

**QUALITATIVE ANFORDERUNGEN AN DIE  
INGENIEURAUSSILDUNG UND DIE KÜNFTIGEN  
BACHELOR- UND MASTERSTUDIENGÄNGE**



Carola Feller  
Dr. Beate Stahl

**QUALITATIVE ANFORDERUNGEN AN DIE  
INGENIEURAUSSILDUNG UND DIE KÜNFTIGEN  
BACHELOR- UND MASTERSTUDIENGÄNGE**

Dieses Forschungsvorhaben wurde gefördert von der  
IMPULS-Stiftung  
Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die  
Informationstechnik

Frankfurt, August 2005

## IMPULS-STIFTUNG

Stiftung für den Maschinenbau,  
den Anlagenbau und  
die Informationstechnik

Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt

Hospitalstraße 8  
70174 Stuttgart

Telefon +49 711 22801-0  
Fax +49 711 22801-24  
E-Mail [ulrich.hermani@vdma.org](mailto:ulrich.hermani@vdma.org)  
Internet [www.impuls-stiftung.de](http://www.impuls-stiftung.de)

## Zu dieser Studie

Ingenieure bilden die Basis für Forschung und Entwicklung sowie die Herstellung, den Vertrieb und den Service hochanspruchsvoller Produkte. Eine ausreichende Anzahl von qualifizierten Ingenieuren ist deshalb von entscheidender Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus.

Heute sind bereits 16 % der Beschäftigten im Maschinen- und Anlagenbau Ingenieure – im Vergleich zu 7 % zu Beginn der 80er Jahre. Der Trend geht eindeutig in Richtung 20 %.

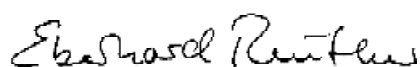
Mit dem quantitativen Bedarf an Ingenieuren haben sich von der IMPULS-Stiftung geförderte Studien bereits in den vergangenen Jahren beschäftigt. Doch welche qualitativen Anforderungen stellen die Betriebe an ihre künftigen Ingenieure? Welche Qualifikationen und Kompetenzen sollten sie – auch in Anbetracht der Herausforderungen der demografischen Entwicklung – mitbringen? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die Gestaltung von Studiengängen und Studieninhalten? Diese Klärungen sind auch vor dem Hintergrund der Umstellung der Diplom- auf Bachelor- und Masterstudiengänge erforderlich. Den Hochschulen und den politischen Entscheidungsträgern müssen Orientierungen gegeben werden, welche Qualifikationsprofile der größte industrielle Arbeitgeber für Ingenieure in Zukunft benötigt.

Die IMPULS-Stiftung hat deshalb eine Studie in Auftrag gegeben, in der mit dem notwendigen Tiefgang geprüft werden sollte, wie die qualitativen Anforderungsprofile an die Ingenieure von morgen aussehen sollen und was konkret unter solchen Begriffen wie Praxisnähe, Anwendungsorientierung oder überfachliche Qualifikation verstanden wird. In einer ersten Stufe wurden unter Hinzuziehung der Osto-Systemberatung GmbH, Aachen, in ausführlichen Interviews mit Geschäftsführern, Vorständen, Entwicklungs- und Personalleitern „Anforderungen der Praxis im Dialog mit der Praxis“ erkundet. Diese Interviewergebnisse wurden in Workshops mit Vertretern von weiteren Industrieunternehmen und Hochschullehrern diskutiert und fachliche Mindeststandards für die Ingenieurausbildung abgeleitet sowie Vorschläge zur Umsetzung formuliert.


Die vorliegende Studie fasst die künftig von den Ingenieuren geforderten Kompetenzen, z. B. bei der Theorieanwendung oder der ganzheitlichen Problemlösung, zusammen und beschreibt die notwendigen Kompetenzbausteine. Sie macht ferner Vorschläge zur Organisation und Struktur von Bachelor- / Masterstudiengängen.

Unser Dank gilt den Autorinnen der Studie, Carola Feller und Dr. Beate Stahl, die die Interviews ausgewertet und die Anforderungen der Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus formuliert haben. Ganz herzlich zu danken haben wir aber auch der VDMA-Initiative Ingenieurausbildung unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Eckart Kottkamp, die diese Studie ebenso begleitet hat wie Vertreter der Technischen Universitäten Darmstadt und München, der Fachhochschulen Frankfurt/Main und Mannheim sowie den Interviewpartnern aus Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus.

