

Qualifikationsrahmen für Studiengänge und Promotionen in der Verfahrenstechnik, im Bio- und Chemieingenieurwesen

Empfehlungen für Universitäten und Hochschulen
für angewandte Wissenschaften

3. revidierte Auflage, 2018



IMPRESSUM

Herausgeber

ProcessNet – Eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main

Tel.: +49 (0)69 7564-0

Fax: +49 (0)69 7564-176

www.processnet.org

Redaktion

ProcessNet-Fachgruppe Aus- und Fortbildung in der Verfahrenstechnik

Autoren

Dr.-Ing. Hermann J. Feise

BASF

Prof. Dr.-Ing. Manfred Hampe

TU Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann

TU Dortmund

Dr.-Ing. Jan Kuschnerow

Hammann GmbH

Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Schaber

KIT

Prof. Dr.-Ing. Bernd Schinke

Hochschule Mannheim

Prof. Dr. Karl Schwister

Westfälische Hochschule Zwickau

Dr.-Ing. Michael Wilk

Merck

mit **aktiver** Unterstützung **aller** Mitglieder der ProcessNet-Fachgruppe Aus- und Fortbildung in der Verfahrenstechnik

Gestaltung/Satz

PM-GrafikDesign

Peter Mück

Im alten Weg 7

63607 Wächtersbach

Druck

DECHEMA e.V.

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt

Erschienen im Dezember 2018

ISBN: 978-3-89746-215-1

Inhaltsverzeichnis

1. Präambel	2
2. Qualifikationsrahmen für grundlagen- und methodenorientierte Bachelorstudiengänge	4
3. Qualifikationsrahmen für anwendungsorientierte Bachelorstudiengänge	6
4. Qualifikationsrahmen für forschungsorientierte Masterstudiengänge	8
5. Qualifikationsrahmen für anwendungsorientierte Masterstudiengänge	10
6. Qualifikationsrahmen für promovierte Verfahrens-, Bio- oder Chemieingenieure	12
7. Anhang 1 – Industriepraktika	14
8. Anhang 2 – Hinweise zur berufsbegleitenden Fortbildung	16
9. Anhang 3 – Bloomsche Taxonomie und beispielhafte Modulbeschreibungen	17

1 Präambel

Mit dieser von Vertretern¹ von Universitäten, Hochschulen für angewandte Wissenschaften und Industrie erarbeiteten Empfehlung leistet die ProcessNet-Fachgruppe Aus- und Fortbildung in der Verfahrenstechnik einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Hochschulausbildung in Deutschland.

Dabei geht sie von folgenden Überlegungen aus:

1. Der Qualifikationsrahmen richtet sich primär an Planer von Studiengängen an Universtätien oder Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Er soll sowohl beim Aufbau neuer als auch für das Weiterentwickeln bestehender Studiengänge herangezogen werden. Dies gilt insbesondere auch für die Planung neuartiger, artverwandter Ingenieur-Studiengänge, für die sichergestellt werden soll, dass die Studierenden unverzichtbare ingenieurwissenschaftliche Kernkompetenzen erwerben.
2. Als zweite Zielgruppe werden Akkreditierungsrat, Akkreditierungsagenturen sowie die im Rahmen von Akkreditierungsverfahren tätigen Gutachter angesprochen. Letztere sollen die Überprüfung der Fachlichkeit eines Studienganges auf Basis des vorliegenden Qualifikationsrahmens durchführen. Generell empfiehlt die Fachgruppe externe Überprüfungen der Fachlichkeit der Studiengänge auch bei systemakkreditierten Hochschulen.
3. Der Qualifikationsrahmen beschreibt die drei Qualifikationsstufen Bachelor, Master und Doktor (Stufen 6, 7 und 8 des deutschen² bzw. europäischen³ Qualifikationsrahmens für lebenslanges Lernen sowie die unterschiedlichen Profile (s.u.). Er macht ebenfalls Aussagen zur Durchlässigkeit zwischen den Profilen. Neben den genannten Qualifikationsrahmen sind in diesem Dokument auch Empfehlungen der ENAEE (European Network for Engineering Accreditation) berücksichtigt⁴.
4. Lebenslanges Lernen im Sinne einer Weiter- oder Fortbildung während der Berufstätigkeit ist nicht Bestandteil dieses Qualifikationsrahmens, sofern nicht der Erwerb einer höheren Qualifikation durch ein Studium

gemeint ist. Allerdings muss die Befähigung zum lebenslangen Lernen im Studium erlangt werden.

5. Nach heutigem Stand der Diskussion wird die Digitalisierung erhebliche Herausforderungen und Veränderungen für den gesamten Bildungsbereich und die Bildungseinrichtungen mit sich bringen, insbesondere durch die zunehmende Geschwindigkeit der Wissensvermehrung, die vielfältigen Zugangswege zum Wissen sowie die zu erwartenden Veränderungen der Arbeitswelt.
6. Nach Überzeugung der Fachgruppe bleiben die in den vorliegenden Qualifikationsrahmen beschriebenen fachlichen und überfachlichen Qualifikationen auch in einer zunehmend digitalisierten Welt unvermindert richtig. Hochschulen und Hochschullehrer sind aufgefordert, die Vermittlung dieser Qualifikationen durch neue Lehr- und Lernmethoden zu verstärken, um eine bessere Passfähigkeit zur heutigen Studierenden-Generation herzustellen. Außerdem muss die Rolle der Hochschulen für die berufsbegleitende Weiter- oder Fortbildung neu diskutiert werden.
7. Neben fachlichem Wissen sowie nicht-technischen Fähigkeiten (Schlüsselqualifikationen) müssen Studierende ihre gesellschaftliche, soziale und politische Verantwortung verstehen und sie müssen verinnerlichen, was ethisches und verantwortliches Handeln im Ingenieur-Beruf bedeutet.
8. Die Fachgruppe hält folgende unterschiedliche Studiengang-Profile für sinnvoll:
 - I. Im Bachelorstudiengang soll unterschieden werden zwischen
 - a. grundlagen- und methodenorientiert sowie
 - b. anwendungsorientiert.
 - II. Im Masterstudiengang soll unterschieden werden zwischen den Profilen
 - a. forschungsorientiert sowie
 - b. anwendungsorientiert.
9. Der Abschluss des grundlagen- und methodenorientierten Bachelorstudiengangs qualifiziert insbesondere

für das weitere, forschungsorientierte Studium im eigenen und in verwandten Fächern.

10. Der Wechsel zwischen den Studiengang-Profilen beim Übergang vom Bachelor zum Masterstudiengang soll durch geeignete Maßnahmen unterstützt werden.
11. Bei konsekutiven Bachelor und Master Studiengängen beträgt die Regelstudienzeit insgesamt zehn Semester, entsprechend 300 ECTS Leistungspunkten.
12. Die Bachelorstudiengänge sind berufsqualifizierend. Ihre Absolventen sind Ingenieure im Sinne der Ingenieurgesetze der Länder. Dies ist im Diploma Supplement zu bescheinigen.
13. Ziel der Promotion von Verfahrens-, Bio- und Chemieingenieuren ist der Erwerb wissenschaftlicher Fähigkeiten, die die Promovierten für Leitungs- und Fachfunktionen an Forschungseinrichtungen, in der Industrie, der Wirtschaft oder der Verwaltung über den Master Abschluss hinaus qualifizieren.
14. Die Promotion von Ingenieuren im Sinne dieses Qualifikationsrahmens stellt keine weitere Studienphase dar, sondern ist Berufstätigkeit. Die Gestaltungskriterien unterscheiden sich daher von denen der Bachelor bzw. Master Ausbildung.

Die nachfolgend beschriebenen Qualifikationsrahmen sind Empfehlungen für die Gestaltung von Bachelor- und Masterstudiengängen an Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften sowie für Promotionen auf den Gebieten

- » Verfahrenstechnik (Process Engineering),
- » Chemieingenieurwesen (Chemical Engineering),
- » Bioingenieurwesen (Biochemical oder Bioprocess Engineering)⁵.

sowie auf verwandten Gebieten.

Die Empfehlungen sind so breit angelegt, dass sie die genannten Studiengänge abdecken. Alle Studiengänge sind ingenieurwissenschaftlich ausgerichtet. Die Empfehlungen sind folgendermaßen gegliedert:

1. Berufsbild und Qualifikationsrahmen.
2. Zugangsvoraussetzungen.
3. Struktur des Studiums.
4. Fachlichkeit des Studiums.

Ein wesentliches Merkmal der Ingenieur-Ausbildung in Deutschland sind Praktika, die vor dem Studium und während des Studiums bevorzugt in der Industrie absolviert werden. Hierbei erwerben die Studierenden Erfahrung mit der betrieblichen Wirklichkeit, sammeln praktische Erfahrung im Umgang mit Apparaten und Maschinen und nehmen Einblick in die Tätigkeit eines Ingenieurs. Aussagen zu den dem Profil des jeweiligen Studienganges angepassten Praktika werden jeweils unter „Struktur des Studiums“ gemacht. Aussagen zu den Zielen von Praktika, dem Umfang sowie zu bevorzugten Tätigkeiten finden sich in Anhang 1. Vorgaben für Praktika sind in den Prüfungs- und Studienordnungen zu verankern, damit Studierende dies bei Bedarf gegenüber Behörden oder Industrie nachweisen können.

Die Fachgruppe fordert die verantwortlichen Stellen dazu auf, Praktika nicht zu verkürzen oder entfallen zu lassen. Im Gegenteil wird nachdrücklich empfohlen, die in Anhang 1 sowie in den Qualifikationsrahmen beschriebenen Praktikumsdauern nicht zu unterschreiten. Ebenso werden die Industrieunternehmen nachdrücklich aufgefordert, entsprechende Praktikumsmöglichkeiten sowie deren qualifizierte Betreuung anzubieten und damit einen Beitrag zur qualitätsgesicherten akademischen Ausbildung zu leisten.

