

Auswertung der Continental-Studie
„In Search of Global Engineering Excellence.
Educating the Next Generation of Engineers for the
Global Workplace”
in Hinblick auf Entwicklungsbedarfe in NRW

Akad. Dir. Dr. Gerhart Rott

Catharina Schultz, M.A.

Bergische Universität Wuppertal

August 2007

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Dipl.-Phys. Klaus Bömken von der ZENIT GmbH in Mülheim a. d. Ruhr für den Auftrag und das entgegengebrachte Vertrauen und bei MR Dr. Ralph Angermund vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie in Düsseldorf für die zahlreichen Anregungen zur Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Continental-Studie. Weiterer Dank gebührt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dietrich Hoeborn, Dekan des Fachbereichs D (Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau und Sicherheitstechnik) und Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd Tibken, Dekan des Fachbereichs E (Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik) der Bergischen Universität Wuppertal für ihre freundliche Unterstützung in Form von Expertengesprächen.

Ausgangssituation	5
Ansatzpunkt der Continental-Studie: Globalisierung.....	5
Untersuchungsbereich und Zusammenstellung des Projektteams	6
Methodisches Vorgehen der Untersuchung.....	7
Zusammenfassung der Länderberichte	8
Brasilien	8
China.....	9
Deutschland	10
Japan	13
Schweiz.....	15
USA.....	17
Kernaussagen für die Verbesserung der Ingenieurentwicklung.....	20
Bewertung der Studie und Übertragung auf Nordrhein-Westfalen.....	29
Bibliografie	37

Ausgangssituation

Seit Anfang der 1990er Jahre lässt sich in Deutschland und vielen Teilen Europas und der Welt ein starker Rückgang in der Zahl der Studienanfänger in ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächern verzeichnen. Eine solche Tendenz kann natürlich nicht ohne Folgen bleiben. So gibt es beispielsweise nach Angaben des Verein Deutscher Ingenieure (VDI) ca. 4000 unbesetzte Ingenieursstellen in NRW, für die der wissenschaftliche Nachwuchs aus Deutschland fehlt (vgl. Lehmann, 2006). Dies kann in naher Zukunft zu einer gravierenden Hemmung des quantitativen und qualitativen wirtschaftlichen Wachstums führen. Zwar verlangen heute viele Innovationen eine Integration von wirtschaftlichem, kulturellem und sozialwissenschaftlichem Wissen, jedoch ist sie meist ohne naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Fundamente nicht erreichbar. Die richtige Einsicht, dass für viele wirtschaftlich wirksame Innovationen interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich ist, da nur so transdisziplinäres Wissen, also wirklich neue Ansätze entstehen können, verweist um so mehr auf die Dramatik des Wegbrechens naturwissenschaftlicher und technologischer Kompetenz.

Hinzu kommt die Feststellung, dass vielen Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge die Fähigkeit fehlt, sich auf einem globalen Arbeitsmarkt zu behaupten, da die Auswirkung des Phänomens „Globalisierung“ in vielen Fällen nicht wirklich verstanden und dementsprechend nicht ausreichend in ingenieurwissenschaftlichen Curricula verankert ist. Daraus resultiert, dass die Ingenieurausbildung weltweit nicht ausreichend ist, um den Bedarf an „globally prepared engineers“ (Continental AG, 2006, S. 1) zu decken.

Ansatzpunkt der Continental-Studie: Globalisierung

An dieser Stelle setzt die Continental-Studie „In Search of Global Engineering Excellence. Educating the Next Generation of Engineers for the Global Workplace“ an. In einer einjährigen Studie hat sich ein Projektteam

unter dem Vorsitz der TU Darmstadt auseinandergesetzt mit der Ingenieursausbildung, Anforderungen und Herausforderungen an Ingenieure und der Identifizierung notwendiger/kritischer Faktoren für die Ausbildung der Ingenieure von Morgen. Leitfragen dabei waren u.a.

- *Sind die Ingenieure von Morgen ausreichend vorbereitet, um Anforderungen der globalen Ökonomie gerecht zu werden?*
- *Welche Fähigkeiten braucht ein guter und zugleich global eingebetteter Ingenieur?*
- *Wie werden diese Fähigkeiten vermittelt?*
- *Wird die Globalisierung zu einer Kluft führen in der Beschäftigungsfähigkeit und im Status zwischen Ingenieuren, die international agieren können, und denen, die es nicht können? (vgl. ebd. S. 3).*

Untersuchungsbereich und Zusammenstellung des Projektteams

Als Teilnehmerländer wurden Brasilien, China, Deutschland, Japan, die Schweiz und die USA ausgewählt, da sie die weltweite Vielfalt in der ökonomischen Entwicklung in den Bereichen Humankapital, natürliche Ressourcen, Regierungsform und Bildungssysteme darstellen (vgl. ebd. S. 6). Im Einzelnen handelt es sich bei den teilnehmenden Hochschulen um 8 internationale Universitäten mit hervorragenden Studienangeboten für Ingenieure: die ETH Zürich, Georgia Tech, MIT, Shanghai Jiao Tong University, TU Darmstadt, Tsinghua University, Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo und die University of Tokyo. Das Projektteam selbst bildete ein internationales Team von Wissenschaftlern und Hochschulangehörigen mit z. T. großen Erfahrungen auf dem Gebiet der Hochschulpolitik, wie z.B. Sybille Reichert (EUA, Trends-Berichte). Zu Beginn der Untersuchung sah sich das Team vor das Problem gestellt, dass es in den Teilnehmerländern zum Teil sehr unterschiedliche Bildungsumfelder/-traditionen gibt. Daher ist es wichtig, die Auswertung der Ergebnisse vor dem jeweiligen nationalen und kulturellen Hintergrund zu betrachten, denn

„gaining insights into ‘global engineering’ can only be obtained when global engineering is viewed and understood in national contexts“ (ebd. S. 5).

Methodisches Vorgehen der Untersuchung

Zunächst gibt die Continental-Studie basierend auf qualitativen Expertenberichten einen kurzen historischen Überblick über die in ingenieurwissenschaftlichen Berufen tätige Bevölkerung und die Ingenieurausbildung in den ausgewählten Ländern. Eine anschließende qualitative Analyse fasst die sechs Bereiche Studium bis zum niedrigsten Abschluss, Aufbaustudium, Fremdsprachenunterricht, Weiterbildung, Entwicklung der Fakultät und Entwicklung der Universität zusammen und identifiziert schließlich vier Herausforderungen für die Zukunft als abschließendes Expertenurteil. Zur Konkretisierung finden sich im Anschluss daran Modellbeschreibungen der einzelnen Universitäten, die aber nicht noch einmal näher analysiert werden.

Die folgenden Darstellungen der Teilnehmerländer in dieser Sekundäranalyse stellen eine Zusammenfassung hauptsächlich unter den Aspekten

- Kulturelle Anpassung
- Rekrutierung von Studierenden, Studierendenzahl
- Frauen-/Minderheitenanteil
- Studieninhalte

dar. Eine ausführliche Darstellung findet sich in der Originalstudie auf den Seiten 6 bis 31.

Zusammenfassung der Länderberichte

Brasilien

Brasiliens Ingenieurwesen ist erfahren auf dem Gebiet des *Technologie-transfers*, d.h. brasilianische Ingenieure können sich schnell an neue Produkte und Technologien anpassen. Die Herausforderung für Brasilien besteht in der Ausbildung von Ingenieuren, die tatsächlich neue Technologien entwickeln können, um den Fokus wegzubringen von Import hin zu Entwicklung (vgl. ebd. S. 6). Angewandte Forschung im Ingenieursektor und Technologieentwicklung findet hauptsächlich an Universitäten statt und nicht in der Industrie. Dies liegt u.a. daran, dass eine Vielzahl von multinationalen Konzernen zwar ihren Sitz in Brasilien hat, ihre Forschungs- und Entwicklungsabteilungen aber in andere Länder ausgelagert sind. Hinzu kommt die Tatsache, dass brasilianische Gehaltsstrukturen eher Managerposten favorisieren anstatt der Ingenieurposten, so dass die Mehrzahl der brasilianischen Ingenieure Karrieren außerhalb des Ingenieurwesens anstrebt (vgl. ebd. S. 7). Dennoch unternimmt das Land seit einiger Zeit Anstrengungen, die Forschung im eigenen Land zu stärken, da es die Bedeutung erkannt hat, die die Forschung für die erfolgreiche Nutzung der eigenen natürlichen Ressourcen hat (vgl. ebd. S. 8). Gleichzeitig ergibt sich eine höhere Akzeptanz und Attraktivität der Ingenieurwissenschaften in der Gesellschaft.

