

Grundsätze für Ausbildungsergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge

Vorbemerkung

Mit dem Bologna-Prozess ist ein Rahmen vergleichbarer und kompatibler Hochschulabschlüsse für die jeweiligen Hochschulsysteme zu entwickeln, der darauf zielt, Qualifikationen im Hinblick auf Arbeitsbelastung, Niveau, Lernergebnisse, Kompetenzen und Profile zu definieren. Er soll die gegenseitige Anerkennung von Ausbildungsabschlüssen und damit die akademische und berufliche Mobilität erleichtern. Ein übergreifender Qualifikationsrahmen für den Europäischen Hochschulraum ist 2005 von der Bologna-Folgekonferenz in Bergen verabschiedet worden. Er soll den zu entwickelnden nationalen Qualifikationsrahmen als Referenz dienen.

Ein Qualifikationsrahmen ist ein Instrument für die Klassifizierung von Qualifikationen anhand eines Kriteriensatzes zur Bestimmung des jeweils erreichten Lernniveaus. Neben einer Beschreibung der formalen Aspekte eines Ausbildungsniveaus (Arbeitsumfang in ECTS Credits, Zulassungskriterien, Bezeichnung der Abschlüsse, usw.) enthält ein solcher Qualifikationsrahmen eine Auflistung der angestrebten Lernergebnisse (Outcomes) sowie eine Beschreibung der Kompetenzen und Fertigkeiten, über die die Absolventen verfügen sollten. Die Formulierung von Lernergebnissen, Kompetenzen und Fertigkeiten sind wesentliche Elemente für die benötigte Transparenz und Vergleichbarkeit von Hochschulsystemen.

Die europäische [Joint Quality Initiative](#) hat hierzu für den Hochschulbereich die so genannten [Dublin Descriptors](#) formuliert, die in den Qualifikationsrahmen für den Europäischen Hochschulraum übernommen wurden. Sie beschreiben in 5 Kategorien hochschul- und fachunspezifisch die Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die zum Abschluss des 1., 2. und 3. Studienzyklus jeweils erreicht sein sollen. Im ebenfalls 2005 verabschiedeten nationalen Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse wurden die Grundaussagen der Dublin Descriptors berücksichtigt und für die Dimensionen Wissenserweiterung, Wissensvertiefung, sowie instrumentale, systemische und kommunikative Kompetenzen auf der Bachelor-, Master- und Doktoratsstufe spezifiziert.

Neben den sehr generellen Beschreibungen in den verschiedenen Qualifikationsrahmen sind daran orientierte Formulierungen von Lernergebnissen für die einzelnen Disziplinen gewünscht. Der nachstehende Beitrag ist eine Darstellung zu erreichender Lernergebnissen für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge, die auf den Vorschlägen des EUR-ACE Projektes (2005/2006) beruhen, an dem der VDI über [FEANI](#) und [ASIIN](#) beteiligt war. Mit dem EU finanzierten [EUR-ACE Projekt](#) wurden europäische Rahmenstandards für die Akkreditierung ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge formuliert.

Die [Learning Outcomes](#) wurden bereits im so genannten [Washington Accord](#) entwickelt und erprobt. Letzterer ist ein internationales Netzwerk nationaler Akkreditierungseinrichtungen zum Zwecke der gegenseitigen Anerkennung akkreditierter Ingenieurstudiengänge. Während sich der Washington Accord auf eine Spezifizierung von Learning Outcomes für den Abschluss des 1. Studienzyklus (Bachelor) beschränkt, hat EUR-ACE im Einklang mit der im Bologna-Prozess umzusetzenden Mehrstufigkeit des Hochschulsystems eine Beschreibung anhand von 6 Kategorien sowohl für Abschlüsse des 1. Studienzyklus (Bachelor) als auch des 2. Studienzyklus (Master) vorgenommen.