Die Empfehlungen gehen davon aus, dass die Studiengänge modular aufgebaut sind. Ein Modul ist eine Lehr- bzw. Lerneinheit, die in der Regel in einem Semester durch eine Prüfung abgeschlossen wird. Bei erfolgreichem Abschluss werden Leistungspunkte entsprechend dem European Credit Transfer System (ECTS) erworben. Ein Credit entspricht einem studentischen Arbeitsaufwand (Workload) von 30 Stunden. Im akademischen Jahr (Bezugsgröße in Deutschland gem. KMK-Strukturvorgaben 46 Wochen) wird von einem Aufwand von 1800 Stunden für durchschnittliche Studierende ausgegangen.

¹ Die Bezeichnung „Vertreter“ (Absolvent, Studierender, Betreuer...) ist geschlechtsneutral zu verstehen und für alle Geschlechter gleichermaßen gültig

² Qualifikationsrahmen für Deutsche Hochschulabschlüsse, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.02.2017

³ A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area, Bologna Working Group on Qualifications Frameworks, February 2005

⁴ EUR-ACE Framework Standards and Guidelines, Edition March 31, 2015

⁵ Siehe hierzu auch die „Empfehlungen für grundständige Studiengänge Biotechnologie mit naturwissenschaftlichem und mit verfahrenstechnischem Schwerpunkt“ der Vorstandskommission „Ausbildung in der Biotechnologie“ der DECHEMA e.V., aktualisierte Ausgabe, Januar 2017

2 Qualifikationsrahmen und Curricula für grundlagen- und methodenorientierte Bachelorstudiengänge

2.1 Berufsbild und Qualifikationsrahmen

Den Absolventen eines grundlagen- und methodenorientierten ausgerichteten Bachelorstudiengangs bieten sich u. a. folgende Möglichkeiten:

- » Fortsetzung des Studiums in einem Masterstudiengang,
- » Berufstätigkeit in Industrie, Wirtschaft oder Verwaltung.

Das grundlagen- und methodenorientiert ausgerichtete Bachelorstudium vermittelt – insbesondere vorbereitend auf das forschungsorientierte Masterstudium – folgende Qualifikationen:

2.1.1 Wissen und Verstehen

Die Absolventen sind in der Lage,

- » die grundlegenden Erkenntnisse und Konzepte aus der Mathematik und den Naturwissenschaften (z. B. Chemie, Physik, Biologie) wiederzugeben,
- » die in der Verfahrenstechnik, dem Chemie- oder Bioingenieurwesen auftretenden grundlegenden Phänomene zu erläutern,
- » die fundamentalen Prinzipien der Modellierung und Simulation
 - chemischer Reaktionen und biologischer Prozesse,
 - der Energie-, Stoff- und Impulstransportprozesse und
 - der Trennprozesse
 auf unterschiedlichen Skalen zu diskutieren und zu interpretieren,
- » die Grundzüge der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zu beschreiben und in die Praxis zu übertragen.

2.1.2 Ingenieurwissenschaftliche Methodik

Die Absolventen sind in der Lage,

- » fachliche Probleme grundlagenorientiert zu identifizieren, zu abstrahieren, zu formulieren und ganzheitlich zu lösen,
- » Produkte, Prozesse und Methoden ihrer Disziplin auf systemtechnischer Basis zu durchdringen, zu analysieren und zu bewerten,
- » passende Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden auszuwählen und anzuwenden.

2.1.3 Ingenieurgemäßes Entwickeln und Konstruieren

Die Absolventen

- » entwerfen Maschinen, Apparate und Prozesse nach spezifizierten Anforderungen,
- » wenden dazu innovative Entwurfsmethoden an.

2.1.4 Untersuchen und Bewerten

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Literaturrecherchen durchzuführen sowie Datenbanken und Forschungsberichte für ihre Arbeit zu nutzen und kritisch zu reflektieren,
- » selbständig Experimente zu planen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren.

2.1.5 Ingenieurpraxis

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Theorie und Praxis zu kombinieren, um ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen methodisch-grundlagenorientiert zu analysieren und zu lösen,
- » anwendbare Techniken und Methoden und deren Grenzen zu beurteilen,
- » ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, ökologischer und wirtschaftlicher Erfordernisse verantwortungsbewusst anzuwenden und eigenverantwortlich zu vertiefen,
- » Projekte zu organisieren und durchzuführen,
- » mit Fachleuten anderer Disziplinen respektvoll zusammenzuarbeiten,
- » die nicht-technischen Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit zu beurteilen sowie ethisch und verantwortlich zu handeln.

2.1.6 Schlüsselqualifikationen

Die Absolventen verfügen nach Abschluss des Studiums, neben dem fachlichen Wissen, auch über zentrale Schlüsselqualifikationen. Diese sind:

- » Die Fähigkeit, fachliche Problemstellungen und Ergebnisse Fachleuten sowie Laien in deutscher und englischer Sprache mündlich und schriftlich zu präsentieren,
- » Zusammenarbeit und Kommunikation im Team, auch in internationalen Gruppen,
- » Selbstorganisation und Zeitmanagement.

2.2 Zugangsvoraussetzungen

Der Zugang zum Bachelorstudiengang ist mit einer allgemeinen Hochschulzugangsberechtigung oder einer gleichwertigen Zugangsberechtigung möglich. Darüber hinaus wird empfohlen, die Eignung für das Fach zu überprüfen, beispielsweise durch einen freiwilligen Test.

2.3 Struktur des Studiums

Das Studium umfasst 6 oder 7 Semester einschließlich der Bachelorarbeit. Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums wird der akademische Grad Bachelor of Science verliehen.

Das Studium ist beendet, wenn alle in den Prüfungs- und Studienordnungen vorgeschriebenen Studien- und Prüfungsleistungen erbracht wurden. Die dafür zu erwerbende Zahl von Leistungspunkten darf 180 für den sechssemestrigen und 210 für den siebensemestrigen Studiengang nicht unterschreiten, sollte diesen Umfang aber auch nicht überschreiten.

Studierende eines grundlagen- und methodenorientierten Studiengangs sollen in einem Grundpraktikum von mindestens 8 Wochen Dauer Arbeitsabläufe in der Werkstatt, in der Montage, in der Produktion oder im Labor kennenlernen. Dieses Praktikum soll bereits vor Aufnahme des Studiums abgeleistet werden.

In einem Fachpraktikum von mindestens 8 Wochen Dauer sollen die Studierenden die für einen in Forschung, Entwicklung, Konstruktion oder Planung tätigen Ingenieur typischen Arbeiten durchführen. Das Fachpraktikum kann auch Bestandteil des Masterstudiums sein.

2.4 Fachlichkeit des Studiums

Die Studieninhalte der Bachelorprogramme mit grundlagen- und methodenorientierter Ausrichtung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Studieninhalte der grundlagen- und methodenorientierten Bachelorprogramme

Bereiche	Leistungspunkte
Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen Mathematik, Informatik, Physik, Chemie, Biologie	30 – 55
Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen z. B. Mechanik, Thermodynamik, Strömungsmechanik, Elektrotechnik und Elektronik, Systemdynamik und Regelungstechnik, Materialwissenschaft, Ingenieur-Ethik	35 – 50
Verfahrenstechnische Fächer Fluid- und Feststoffverfahrenstechnik, Reaktionstechnik, Bioverfahrenstechnik, weitere Themen entsprechend der fachlichen Ausrichtung	30 – 40
Ingenieur Anwendungen z. B. Produktions-, Prozess- und Anlagentechnik, Sicherheitstechnik, Umwelttechnik, Konstruktion und Apparatebau	10 – 35
Nicht-technische Fächer z. B. Recht, Betriebswirtschaft, Philosophie, Psychologie, Soziologie, Spracherwerb	5 – 15
Ingenieur- und naturwissenschaftliche Fächer zur Schwerpunktbildung	20 – 40
Bachelorarbeit	12 – 15
Summe	mindestens 180 bzw. 210

Die Schlüsselqualifikationen sollen vorzugsweise integrativ im Rahmen der fachlichen Ausbildung (beispielsweise durch Projekt- und Seminararbeiten) geübt werden.

3 Qualifikationsrahmen und Curricula für anwendungsorientierte Bachelorstudiengänge

3.1 Berufsbild und Qualifikationsrahmen

Den Absolventen eines anwendungsorientiert ausgerichteten Bachelorstudiengangs bieten sich u. a. folgende Möglichkeiten:

- » Berufstätigkeit in Industrie, Wirtschaft oder Verwaltung,
- » Fortsetzung des Studiums in einem Masterstudiengang.

Das anwendungsorientiert ausgerichtete Bachelorstudium vermittelt folgende Qualifikationen:

3.1.1 Wissen und Verstehen

Die Absolventen sind in der Lage,

- » ingenieurtechnische, mathematische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge einzuordnen und anzuwenden,
- » die in der Verfahrenstechnik, dem Chemie- oder Bioingenieurwesen auftretenden Phänomene anwendungsnah zu erläutern,
- » den multidisziplinären Kontext der Ingenieurwissenschaften anwendungsbezogen einzuordnen.

3.1.2 Ingenieurwissenschaftliche Methodik

Die Absolventen sind in der Lage,

- » fachliche Probleme unter Anwendung etablierter wissenschaftlicher Methoden zu identifizieren, zu formulieren und zu lösen,
- » Produkte, Prozesse und Methoden ihrer Disziplin wissenschaftlich fundiert zu analysieren,
- » passende Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden auszuwählen und mit hoher Handhabungskompetenz anzuwenden.