Brasilien kann eine **steigende Zahl an Studierenden** aufweisen, sowie einen **Anstieg im Frauenanteil** im Bereich Ingenieurwissenschaften. Brasiliens Hochschulsektor hat zwei Ansätze entwickelt, um Absolventen auf einen globalen Arbeitsmarkt vorzubereiten. Zum einen werden wissenschaftliche und technologische **Neuentwicklung kontinuierlich in das Curriculum integriert**. Zum anderen existiert in Brasilien ein **gut ausgebautes Netz von dualen Abschlussmöglichkeiten**, Sandwich-Programmen und Praktikums- und Studienangeboten im Ausland, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, internationale Erfahrungen zu sammeln, entweder durch einen eigenen Auslandsaufenthalt oder durch den Kontakt zu ausländischen Studierenden an brasilianischen Hochschulen (vgl. ebd. S. 8).

Die Einführung eines neuen Master's Degree („Professional Master's“) ermöglicht die Kombination von akademischer Ausbildung und praktischer Erfahrung, um Absolventen besser für einen Arbeitsplatz in der Industrie und nicht nur in der Lehre auszubilden. Studierenden wird so die Möglichkeit gegeben, einen Abschluss zu erwerben, der dem direkten Bedarf der Industrie entgegenkommt (vgl. ebd. S. 9).

Weiterbildungsmöglichkeiten werden in der Hauptsache von Universitäten, in einigen Fällen auch von Unternehmen angeboten. Der Schwerpunkt dieser Angebote liegt vor allem auf praktischen Aspekten des Ingenieurberufs wie z.B. dem Erwerb beruflicher Fähigkeiten, Managementmethoden oder dem Umgang mit neuen Werkzeugen oder Techniken. Obwohl diese Kurse vor allem abends stattfinden, besteht eine große Nachfrage, da Studierende darauf bedacht sind, ihre Fähigkeiten und damit ihre Karrierechancen ständig zu erweitern.

China

China ist in erster Linie eine Agrargesellschaft. Trotz eines relativ schnellen Wirtschaftswachstums in den letzten 20 Jahren lebt ein erheblicher Teil der Bevölkerung an oder unter der Armutsgrenze. Gleichzeitig hat China mit grundlegenden Industrialisierungsprozessen zu kämpfen, so dass das Land im Vergleich mit anderen Entwicklungsländern nur eine **geringe Wettbewerbsfähigkeit in Wissenschaft und Technologie** aufweisen kann (vgl. ebd. S. 10).

Das schnelle Wirtschaftswachstum der letzten Jahre hat zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht zu einem ähnlichen Wachstum im Bereich der ausgebildeten Arbeitskräfte geführt. Im Falle der Ingenieurwissenschaften bedeutet dies, dass es in China nur etwa zwei Ingenieure unter 1000 Chinesen gibt (vgl. ebd. S. 10), was u.a. in den Arbeitsbedingungen begründet ist, welche chinesischen Ingenieuren oft den Eindruck vermitteln, sie arbeiten mehr Stunden und unter höherem Druck als in vergleichbaren Berufen. Hinzu kommt, dass **die vergleichsweise geringen Investitionen in Forschung und Entwicklung** zu einem Engpass an qualifizierten Ingenieuren

ren in diesem Bereich führt, was wiederum Chinas internationale Wettbewerbsfähigkeit stark negativ beeinflusst (vgl. ebd. S. 10f).

Traditionell spielt die Ingenieurausbildung schon seit Beginn der Gründung der Republik und der Volksrepublik im 20. Jahrhundert eine große Rolle im tertiären Bildungssektor. Auch im neuen Jahrtausend setzt sich dieser Trend fort, was sich in **zu erwartenden steigenden Studierendenzahlen** widerspiegelt. Dennoch kann nach Aussagen der Continental-Studie die Zahl der Studierenden in den Ingenieurwissenschaften nicht mit den kurzfristigen Bedürfnissen der gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklung mithalten (vgl. ebd. S. 11). Dies liegt vor allem daran, dass die Ingenieurausbildung in China nur wenig praktische Erfahrungen oder kreatives Denken vermittelt oder fördert. Ein Grund für diesen Missstand ist der Mangel an praktischer Erfahrung des Lehrkörpers in den ingenieurwissenschaftlichen Fachbereichen. Darüber hinaus bietet die chinesische Industrie traditionell nur wenig Möglichkeiten für Praktika, den Erwerb von Auslandserfahrungen oder berufliche Weiterbildung an.

Dennoch lassen sich bereits heute Reaktionen auf die Globalisierung in der chinesischen Ingenieurausbildung erkennen, wie z.B. die Einführung von Kooperationen mit internationalen Universitäten oder die Integration internationaler Lehrmethoden in das Curriculum (vgl. ebd. S. 12). Offen bleibt in der Studie die Frage, in welchem Maße chinesische Frauen in den Ingenieurwissenschaften vertreten sind.

Deutschland

Deutschland ist die größte Wirtschaftskraft in Europa und die fünftgrößte weltweit, dennoch ließ sich in den letzten Jahren nur ein geringes Wirtschaftswachstum verzeichnen. Gründe hierfür sind u.a. der Aufbau Ost, eine hohe Arbeitslosenzahl, höhere Sozialausgaben als -einnahmen und eine alternde Bevölkerung (vgl. ebd. S. 13).

Der Ingenieurberuf genießt ein **vergleichsweise hohes soziales Ansehen** in Deutschland, was sich z.B. in der Tatsache zeigt, dass in diesem Beruf

höhere Gehälter gezahlt werden als in anderen Berufen, die einen Studienabschluss erfordern. Ingenieure sind in Deutschland in fast jedem Bereich in Industrie und Dienstleistungen vorhanden. Dennoch stellt der Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) fest, dass deutsche Unternehmen **nur ca. 80% der offenen Ingenieursstellen mit deutschen Ingenieuren besetzen** können. Dies lässt sich zum Teil durch den internationalen Wettbewerb erklären, zum Teil resultiert dieser Mangel aber auch aus der **fallenden Zahl ingenieurwissenschaftlicher Absolventen** in den letzten zehn Jahren (vgl. ebd. S. 13).

In Reaktion auf einen globalen Arbeitsmarkt sehen sich deutsche Ingenieure neuen Erwartungen gegenüber. So müssen sie flexibel und sowohl national als auch international mobil sein und gewillt, Verantwortung in anderen professionellen Bereichen zu übernehmen falls erforderlich. Aufgrund mangelnder Flexibilität und Mobilität sind deutschlandweit ca. 15.000 Stellen unbesetzt trotz einer Zahl von ca. 65.000 arbeitslosen Ingenieuren. Die einzige Lösung scheint daher darin zu bestehen, Ingenieure aus dem Ausland zu rekrutieren (vgl. ebd. S. 14).

Mit den Anforderungen hat sich auch das Aufgabenfeld für Ingenieure verändert und neue Kompetenzen sind gefordert wie Problemlösungskompetenzen oder Kommunikations-, Management- und Führungsfähigkeiten. Folglich sind Ingenieure aufgefordert, ihr berufliches und technisches Können durch nicht-technische Kompetenzen zu ergänzen. Dies wiederum hat zu einer **Entstehung neuer interdisziplinärer Kursangebote** wie Betriebswirtschaft oder dem Wirtschaftsingenieurwesen sowie zu der Einführung von Pflichtpraktika geführt (vgl. ebd. S. 14f).