Frankfurt, August 2005



Dr.-Ing. E.h. Eberhard Reuther  
Vorsitzender des Kuratoriums  
der IMPULS-Stiftung



Ulrich P. Hermani  
Geschäftsführender Vorstand  
der IMPULS-Stiftung

# Inhalt

<b>ZU DIESER STUDIE</b> .....	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>III</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>IV</b>
<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>1 RAHMENBEDINGUNGEN</b> .....	<b>4</b>
1.1 INNOVATIONSTREIBER MASCHINENBAU .....	4
1.2 WISSENS- UND DIENSTLEISTUNGSGESELLSCHAFT.....	5
1.3 DEMOGRAFISCHER WANDEL .....	7
1.4 HOCHSCHULREFORM .....	10
<b>2 AKTUELLE EINSCHÄTZUNGEN ZUR INGENIEURAUSBILDUNG</b> .....	<b>13</b>
2.1 BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN DURCH DEN WISSENSCHAFTSRAT .....	13
2.2 HOCHSCHULABSOLVENTENBEFRAGUNG.....	14
<b>3 ANFORDERUNGEN AN DIE INGENIEURAUSBILDUNG AUS DER PERSPEKTIVE VON UNTERNEHMEN DES MASCHINEN- UND ANLAGEBAU</b> .....	<b>18</b>
3.1 ZIELE UND VORGEHENSWEISE DER INGENIEURSTUDIE .....	18
3.1.1 ANLASS UND ANLIEGEN DER INGENIEURSTUDIE.....	18
3.1.2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE .....	19
3.2 ANFORDERUNGEN AN DIE INGENIEURE.....	20
3.2.1 KOMPETENZEN.....	20
3.2.2 KOMPETENZBAUSTEINE .....	27
3.2.3 ANFORDERUNGSPROFILE FÜR INGENIEURE.....	41
<b>4 UMSETZUNG FACHLICHER ANFORDERUNGEN IN DER INGENIEURAUSBILDUNG</b> .....	<b>44</b>
4.1 KOMPETENZEN IM INGENIEURSTUDIUM .....	46
4.1.1 VORSCHLÄGE ZUR UMSETZUNG .....	47
4.2 ÜBERLEGUNGEN ZUR ORGANISATION UND STRUKTUR VON BACHELOR-MASTER-STUDIENGÄNGEN ...	53
4.2.1 VERHÄLTNIS DER EINZELNEN AUSBILDUNGSINHALTE ZUEINANDER .....	53
4.2.2 VORSCHLÄGE ZUR ORGANISATORISCHEN GESTALTUNG DER NEUEN STUDIENGÄNGE .....	54
4.2.3 PRAXISKOMPETENZ IM STUDIUM .....	58
4.2.4 STUDIENDAUER.....	61
4.3 WEITERBILDUNG UND LEBENSLANGES LERNEN .....	63
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>65</b>
<b>6 INTERVIEWPARTNER</b> .....	<b>69</b>
<b>7 QUELLEN/LINKS</b> .....	<b>70</b>
<b>8 ANHANG</b> .....	<b>71</b>
8.1 INTERVIEWLEITFADEN .....	71
8.2 MODULBESCHREIBUNG FH MANNHEIM .....	75

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: VDMA INGENIEURERHEBUNG - ANFORDERUNGEN AN DIE INGENIEURAUSSILDUNG .....	1
ABBILDUNG 2: INGENIEURQUOTE.....	6
ABBILDUNG 3: ALTERSSTRUKTUR DEUTSCHLAND .....	7
ABBILDUNG 4: ALTERSSTRUKTUR INGENIEURE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU .....	7
ABBILDUNG 5: ÜBERSICHT RAHMENBEDINGUNGEN.....	12
ABBILDUNG 6: DIE WICHTIGSTEN KOMPETENZEN IM BERUF FÜR INGENIEURE DES MASCHINENBAUS (FH).....	16
ABBILDUNG 7: DIE WICHTIGSTEN KOMPETENZEN IM BERUF FÜR INGENIEURE DES MASCHINENBAUS (UNI) ...	16

## **Tabellenverzeichnis**

TABELLE 1: KENNDATEN DES MASCHINENBAUSTUDIUMS.....	13
TABELLE 2: KOMPETENZMERKMALE HIS ABSOLVENTENBEFRAGUNG.....	15
TABELLE 3: URTEILE ÜBER DIE HOCHSCHULAUSBILDUNG.....	17