3.1.3 Ingenieurgemäßes Entwickeln und Konstruieren

Die Absolventen sind in der Lage,

- » komplexe Entwürfe für Maschinen, Apparate und Prozesse nach spezifizierten Anforderungen zu erarbeiten,
- » praxisorientierte Entwurfsmethoden zu verstehen und anzuwenden.

3.1.4 Untersuchen und Bewerten

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Literaturrecherchen durchzuführen sowie Datenbanken und andere Informationsquellen für ihre Arbeit zu nutzen,
- » Simulationen durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren,
- » selbständig Experimente zu planen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren.

3.1.5 Ingenieurpraxis

Die Absolventen sind in der Lage,

- » neue Ergebnisse der Ingenieur- und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, ökologischer und wirtschaftlicher Erfordernisse in die industrielle und gewerbliche Produktion zu übertragen,
- » Prozesse zu planen, zu steuern, zu überwachen, Anlagen und Ausrüstungen zu entwickeln und zu betreiben,
- » anwendbare Techniken und Methoden auszuwählen und deren Grenzen zu beurteilen,
- » das erworbene Wissen eigenverantwortlich zu vertiefen,
- » Projekte zu organisieren und durchzuführen,
- » mit Fachleuten der eigenen und anderer Disziplinen respektvoll zusammenzuarbeiten,
- » die nicht-technischen Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit zu beurteilen sowie ethisch und verantwortlich zu handeln.

3.1.6 Schlüsselqualifikationen

Die Absolventen verfügen nach Abschluss des Studiums, neben dem fachlichen Wissen, auch über zentrale Schlüsselqualifikationen. Diese sind:

- » Die Fähigkeit, fachliche Problemstellungen und Ergebnisse Fachleuten sowie Laien in deutscher und englischer Sprache mündlich und schriftlich zu präsentieren,
- » Zusammenarbeit und Kommunikation im Team, auch in internationalen Gruppen,
- » Selbstorganisation und Zeitmanagement.

3.2 Zugangsvoraussetzungen

Der Zugang zum Bachelorstudiengang ist mit einer allgemeinen Hochschulzugangsberechtigung oder einer gleichwertigen Zugangsberechtigung möglich. Darüber hinaus wird empfohlen, die Eignung für das Fach zu überprüfen, beispielsweise durch einen freiwilligen Test.

3.3 Struktur des Studiums

Das Studium umfasst 7 Semester einschließlich der Bachelorarbeit. Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums wird der akademische Grad Bachelor of Science oder Bachelor of Engineering verliehen.

Um die Studienziele zu erreichen, werden auf der Basis eines mathematisch-naturwissenschaftlichen, ingenieurtechnischen und betriebswirtschaftlichen Grundlagenwissens Kenntnisse und Fertigkeiten auf dem Gebiet der Planung, der Auslegung und des Betriebs verfahrenstechnischer Prozesse und Anlagen praxisbezogen vermittelt. Das erworbene Wissen wird exemplarisch vertieft. Das Studium zeichnet sich durch Anwendungsbezug und hohen Labor- und Projektanteil aus.

Das Studium ist beendet, wenn alle in den Prüfungs- und Studienordnungen vorgeschriebenen Studien- und Prüfungsleistungen erbracht wurden.

Bei einer Studiendauer von 7 Semestern sind zum Erwerb des Bachelor Abschlusses mindestens 210 Leistungspunkte erforderlich; dieser Umfang sollte aber auch nicht überschritten werden.

Studierende eines anwendungsorientierten Studiengangs sollen in einem vorzugsweise vor dem Beginn des Studiums durchzuführenden Grundpraktikum von mindestens 8 Wochen Dauer Arbeitsabläufe in der Werkstatt, in der Montage, in der Produktion oder im Labor kennenlernen. Das Grundpraktikum wird nicht von der Hochschule begleitet, hierfür werden keine Leistungspunkte vergeben.

In einer Praxisphase (Fachpraktikum) von mindestens 23 Wochen Dauer sollen die Studierenden die für einen beispielsweise in Forschung, Entwicklung, Konstruktion oder Planung tätigen Ingenieur typischen Arbeiten durchführen. Die Praxisphase wird als profilbildendes Merkmal eines anwendungsorientierten Studiengangs von der Hochschule begleitet, hierfür werden Leistungspunkte vergeben.

3.4 Fachlichkeit des Studiums

Tabelle 2 gilt für Bachelorprogramme mit anwendungsorientierter Ausrichtung.

Tabelle 2: Studieninhalte der anwendungsorientierten Bachelorprogramme

Bereiche	Leistungspunkte
Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen Mathematik, Informatik, Physik, Chemie, Biologie	25 – 35
Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen z. B. Mechanik, Thermodynamik, Strömungsmechanik, Elektrotechnik und Elektronik, Systemdynamik und Regelungstechnik, Materialwissenschaft, Ingenieur-Ethik	30 – 40
Verfahrenstechnische Fächer Fluid- und Feststoffverfahrenstechnik, Reaktionstechnik, Bioverfahrenstechnik, weitere Themen entsprechend der fachlichen Ausrichtung	25 – 35
Ingenieuranwendungen z. B. Prozess- und Anlagentechnik, Umwelt- und Sicherheitstechnik, Ver- und Entsorgungstechnik, CAD/CAE-Systeme, Konstruktion und Apparatebau	30 – 40
Nicht-technische Fächer z. B. Recht, Betriebswirtschaft, Philosophie, Psychologie, Soziologie, Spracherwerb	10 – 20
Ingenieur- und naturwissenschaftliche Fächer zur Schwerpunktbildung	5 – 15
Praxissemester mit Bericht und Vortrag	30
Bachelorarbeit	12 – 15
Summe	mindestens 210

Die Schlüsselqualifikationen sollen vorzugsweise integrativ im Rahmen der fachlichen Ausbildung (beispielsweise durch Projekt- und Seminararbeiten) geübt werden.

4 Qualifikationsrahmen und Curricula für forschungsorientierte Masterstudiengänge

4.1 Berufsbild und Qualifikationsrahmen

Den Absolventen von forschungsorientierten Masterstudiengängen bieten sich u. a. folgende Möglichkeiten:

- » Berufstätigkeit in Industrie, Wirtschaft oder Verwaltung.
- » Bei entsprechender Eignung Berufstätigkeit an einer Universität als wissenschaftlicher Mitarbeiter und wissenschaftliche Weiterqualifizierung im Rahmen einer Promotion.

Das forschungsorientierte Masterstudium vermittelt folgende Qualifikationen:

4.1.1 Wissen und Verstehen

Die Absolventen sind in der Lage,

- » vertiefte und umfangreiche mathematisch-naturwissenschaftliche und verfahrenstechnische Sachverhalte auf einem hohen Abstraktionsgrad zu erläutern,
- » komplexe Situationen und Prozesse grundlegenden Prinzipien zuzuordnen,
- » neuere Erkenntnisse ihrer Disziplin kritisch zu hinterfragen und zu bewerten.

4.1.2 Ingenieurwissenschaftliche Methodik

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Probleme wissenschaftlich zu analysieren und zu lösen, auch wenn sie unüblich oder unvollständig definiert sind und konkurrierende Spezifikationen aufweisen,
- » komplexe Problemstellungen aus einem neuen oder in der Entwicklung begriffenen Bereich zu abstrahieren und zu formulieren,
- » innovative Methoden bei der grundlagenorientierten Problemlösung anzuwenden und neue wissenschaftliche Methoden zu entwickeln.

4.1.3 Ingenieurgemäßes Entwickeln und Konstruieren

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Konzepte und Lösungen zu grundlagenorientierten, zum Teil auch unüblichen Fragestellungen – ggf. unter Einbeziehung anderer Disziplinen – zu entwickeln,

- » neue Produkte, Prozesse und Methoden zu kreieren und zu entwickeln,
- » ihr ingenieurwissenschaftliches Urteilsvermögen anzuwenden, um mit komplexen, möglicherweise unvollständigen Informationen zu arbeiten, Widersprüche zu erkennen und mit ihnen umzugehen.

4.1.4 Untersuchen und Bewerten

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Informationsbedarf zu erkennen, Informationen zu finden und zu beschaffen,
- » theoretische und experimentelle Untersuchungen zu planen und durchzuführen,
- » Daten kritisch zu bewerten und daraus Schlüsse zu ziehen,
- » die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien zu untersuchen und zu bewerten.

4.1.5 Ingenieurpraxis

Absolventen sind über ihre Qualifikation aus dem Bachelorstudium hinaus in der Lage,

- » Wissen aus verschiedenen Bereichen methodisch zu klassifizieren und systematisch zu kombinieren sowie mit Komplexität umzugehen,
- » sich systematisch und in kurzer Zeit in neue Aufgaben einzuarbeiten,
- » auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit systematisch zu reflektieren und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einzubeziehen,
- » Lösungen zu erarbeiten, die einer vertieften Methodenkompetenz bedürfen.

4.1.6 Schlüsselqualifikationen

Die bereits im Bachelorstudium für die praktische Ingenieur Tätigkeit erworbenen Schlüsselqualifikationen werden innerhalb des Masterstudiengangs ausgebaut. Insbesondere sind Absolventen in der Lage,

- » fachliche Problemstellungen und Ergebnisse Fachleuten, Entscheidern und Laien mündlich und schriftlich in deutscher und englischer Sprache zu präsentieren und sie mit diesen zu diskutieren,

- » die Zusammenarbeit in international zusammengesetzten Teams zu gestalten,
- » Selbstorganisation und Zeitmanagement durchzuführen,
- » selbständig Aufgaben zu identifizieren und notwendige Maßnahmen durchzuführen.

4.2 Zugangsvoraussetzungen

Das Studium setzt den qualifizierten Abschluss eines Bachelorstudiengangs der oben genannten Fachrichtungen sowie eine Eignungsfeststellung voraus. Absolventen eines fachlich anders ausgerichteten Bachelorstudiengangs können unter Auflagen zugelassen werden.