Die Ingenieurausbildung in Deutschland ist traditionell charakterisiert durch die **Verbindung von Theorie und Praxis**, was nicht zuletzt durch die Einführung von Pflichtpraktika, Kooperationen mit der Industrie in Forschung und Bildung und enge Verbindungen zu Mathematik, Physik und Materialwissenschaften unterstützt wird (vgl. ebd. S. 15f). Heutzutage sieht sich die Ingenieurausbildung in Deutschland vier großen Herausforderungen gegenüber:

1. *Die Vorbereitung der Ingenieure auf einen globalen Arbeitsmarkt.* Druck wird auf diesem Gebiet besonders von Industrie, Ingenieursverbänden und der Bundesregierung ausgeübt. Ein Lösungsansatz ist hier die Einführung von Bachelor-/Masterstudiengängen für eine bessere internationale Vergleichbarkeit der Studienabschlüsse.
2. *Die Umsetzung des Bologna-Prozesses.*
3. *Die Verkürzung der Studiendauer.* Dies geschieht gegenwärtig mittels der Einführung von Studiengebühren und der Umstrukturierung auf Bachelor- und Masterstudiengänge.
4. *Die Steigerung der Neueinschreibungen und des Frauenanteils,* um der sinkenden Zahl an ingenieurwissenschaftlichen Studierenden und Absolventen entgegen zu wirken (vgl. ebd. S. 16f).

Die Neustrukturierung der Studiengänge eröffnet den Studierenden neue Möglichkeiten, ihre vertikale und horizontale Mobilität zu steigern. Im Hinblick auf vertikale Mobilität kann dies beispielsweise mittels eines Masterstudiengangs im Ausland geschehen. Mit Blick auf ihre horizontale Mobilität ergeben die vergleichbaren Studienstrukturen in Europa neue Gelegenheiten, einen Teil des Studiums in Deutschland und einen Teil an einer internationalen Universität zu absolvieren. Besonders die horizontale Mobilität erfordert eine enge internationale Zusammenarbeit und Abstimmung der Curricula.

In den vergangenen Jahren ließ sich zudem ein Anstieg in der Zahl der ausländischen Studierenden in Deutschland verzeichnen. Dies liegt vor allem in dem guten Ruf begründet, den die deutsche Ingenieurausbildung international genießt (vgl. ebd. S. 18).

Japan

Japan ist die technologisch zweitstärkste Wirtschaftskraft weltweit und das viertgrößte Exportland. Trotz des auch weiterhin zu erwartenden Wirtschaftswachstums wird sich Japan in der Zukunft bedeutenden Langzeitproblemen wie einer alternden Bevölkerung, einer sinkenden Arbeiterschaft, steigenden staatlichen Betriebsrenten und einer hohen Staatsverschuldung stellen müssen. Traditionelle Verfahren sind nicht mehr angemessen für das 21. Jahrhundert; Japan wird in Zukunft wirtschaftlicher mit seinen natürlichen Ressourcen umgehen müssen, um auch zukünftig im Vergleich mit anderen Ländern konkurrenzfähig bleiben zu können. Dies umfasst z.B. Energie sparen und die Verringerung der Abfallproduktion (vgl. ebd. S. 18f). Heute sind es genau die traditionellen Werte, wie ein starkes Zusammengehörigkeitsgefühl zur Erreichung gemeinsamer Ziele, ausgeprägte Hilfsbereitschaft oder ein Bewusstsein für knappe Ressourcen, die ein Problem für die Anpassung an sich verändernde Märkte darstellen. Diese traditionellen Werte sind nicht mehr selbstverständlich gegeben, sie können jedoch kaum oder nur unzulänglich durch ein Studium vermittelt werden. Gleichzeitig stellt die Studie einen **Mangel in der Vermittlung von kreativem Denken, ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen und Kommunikations- und Teamworkfähigkeiten** fest, also von zusätzlichen, die traditionellen Tugenden überschreitenden Qualifikationen, die für die Anpassung an die Globalisierung als unverzichtbar angesehen werden. Der zukünftige Wechsel von einer ressourcenintensiven zu einer wissensintensiven Produktion setzt notwendig eine neue Art von Arbeitskräften voraus, was wiederum bedeutet, dass die akademisch fokussierte Ausbildung praxisbasierter werden muss (vgl. ebd. S. 20).

Mit Blick auf das Ingenieurwesen sieht sich Japan gegenwärtig mit der Herausforderung konfrontiert, die traditionell hochwertige Qualität des Ingenieurwesens beizubehalten und es gleichzeitig an globale Trends anzupassen. Seit den 1990er Jahren lässt sich ein **Popularitätsverlust ingenieurwissenschaftlicher Berufe** in Japan beobachten. Dies äußert sich v.a. in rückläufigen Einschreibezahlen. Diesem Trend versucht die Regierung

entgegenzuwirken. Dies geschieht u.a. durch die Einführung einer 5-Jahresstrategie zur Erschließung neuer Märkte basierend auf innovativen Technologien und Produktkonzepten. Diese Strategie identifiziert die Bereiche Informationstechnologie, Nano- und Mikrotechnologie, Biotechnologie und Umwelttechnologie als besonders bedeutend für Investitionen von Regierung und Industrie, in der Hoffnung, so neue Herausforderungen und Möglichkeiten für Ingenieure zu schaffen und die Popularität dieser Berufe zu steigern (vgl. ebd. S. 19).

Historisch betrachtet war Japan bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts darauf beschränkt, wissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse aus China und Korea zu importieren und zu adaptieren. Erst mit der Öffnung der japanischen Märkte für den internationalen Handel wurden auch westliche Modelle adaptiert. Dadurch kristallisierten sich zwei Systeme der Ingenieurausbildung heraus: 1. Universitäten mit einem akademischen Fokus und 2. Ingenieursschulen mit einem praktischen Fokus.

Nach Ende des 2. Weltkriegs fand eine Umstrukturierung der Universitäten nach amerikanischem Vorbild statt, so dass die universitäre Ausbildung nun Theorie und Praxis kombiniert. Dieses Modell ist jedoch nur bedingt erfolgreich, da die japanische Industrie die Ausbildung als zu theoretisch ansieht und den Absolventen praktische Erfahrungen fehlen, so dass die Einrichtung von On-the-Job-Trainings erforderlich wird (vgl. ebd. S. 21).

Zukünftig wird sich die Ingenieurausbildung in Japan einer Reihe von Herausforderungen gegenübersehen:

1. Im Vergleich zu Ländern wie beispielsweise den USA weist Japan nur eine verhältnismäßig niedrige Zahl an Doktoranden auf. Dies liegt v.a. daran, dass ein Dokortitel nur geringes Ansehen hat und die Dissertationsthemen oftmals traditionell akademisch gehalten sind. Um diese Situation zu verbessern bedarf es einer engeren Zusammenarbeit von Universitäten und Industrie.

2. Durch eine relativ niedrige Geburtenrate wird die Rekrutierung von Ingenieuren schwierig. Hinzu kommt ein relativ geringer Frauenanteil und eine niedrige Zahl ausländischer Ingenieure.
3. Es fehlt an einer Modernisierung und Globalisierung des Curriculums.
4. Japanische Sprachkenntnisse sind eine Grundvoraussetzung für das Studium in Japan, was sich problematisch auf das Anwerben ausländischer Studierender auswirkt. Gleichzeitig besteht so für japanische Studierende kaum ein Grund, eine Fremdsprache zu erlernen, was ein signifikantes Hindernis für ein Studium im Ausland bedeutet. Dies zusammen mit der japanischen Tradition, Absolventen direkt nach Abschluss einzustellen und meist bis zur Rente im selben Betrieb zu halten, wirkt sich negativ auf einen transnationalen Austausch von Arbeitskräften aus (vgl. ebd. S. 21).

Dennoch unternimmt die japanische Regierung gegenwärtig Anstrengungen, diese Probleme zu beheben und ihre Ingenieure besser auf einen globalen Arbeitsmarkt vorzubereiten.