Die beschriebenen Learning Outcomes verstehen sich als Mindeststandards, die nicht weiter nach unterschiedlichen Profilen oder Anspruchsniveaus unterschieden werden. Ausdifferenzierungen in ergänzende Profile wie beispielsweise „stärker anwendungsorientiert“ oder „stärker forschungsorientiert“ stehen dem nicht entgegen, sie bedürfen jedoch einer auf Ingenieur-Fachrichtungen bezogenen ergänzenden Spezifizierung. Nachstehend ist eine modifizierte Version der EUR-ACE-

Aussagen zu den Ausbildungsergebnissen zusammengestellt, wobei die wesentlichen Aussagen nicht geändert wurden.

Der VDI übernimmt die auf europäischer Ebene abgestimmten Aussagen von EUR-ACE zur Beschreibung der Ausbildungsergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge und empfiehlt, sich bei der Entwicklung von Studiengängen und Anpassung von Akkreditierungsstandards darauf zu beziehen und darüber hinaus Prüfungen und andere geeignete Verfahren zu entwickeln, die nachweisen, dass die jeweiligen Ergebnisse tatsächlich erreicht werden.

Ausbildungsergebnisse

Die Ausbildungsergebnisse für akkreditierte ingenieurwissenschaftliche Bachelor- und Masterstudiengänge werden in sechs Kategorien zusammengefasst:

- 1 Wissen und Verständnis
- 2 Ingenieurwissenschaftliche Analyse
- 3 Ingenieurwissenschaftliche Entwurfs- und Entwicklungsmethodik
- 4 Nachforschungen, Untersuchungen
- 5 Ingenieurpraxis
- 6 Übergreifende Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen

Diese sechs Ausbildungsergebnisse werden für zweistufige Studienstrukturen formuliert, wobei der Bachelor der Abschluss des ersten Studienzyklus und Master der Abschluss des zweiten Studienzyklus sei. Die Unterschiede der beiden Ausbildungsebenen sind insbesondere relevant bei den Ausbildungsaktivitäten, die direkt auf die ersten drei Ausbildungsergebnisse bezogen sind, welche die Anwendung ingenieurwissenschaftlicher Kenntnisse betreffen.

1 Wissen und Verständnis

Die Beherrschung des fachspezifischen grundlegenden Wissens und das Verständnis der Naturwissenschaften, der Mathematik und der allgemeinen ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen sind das Fundament auf dem die anderen Ausbildungsergebnisse aufbauen. Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, ihr Wissen und Verständnis in ihrer ingenieurwissenschaftlichen Spezialisierung sowie im breiteren ingenieurwissenschaftlichen Kontext nachzuweisen.

Absolventinnen und Absolventen der **Bachelorstudiengänge**:

- kennen und verstehen die mathematischen und naturwissenschaftlichen Prinzipien, die ihrer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin zugrunde liegen;
- besitzen ein systematisches Verständnis der zentralen Aspekte, Methoden und Konzepte ihrer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin;
- verfügen über in sich geschlossenes zusammenhängendes Wissen aus ihrer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin, einschließlich der wichtigsten Kenntnisse über die neuesten gesicherten Entwicklungen in ihrer Disziplin;
- sind sich über den breiteren multidisziplinären Kontext der Ingenieurwissenschaften bewusst.

Absolventinnen und Absolventen der **Masterstudiengänge**:

- besitzen ein umfassendes vertieftes und weitergehendes Wissen und Verständnis der Prinzipien ihrer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin;
- haben ein kritisches Bewusstsein über die neueren Erkenntnisse ihrer Disziplin entwickelt.

2 Ingenieurwissenschaftliche Analyse

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Probleme, die Aspekte und Zusammenhänge außerhalb ihres Spezialisierungsbereichs beinhalten können, entsprechend dem Stand ihres Wissens und Verständnisses zu lösen. Die vollständige Analyse umfasst die Identifikation des Problems, die Klarstellung der Spezifikation, die Betrachtung möglicher Lösungsmethoden, die Auswahl der am besten geeigneten Methode und die richtige Implementierung. Die Absolventinnen und Absolventen nutzen dabei unterschiedliche Methoden etwa mathematische Analyse, rechnergestützten Modellentwurf oder praktische Experimente. Sie erkennen und respektieren dabei die Bedeutung der sozialen, Gesundheits- und Sicherheitsfragen sowie der entsprechenden ökologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Absolventinnen und Absolventen der [Bachelorstudiengänge](#):

- haben die Fähigkeit, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um Aufgabenstellungen im Ingenieurbereich zu identifizieren, zu formulieren und zu lösen. Dabei wenden sie etablierte Methoden an;
- sind fähig, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um Ingenieurprodukte, -prozesse und -methoden zu analysieren;
- besitzen die Fähigkeit, passende Analyse- und Modellierungstechniken auszuwählen und anzuwenden.