4.3 Struktur des Studiums

Die Regelstudienzeit umfasst je nach Dauer des konsekutiv vorangegangenen Bachelorstudiengangs 3 bzw. 4 Semester einschließlich der Masterarbeit. Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums wird der akademische Grad Master of Science verliehen.

Das Studium ist beendet, wenn alle in den Prüfungs- und Studienordnungen vorgeschriebenen Studien- und Prüfungsleistungen erbracht wurden. Die dafür zu erwerbende Zahl von Leistungspunkten darf 90 für den dreisemestrigen und 120 für den viersemestrigen Studiengang nicht unterschreiten, sollte diesen Umfang aber auch nicht überschreiten.

Zweck des Masterstudiums ist, das mathematisch-naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Wis-

sen zu vertiefen, zu wissenschaftlicher Forschungsarbeit anzuleiten sowie neues Wissen und neue Methoden zu generieren. Das Studium zeichnet sich durch Forschungsbezug und hohen Projektanteil aus. Kennzeichnend für das Studium ist die Einbeziehung der Forschung in die Lehre sowie die projektbezogene – nach Möglichkeit interdisziplinäre – Gruppenarbeit. Die Vertiefung und Erweiterung von Schlüsselqualifikationen und fachübergreifender Qualifikationen, wie Teamfähigkeit, Interdisziplinarität, Kommunikationsfähigkeit, Internationalität, Problemlösungskompetenz, Innovationsmanagement und Führungsfähigkeit, werden durch die Integration moderner Studienformen gefördert.

Bis zum Beginn der Masterarbeit sollen Studierende eines forschungsorientierten Studienganges Praktika mit einer Gesamtdauer von 20 Wochen absolviert haben; darin sind die in Abschnitt 2.3 aufgeführten Praktika des Bachelorstudienganges enthalten.

4.4 Fachlichkeit des Studiums

Die im Masterstudiengang zu besuchenden Lehrveranstaltungen werden von den Studierenden unter Anleitung eines akademischen Mentors weitgehend frei zusammengestellt. Das Studium ist durch einen hohen Anteil eigenverantwortlich betriebenen Selbststudiums bestimmt. Die Curricula für forschungsorientierte Masterstudiengänge müssen Inhalte aus den in Tabelle 3 genannten Bereichen aufweisen.

Tabelle 3: Studieninhalte der forschungsorientierten Masterprogramme

Bereiche	Leistungspunkte
Profilbildende Vertiefung der mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Fächer	45 – 85
Nicht-technische Fächer z. B. Recht, Betriebswirtschaft, Philosophie, Psychologie, Soziologie	5 – 15
Masterarbeit	30
Summe	mindestens 90 bzw. 120

Die Schlüsselqualifikationen sollen vorzugsweise integrativ im Rahmen der fachlichen Ausbildung (beispielsweise durch Projekt- und Seminararbeiten) geübt werden.

Für eine erfolgreiche Vermittlung der Schlüsselqualifikationen wird die Lehrmethodik als entscheidend ange-

sehen. Daher wird eine Kombination aus verschiedenen Prüfungsformen empfohlen:

- » Mündliche Prüfungen, Präsentationen, Referate,
- » Klausuren,
- » Projekt- und Abschlussarbeiten, ggf. in Teams.

5 Qualifikationsrahmen und Curricula für anwendungsorientierte Masterstudiengänge

5.1 Berufsbild und Qualifikationsrahmen

Den Absolventen von anwendungsorientierten Masterstudiengängen bieten sich folgende Möglichkeiten:

- » Berufstätigkeit in Industrie, Wirtschaft oder Verwaltung.
- » Bei entsprechender Eignung Berufstätigkeit an einer Universität als wissenschaftlicher Mitarbeiter und wissenschaftliche Weiterqualifizierung im Rahmen einer Promotion.

Das anwendungsorientierte Masterstudium vermittelt folgende Qualifikationen:

5.1.1 Wissen und Verstehen

Die Absolventen sind in der Lage,

- » vertiefte mathematisch-naturwissenschaftliche und verfahrenstechnische Kenntnisse sowie vertieftes anwendungsorientiertes Wissen auf Spezialgebieten zu erläutern,
- » komplexe Situationen und Prozesse grundlegenden Prinzipien zuzuordnen,
- » neuere Erkenntnisse ihrer Disziplin kritisch zu hinterfragen und zu bewerten.

5.1.2 Ingenieurwissenschaftliche Methodik

Die Absolventen sind in der Lage, selbständig

- » anwendungsorientierte Problemstellungen aus einem neuen oder in der Entwicklung begriffenen Bereich ihrer Spezialisierung zu formulieren,
- » anwendungsorientierte Probleme, die unvollständig definiert sind und die konkurrierende Spezifikationen aufweisen, zu analysieren und zu lösen,
- » aktuelle und innovative Methoden bei der Problemlösung anzuwenden.

5.1.3 Ingenieurgemäßes Entwickeln und Konstruieren

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Lösungen zu anwendungsorientierten, zum Teil auch unüblichen Fragestellungen zu entwickeln, auch unter Einbeziehung anderer Disziplinen,
- » ihre Kreativität einzusetzen, um neue Lösungen für die Praxis zu entwickeln,

- » ihr ingenieurwissenschaftliches Urteilsvermögen anzuwenden, um mit komplexen, möglicherweise unvollständigen Informationen zu arbeiten, Widersprüche zu erkennen und mit ihnen umzugehen.

5.1.4 Untersuchen und Bewerten

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Informationsbedarf zu erkennen, Informationen zu finden und zu beschaffen,
- » theoretische und experimentelle Untersuchungen zu planen und durchzuführen,
- » Daten kritisch zu bewerten und daraus Schlüsse zu ziehen,
- » die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien zu untersuchen und zu bewerten.

5.1.5 Ingenieurpraxis

Die Absolventen sind in der Lage,

- » Wissen aus verfahrenstechnischen Spezialgebieten methodisch zu klassifizieren und systematisch zu kombinieren,
- » wissenschaftliche Methoden in der Praxis sicher anzuwenden,
- » Lösungskonzepte für die Praxis auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zu entwickeln,
- » Wissen aus verschiedenen Bereichen zur schnellen Umsetzung zu kombinieren und mit Komplexität umzugehen,
- » sich zielgerichtet und in kurzer Zeit in neue Aufgaben einzuarbeiten,
- » anwendbare Techniken und deren Grenzen zu beurteilen,
- » auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieur-tätigkeit zu erkennen und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einzubeziehen.

5.1.6 Schlüsselqualifikationen

Die bereits im Bachelorstudium für die praktische Ingenieur-tätigkeit erworbenen Schlüsselqualifikationen werden innerhalb des Masterstudiengangs ausgebaut. Insbesondere sind Absolventen in der Lage,

- » fachliche Problemstellungen und Ergebnisse Fachleuten, Entscheidern und Laien mündlich und schriftlich

in deutscher und englischer Sprache zu präsentieren und sie mit diesen zu diskutieren,

- » die Zusammenarbeit in international zusammengesetzten Teams zu gestalten,
- » Selbstorganisation und Zeitmanagement durchzuführen,
- » selbständig Aufgaben zu identifizieren und notwendige Maßnahmen durchzuführen.

5.2 Zugangsvoraussetzungen

Das Studium setzt den qualifizierten Abschluss eines Bachelorstudiengangs der oben genannten Fachrichtungen sowie eine Eignungsfeststellung voraus. Absolventen eines fachlich anders ausgerichteten Bachelorstudiengangs können im Falle ihrer besonderen Eignung unter Auflagen zugelassen werden.

5.3 Struktur des Studiums

Die Regelstudienzeit umfasst 3 Theoriesemester einschließlich der Prüfungen und der Masterarbeit. Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums wird der akademische Grad Master of Engineering oder Master of Science verliehen.

Bei einer Studiendauer von 3 Semestern sind zum Erwerb des Master Abschlusses mindestens 90 Leistungspunkte erforderlich.

Tabelle 4: Studieninhalte der anwendungsorientierten Masterprogramme

Bereiche	Leistungspunkte
Vertiefung der mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen z. B. Mathematische Methoden, Strömungsmechanik, Mehrphasenströmungen, Werkstofftechnik, Wärme- und Stoffübertragung, Chemie, Biologie, Mischphasenthermodynamik, Automatisierungs- und Prozessleittechnik	10 – 20
Vertiefung und Erweiterung verfahrenstechnischer Fächer Unit Operations der chemischen, biologischen, mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik	10 – 20
Vertiefung der Ingenieurwissenschaften Systemtechnik, Umwelt- und Sicherheitstechnik, CAD/CAE-Systeme, Prozesssimulationstechniken, Konstruktion und Apparatebau	15 – 25
Nicht-technische Fächer	5 – 15
Masterarbeit, Master Seminar und Kolloquium	30
Summe	mindestens 90

Die Vertiefung soll entsprechend der Profilbildung der Hochschule schwerpunktmäßig erfolgen.

Die Schlüsselqualifikationen sollen integrativ im Rahmen der fachlichen Ausbildung (beispielsweise durch Referate, Projekt- und Seminararbeiten) geübt werden.