Schweiz

Die Schweiz ist eine der stabilsten Volkswirtschaften weltweit mit einer geringen Arbeitslosigkeit, hoch qualifizierten Arbeitskräften und niedrigen Steuern. Bedingt durch seine Topografie hat das Land schon immer eine **hohe Affinität zum Ingenieurwesen** besessen. Dies zeigt sich nicht zuletzt in der großen Zahl an Brücken und Tunnel im Land, die die Errungenschaften des Bauingenieurwesens nach außen deutlich sichtbar machen. Nach Aussage der Continental-Studie ist mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Natur- und Ingenieurwissenschaften ausgebildet oder angestellt,

trotzdem wird das erwartete Wachstum nicht ausreichen, um den Anforderungen nach hoch qualifizierten Ingenieuren in Forschung, Entwicklung und Management gerecht zu werden. Die Schweizer Industrie hat sich traditionell immer stark auf den **Import von Arbeitskräften** verlassen. In Zeiten verstärkter Globalisierung müssen Schweizer Universitäten nun Mittel und Wege finden, Ingenieurwissenschaften für Studierende aus dem eigenen Land attraktiver zu machen (vgl. ebd. S. 23). Gleichzeitig müssen verstärkt Kompetenzen vermittelt werden wie interkulturelle Sensibilität und die Fähigkeit, in multidisziplinären und internationalen Teams zu arbeiten, um auch weiterhin weltweit wettbewerbsfähig bleiben zu können.

Eine wichtige Eigenschaft der Ingenieurausbildung in der Schweiz ist die **hohe interne Spezialisierung** durch den „dualen Sektor“: technische Hochschulen sind spezialisiert auf die Ausbildung von Ingenieuren, die eine Karriere in Forschung und Entwicklung oder Management anstreben. Ihre Absolventen sind bekannt für ihr Wissen über und Verständnis für natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen und die Fähigkeit, komplexe Sachverhalte anzugehen, Probleme vorherzusehen und angemessene Lösungen zu finden. Fachhochschulen auf der anderen Seite haben eine eher praktische Ausrichtung (vgl. ebd. S. 25).

In den letzten Jahren sah sich die Schweizer Ingenieurausbildung einer **Reihe von Herausforderungen** gegenüber. So musste sie im Rahmen des Bologna-Prozesses die Studiengänge neu strukturieren. Gleichzeitig musste sie auf die intrinsischen Veränderungen in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung reagieren und somit neue Ingenieurausrichtungen entwickeln. Darüber hinaus erfordert die Globalisierung eine noch schnellere Anpassung der Industrie an naturwissenschaftliche und technologische Innovationen. Dies wiederum bedeutet für die Ingenieurausbildung, dass ein stärkerer Fokus gelegt werden muss auf die Vermittlung von Existenzgründungskompetenz im Curriculum. Um dies zu erreichen bedarf es eines direkteren und effizienteren Austauschs von naturwissenschaftlich-technologischem Wissen von und mit der Industrie (vgl. ebd. S. 25f). Um weltweit konkurrenzfähig bleiben zu können, muss die Schweiz die

Möglichkeiten für Studierende ausbauen, internationale Erfahrungen zu sammeln.

Was in der Studie fehlt, sind Aussagen über die Zahl der Studierenden in Ingenieurwissenschaften insgesamt und über den Frauenanteil im Besonderen.

USA

Die USA ist die größte und technologisch fortschrittlichste Volkswirtschaft der Welt. Doch trotz ihrer Rolle als weltweite führende Wirtschaftskraft gibt es im Land eine große Kluft zwischen arm und reich; der schnelle technologische Fortschritt führte zu der Entstehung eines Zwei-Klassen-Arbeitsmarkts (vgl. ebd. S. 26). Hinzu kommt, dass die finanziellen Ressourcen für Bildung, Renten und Gesundheitspflege stark beansprucht werden durch die alternde Baby-Boomer-Generation und stetige Immigration.

Für Ingenieure aus den USA existiert eine **gemischte Nachfrage** in der Heimat. Einerseits werden sie gebraucht, um u.a. die verfallene öffentliche Infrastruktur wiederherzustellen und die nationale Sicherheit zu stärken. Andererseits stellt die zunehmende Modularisierung von Design und Produktion und Outsourcing von hochwertigen Produktions- und R&D-Stätten eine potentielle Gefahr für den amerikanischen Arbeitsmarkt für Ingenieure dar (vgl. ebd. S. 27).

Diese Situation führt zu **sinkenden Zahlen an in den USA geborenen Ingenieuren**. Stattdessen verlässt man sich mehr und mehr auf ausländische Arbeitskräfte. Dabei handelt es sich entweder um internationale Studierende an US-Universitäten oder um die Zuwanderung von Arbeitskräften. Dies birgt die Gefahr, dass gerade die internationalen Studierenden sich entschließen, nach ihrem Abschluss in ihre sich entwickelnden Heimatländer zurückzukehren. Betrachtet man zudem noch die Tatsache, dass Frauen und ethnische Minderheiten besonders im Vergleich zur allgemeinen Bevölkerung und zum Arbeitsmarkt insgesamt in den Ingeni-

eurwissenschaften nur verhältnismäßig gering repräsentiert sind, lässt sich für die nächsten Jahre eine **Veralterung der ingenieurwissenschaftlichen Arbeitskräfte** in den USA vorhersagen.

Bereits seit dem Unabhängigkeitskrieg hat es in den USA immer schon eine starke Verbindung des Ingenieurwesens mit der Entwicklung des Landes gegeben. Bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts lag bei der Ingenieurausbildung der Fokus eher auf der praktischen Seite denn auf einer wissenschaftlichen Grundlage. Ein Umdenken erfolgte erst nach dem 2. Weltkrieg, als sich weltweit die Macht der Wissenschaften und ihrer praktischen Anwendung demonstrierte (vgl. ebd. S. 29). Seitdem wird in den USA eine **ständige Überprüfung** von Mission und Effektivität der Ingenieurausbildung vorgenommen, um mit den Änderungen auf einem globalen Arbeitsmarkt mithalten zu können. Dies führte zu zahlreichen Änderungen und Verbesserungen des Curriculums in den letzten fünfzig Jahren. Seit den 1990er Jahren umfasst die Ingenieurausbildung daher auch **transdisziplinäre Ansätze** wie z.B. Mechatronik oder Bioingenieurwesen (vgl. ebd. S. 30). Dennoch wird sich das amerikanische Ingenieurwesen in der Zukunft drei großen Herausforderungen stellen müssen.

1. *Sinkendes Interesse an Ingenieurberufen in den USA.* Lösungsansätze zur Verbesserung dieser Situation umfassen die Verbesserung der naturwissenschaftlichen und mathematischen Kenntnisse auf voruniversitärem Level, das Steigern der Attraktivität von Ingenieurberufen besonders für Frauen und Minderheiten und das Anheben der Ingenieursgehälter.
2. *Spannungen zwischen Forschung und Bildung.*
3. *Die Anerkennung, dass das, was gelehrt wird, genauso wichtig ist wie das Wie der Wissensvermittlung.*

Von Ingenieuren des 21. Jahrhunderts werden eine Reihe neue, multidisziplinäre Kenntnisse erwartet, besonders auf Gebieten wie globale Sozioökonomie, internationaler Handel, globaler Arbeitsmarkt, Umweltsysteme, Forschung, technologische Innovation. Außerdem benötigen sie zwischenmenschliche Fähigkeiten, Kreativität, interkulturelle Kompetenz. Folglich müssen solch globale Denkweisen durch das Curriculum vermittelt werden. Dies kann z.B. geschehen durch Facharbeiten in internationalen Studien, die Vermittlung von Mehrsprachigkeit oder das Sammeln von internationalen Erfahrungen. Doch sind diese und ähnliche Ansätze momentan noch nicht fest im Curriculum verankert, sondern existieren hauptsächlich als zusätzliche Elemente wie Zusatzfächer oder Zertifikate. Dennoch gibt es bereits heute Bemühungen in den USA, die Vermittlung trans- und interdisziplinärer Fähigkeiten in das Curriculum zu integrieren (vgl. ebd. S. 31).