# Einführung

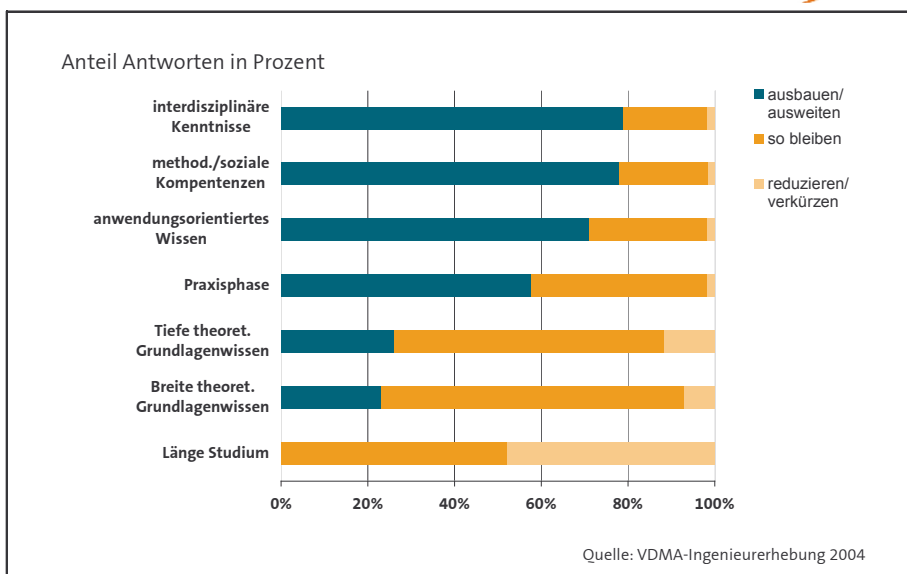
Aktuelle Studien und Analysen (z.B. Wissenschaftsrat und die HIS) zeigen, dass sich die deutsche Ingenieurausbildung immer noch auf einem international konkurrenzfähigen Niveau befindet. Bedingt durch den internationalen Wettbewerbsdruck sowie die Geschwindigkeit und Vielfalt der technologischen Entwicklungen, steigen jedoch die Anforderungen an die zukünftigen Ingenieure rasant an. Viele ingenieurwissenschaftliche Fakultäten trugen dem bereits in der Vergangenheit Rechnung, und entwickeln ihre Studiengänge kontinuierlich weiter. Nicht immer gelingt es jedoch ausreichend, tatsächlich die Anforderungen der Industrie zu integrieren. So zum Beispiel zeigen die VDMA Ingenieurhebungen, dass von den Unternehmen einzelne Anforderungsbereiche durchaus kritisch bewertet werden.

Schwierigkeiten scheint dabei insbesondere die Integration überfachlicher Kompetenzen in die Ingenieurausbildung zu bereiten, denn damit kommen neue Inhalte hinzu, ohne dass Ausbildungszeiten verlängert werden können oder Abstriche bei der ingenieurwissenschaftlichen Fachausbildung stattfinden sollen.

Abbildung 1: VDMA Ingenieurhebung - Anforderungen an die Ingenieurausbildung

Volkswirtschaft und Statistik

## Entwicklung der Ingenieurausbildung: Wünsche der Maschinenbau-Unternehmen



Mit der Einführung von Bachelor und Masterstudiengängen kommen zusätzliche Herausforderungen auf die Hochschulen zu: Mit dem Bachelor soll ein erster berufsbefähigender Abschluss bereits nach 6-8 Semestern erreichbar (siehe KMK Beschlüsse 2003/ 2004) und bei der Gestaltung der Studiengänge ein Paradigmenwechsel zur out-put-orientierten modularisierten Ausbildung realisiert werden.

Aus Sicht der Industrie erscheint es sinnvoll und effizient, diesen Prozess mit den Hochschulen im gemeinsamen Diskurs zu gestalten. Auf diese Weise kann es gelingen, in den neuen Studiengängen noch stärker als bisher, Industriebedarfe zu berücksichtigen und damit bedarfsgerechte, zukunftsweisende Studiengänge zu

schaffen. Dies ist einerseits Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, da diese maßgeblich von der Kompetenz und Innovationsfähigkeit der Ingenieure bestimmt wird. Aufgrund der Bedeutung des Maschinen- und Anlagenbaus als größter industrieller Arbeitsgeber wird die Qualität der Ingenieurausbildung aber damit auch indirekt auf die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandort Deutschlands einwirken.