Für eine erfolgreiche Vermittlung der Schlüsselqualifikationen wird die Lehrmethodik als entscheidend ange-

Um die Studienziele zu erreichen, werden Lehrveranstaltungen angeboten und Lehr- sowie Lernformen angewendet, die das mathematisch-naturwissenschaftliche und ingenieurtechnische Wissen vertiefen, um die Handhabungskompetenz zu erweitern. Das Studium zeichnet sich durch Anwendungsbezug und hohen Projektanteil aus. Kennzeichnend für das Studium ist weiterhin die Einbeziehung angewandter Forschung und Entwicklung in die Lehre sowie die projektbezogene – nach Möglichkeit interdisziplinäre – Gruppenarbeit. Die Vertiefung und Erweiterung von Schlüsselqualifikationen und fachübergreifender Qualifikationen, wie Teamfähigkeit, Interdisziplinarität, Kommunikationsfähigkeit, Internationalität, Problemlösungskompetenz, Innovationsmanagement und Führungsfähigkeit, werden durch die Integration moderner Studienformen gefördert.

Bis zum Beginn der Masterarbeit sollen Studierende eines anwendungsorientierten Studienganges Praktika mit einer Gesamtdauer von 31 Wochen absolviert haben; darin sind die in Abschnitt 3.3 aufgeführten Praktika des Bachelorstudienganges enthalten.

5.4 Fachlichkeit des Studiums

Die Studieninhalte der Masterprogramme mit anwendungsorientierter Ausrichtung sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

sehen. Daher wird eine Kombination aus verschiedenen Prüfungsformen empfohlen:

- » Mündliche Prüfungen, Präsentationen, Referate,
- » Klausuren,
- » Projekt- und Abschlussarbeiten, ggf. in Teams.

6 Qualifikationsrahmen für promovierte Verfahrens-, Bio- oder Chemieingenieure

6.1 Wissensbreite

Promovierte Verfahrens-, Bio- oder Chemieingenieure haben ein systematisches Verständnis für das Wissensgebäude der Verfahrenstechnik bzw. des Bio- und Chemieingenieurwesens nachgewiesen. Sie beherrschen die Entwicklung, Modellierung und Simulation von Prozessen, Apparaten und Maschinen für die Stoff- und Energiewandlung. Promovierte Ingenieure verfügen über eine breite Kenntnis auf den Gebieten der Verfahrenstechnik bzw. des Bio- und Chemieingenieurwesens.

6.2 Wissenstiefe

Promovierte Verfahrens-, Bio- oder Chemieingenieure haben mit ihrer Dissertation eine eigenständige wissenschaftliche Forschungsarbeit vorgelegt und mit ihr die Grenzen des Wissens erweitert. Ihre Forschungsarbeit ist durch Fachgutachter mindestens in nationalem und vorzugsweise in internationalem Rahmen begutachtet und anerkannt worden.

6.3 Methodenkompetenz

Promovierte Verfahrens-, Bio- oder Chemieingenieure sind mit aktuellen Methoden ihres engeren Fachs zur experimentellen, theoretischen und simulationsgestützten Problemlösung vertraut, haben ihre Forschungsarbeit selbständig konzipiert und nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis durchgeführt.

6.4 Systemische Kompetenzen

Promovierte Verfahrens-, Bio- und Chemieingenieure sind in der Lage,

- » wissenschaftliche Fragestellungen selbständig zu identifizieren,
- » komplexe Situationen und Prozesse zu analysieren, Probleme zu identifizieren und daraus Ziele abzuleiten, Lösungswege aufzuzeigen, zu bewerten und umzusetzen,
- » den gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Fortschritt unter Beachtung wirtschaftlicher Randbedingungen voranzutreiben.

6.5 Kommunikative und organisatorische Kompetenzen

Promovierte Verfahrens-, Bio- und Chemieingenieure sind in der Lage,

- » Erkenntnisse der Verfahrenstechnik bzw. des Bio- oder des Chemieingenieurwesens mit Fachkollegen zu diskutieren, vor akademischem, internationalem Publikum vorzutragen und Laien zu vermitteln,
- » weniger Qualifizierte fachlich zu unterweisen und anzuleiten,
- » international zusammengesetzte Teams zu führen,
- » Projekte und Ressourcen zu planen,
- » Projekte zu akquirieren und abzuwickeln,
- » Projektkosten zu planen und nachzuhalten.

6.6 Gestaltung der Promotionsphase

Für die Gestaltung der Promotionsphase hält die Fachgruppe die folgenden Punkte für wesentlich:

- » In Übereinstimmung mit den Beschlüssen der Bologna-Nachfolgekonferenz in London⁶ wird die Zeit der Promotion als eine Phase der Berufstätigkeit betrachtet. Doktoranden sollen in einem ordentlichen Angestelltenverhältnis beschäftigt sein.
- » Die Dissertation wird in der Regel in einem Individualverfahren unter fachwissenschaftlicher Betreuung durch den ersten Referenten angefertigt.
- » Einrichtungen wie Graduiertenkollegs oder -schulen sind nur sinnvoll, wenn interdisziplinäre Synergien nutzbar sind und wenn die Teilprojekte mit vergleichbaren Sachmitteln wie Projekte in Normalverfahren der DFG ausgestattet sind.
- » Zugangsvoraussetzung zur Promotion ist in der Regel der qualifizierte Abschluss eines Masterstudiengangs.
- » Der Zugang zur Promotion ist für alle Bewerber transparent zu gestalten.
- » Die Zeit zwischen Beschäftigungsbeginn und Einreichung der Dissertation soll zwischen 3 und höchstens 5 Jahren betragen.

- » Der Doktorand soll nach 6, spätestens nach 12 Monaten sein Forschungsthema selbständig formuliert und mit seinen Betreuern abgestimmt haben. Der Doktorand soll spätestens alle 6 Monate Zwischenberichte an seine Betreuer liefern und die kommenden Arbeiten mit den Betreuern abstimmen.
- » Betreuer sollen möglichst früh und spätestens bei der Formulierung des Forschungsthemas von der Fakultät benannt werden.
- » Betreuer können und sollen im Falle internationaler Kooperationen aus dem Ausland herangezogen werden. Ebenso können und sollen Betreuer bei kooperativen Promotionen vom Kooperationspartner kommen.
- » Ergebnisse der Arbeit sollen zeitnah in national und international bedeutenden, peer-reviewten Journalen veröffentlicht werden.
- » Die Prüfungskommission soll nach dem Einreichen der Arbeit bei der Fakultät durch die Fakultät gebildet werden. Es wird empfohlen, sie zum Zwecke der Qualitätssicherung auch mit einem externen Referenten oder Prüfer zu besetzen.
- » Die Zeitdauer vom Einreichen der Arbeit bis zum Vorliegen der Begutachtung soll weniger als 3 Monate betragen.
- » Doktoranden sollen didaktische und pädagogische Fähigkeiten erwerben.
Zu diesem Zweck sollen sie
 - (a) Studierende bei der Anfertigung von Bachelor- und Masterarbeiten betreuen,
 - (b) Übungen mit Studierenden selbständig durchführen,
 - (c) an der Betreuung von Studierenden in Seminaren, Tutorien und Laboren mitwirken.
- » Doktoranden sollen Fähigkeiten auf dem Gebiet des Projektmanagements und der Projektakquise erwerben.
Sie sollen dazu
 - (a) bei der Konzeptionierung und Einwerbung von Forschungsprojekten,
 - (b) bei der Organisation von Projekttreffen und Fachtagungen sowie
 - (c) bei der Administration und Abwicklung von Forschungsprojekten mitwirken.
- » Die Universität soll Angebote bereitstellen, um die nicht-fachlichen Fähigkeiten der Doktoranden in Rhetorik-, Sprach- und Kulturkursen, Schulungen von Führungseigenschaften, durch Unterweisung in wissenschaftlichem Schreiben etc. weiter zu fördern.
- » Nach einer erfolgreich abgeschlossenen Promotion auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik, des Bio- oder des Chemieingenieurwesens verleiht die Universität an Personen, die Ingenieure im Sinne der Ingenieurgesetze der Länder sind, den akademischen Grad Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.).

⁶ London Communiqué vom 18. Mai 2007 (https://www.bmbf.de/files/Londoner_Kommunique_Bologna_d.pdf)

7 Anhang 1 – Industriepraktika

7.1 Lernziele für Studierende

Das wesentliche Lernziel im Grundpraktikum ist das Kennenlernen der Arbeitswelt und der handwerklichen Grundlagen des Fachs in Industrie oder Handwerk:

- » Verfassen einer Bewerbung
- » Tagesablauf
- » Arbeitsabläufe
- » Zusammenarbeit, Teamarbeit
- » Verfassen eines Berichtes mit Reflektion der Tätigkeiten.

Die wesentlichen Ziele im Fachpraktikum sind

- » das Kennenlernen der Arbeitswelt in Industrie oder Handwerk aus der Ingenieurperspektive,
- » die Anwendung der an der Hochschule erworbenen Fach- und Methodenkenntnisse im industriellen Umfeld. Es soll für das weitere Studium motivieren, zum Erwerb weiterer Qualifikationen anregen und die künftige berufliche Orientierung (z. B. Spezialisierung, Vertiefung etc.) erleichtern,
- » das Kennenlernen möglicher Arbeitgeber,
- » die Reflektion komplexer Zusammenhänge, ihre schriftliche Ausarbeitung und ihre mündliche Präsentation.

7.2 Ziele für Unternehmen

Die wichtigsten Ziele für Unternehmen, die Praktikumsplätze zur Verfügung stellen, sind:

- » Mitwirkung an der praxisgerechten Ausbildung von Ingenieuren
- » Aufbau und Pflege von Kontakten zu Hochschulen
- » Gemeinsame Bearbeitung von Projekten mit Hochschulen
- » Kennenlernen potentieller Mitarbeiter
- » Imagebildung und -pflege.

7.3 Praktikumsdauer

7.3.1 Grundlagen- und methodenorientierte bzw. forschungsorientierte Studiengänge

7.3.1.1 Grundpraktikum vor dem Bachelorstudiengang

Das Grundpraktikum ist nicht hochschulbegleitet, sondern durch die Hochschule anzuerkennen. Die Dauer beträgt 8 Wochen. Der Praktikumsbetrieb bescheinigt das Praktikum mit einem Arbeitszeugnis. Eine abgeschlossene Berufsausbildung ersetzt das Grundpraktikum. Das Grundpraktikum ist vorzugsweise vor Beginn des Studiums zu absolvieren.