Absolventinnen und Absolventen der [Masterstudiengänge](#):

- haben die Fähigkeit, Probleme zu lösen, die unüblich, unvollständig definiert sind und die konkurrierende Spezifikationen aufweisen;
- sind fähig, Probleme aus einem neuen und in der Entwicklung begriffenen Bereich ihrer Spezialisierung zu formulieren und zu lösen;
- sind in der Lage, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um ingenieurwissenschaftliche Modelle, Systeme und Prozesse zu entwerfen;
- besitzen die Fähigkeit, innovative Methoden bei der Lösung der Probleme anzuwenden.

3 Ingenieurwissenschaftliche Entwurfs- und Entwicklungsmethodik

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Entwürfe entsprechend dem Stand ihres Wissens und Verständnisses effizient zu realisieren und dabei mit Ingenieuren und Fachleuten anderer Disziplinen zusammenzuarbeiten. Die Entwürfe können sich auf Geräte, Prozesse, Methoden oder Artefakte beziehen. Die Spezifikationen können über technische Aspekte hinaus soziale, gesundheitliche, sicherheitsrelevante, ökologische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie Kriterien der Kreislaufwirtschaft berücksichtigen.

Absolventinnen und Absolventen der [Bachelorstudiengänge](#):

- sind fähig, ihr Wissen und ihr Verständnis einzusetzen, um Entwürfe entsprechend den vorgegebenen und spezifizierten Anforderungen zu entwickeln und zu realisieren;
- haben das Verständnis der Entwicklungsmethoden und die Fähigkeit, diese anzuwenden.

Absolventinnen und Absolventen der [Masterstudiengänge](#):

- sind fähig, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um Lösungen zu unüblichen Problemen zu entwickeln, auch unter Einbeziehung anderer Disziplinen;
- können ihre Kreativität einsetzen, um neue und originelle Ideen und Methoden zu entwickeln;
- sind in der Lage, ihr ingenieurwissenschaftliches Urteilsvermögen anzuwenden, um mit komplexen, technisch unvollständigen Informationen zu arbeiten.

4 Nachforschungen, Untersuchungen

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, geeignete Methoden anzuwenden, um Nachforschungen oder detaillierte Recherchen zu technischen Fragestellungen und zu deren gesellschaftlichem und natürlichem Kontext entsprechend ihrem Wissens- und Verständnisstand durchzuführen. Recherche kann Literaturrecherche, den Entwurf und die Durchführung von Experimenten, die Interpretation der Daten sowie Computersimulationen beinhalten. Die Konsultierung von Normen, Standards, Datenbanken, Leitfäden („codes of good practice“) und Sicherheitsvorschriften kann hierfür erforderlich sein.

Absolventinnen und Absolventen der **Bachelorstudiengänge**:

- sind in der Lage, Literaturrecherchen durchzuführen und Datenbanken und andere Informationsquellen zu nutzen;
- haben die Fähigkeit, bei Bedarf geeignete Experimente zu planen und durchzuführen, die Daten zu interpretieren und daraus Schlüsse zu ziehen;
- besitzen die für die Arbeit in den Entwicklungslaboratorien und in der Fertigung benötigten Kompetenzen.

Absolventinnen und Absolventen der **Masterstudiengänge**:

- sind fähig, benötigte Informationen zu identifizieren, zu lokalisieren und zu beschaffen;
- können Nachforschungen definieren und durchführen, welche die Mittel von Analyse, Modellierung und Experiment nutzen;
- haben die Befähigung, Daten kritisch zu bewerten und daraus Schlüsse zu ziehen;
- sind fähig, die möglichen Anwendungen von neuen Technologien in ihrer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin zu beurteilen und umzusetzen.