Kernaussagen für die Verbesserung der Ingenieurentwicklung

Ausgehend von den Darstellungen der sechs ausgewählten Länder und notwendigen Fähigkeiten, um auf einem globalen Arbeitsmarkt bestehen zu können, stellt sich die Frage: „Welches Image soll der Ingenieur von Morgen haben?“ Gegenwärtig wird von ihm erwartet, dass er technisch bewandert und gleichzeitig kulturbewusst ist, über breit gefächertes Wissen verfügt und innovativ ist, ein lebenslanger Lerner, der beruflich mobil, flexibel und geschickt ist, kurz: ein „Superingenieur“. Denn der hochanalytische, technisch fokussierte „Fachidiot“ gehört der Vergangenheit an.

Die Frage bleibt, ob die gegenwärtige Ingenieurausbildung darauf ausgelegt ist, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Einige Schritte in diese Richtung sind bereits unternommen worden:

1. *Die Ausbildung wird unterstützt durch ständige Entwicklung in Kommunikationstechnologien.* Computerbasierte Modelle beispielsweise ermöglichen den Studierenden, Phänomene zu visualisieren, Prototypen schneller zu entwickeln und Materialien zu untersuchen, wie dies in traditionellen Laborsituationen nicht möglich wäre.
2. *Die Anerkennung von Lernerfahrungen außerhalb des Curriculums* wie Praktika, Forschungsprojekte oder Auslandsstudien nimmt zu, was die Verbindung von Theorie und Praxis und den Erwerb von Soft Skills erleichtert.
3. Vielleicht die entscheidendste Entwicklung ist der *Trend hin zu kompetenzbasiertem Lernen.* Diese Art der Wissensvermittlung hilft dabei, den Fokus des Curriculums zu schärfen und das Zusammenspiel mit Stakeholdern wie Alumni und der Industrie zu stärken. Das so genannte „project-based learning“ beispielsweise vermittelt den Studierenden ein besseres Verständnis der Theorie durch ihre Verankerung in der Praxis. Gleichzeitig erleichtert kompetenz-basiertes Lernen den Erwerb von disziplinären und allgemein beruflichen

Fähigkeiten, z.B. durch die Arbeit in einem internationalen Team (vgl. ebd. S. 33f).

Trotz allem bleibt festzuhalten, dass diese und ähnliche neue Ansätze nicht ausreichen, solange sie nicht auf regionalen, nationalen und internationalen Ebenen in der primären, sekundären und tertiären Bildung ansetzen. Ingenieurwissenschaftliche Programme müssen so gestaltet werden, dass sie die Stärken der jeweiligen Institution nutzen und gleichzeitig die regionalen und nationalen kulturellen Normen ansprechen (vgl. ebd. S. 34).

Im Rahmen der Continental-Studie wurden die folgenden 6 Bereiche auf ihre Anpassung an die Vermittlung von globalen Fähigkeiten untersucht: Studium bis zum niedrigsten Abschluss, Aufbaustudium, Fremdsprachenunterricht, Weiterbildung, Entwicklung der Fakultät, Entwicklung der Universität.

- *Studium bis zum niedrigsten Abschluss:* Die Vermittlung internationaler Erfahrungen steht meist im Zentrum des Studiums bis hin zu einem ersten Studienabschluss. Der Großteil der Studierenden in diesen Studiengängen setzt sich aus einheimischen Studierenden zusammen. Diese Tatsache begründet sich vor allem darin, dass Zulassung und Zulassungsbeschränkungen eng verbunden sind mit dem nationalen Bildungssystem. Als Konsequenz konzentrieren sich die Hochschulen hauptsächlich darauf, ihren Studierenden Erfahrungen im Ausland zu ermöglichen wie Auslandssemester oder Auslandspraktika. Dennoch ist die Zahl der Studierenden, die an Auslandsprogrammen teilnimmt, vergleichsweise gering. Dies begründet sich vor allem in dem Problem, im Ausland vergleichbare Kurse zu finden, die im eigenen Land angerechnet werden, auf Sprachbarrieren, allgemeinen curricularen Unterschieden und Bedenken bezüglich der Qualität der Lehre in einem anderen Land (vgl. ebd. S. 35f).
- *Aufbaustudium:* Das Sammeln von internationalen Erfahrungen in einem Aufbaustudiengang erfolgt in der Hauptsache

über vertikale Mobilität, also das Einschreiben an anderen Institutionen für Forschungsprojekte, Master oder Doktorarbeit, entweder als eigenständiger Abschluss oder Teil eines Dual-, Doppel- oder gemeinschaftlichen Programms. Am ausgeprägtesten ist die vertikale Mobilität dabei auf Promotionslevel. Hier kam es in letzter Zeit zu einer Reevaluation der Promotionsprogramme. Sie zielen jetzt nicht mehr so sehr ab auf Studierende, die eine akademische Karriere anstreben, sondern auf solche, die ihre Zukunft in der Forschung in der weltweiten Industrie sehen.

Die Anerkennung der Bedeutung der unternehmerischen Dimension von Forschung und Wissenstransfer in Wirtschaft und Gesellschaft steigt stetig. Durch einen verstärkten internationalen wirtschaftlichen Wettbewerb rückt die Förderung der Mobilität und die damit einhergehende gesteigerte Beschäftigungsfähigkeit sowie die Vergleichbarkeit und weltweite Anerkennung von Studienabschlüssen verstärkt in den Mittelpunkt des Interesses der Entscheidungsträger auf regionaler und nationaler Ebene (vgl. ebd. S. 36f).

- *Fremdsprachenunterricht*: Fremdsprachenkenntnisse sind ein entscheidendes Erfolgskriterium auf allen Ebenen des Studiums, um internationale Möglichkeiten voll ausnutzen zu können. Dabei hat sich Englisch als Hauptsprache für interkulturelle Kommunikation besonders in den Natur- und Ingenieurwissenschaften durchgesetzt. Auch wenn in den meisten Ländern bereits auf voruniversitärem Level Englischkenntnisse vermittelt werden, bieten heutzutage die meisten Institutionen die Möglichkeit, die entsprechenden Sprachkenntnisse zu erwerben oder zu vertiefen. Dies ist besonders notwendig, da mittlerweile viele Kurse auch in nichtenglischsprachigen Ländern in Englisch abgehalten werden. Dieses Verfahren bietet eine größere Möglichkeit zur Mobilität für Studierende, die

Englisch sprechen, aber nicht an einer englischen Universität studieren möchten. Auf der anderen Seite erhöht dies auch den internationalen Wettbewerb für Absolventen englischer Universitäten (vgl. ebd. S. 37f).

- *Weiterbildung:* Mit Hinblick auf ständig neue Innovationen und die Kurzlebigkeit technologischer Entwicklungen bekommt weiterführendes Lernen eine neue Bedeutung. Universitäten reagieren darauf, indem sie zunehmend Angebote auf elektronischem Weg statt vor Ort entwickeln. Dies hat den Vorteil, dass Studierende schnell an ihrem Arbeitsplatz oder zu Hause erreicht werden können (vgl. ebd. S. 38).
- *Entwicklung der Fakultät:* Die Internationalisierung der Fakultät erfolgt auf zwei Arten: 1. Anwerben von internationalen Fakultätsmitgliedern und 2. Internationale Abschlüsse einheimischer Fakultätsmitglieder. Diese werden meist über Forschungssemester o.ä. erworben.

Im Allgemeinen bleibt festzustellen, dass sich schon wie für Studierende auch für Fakultätsmitglieder eine erhöhte Mobilität oftmals problematisch gestaltet, z.B. durch den Erhalt notwendiger Visa oder die mangelnde Übertragbarkeit von Rentenfonds (vgl. ebd. S. 39).

- *Entwicklung der Universität:* Der Internationalisierungsprozess macht auch vor den Universitäten als Ganzes nicht Halt. Um diesem Trend gerecht zu werden, bedarf es der Entwicklung von erfahrungsbasierten Programmen auf allen Ebenen des Studiums, um die Vermittlung praktischer Fähigkeiten voranzutreiben. Im Idealfall umfasst dies auch Forschungsprojekte sowohl für die Studierenden als auch für den Lehrkörper. Diese Forschungsprojekte sind zu einem großen Teil von der Industrie gefördert und reichen von Praktika während der Sommermonate über kooperative Veranstaltungen bis hin zu Dip-

lomarbeiten oder Managementkursen als Teil der Abschlussvoraussetzungen (vgl. ebd. S. 39ff).