7.3.1.2 Fachpraktikum im Bachelorstudiengang

Das Fachpraktikum ist nicht hochschulbegleitet, sondern durch die Hochschule anzuerkennen, wenn die Themen spezifiziert sind, der Praktikant einen Bericht angefertigt und einen Vortrag gehalten hat. Der Praktikumsbetrieb bescheinigt das Praktikum mit einem Arbeitszeugnis. Die Dauer soll mindestens 8 Wochen betragen, um auch anspruchsvolle Themen bearbeiten zu können.

7.3.1.3 Fachpraktikum im Masterstudiengang

Das Fachpraktikum ist nicht hochschulbegleitet, sondern durch die Hochschule anzuerkennen, wenn die Themen spezifiziert sind, der Praktikant einen Bericht angefertigt und gegebenenfalls ein Vortrag gehalten hat. Der Praktikumsbetrieb bescheinigt das Praktikum mit einem Arbeitszeugnis. Bei der Zulassung zu einem Masterstudiengang achten die Hochschulen auf ausreichende Praxiserfahrung.

In Summe aus Bachelor- und Masterstudiengang sollte das Praktikum 20 Wochen nicht unterschreiten.

7.3.2 Anwendungsorientierte Studiengänge

7.3.2.1 Grundpraktikum vor dem Bachelorstudiengang

Das Grundpraktikum ist nicht hochschulbegleitet, sondern durch die Hochschule anzuerkennen. Die Dauer beträgt 8 Wochen. Der Praktikumsbetrieb bescheinigt das Praktikum mit einem Arbeitszeugnis. Eine abgeschlossene Berufsausbildung ersetzt das Grundpraktikum. Das Grundpraktikum ist vorzugsweise vor Beginn des Studiums zu absolvieren.

7.3.2.2 Fachpraktikum oder Praxisphase im Bachelorstudiengang

Das Fachpraktikum ist als profilbildendes Merkmal eines anwendungsorientierten Studienganges hochschulbe-

gleitet (d. h. Betreuung während des Praktikums durch einen Hochschullehrer, Erstellung eines Berichtes durch den Praktikanten, Vortrag über das Praktikum durch den Praktikanten an der Hochschule, Benotung durch einen Hochschullehrer). Die Dauer beträgt mindestens 23 Wochen.

7.3.2.3 Fachpraktikum oder Praxisphase im Masterstudiengang

Das Fachpraktikum ist als profilbildendes Merkmal eines anwendungsorientierten Studienganges hochschulbegleitet (d. h. Betreuung während des Praktikums durch einen Hochschullehrer, Erstellung eines Berichtes durch den Praktikanten, Vortrag über das Praktikum durch den Praktikanten an der Hochschule, Benotung durch einen Hochschullehrer). Die Dauer eines während eines vorausgegangenen Bachelorstudiums absolvierten Fachpraktikums wird auf diese Zeitdauer angerechnet. Bei der Zulassung zu einem Masterstudiengang ist auf hinreichende Praxiserfahrungen im vorausgegangenen Bachelorstudium zu achten.

In Summe aus Bachelor- und Masterstudiengang sollte das Praktikum 31 Wochen nicht unterschreiten.

7.4 Bevorzugte Tätigkeiten

Zur Vermittlung der oben beschriebenen Lernziele sind die folgenden Tätigkeiten während des Praktikums geeignet:

7.4.1 Grundpraktikum

- » Be- und Verarbeitung von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen
- » Montage, Instandhaltung
- » Labor- und Techniksarbeiten im industriellen Umfeld
- » Messen und Prüfen

7.4.2 Fachpraktikum oder Praxisphase

- » Planung, Projektmanagement
- » Konstruktion, Auslegung
- » Entwicklung
- » Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Versuchen
- » Betrieb von Anlagen, Instandhaltung, Optimierung
- » Disposition, Arbeitsvorbereitung, betriebliche Logistik
- » Modellierung, Simulation
- » Anwendungstechnik
- » Qualitätssicherung
- » Analyse betrieblicher Abläufe

8 Anhang 2 – Hinweise zur berufsbegleitenden Fortbildung

8.1 Bedeutung der berufsbegleitenden Fortbildung

Ergänzend zu und aufbauend auf den in diesem Qualifikationsrahmen behandelten 3 Stufen Bachelor, Master und Doktor stellt die berufsbegleitende Fortbildung eine weitere Stufe dar, die maßgeblich für das lebenslange Lernen ist.

Bereits heute gibt es im Bereich der Verfahrenstechnik - neben teils beträchtlichen internen Fortbildungsangeboten großer Unternehmen oder Institutionen - ein vielfältiges Fortbildungsangebot unterschiedlichster Anbieter.

Es kann angenommen werden, dass der Fortbildungsmarkt im Zuge der Digitalisierung bzw. von „Industrie 4.0“ noch weiter diversifizieren und wachsen wird. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass Technologiezyklen in dieser sogenannten 4. Industriellen Revolution noch kürzer werden und eine stetige Nachqualifizierung notwendig sein wird, um beruflich Schritt zu halten.

Daraus lässt sich schließen, dass in diesem Zusammenhang ein deutlich wachsender Bedarf für eine akademisch geprägte berufsbegleitende Fortbildung entstehen wird. Hochschulen wird empfohlen, sich auf diese Entwicklung einzustellen und qualitätsgesicherte Fortbildungen anzubieten.

8.2 Kompetenzvermittlung außerhalb der akademischen Ausbildung

Betrachtet man

- » typische Fortbildungsangebote mittelgroßer und großer Arbeitgeber, die Verfahreningenieure beschäftigen,
- » typische Fortbildungs-Historien von Verfahreningenieuren nach ca. 3 Jahren Berufstätigkeit,
- » typische heute bereits außerhalb der Hochschulen erlernte Fähigkeiten,

so kann darauf geschlossen werden, welche Kompetenzen im Allgemeinen nicht durch die Hochschulen vermittelt werden müssen bzw. zu Gunsten konkurrierender Studieninhalte nicht vermittelt werden sollten.

Ausnahmen sind bei entsprechender Spezialisierung, beispielsweise in einem Masterstudiengang, denkbar.

Zu nennen sind:

a) Informatik

Programmiersprachen, Automatisierungs-Software, Programme zur Unternehmensführung, Standardprogramme zur Text- und Datenverarbeitung.

Demgegenüber sollen Kompetenzen hinsichtlich verfahrenstechnischer Simulationswerkzeuge sowie statistischer Datenauswertung weiterhin durch die Hochschulen vermittelt werden.

b) Qualitätswesen

Qualitätssicherungs-Systeme, Gute Herstellpraxis (GMP), Werkzeuge zur Qualitätssicherung wie Six Sigma oder dergleichen.

c) Arbeits-, Umwelt- und Genehmigungsrecht

Für das Arbeits-, Umwelt- und Genehmigungsrecht gibt es im Allgemeinen umfangreiche branchentypische Fortbildungsangebote, speziell auch für Berufsanfänger.

9 Anhang 3 – Bloomsche Taxonomie und beispielhafte Modulbeschreibungen

Die Bloomsche Taxonomie (nach Benjamin Bloom, 1913 – 1999) ist ein System zur qualitativen Bewertung von Lernergebnissen⁷. Sie unterscheidet sechs Kompetenzstufen (K1 – K6). Jede Kompetenzstufe schließt alle untergeordneten Kompetenzstufen ein (s. Abbildung A.1).

Die Taxonomie dient zur Angabe der Kompetenzstufe oder des Leistungsniveaus und wird beispielsweise in Modulbeschreibungen sowie für das kompetenzorientierte Prüfen verwendet.

Für Modulabschlüsse im Bachelor kommen im Allgemeinen die Kompetenzstufen K1 – K4 zur Anwendung.

Die Kompetenzstufen können folgendermaßen beschrieben werden.

- » K1: WISSEN (Knowledge)
Wissen bezeichnet das Erinnern von Informationen, Fakten, Definitionen, Strukturen, Mustern, Methoden etc. Erlerntes kann wiedergegeben werden.
- » K2: VERSTÄNDNIS (Comprehension)
Die Informationen werden in Ihrer Bedeutung und Tragweite verstanden. Zusammenhänge können auch in neuen Kontexten erkannt werden.
- » K3: ANWENDUNG (Application)
Informationen können in bekannten und neuen Kontexten in Handlungen umgesetzt werden. Anwendung ist ein im Vergleich zur Lernsituation andersartiger Vorgang, bei dem ein Teil des Gelernten gegebenenfalls modifiziert werden muss, um zu einem Ergebnis zu gelangen.
- » K4: ANALYSE (Analysis)
Komplexe Sachverhalte können in ihre Elemente zerlegt werden. Dabei können auch die Strukturen, Hierarchien und Zusammenhänge erkannt werden, in denen diese Elemente zueinander stehen. Absichten und etwaige Widersprüche werden ebenfalls erkannt. Analyse ist ein Vorgang mit schöpferischer Tendenz.
- » K5: SYNTHESE (Synthesis)
Elemente (siehe Analyse) können zu neuen Strukturen zusammengesetzt werden. Synthese ist ein schöpferischer Vorgang.
- » K6: BEURTEILUNG (Evaluation)
Komplexe Modelle und Sachverhalte können auf ihre Zweckmäßigkeit und Qualität überprüft werden. Es können Fehler identifiziert und begründet sowie Entschlüsse gefasst werden. Beurteilung ist ein kritischer Vorgang.