Die Ingenieurstudie stellt sich daher das Ziel, einen Beitrag zu diesem dringend notwendigen Diskurs zwischen Industrie und Hochschulen (Maschinenbau Fakultäten) zu leisten.

Dafür ist es erforderlich, die qualitativen Anforderungen der Industrie an die Ingenieurausbildung konkret zu benennen und Vorschläge für die künftige Gestaltung der Studiengänge zu entwickeln. Um so besser es gelingt, die vielfältigen und daher z.T. durchaus widersprüchlichen Bedarfe der Industrie zu erfassen und um so konkreter und umsetzungsrelevanter die darauf basierenden Handlungsempfehlungen sind, um so eher werden sie tatsächlich Eingang in die Gestaltung der Studiengänge finden können.

Daher ging es im ersten Teil der Studie darum, die aktuellen und künftigen Anforderungen der Industrie zu analysieren, indem zum einen vorliegende Studien und Analysen ausgewertet wurden und zum anderen qualitative Interviews mit Geschäftsführern, Betriebsleitern und technischen Führungskräften geführt wurden. (ausführlichere Darstellung siehe 3.1.2 Methodische Vorgehensweise in der Ingenieurstudie).

Geht es darum, gemeinsam mit den Hochschulen über die Reform der Ingenieurausbildung nachzudenken und die Ergebnisse dieser Reflexion in Handeln umzusetzen, so ist dies nur im Rahmen eines Dialogs möglich. Das heißt: die Ausgangsbedingungen der Hochschulen, ihre Anliegen und Ziele müssen ebenso Eingang in die Diskussion finden, wie ihre Probleme bei der Bewältigung der Hochschulreform, die aufgrund des damit verbundenen Aufwandes für viele Hochschulen eine enorme Herausforderung darstellt. Um eine möglichst hohe Akzeptanz der Industriebedarfe zu erreichen und gleichzeitig die Realisierbarkeit der Empfehlungen zu erhöhen, muss also auch die Perspektive der Hochschulen in diese Studie einbezogen werden. Dies wurde im zweiten Teil der Studie realisiert, indem im Rahmen von mehrstündigen Workshops mit Hochschulvertretern (Dekane, Studiendekane, Professoren) die Industrieforderungen und mögliche Umsetzungswege diskutiert wurden.

Im Rahmen dieser Dokumentation sollen die Ergebnisse der wie folgt dargestellt werden: Im **Kapitel 1** erfolgt eine Auswertung vorhandener Studien und Analysen. Ziel ist es, die Rahmenbedingungen in dem der Maschinen- und Anlagenbau gegenwärtig agiert, darzustellen. In diesem Abschnitt wird der Kontext beschrieben, in dem Ingenieursarbeit heute stattfindet und der letztendlich die Anforderungen, denen Ingenieure sich heute und zukünftig stellen müssen, definiert.

Im **Kapitel 2** wird die aktuelle inhaltliche Diskussion um die Ingenieurausbildung aufgegriffen und gegenwärtig vorliegende Ergebnisse aus aktuellen Erhebungen und Analysen zusammengefasst.

In den folgenden Abschnitten werden die empirischen Ergebnisse der Ingenieurstudie vorgestellt. Im **Kapitel 3** werden die Anforderungen an die Ingenieurausbildung aus der Perspektive der befragten Unternehmen erläutert und darauf aufbauend im **Kapitel 4** Vorschläge zur Umsetzung der fachlichen Anforderungen in der Ingenieurausbildung diskutiert. Im **Kapitel 5** werden die Ergebnisse zusammengefasst und Schlussfolgerungen gezogen.

# 1 Rahmenbedingungen

## 1.1 Innovationstreiber Maschinenbau

Der Maschinen- und Anlagenbau, die Investitionsgüterindustrie, spielt für das Innovations- und Wirtschaftsnetzwerk der Bundesrepublik Deutschland eine zentrale Rolle. Er zeichnet sich durch innovative und qualitativ hochwertige Produkte mit einer langen Lebensdauer aus. Gleichzeitig nimmt er eine Führungsrolle beim Einsatz neuer Technologien in den Produkten ein.