5 Ingenieurpraxis

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, ihr Wissen und Verständnis bei der praktischen Umsetzung von Problemlösungen, der Durchführung von Untersuchungen und der Entwicklung von Geräten, Systemen und Prozessen anzuwenden. Diese Fähigkeiten sollten Kenntnis, Verwendung und Anwendungsgrenzen von Werkstoffen, rechnergestützten Modellentwurf, technischen Prozessen, Geräten und Werkzeugen, der Praxis im Produktionsbetrieb sowie der technischen Literatur und der Informationsquellen beinhalten. Die Absolventinnen und Absolventen sollten auch den gesellschaftlichen Kontext und die Wirkung auf natürliche Lebensgrundlagen der praktischen Ingenieur Tätigkeit (ethische, soziale, ökologische, natürlich-reproduktive, kommerzielle und industrielle Kriterien) erkennen.

Absolventinnen und Absolventen der **Bachelorstudiengänge**:

- sind in der Lage, die erforderlichen und geeigneten Geräte, Werkzeuge und Methoden auszuwählen und anzuwenden;
- können Theorie mit der Anwendung in der Praxis kombinieren, um ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen zu lösen;
- haben ein grundlegendes Verständnis für anwendbare Techniken und Methoden und für deren Grenzen entwickelt;
- sind sich der Auswirkungen der praktischen Ingenieur Tätigkeit auf Umwelt und Gesellschaft bewusst.

Absolventinnen und Absolventen der **Masterstudiengänge**:

- können Wissen aus verschiedenen Bereichen kombinieren und mit Komplexität umgehen;
- haben ein umfassendes Verständnis für anwendbare Techniken und Methoden und für deren

Grenzen;

- kennen die Auswirkungen der praktischen Ingenieurstätigkeit auf die gesellschaftlichen und natürlichen Zusammenhänge und Strukturen.

6 Übergreifende Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen

Die für die praktische Ingenieurstätigkeit erforderlichen, aber auch darüber hinaus anwendbaren übergreifenden Kompetenzen und Schlüsselqualifikationen sollen innerhalb des Studiengangs entwickelt werden.

Absolventinnen und Absolventen der **Bachelorstudiengänge**:

- sind teamfähig und können konstruktive Beiträge als Einzelner und als Mitglied eines Teams liefern;
- können verschiedene Methoden anwenden, um effektiv mit der ingenieurwissenschaftlichen Gemeinschaft und mit der Gesellschaft insgesamt zu kommunizieren;
- sind sich der gesundheitlichen, sicherheitsbezogenen und rechtlichen Auswirkungen und Verantwortlichkeiten der ingenieurwissenschaftlichen Praxis sowie der Auswirkungen von ingenieurwissenschaftlichen Lösungen in einem gesellschaftlichen und natürlichen Umfeld bewusst und verpflichten sich dazu, der professionellen Ethik, der Verantwortung und den Normen der ingenieur-wissenschaftlichen Praxis entsprechend zu handeln;
- sind sich der Methoden des Projektmanagements und der Geschäftspraktiken wie z.B. Risiko- und „Change-Management“ bewusst und verstehen deren Grenzen;
- erkennen die Notwendigkeit selbständiger, lebenslanger Weiterbildung und sind dazu befähigt.

Absolventinnen und Absolventen der **Masterstudiengänge**:

- erfüllen alle Anforderungen an Absolventinnen und Absolventen des ersten Zyklus hinsichtlich der Schlüsselqualifikationen auf dem höheren Niveau des zweiten Zyklus;
- sind vorbereitet, effektiv als Leiter eines Teams, das aus unterschiedlichen Disziplinen und Niveaus bestehen kann, arbeiten zu können;
- sind vorbereitet, in nationalen und internationalen Kontexten effektiv arbeiten und kommunizieren zu können.

Referenzen

Bologna-Prozess: www.bologna-bergen2005.no

Dublin Descriptors: www.jointquality.nl

EUR-ACE: www.feani.org/EUR_ACE/EUR_ACE1_Main_Page.htm

Washington Accord: www.washingtonaccord.org

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Abteilung Bildung · Arbeitsmarkt · Gesellschaft

Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf, 5/2007