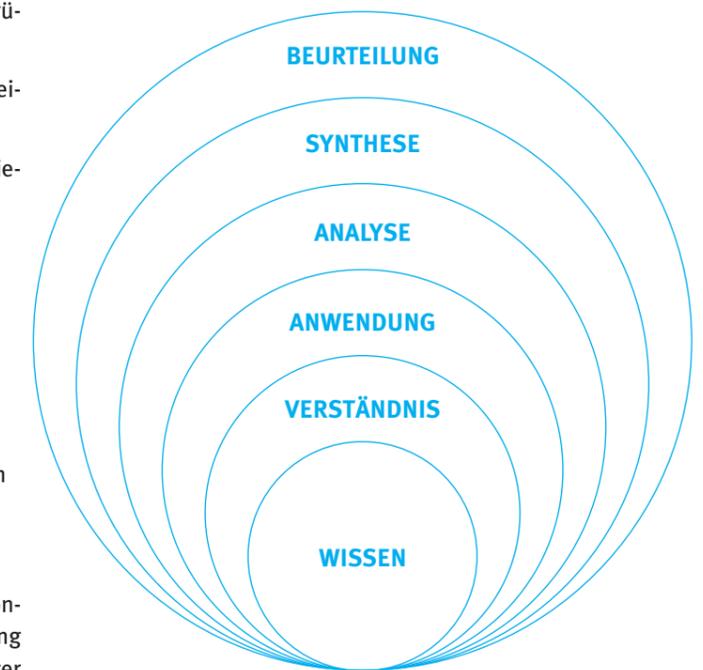


Abbildung A.1: Die Kompetenzstufen der Bloomschen Taxonomie und deren Beziehung zueinander.

9.2 Gebräuchliche Verben zur Einordnung der Lernergebnisse

Um die angestrebten Lernergebnisse (learning outcomes) einer Lehrveranstaltung oder eines Studienganges zu beschreiben, ist ein für Leser und Autor gemeinsames Verständnis der Bedeutung insbesondere der verwendeten Verben unabdingbar. Die Bloomsche Taxonomie hat sich in diesem Bereich besonders gut etabliert, da sie dem Autor nicht nur das beschriebene Kompetenzmodell sondern auch einen Katalog von Verben zur Verfügung stellt.

⁷ Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., Krathwohl, D. R. (1956), Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. New York: McKay

Tabelle A.1 zeigt einen solchen Katalog deutschsprachiger Verben und ihre Zuordnung zu den jeweiligen Kompetenzen⁸.

Alle Verben sind aktive Verben, beschreiben also die Fähigkeit des Absolventen, etwas zu tun. Im Sinne der Bloomschen Taxonomie schließen die höheren Kompetenzen (z.B. Analyse) die niedrigeren (z.B. Wissen) mit ein.

Bei der Erstellung von mehrsprachigen Modul- oder Studiengangsbeschreibungen muss darauf geachtet werden, dass im Wörterbuch einander zugeordnete Übersetzungen nicht immer auch in beiden Sprachen dem gleichen Kompetenzniveau zuzuordnen sind (z.B.: engl. „determine“ (Analysis) = deutsch „bestimmen“ (Anwendung)).

Tabelle A.1: Katalog deutschsprachiger Verben und ihre Zuordnung zu den jeweiligen Kompetenzen

1	2	3	4	5	6
WISSEN	VERSTÄNDNIS	ANWENDUNG	ANALYSE	SYNTHESE	BEURTEILUNG
angeben	begründen	abschätzen	ableiten	abfassen	äußern
aufschreiben	deuten	anknüpfen	analysieren	aufbauen	auswerten
aufzählen	einordnen	anwenden	auflösen	aufstellen	bestätigen
aufzeichnen	erklären	aufstellen	darlegen	ausarbeiten	beurteilen
ausführen	erläutern	ausführen	einkreisen	definieren	bewerten
benennen	interpretieren	berechnen	erkennen	entwerfen	differenzieren
beschreiben	ordnen	bestimmen	gegenüberstellen	entwickeln	entscheiden
bezeichnen	präzisieren	beweisen	gliedern	gestalten	folgern
darstellen	schildern	durchführen	identifizieren	kombinieren	gewichten
reproduzieren	übersetzen	entwickeln	isolieren	konstruieren	messen
vervollständigen	übertragen	erstellen	klassifizieren	lösen	prüfen
wiedergeben	umschreiben	formulieren	nachweisen	optimieren	qualifizieren
zeichnen	unterscheiden	modifizieren	untersuchen	organisieren	urteilen
zeigen	verdeutlichen	quantifizieren	zerlegen	planen	vereinfachen
	vergleichen	realisieren	zuordnen	verfassen	vertreten
				zusammenstellen	werten
					widerlegen

⁸ Kennedy, D., Hyland, Á., Ryan, N.: Writing and Using Learning Outcomes: a Practical Guide. University College Cork, 2007

9.3 Modulbeschreibung Bachelor – Beispiel der TU Darmstadt

Modulbeschreibung / Module Description					
Modulname / Module Title					
Thermische Verfahrenstechnik I – Thermodynamik der Gemische					
Chemical Engineering Thermodynamics					
Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-15-5010	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	WS
Sprache / Language: Deutsch mit englischer Zusammenfassung oder auf Wunsch englisch mit deutscher Zusammenfassung / German with English summary or on demand English with German summary			Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator		
Level (EQF/DQR): 6			Prof. Dr.-Ing. M. Hampe		
1	Kurse des Moduls / Courses				
	Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours	
	-vl	Thermische Verfahrenstechnik I – Thermodynamik der Gemische	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)	
	-ue	Thermische Verfahrenstechnik I – Thermodynamik der Gemische	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)	
2	Lehrinhalt / Syllabus				
Physikalische Stoffdaten, chemisches Potential, Fugazität, Gibbs'sche Fundamentalgleichung, Gleichgewichtsbedingungen, Gibbs-Duhem-Gleichung, ge-Modelle, Dampf-flüssig-Gleichgewichte, Azeotropie, Enthalpie-Temperatur-Diagramm.					
Physical properties of gases and liquids. Chemical potential and fugacity. Gibbs' fundamental equation. Equilibrium conditions. Gibbs-Duhem equation. Excess Gibbs free energy. ge models. Vapour-liquid equilibria. Azeotropy. Enthalpy-temperature diagramme.					
3	Lernergebnisse / Learning Outcomes				
Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Die Fundamentalgleichung der Thermodynamik für Mehrkomponentensysteme und ihre Legendre-Transformation zu erklären. 2. Zwischen intensiven und extensiven thermodynamischen Variablen zu unterscheiden und die Gibbs-Duhem-Gleichung abzuleiten und sie auf verschiedene heterogene Gleichgewichte anzuwenden. 3. Wichtige physikalische Stoffdaten von Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen und ihre Abhängigkeit von der Temperatur, dem Druck und der Zusammensetzung aus der Literatur und aus Datenbanken abzugreifen, sie zu regressieren und auf Vertrauenswürdigkeit zu überprüfen. 4. Die Konzepte von chemischem Potential und Fugazität in einem molekularen Kontext zu erklären. 5. Nicht-ideales Verhalten in der Gasphase und in der Flüssigkeitsphase durch Zustandsgleichungen bzw. Modellen für die freie Exzessenthalpie zu analysieren, zu modellieren und zu simulieren. 6. Enthalpie-Temperatur-Diagramme für Reinstoffe zu berechnen und zu interpretieren. 					
On successful completion of this module, students should be able to:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Explain the fundamental equations of thermodynamics for multicomponent systems and the Legendre-transformation for these systems. 2. Discern between intensive and extensive thermodynamic variables, derive the Gibbs-Duhem equation and apply it to various heterogeneous equilibria. 3. Retrieve basic physical properties of gases, liquids and solids and their dependencies on temperature, pressure and composition from literature and data bases, regress these data and 					

	<p>judge their reliability.</p> <p>4. Explain the concepts of chemical potential and fugacity in their molecular context.</p> <p>5. Analyse, model and simulate the non-ideal behaviour in the gas phase and in the liquid phase by equations of state or rather models for the excess Gibbs free energy.</p> <p>6. Calculate and sketch enthalpy-temperature diagrams of pure substances.</p>
4	<p>Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation Grundkenntnisse in Thermodynamik. 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik Basic knowledge in thermodynamics. The first and second law of thermodynamics</p>
5	<p>Prüfungsform / Assessment methods Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.</p>
6	<p>Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.</p>
7	<p>Benotung / Grading system Standard (Ziffernote) / Number grades</p>
8	<p>Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm WP Bachelor MPE</p>
9	<p>Literatur / Literature Poling, Prausnitz, O'Connell, The Properties of Gases and Liquids, McGraw-Hill. Stephan-Mayinger, Thermodynamik, Band 2, Springer-Verlag. Vorlesungsskript auf eLearning-Plattform CLIX</p>

9.4 Modulbeschreibung Bachelor – Beispiel Hochschule Furtwangen



AUSFÜLLHILFE: BEWEGEN SIE DEN MAUSZEIGER ÜBER DIE ÜBERSCHRIFTEN. AUSFÜHRICHE HINWEISE: [LEITFADEN MODULBESCHREIBUNG](#)