Obwohl auf allen Ebenen der Hochschule Anstrengungen unternommen werden, um angehende Ingenieure besser auf einen globalen Arbeitsmarkt vorzubereiten, lassen sich doch vier Gründe feststellen, die eine solche Entwicklung hemmen (vgl. ebd. S. 41f).

1. *Die Vorbereitung auf einen globalen Arbeitsmarkt wird als nicht wichtig genug angesehen, um ein zentrale Rolle in der Ingenieurausbildung einzunehmen.* Stattdessen handelt es sich bei vielen Programmen lediglich um ein zusätzliches Element des Curriculums. Es muss sich die Einsicht durchsetzen, dass die internationale Vorbereitung von Ingenieuren nicht bloß eine Frage von kulturellem Bewusstsein ist sondern ein Zeichen von beruflicher Kompetenz.
2. *Die internationale Mobilität ist noch immer eine Herausforderung.* Die Möglichkeit im Ausland zu leben, zu studieren oder zu arbeiten ist heutzutage von zentraler Bedeutung für die Entwicklung eines global eingebetteten Ingenieurs. Dennoch bilden Visa-Beschränkungen, hohe Kosten, sprachliche Barriere u.ä. immer noch ein großes Hindernis sowohl für Studierende als auch für Fakultätsmitglieder.
3. *Globalisierung und Zusammenarbeit gehen Hand in Hand.* Obwohl heutzutage vielerorts Partnerschaften mit anderen Universitäten, Behörden oder Unternehmen bestehen, hat sich in vielen Fällen herausgestellt, dass diese mehr Schein als Sein sind. Als Konsequenz haben diese Programme oft nur geringe Auswirkung auf die Ausbildung eines global denkenden Ingenieurs.
4. *Es herrscht ein Mangel an Erkenntnissen über die Effektivität von Theorien und Praktiken.* Obwohl im Zuge der Globalisierung immer mehr Programme zur Vermittlung internationaler Kompetenzen eingeführt werden, fehlt eine entsprechende Evaluation hinsichtlich ihrer tatsächlichen Bedeutung für die Ingenieurausbildung.

Im Rahmen der Continental-Studie hat sich gezeigt, dass die komplexen Phänomene der Globalisierung und ihre Auswirkung auf die ingenieurwissenschaftliche Praxis noch nicht richtig verstanden werden und dementsprechend **nicht hinreichend in** der Ingenieurausbildung verankert sind. Es lässt sich eine zweifache Auswirkung der Globalisierung auf die Ingenieurausbildung beobachten: zum einen gibt es einen Bedarf an Ingenieuren, die für die Arbeit auf einer globalen Ebene als Teil eines internationalen Teams ausgebildet sind. Zum anderen bedarf es Ingenieure, die ihre Fähigkeiten auch in fachfremde Bereiche einbringen können, um facettenreiche globale Herausforderungen bewältigen zu können (vgl. ebd. S. 51). Die Universitäten haben darauf reagiert, indem sie eine Reihe von Angeboten präsentieren, um Studierende auf den globalen Arbeitsmarkt vorzubereiten. Dennoch bleibt die Schlussfolgerung: „engineering education worldwide is not providing an adequate supply of globally prepared engineers“ (ebd. S. 51). Um diesen Missstand beheben zu können, werden sich die Universitäten in der Zukunft vier großen Herausforderungen stellen müssen:

1. **Globale Kompetenz muss eine Schlüsselqualifikation für Ingenieurabsolventen werden.** Um dies zu erreichen, müssen Kenntnisse über Grundsätze und Dynamik der Globalisierung und ihre Möglichkeiten für Studium, Arbeit und Forschung fest im Curriculum verankert und zu einer Priorität für die Universitäten werden. Ein verstärktes Zusammenspiel von internationaler Forschung und akademischer Ausbildung ist notwendig, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden. Die Vorbereitung auf einen internationalen Arbeitsmarkt setzt eine höhere Flexibilität der Ausbildungsprogramme, eine höhere Bedeutung von Fremdsprachenkenntnissen, einen wirksamen Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien, eine größere Akzeptanz von Leistungspunkten sowie die Vermittlung von internationalen Erfahrungen voraus. Die globale Vorbereitung kann jedoch nicht nur in der Zuständigkeit der Universitäten liegen. Viel-

mehr benötigt sie auch eine stärkere Unterstützung von Seiten der Industrie, z.B. in Form von Praktika, Forschungsprojekten oder Fallstudien. Darüber hinaus sollte auch von Regierungsstellen die notwendige Unterstützung in der Politikentwicklung und Finanzierung erfolgen, um eine internationale Vorbereitung der angehenden Ingenieure zu gewährleisten (vgl. ebd. S. 52).

2. **Transnationale Mobilität von Studierenden, Forschern und Fachkräften muss eine hohe Priorität erhalten.** Dies erfordert eine höhere Flexibilität der universitären Programme, um bessere Möglichkeiten für ein Auslandsstudium zu bieten, wie die Entwicklung von alternativen Programmstrukturen, internationale Partnerschaften oder Austauschprogramme, um Wissenserwerb und den Erwerb von Schlüsselkompetenzen besser zu verbinden. Dies gilt sowohl für die Studierenden als auch für den Lehrkörper. Die Industrie kann dazu beitragen, indem sie mehr finanzielle Unterstützung, größere Arbeitsmöglichkeiten und mehr Forschungsprojekte für Studierende und Fachbereichsmitglieder zur Verfügung stellt. Von der Regierung auferlegte Beschränkungen wie der Erwerb von Visa oder Arbeitserlaubnissen müssen gelockert werden, um eine transnationale Mobilität nachhaltig fördern zu können (vgl. ebd. S. 53).
3. **Exzellenz im globalen Ingenieurwesen ist stark abhängig von beidseitigem Engagement in Partnerschaften, besonders in solchen, die Ingenieurausbildung und berufliche Praxis verbinden.** Hier muss die Industrie zu einer treibenden Kraft werden durch die Bereitstellung von Arbeitsmöglichkeiten, virtuelle Beteiligung an Ingenieurprojekten, Fallstudien für problembasierte Curricula etc. Von Seiten der Universität sind mehr gemeinschaftliche Aktivitäten mit der Industrie im Hinblick auf Forschung, Projekte und Partnerschaftsprojekte

gramme gefordert. Schließlich bedarf es auf diesem Gebiet auch einer grenzübergreifenden Zusammenarbeit von Ingenieurverbänden zur Stärkung des Dialogs zwischen Praxis und Hochschule (vgl. ebd. S. 53f).

4. **Es besteht ein dringender Bedarf an der Erforschung von Ingenieurwesen im globalen Kontext.** Dies umfasst zum einen theoretische Grundlagen zum Thema Lernverhalten („learning behavior“) und Lernmodelle, zum anderen eine Evaluation der Auswirkung von angebotenen Programmen (vgl. ebd. S. 54).

Bewertung der Studie und Übertragung auf Nordrhein-Westfalen

Das Phänomen „Globalisierung“ hat selbstverständlich auch Auswirkungen auf Nordrhein-Westfalen. Zudem eröffnet die Perspektive der Globalisierung einen neuen Blick auf die mehr unmittelbaren regionalen und nationalen Probleme der Ingenieurausbildung. Im Lichte der Untersuchungsergebnisse lassen sich einige mit ihnen verbundene Fragestellungen neu formulieren und einige innovative Gestaltungsansätze identifizieren.

Zugleich gibt die Bestimmung der Grenzen der spezifischen Vorgehensweise und Fragestellung der Continental-Studie Hinweise auf Lücken, die weiterhin einer dringenden Bearbeitung bedürfen.

