wird erwartet, dass sie neben fundierten Kenntnissen über die biologischen Systeme auch vertiefende Kenntnisse über die Technik von Bioprozessen haben. Nicht selten besteht ihre Aufgabe in der industriellen Praxis darin, bestehende Anlagen für neue Bioprozesse zu modifizieren. Dieses ist ohne Kenntnisse über die klassischen verfahrenstechnischen Fragestellungen (z. B. Berechnung von Durchmischung, Leistungseintrag) nicht möglich. Gleichzeitig muss aber auch das Wissen vorhanden sein, welche Auswirkungen Veränderung des technischen Systems (z. B. durch einen Scale-up Prozess) auf das biologische System haben kann. Die Ausrichtung der Studiengänge (z. B. in Richtung rote, grüne, weiße Biotechnologie, Umweltbiotechnologie) ist durch die Profilbildung möglich. Vom Adhoc-Arbeitskreis werden nachfolgende Grundanforderungen vorgeschlagen.

Grundlagenbereich ingenieurwissenschaftlicher Studiengang

60% des Gesamt-Curriculums (=100 % der nachfolgenden Auflistung) davon

- 30% naturwissenschaftliche Grundlagen (Modulblöcke II und III)
- 35% verfahrenstechnische Grundlagen und Mathematik (Modulblöcke I und IV)
- 35% Bioverfahrenstechnik (Modulblöcke V und VI)

Modulblock I – Mathematik/Informatik

Grundlagen der Ingenieurmathematik

- Grundlagen der Linearen Algebra
- Grundlagen der Analysis
- Differentialgleichungen
- Computer-Algebra-Systeme

Numerik

- ODE-Solver (Anfangswertaufgaben)
- Gleichungssysteme (linear, nichtlinear, unter- bzw. überbestimmt)
- Optimierungsverfahren (Abstiegsverfahren, Heuristiken)
- Numerische Entwicklungsumgebungen
- Spez. Anwendungen für die Biotechnologie

Grundlagen der Informatik

- Tabellenkalkulation
- Datenbanken und Datenstrukturen
- Grundlagen strukturierter Programmierung

Modulblock II – Chemie/Physik

Chemische Grundlagen

- Allg. Chemie und Anorg. Chemie (Periodensystem/Atommodell, Redox, Säure/Base, Fällung, Massenwirkungsgesetz, Chemische Bindung, Stöchiometrie)
- Organische Chemie (Funktionelle Gruppen, grundlegende Reaktionsmechanismen)
- Biochemie (Stoffklassen, Sekundärmetabolite, Analytik von Biomolekülen)
- Instrumentelle Analytik (UV, IR, NMR)

Physik

- Physikalische Größen und Einheiten, Impuls- und Energieerhaltung
- Mechanik
- Optik/Wellen und Schwingung
- Elektrotechnik
- Nuklearphysik (Strahlendosen)

Thermodynamik / Wärme- und Stoffübergang

- Hauptsätze der Thermodynamik (Enthalpie/Entropie)
- Mischphasen
- Gastheorie, van der Waals
- Wärme- und Stoffübergang
- Thermodynamik zellulärer Prozesse (Biothermodynamik)

Modulblock III – Biologie

Zellbiologie

- Aufbau der Zelle (Eu- und Prokaryontenzellen, Zellkompartimente, Organellen, Membransysteme)
- Grundlegende Stoffwechselwege (Glycolyse, Citratcyclus, Atmungskette)

Angewandte Mikrobiologie

- Systematik der MO (typische, industrierelevante Vertreter), Identifikation
- Wachstum und Kultivierung, Reinkultur, GLP
- Technische Mikrobiologie (Produktionssysteme, Scale up, GMP)

Molekularbiologie

- Genetik (Grundlagen, Molekulare Genetik)
- Gentechnische Arbeitsmethoden (Klonierung, Sequenzierung)
- Regulation und Optimierung von Produktionsstämmen
- Molekularbiologische Methoden (Analytik, Aufarbeitung, Blotting)
- Molekularbiologische Elementarprozesse