Bioverfahrenstechnik 2					
Kennnummer	Workload	Credits/LP	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
	180 h	6	4	jedes Semester	1 Semester
1	Lehrveranstaltungen		Sprache	Kontaktzeit	Selbststudium
	a) Praktikum Bioverfahrenstechnik		Deutsch & Englisch	a) 4 SWS / 45,0 h	a) 75,0 h
	b) Seminar Bioverfahrenstechnik		Deutsch & Englisch	b) 2 SWS / 22,5 h	b) 37,5 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen				
	Nachdem Studierende am Modul Praktische Bioverfahrenstechnik teilgenommen haben, können sie:				
	Wissen und Verständnis (1+2)				
	<ul style="list-style-type: none"> - die Zusammenhänge zwischen biologisch-kinetischen, physikalisch-chemischen, apparativen und anlagentechnischen Merkmalen biotechnischer Produktionsverfahren darstellen. - Struktur und Ablauf eines konkreten biotechnischen Produktionsverfahrens grafisch und verbal beschreiben. 				
	Anwendung (3)				
	<ul style="list-style-type: none"> - biotechnische Produktionsverfahren dimensionieren (z.B. Edukt- und Produktmengen ermitteln), im Pilotmaßstab durchführen und anhand von selbst ermittelten Mess- und Analytikdaten überwachen. - Experimente zur Ermittlung von Kennwerten von Bioreaktoren und bioreaktionskinetischen und transportkinetischen Parametern durchführen. 				
	Analyse (4)				
	<ul style="list-style-type: none"> - einen praktisch realisierten Prozessverlauf anhand der gewonnenen Messdaten und Analyseinformationen untersuchen und beschreiben. - das stationäre und zeitliche Verhalten von Grundoperationen der Bioverfahrenstechnik experimentell und theoretisch analysieren und charakterisieren. 				
	Synthese (5)				
	<ul style="list-style-type: none"> - Ablauf und Überwachung eines Produktionsprozesses im Pilotmaßstab planen und strukturieren - die Durchführung von Experimenten zur Charakterisierung von Biotransformationen und Kultivierungen sowie Bioreaktoren planen, koordinieren und überwachen. 				
	Evaluation (6)				
	<ul style="list-style-type: none"> - den realisierten Prozessverlauf mit dem Produktionsziel sowie mit Simulationsverläufen und Daten aus der wissenschaftlichen Literatur vergleichend bewerten. - Maßnahmen zur Verbesserung des Prozesses und ggf. zur Verbesserung des Informationsgehaltes von Teilerperimenten empfehlen. 				
3	Inhalte				
	zu a) Praktikum Bioverfahrenstechnik				
	• Realisierung von Produktionsprozessen im Pilotmaßstab (Beispiele: Hefeproduktion; <u>Ethanolproduktion</u>).				

Version	Erstellt von	Freigabe (Datum/Kürzel)	Gültig ab
1.3	jt	QM-Board 11.4.2012, 16.01.2013 04.06.2013/jt	04.06.2013



	<p>Bioraffinerieprozesse) - Herstellung von Nährmedien Grundoperationen: enzymatische (Stärke-)Hydrolyse, Mischen, Filtrieren, Sterilisieren, etc.</p> <p>- Kultivierung Kultivierungsverfahren: aerob, anaerob, batch, fed-batch, kontinuierlich, Perfusionsbetrieb (mit Zellrückführung)</p> <p>- Produktaufarbeitung Grundoperationen: Fest-Flüssig-Trennung (Zentrifugation; Mikrofiltration), Zellaufschluss, Ultrafiltration, (Ad-) Sorption und Chromatografie, Rektifikation</p> <p>• Prozessanalytik, -automatisierung und -überwachung Analytik: enzymatische Testkits, Spektroskopie, HPLC, Prozessanalytik; Messtechnik: Sensoren und Sonden; Prozessleittechnik • Simulation: Dynamische (Trainings-)Simulation von Kultivierungsverläufen und Rektifikationsprozessen</p> <p>zu b) Seminar Bioverfahrenstechnik • Planung und Dimensionierung von biotechnischen Produktionsverfahren und von Experimenten zur Charakterisierung von Grundoperationen; Literaturstudium, Beschreibung von Prozessen und Experimenten; Simulation; Auswertung, Bilanzierung, Prozesskinetik, Beurteilung von dynamischen Prozessinformationen, Dokumentation und Präsentation</p>
4	<p>Lehrformen a) Praktikum und Simulationspraktikum (Trainingsimulation) b) Seminar mit Simulation, Tafelaufschrieb, Präsentationen, Arbeitsblätter</p>
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen Die Module Bioverfahrenstechnik, Unit Operations 2, Chemie 3, Biologie 3 aus dem dritten Lehrplansemester müssen gehört worden sein, oder es sind gleichwertige Kenntnisse und Fähigkeiten nachzuweisen.</p>
6	<p>Prüfungsformen a) Semesterbegleitende Laborarbeit (4 LP); b) Präsentation, , Prüfungsleistung (2 LP).</p>
7	<p>Verwendung des Moduls Pflichtmodul im Studiengang Bio- und Prozesstechnologie</p>
8	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. V.C. Hass (Modulbeauftragter, Praktikum und Seminar Bioverfahrenstechnik), Prof. Dr.-Ing. H. Schneider</p>
9	<p>Literatur Hass, V.C. & Pörtner, R.: Praxis der Bioprosesstechnik, Spektrum Akademischer Verlag Chmiel, H.: Bioprosesstechnik, Spektrum Akademischer Verlag Muttzall, K.: Einführung in die Fermentationstechnik, Behr's Verlag Doran, P.M.: Bioprocess Engineering Principles, 2nd. Ed, Academic Press Formelsammlung Prof. Reule, Hochschule Furtwangen Rehm, H.-J., Reed, R.: Biotechnology, VCH-Verlag Atkinson, B., Mavituna F.: Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook, Stockton Press</p>

Version	Erstellt von	Freigabe (Datum/Kürzel)	Gültig ab
1.3	jt	QM-Board 11.4.2012, 16.01.2013 04.06.2013/jt	04.06.2013

9.5 Modulbeschreibung Master – Beispiel der TU Darmstadt

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title					
Systemverfahrenstechnik					
Process Systems Engineering					
Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-15-5030	8 CP	240 h	172 h	1 Semester	WS
Sprache / Language: Deutsch / German			Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator		
Level (EQF / DQR): 7			Prof. Dr.-Ing. M. Hampe		
1 Kurse des Moduls / Courses					
Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title		Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours	
-vl	Systemverfahrenstechnik		Vorlesung / Lecture	45 h (4 SWS)	
-ue	Systemverfahrenstechnik		Übung / Recitation	23 h (2 SWS)	
2 Lehrinhalt / Syllabus					
Methodische Verfahrensentwicklung; Stoffdatenbeschaffung; Sicherheitstechnik und Umweltschutz; Prozesssynthese; Prozessanalyse; Massen- und Enthalpiebilanzen; stationäre und dynamische Simulation von Prozesselementen, Prozessgruppen und Anlagen; energetische Optimierung von Anlagen; wirtschaftliche Bewertung von Verfahren.					
Systems engineering concepts; process analysis; process synthesis; physical property retrieval; safety and environmental engineering; mass and energy balances; stationary and dynamic process simulation; energy integration; economic evaluation of processes.					
3 Lernergebnisse / Learning Outcomes					
Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:					
1. Das Systemkonzept und den systemtechnischen Vorgehensplan auf die Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse anzuwenden.					
2. Rekursive Vorgehensweisen anzuwenden, um Prozessstrukturen auf der Funktionsebene, der physikalischen Ebene und der Bauartebene zu entwickeln.					
3. Basierend auf den physikalischen Eigenschaften von Stoffen und Stoffgemischen sowie ihren sicherheitstechnischen Kennwerten Trennsequenzen für Stoffgemische vorzuschlagen und zu bewerten.					
4. Die allgemeine Struktur von Stoff- und Energiebilanzen, Gleichgewichtsbeziehungen für heterogene Gleichgewichte und chemische Reaktionen, Transportgleichungen für Nichtgleichgewichtsprozesse und kinetische Ansätze für chemische Reaktionen in der Prozessberechnung zu erklären und anzuwenden.					
5. Den Energiebedarf, die Energieerzeugung und die Energieübertragung in großen Produktionsanlagen mit Hilfe der Pinch-Point-Methode von Linnhoff zu analysieren.					
6. Energieeinsparpotential zu identifizieren und geeignete Maßnahmen vorzuschlagen.					
7. Einfache Methoden zur Kostenschätzung und Rentabilitätsberechnung auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik anzuwenden.					
On successful completion of this module, students should be able to:					
1. Apply systems engineering concepts and procedures to the development and design of chemical production plants.					
2. Follow and apply recursive procedures to develop a process structure on the levels of function, physical principles, and construction.					
3. Propose and judge separation sequences based on the physical properties of pure substances and mixtures as well as their safety data.					
4. Explain and apply the general structure of balance equations for mass and energy, equilibrium relationships for heterogeneous equilibria, transport equations for nonequilibrium processes and					

	<p>reaction kinetics, and reaction equilibria as well as the implementation of these relationships in process models.</p> <p>5. Analyse the consumption, generation, and flow of energy in large production units using Linnhoff's Pinch Point Method.</p> <p>6. Identify potential for saving energy and propose appropriate measures.</p> <p>7. Apply simple methods to estimate cost and rentability of investments in the field of process engineering.</p>
4	<p>Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation Der Besuch der Veranstaltung erfordert Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Thermodynamik der Gemische (Thermische Verfahrenstechnik I) und der thermischen Grundoperationen (Thermische Verfahrenstechnik II).</p> <p>Prerequisite is knowledge in the fields of chemical engineering thermodynamics and equilibrium stage separation processes.</p>
5	<p>Prüfungsform / Assessment methods Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.</p>
6	<p>Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Prerequisites for participation Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination</p>
7	<p>Benotung / Grading system Standard (Ziffernote) / Number grades</p>
8	<p>Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Mechatronik</p>
9	<p>Literatur / Literature Blass, Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse, Springer Verlag. Seider, Seader, Lewin, Product and Process Design Principles, Wiley.</p>

DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Telefon: 069 7564-0
Telefax: 069 7564-117
E-Mail: info@dechema.de

ISBN: 978-3-89746-215-1