Natürlich lassen sich die Erkenntnisse der Studie und die in ihr beschriebenen Modelle nicht eins zu eins auf die Region übertragen, aber es werden doch einige Ansatzpunkte und Bemühungen deutlich. So wird beispielsweise trotz des Widerstands der Ingenieurwissenschaften auch hier die Studienstruktur weg vom Diplom hin zu Bachelor und Master umgestellt. Der deutsche Ingenieur an sich genießt weltweit ein großes Ansehen. Daher stößt es vielerorts auf Bedauern, dass durch die Umstellung auf Bachelor- und Master-Strukturen der Abschluss „Diplom-Ingenieur“ abgeschafft wird. Häufig wird darin ein Verlust an Tradition und Image gesehen. Auf der anderen Seite bieten die neuen Bologna-Strukturen ein wichtiges Element, um eine internationale Vergleichbarkeit des Ingenieurberufs und der mit dem Begriff „Ingenieur“ assoziierten Fähigkeiten zu erreichen und so die Beschäftigungsfähigkeit deutscher Absolventen auf einem globalen Arbeitsmarkt zu steigern. Gleichzeitig macht die Studie klar, dass der Bologna-Prozess als Chance begriffen werden kann, um ein **neues, moderneres Bild des Ingenieurs** zu entwickeln, wie dies beispielsweise heute schon an der ETH Zürich der Fall ist, anstatt lediglich dem befürchteten Verlust alter Traditionen hinterher zu trauern.

Durch die Globalisierung wird die Perspektive auf den Arbeitsmarkt und das Berufsbild in allen Bereichen verändert. Im Falle der Ingenieurwissenschaften bietet sich hier die Möglichkeit, das Image des Ingenieurs zu verbessern und zu modernisieren. Dies bedarf vor allem **neuer Ansätze in**

der Ausbildung. Das geänderte Bild des Ingenieurs und die damit einhergehenden Veränderungen in den beruflichen Fähigkeiten müssen in der Darstellung der Studiengänge reflektiert werden, um so auch eine Rekrutierung aus traditionell eher ingenieurfernen Gruppen erreichen zu können. Dies trifft vor allem auf Frauen in Ingenieurberufen zu. Um nachhaltig eine Steigerung in der Zahl der Ingenieurabsolventen zu erreichen und den bestehenden Bedarf an Ingenieuren decken zu können, müssen Wege gefunden werden, Ingenieurberufe auch für Frauen attraktiv zu machen. Hier ist es notwendig, bereits auf **voruniversitärer Ebene Interesse zu wecken**, um der fallenden Frauenrepräsentation in den Ingenieurwissenschaften, wie sie sich beispielsweise in Japan und den USA beobachten lässt (vgl. ebd. S. 22, S. 30), entgegenzuwirken. Ein bloßes Sichverlassen auf die Zuwanderung von Ingenieurstudenten und Ingenieuren aus anderen Ländern ist zu vermeiden. Wie die Erfahrungen in den USA und der Schweiz zeigen, kann dies auf Dauer nicht Erfolg versprechend sein (vgl. ebd. S. 27, S. 23). Es besteht die Gefahr, dass eine nachhaltige Bindung ausländischer Studierender an den deutschen Hochschulstandort nicht gelingt und es zu einem Wegbrechen des Personalbestands kommt. Um einer solchen Gefahr entgegenzutreten, müssen **nachhaltige Strukturen** geschaffen werden, die Nordrhein-Westfalen als Studien- und Arbeitsstandort im Bereich Ingenieurwissenschaften dauerhaft attraktiv machen, besonders für ortsansässige Abiturientinnen und Abiturienten.

Um die Zahl der Studierenden und Absolventen in ingenieurwissenschaftlichen Fächern in Nordrhein-Westfalen nachhaltig zu steigern und die Beschäftigungsfähigkeit der Absolventen auf einem globalen Arbeitsmarkt zu verbessern, bedarf es Anstrengungen bereits auf voruniversitärem Level. Durch die **Förderung von Partnerschaften zwischen Schulen, Wirtschaft und Universität** können Jugendliche bereits frühzeitig an das Thema Technik herangeführt und über die beruflichen Möglichkeiten und Angebote in den Natur- und Ingenieurwissenschaften informiert werden. Einen möglichen Lösungsansatz bildet die „Datenbank Bildungskette NRW“ unter <http://www.zukunft-durch-innovation.nrw.de>. Sie bietet einen Überblick über die Vielzahl von Aktivitäten rund um die Themen Naturwissenschaf-

ten und Technik für Schülerinnen und Schüler in Nordrhein-Westfalen. Diese umfassen Informationsvermittlung, Multimediaprojekte, Praktika, Vorträge, Schülerbesuche und vieles mehr. Außerdem enthält die Datenbank Informationen und Angebote zu den Bereichen Berufsbildung und Studiengänge. Zielgruppen der Datenbank sind neben Lehrkräften auch Unternehmen und Universitäten. Ob diese Projekte zur Nachwuchswerbung tatsächlich eine Wirkung auf existierende Hochschulaktivitäten haben, ob sie mit den Anstrengungen der Hochschulen im Bereich der Lehre korrelieren und ob sie nachhaltig die Zahl der Studierenden in Natur- und Ingenieurwissenschaften erhöhen können, lässt sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht bewerten, da die erste Generation der Teilnehmer in den Projekten erst jetzt am Ende ihrer Schullaufbahn steht und sich für oder wider ein ingenieurwissenschaftliches Studium entscheiden muss.

Die **Bildung von regionalen Netzwerken** mit Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft kann dazu beitragen, die Bemühungen der Universitäten um eine globale Ausrichtung ihrer Absolventen mit den Anforderungen der Unternehmen aus der Region abzustimmen und so die regionale und internationale Beschäftigungsfähigkeit der nordrhein-westfälischen Ingenieure nachhaltig zu fördern. Für ein Bestehen auf internationaler Ebene ist es darüber hinaus besonders wichtig, die Netzwerkbildung auch europa- und weltweit auszudehnen. Ein **Austausch auf internationaler Ebene** ermöglicht ein Abstimmen der beruflichen Anforderungen und der Vermittlung der entsprechenden Fähigkeiten in den Studiengängen sowie eine Identifizierung von **Good-Practice-Modellen**. Eine Vernetzung im globalen Kontext ist auch auf regionaler Ebene von Bedeutung. So können beispielsweise auch klein- und mittelständische Unternehmen global agieren und/oder ihren Personalbestand internationalisieren, indem sie die Universitäten der Region als Katalysator nutzen, sofern diese in internationale Kooperationen eingebunden sind. Die Studie hebt besonders hervor, dass die Netzwerkbildung ein wesentliches Element der modernen Ingenieurausbildung ist. Soweit sie in Deutschland immer schon die Ingenieurausbildung begleitet hat, sollte man darin eine Stärke

sehen, die auch in den neuen Strukturen erhalten und weiterentwickelt werden sollte.

Auf universitärem Level bietet die Continental-Studie erste Lösungsvorschläge zur Verbesserung der internationalen Ausrichtung nordrhein-westfälischer Universitäten. Die an der Studie beteiligten Hochschulen haben entweder bereits in der jüngsten Vergangenheit Programme zur Steigerung der globalen Kompetenz ihrer Absolventen eingeführt oder stehen kurz vor der Einführung solcher Programme. So hat beispielsweise das Georgia Institute of Technology (Georgia Tech) ein Programm namens „International Plan“ entwickelt, das integriert ist in das disziplinäre Studium mit dem Ziel, globale Praktiken des Studienfachs zu vermitteln und die Studierenden mit den entsprechenden Sprachkenntnissen und der Fähigkeit, erfolgreich im Ausland leben und arbeiten zu können, auszustatten (vgl. ebd. S. 43). Einen anderen erfolgversprechenden Ansatz stellen internationale Austauschprogramme dar. Erste Orientierungsmöglichkeiten bieten hier die verschiedenen Programme nach den Vorbildern der Tsinghua University oder der Shanghai Jiao Tong University. Beide Universitäten bieten zusammen mit der RWTH Aachen (Tsinghua) bzw. der University of Michigan (Shanghai Jiao Tong University) ihren Studierenden die Möglichkeit, einen dualen Master's-Abschluss zu erwerben, indem die Studierenden einen Teil ihres Studiums in China absolvieren und einen Teil an der Partneruniversität. Im Falle der Tsinghua University steht neben den Studierenden auch Fakultätsmitgliedern die Teilnahme an dem Programm offen (vgl. ebd. S. 45f). Einen dritten Weg geht die TU Darmstadt mit ihrem Promotionsprogramm. Hier liegt der Schwerpunkt besonders auf der Forschung, so dass der Doktorgrad nicht durch Studienprogramme sondern die Durchführung von Forschungsprojekten erlangt wird. Dabei werden die Doktoranden von der Hochschule unterstützt durch den Zugang zu einer Vielzahl von internationalen Forschungsnetzwerken und bei behördlichen Problemen, z.B. dem Beantragen von Visa und Arbeitserlaubnissen für ausländische Kandidaten (vgl. ebd. S. 47). Auf dem Gebiet der Fakultätsentwicklung stellt die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zürich) ein Good-Practice-Modell dar. Sie bietet opti-