Modulblock IV – Verfahrenstechnik

Grundlagen der Verfahrenstechnik (Unit Operation)

- Grundlagen der Verfahrenstechnik und Einführung in die Grundoperationen (z. B. Rektifikation, Extraktion, Ad-/Absorption, Kristallisation, Zentrifugation, Filtration, Querstromfiltration, Trocknung, Chromatographie)
- Stoffeigenschaften, Rheologie, Fluiddynamik
- Verfahrensfliessbilder

Reaktionstechnik inkl. Prozesssimulation

- Umsatz
- Stoff- und Wärmebilanz
- Reaktionskinetiken (Enzymkinetik, Monodkinetik)
- Wachstumsmodelle (strukturierte Modelle)
- Verhalten realer Reaktoren
- Prozessführungsstrategien (chemostatisch, turbidostatisch)

Modulblock V – Bioverfahrenstechnik

Bioreaktor- und Fermentationstechnik/Biokatalyse

- Reaktorgrundtypen
- Typen der biotechnologischen Reaktionsführung (chemostatisch, turbidostatisch, nutristatisch)
- Strömungs- und Mischverhalten
- Stoffübergangverhalten
- Enzymtechnik –reaktoren (Immobilisierung)
- Bioreaktordesign (Technisch einsetzbare Bioreaktoren)
- Abfall/Abwasser/Abluft
- Steriltechnik (CIP)
- Materialanforderungen (inkl. Apparatebau und –technik)

Aufarbeitung

- Zellernte und -aufschluss
- Aufarbeitung von niedermolekularen Substanzen
- Aufarbeitung von Makromolekülen
- Integrierte Bioprozesse (Kopplung von Downstream und Bioreaktor)
- Modellierung von Aufbereitungsverfahren

Prozess- und Anlagenprojektierung und –betrieb

- Projektmanagement
- Regel- und Gesetzeskunde
- TQM (Total Quality Management)
- Kostenrechnung
- Planung von Experimenten (DOE)

Modulblock VI – Prozessautomatisierung

Messtechniken am Bioprozess

- Klassische Messgrößen (Begasung, Drehfrequenz, Druck, T)
- Sensorik am Bioprozess (pH, pO₂, Trübung, Fluoreszenz)
- Messdatenverarbeitung (Statistik, Filterung)

Regelungstechnik

- Grundlagen der Regelungstechnik
- Nichtlineare Regler
- Lineare Regelungstheorie (PID)
- Einstellverfahren für Reglerparameter
- Beschreibung von Regelkreisen mit Blockschaltbildern

Prozessführungssysteme

- Datenerfassung (DAC/ADC, Bus-Systeme)
- Prozessleitsysteme
- Programmierbare Steuerung

3 *Flexibilität und Profilbildung*

Moderne Studiengänge benötigen ein hohes Maß an Flexibilität – die persönlichen Neigungen müssen sehr viel mehr gefördert werden. Auch interdisziplinäre Studiengänge wie die Biotechnologie und Bioverfahrenstechnik haben zurzeit leider oftmals nur sehr beschränkte Wahlmöglichkeiten. Mehr Flexibilität bei der Gestaltung des Studiums unter Berücksichtigung einer soliden und anerkannten Grundausbildung fördert aber die Studienleistungen! Dafür müssen die Fachbereiche oder Fakultäten entsprechende Module anbieten, die von den Studierenden kombiniert werden können. Dieses ist insbesondere im Vertiefungsbereich der Curricula zu fordern, der 40% des grundständigen Studienganges (1.-6. Semester) ausmachen sollte und in diesem Positionspapier bewusst vollständig ausgeklammert wurde. Die Autoren dieses Textes sehen in den verbleibenden 40 % der gesamten Studienleistung die Möglichkeit, dass die Hochschulen mit dem Lehrangebot auf lokale Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte (SFBs, Forschergruppen, etc.) eingehen und die Studierenden an dieser Stelle auch mit stark fokussierten Fachgebieten in Kontakt bringen, die in die jeweiligen Studienabschlussarbeiten münden können. Eine solche, auf einer soliden Grundausbildung aufbauende, lokale Spezialisierung erlaubt den Studierenden ihren Interessen und Talenten zu folgen und es wird einen gesunden Wettbewerb um die besten Köpfe sowie eine individuelle Profilbildung der Hochschulen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund ist das vorliegende Positionspapier auch nicht der Versuch einer „Gleichmacherei“ sondern dient der Profilbildung auf Basis einer allgemein anerkannten Grundausbildung. In die verbleibenden 40 % des Lehrangebotes gehört auch die Vermittlung der sogenannten *Schlüsselkompetenzen*, die von der Industrie zunehmend von den Stellenbewerbern eingefordert werden. Gerade aber in diesem Bereich sind lokale Unterschiede allein durch die jeweils vor Ort verfügbaren räumlichen, sächlichen und personellen Gegebenheiten unvermeidlich, so dass hier die speziellen Lehrinhalte, die über den Grundla-

genbereich hinausgehen, im Rahmen der Profilbildung durch die jeweiligen Hochschulen frei gestaltet werden können.

Durch die im Bachelorstudiengang in der Regel stattfindende Straffung der Lehrinhalte wird aber auch deutlich, dass spezielle Lehrveranstaltungen für die biotechnologischen Studiengänge geschaffen werden müssen. So macht es sicherlich wenig Sinn, wenn die Studiengänge im Grundlagenbereich lediglich aus bereits bestehenden Modulen anderer Studiengänge (z. B. Chemie, Biologie, Maschinenbau) „konstruiert“ werden. Vielmehr ist eine angepasste Überarbeitung der Lehrinhalte erforderlich. Ein Studium liefert für die Industrie interessante Absolventen, wenn diese nach dem Stand der Technik ausgebildet werden. Die Dynamik der Wissensentwicklung in den Bereichen Biotechnologie und Bioverfahrenstechnik muss sich daher in den Lehrinhalten widerspiegeln. Diese Forderungen sind angesichts deutlich sinkender Ausgaben im Bildungsbereich schwer zu realisieren. Dieses sollte von der Politik aber endlich erkannt werden. Um dem Anspruch einer Wissensgesellschaft gerecht zu werden, muss verstärkt in die Bildung investiert werden!

Mitglieder des Arbeitskreises „Ausbildung in der Biotechnologie“ der DECHEMA

Anspach, Prof. Dr. Birger
HAW - Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Fachbereich Naturwissenschaftliche Technik
21033 Hamburg

Behrendt, Dr. Ulrich
Roche Diagnostics GmbH
Pharmaceutical Biotech Production
82377 Penzberg

Blümke, Dr. Wilfried
Degussa AG
63457 Hanau

Grabley, Prof. Dr. Susanne
Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie e.V.
Hans-Knöll-Institut
07745 Jena

Gollmer, Prof. Dr.-Ing. Klaus-Uwe
Umwelt-Campus Birkenfeld
Angewandte Informatik / Modellbildung und Simulation
55761 Birkenfeld

Kasper, Dr. Cornelia
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
30167 Hannover

Luttmann, Prof. Dr.-Ing. Reiner
HAW - Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Bioprozeß- und Analysentechnik
21033 Hamburg

Marquardt, Dr. Rüdiger
vorm. DECHEMA e. V.
Abtl. Biotechnologie
60486 Frankfurt

Roller, Dr. Carsten
Verband Deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften e.V. - vdbiol
80469 München

Schrader, Dr. Jens
DECHEMA e.V.
Karl-Winnacker-Institut
AG Bioverfahrenstechnik
60486 Frankfurt

Stahl, Dr. Frank
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
30167 Hannover

Schürle, Dr. Karsten
DECHEMA e.V.
Abtl. Biotechnologie
60486 Frankfurt am Main

Ulber, Prof. Dr. Roland (Sprecher)
TU Kaiserslautern
FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik
Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik
67663 Kaiserslautern

Wegener, PD Dr. Joachim
Universität Münster
Institut für Biochemie
48149 Münster

Zorn, PD Dr. Holger
Universität Hannover
Institut für Lebensmittelchemie
30453 Hannover