male Forschungsbedingungen in Hinblick auf Finanzierung und Infrastruktur. Die Einstellung neuer Fakultätsmitglieder folgt strikten Qualitätsstandards. Plattformen für ein erstes Kennenlernen bieten internationale Konferenzen oder Gastvorträge. Obwohl die endgültige Entscheidung über die Einstellung in den Händen des Rektors liegt, wird die Auswahl der Kandidaten getroffen von einem Komitee bestehend aus Angehörigen der verschiedenen Fakultäten der ETH sowie Repräsentanten anderer Universitäten (vgl. ebd. S. 48). Auf diese Weise lässt sich eine Internationalisierung des Lehrkörpers erreichen, was wiederum den Studierenden zugute kommt.

Zusammenfassend bietet die Continental-Studie einen guten Überblick über die Auswirkungen der Globalisierung auf die Ingenieurwissenschaften und die damit einhergehenden Neuerungen, die in der Ingenieurausbildung folgen müssen. So zeigt sie, dass es einen **starken Zusammenhang gibt zwischen der Ingenieurausbildung und der Akzeptanz der Ingenieurwissenschaften innerhalb eines Landes**. In Brasilien beispielsweise werden die Ingenieurwissenschaften auch von staatlicher Seite stark gefördert z.B. durch die Gründung und finanzielle Unterstützung von Forschungsorganisationen, seit das Land erkannt hat, dass es natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung stärken muss, um das Potential seiner natürlichen Ressourcen voll ausnutzen zu können (vgl. ebd. S. 8). Auch in China wird die Ingenieurausbildung als eine langfristige strategische Entscheidung vorangetrieben. In den USA lässt sich dagegen eine steigende Nachfrage nach Ingenieuren für die Zukunft prognostizieren. Dennoch scheint es dem Land nicht zu gelingen, Ingenieurwissenschaften für Studierende und Absolventen aus dem eigenen Land attraktiver zu machen (vgl. ebd. S. 27).

Was der Studie fehlt, sind **konkrete Handlungsmuster und Strategien**, um einige der Probleme, die in der Ingenieurausbildung identifiziert werden, lösen zu können. Die Studie legt zwar dar, dass es in einigen Ländern Probleme bei der Rekrutierung von Studierenden und ausgebildeten Ingenieuren gibt. Als Beispiele lassen sich hier die USA und zum Teil auch

Japan und die Schweiz nennen. Konkrete Aussagen darüber, was auf diesem Gebiet fehlt und wie man die Probleme lösen könnte, macht die Studie jedoch nicht. Gleiches gilt für die Frage, wie die Zahl der Frauen bzw. der ethnischen Minderheiten in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen erhöht werden kann. Auch hier beschränkt sich die Studie auf Aussagen wie „Japan needs to attract more women into engineering, recruit more foreign engineers, and develop strategies to address its traditional cross-generational knowledge transfer“ (ebd. S. 21f). Doch es fehlen erste Anregungen zur Erreichung dieser Ziele. Lediglich auf dem Gebiet der Studieninhalte weist die Continental-Studie mehrfach deutlich daraufhin, dass es notwendig ist, eine stärkere Verbindung von Theorie und Praxis und die Vermittlung neuer, übertragbarer Fähigkeiten zu erreichen, indem man stärkere Partnerschaften mit Wirtschaft, Industrie und anderen Universitäten auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene aufbaut.

Eine Vertiefung auf den Gebieten, die durch die Continental-Studie nicht ausreichend abgedeckt werden, kann mittels einer **weiteren Studie im europäischen Vergleich** erzielt werden. In einer solchen Studie sollen Antworten auf Fragen gefunden werden wie

- Was kann man tun, um die Rekrutierung von Ingenieurstudenten zu verbessern?
- Ist das Studienangebot in Deutschland attraktiv? Was ist an anderen Ländern attraktiver? Wie lässt sich die Attraktivität der Studiengänge steigern?
- Wie gehen andere europäische Länder mit der Verknüpfung von zyklischen Entwicklungen in der Wirtschaft und der Ingenieurausbildung um? Inwieweit und in welcher Form können sie eine Eigenständigkeit der Ausbildung gegenüber zyklischen Entwicklungen gewährleisten?
- Wie kann man die Rekrutierung für ein Ingenieurstudium von ingenieurfernen Gruppen verbessern?

- Wie wirken sich kulturelle Muster auf die Attraktivität des Ingenieurberufs aus?
- Sind die aktuellen Bemühungen zur Rekrutierung und zur Modernisierung der Studieninhalte ausreichend?
- Wie kann man ein positives Bewusstsein für Technik entwickeln und Technik wieder sichtbar machen?
- In welchem Maße und in welcher Form fördert die frühkindliche Entwicklung und die schulische Entwicklung im Primarbereich einen aktiven Bezug zu Technik, Naturwissenschaften und Mathematik?
- Welche Bedeutung hat die Existenz von technischen Unterrichtsfächern in der weiterführenden Schule auf die Studienentscheidung für oder wider Ingenieurwissenschaften?
- Werden im Vorfeld eines Studiums angemessene Fähigkeiten/notwendige Grundkompetenzen vermittelt?
- Wie geht man in anderen Ländern mit dem Bologna-Prozess im Hinblick auf eine Profilbildung um?
- Ist das Bild des Ingenieurs angemessen?
- Wie gelangt man zu handlungsbezogenem Wissen zur Unterstützung bei der Studienwahl?
- Ist die Eigenständigkeit deutscher Studierender im Studium ein Vorteil gegenüber anderen Ländern? Wie kann dieses Potential genutzt werden, um in den neuen Studienformen (Bologna-Prozess) die Ziele der Nachhaltigkeit der Ausbildung und der Beschäftigungsfähigkeit zu gewährleisten?

All diese Fragen sind verknüpft mit der umfassenderen Frage, wie ein positiver Umgang mit Technik in europäischen Kulturen gewonnen wird.

Nach der über alle politischen Lager hinweg großen Technikbegeisterung des 19. Jahrhunderts, die weit in das 20. hineinreichte, hat sich im Eindruck technologisch potenziertes Kriegsschrecken und der Entwicklung

von Technologien, deren Wahrnehmung die Gefährdung für menschliches Leben und Leben überhaupt hervorhob, in einigen europäischen Kulturen eine eher skeptische Haltung gegenüber der Technik durchgesetzt. Hinzu kommt, dass die Technik heute häufig nicht so deutlich sichtbar und erkennbar ist (vgl. Dampflokomotive und Mobil Telefon) und im Marketing, zumindest auf dem Konsummarkt, nicht im Mittelpunkt steht. Die Frage stellt sich, wie unter diesen geänderten Bedingungen die tatsächlich wesentliche Vermittlung unserer Zivilisation durch Technik, Naturwissenschaften und Mathematik in zeitgemäßen kulturellen Deutungsmustern erkennbar wird und wieder Begeisterung hervorrufen kann.

Bibliografie

Continental AG (2006). *In Search of Global Engineering Excellence. Educating the Next Generation of Engineers for the Global Workplace*. Hannover: Continental AG.

Lehmann, E. (2006). *Ingenieurmangel nimmt zu*. Statement zum VDI-Pressegespräch am 7. Dezember 2006, 11:00 – 12:00 Uhr, Bundespressekonferenz, Raum IV, Schiffbauerdamm 40, 10117 Berlin.

Kontakt:
Zentrale Studienberatung
Campus Griffenberg
Gebäude B, Ebene 05/06
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal
www.zsb.uni-wuppertal.de
E-Mail: rott@uni-wuppertal.de