Er bringt neueste Technologien aus den Bereichen Sensorik, Mechatronik, Informationstechnik sowie Mikrotechnik zum Nutzen der Kunden aus Automobil-, Biotechnologie-, Chemie- oder Elektroindustrie zur Anwendung und trägt damit wesentlich zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit dieser Abnehmerbranchen bei. Die Kompetenz der Branche zeigt sich am hohen technischen Niveau der Produkte, an der Anzahl der Patentanmeldungen sowie als Arbeitgeber von über 140.000 Ingenieuren. Der Maschinen- und Anlagenbau gehört damit zu den größten Arbeitgebern für Ingenieure. Wenn also findige Ingenieure schnellere, leistungsstärkere, umweltschonendere und vielseitigere Maschinen entwickeln, ermöglichen sie anderen Industriezweigen, ihre Ideen in neue, innovative Produkte umzusetzen - von Kraftwerken, Flugzeugen, Autos, Fernsehern und Computern bis hin zu Kochtöpfen und Spielzeugen.

Der Maschinenbau ist stark durch seine Exportorientierung geprägt. So lag die Exportquote im Jahr 2004 über 70%. Die USA sind nach wie vor wichtigster Auslandskunde, aber die stärkste Dynamik kommt zurzeit aus den Schwellenländern, und hier insbesondere China. Die zunehmende internationale Verflechtung drückt sich auch in einem steigenden Bestand der ausländischen Direktinvestitionen des Maschinenbaus aus.

Im Maschinenbau dominieren mittelständische Betriebsstrukturen. Über 86% der Unternehmen beschäftigen weniger als 250, nur 2,2 % mehr als 1000 Mitarbeiter. Mehr als zwei Drittel der Unternehmen haben sogar weniger als 100 Beschäftigte.

Bedingt durch die Globalisierung, den technologischen Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik und dem Kostendruck stehen die Unternehmen des Maschinenbaus einer Vielzahl von neuen Anforderungen gegenüber. Technologie-Innovationen müssen immer schneller in konkrete Anwendungen und Produkte (time-to-market) umgesetzt werden. Die Komplexität der Maschinen und Anlagen hat stark zugenommen. An Produktionsmaschinen werden ständig höhere Forderungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Flexibilität gestellt. Die Produktlebenszyklen verkürzen sich und die Variantenvielfalt nimmt zu, da die Nachfrage nach Maschinen, die auf den individuellen Bedarf des Kunden ausgerichtet ist, steigt. Gleichzeitig sind auch die Anforderungen an das Wissen und die Fähigkeiten der Maschinenbauer hinsichtlich Kompetenzen in der Fertigung gestiegen, da die Gesamtkosten für Produktionsanlagen in ihrem Lebenszyklus (incl. Betrieb, Wartung, Service etc.) in den Mittelpunkt von Investitionsentscheidungen rücken. Erhöht sich die technische Verfügbarkeit, sinken die Betriebskosten und die Wettbewerbsfähigkeit der vorwiegend im Hochpreissegment liegenden Maschinen der deutschen Unternehmen steigt.

Neue Innovationen wie "Intelligent Environment" (Miniaturisierung der Elektronik und drahtlose Kommunikationstechnik), Polymerelektronik, intuitive Mensch-Maschine-Interaktion, "Integrative Produktion" (Digitalisierung der Prozesse und die informationstechnische Vernetzung), adaptive Strukturen werden in der Breite der industriellen Anwendung eine Vielzahl von Produkt- und Prozessinnovationen auslösen und die softwarebasierte Wertschöpfung verstärken. Diese Innovationen entstehen zunehmend an den Grenzen von Disziplinen und im Zusammenwirken verschiedener Technologien, wodurch sich ihre Komplexität ständig erhöht.

Diese Trends im Maschinen- und Anlagenbau verändern selbstverständlich auch das Berufsbild des Ingenieurs und die Anforderungen an die Ausbildung. So stellt der Wissenschaftsrat fest, "ein Maschinenbauingenieur wird heute in erster Linie zum Systemverantwortlichen ausgebildet. Sein Qualifikationsprofil umfasst mechatronische Komponenten und IT-Elemente ebenso wie Dienstleistungen, Baukastenlösungen und die Lösung komplexer Probleme. Demgegenüber treten die Entwicklung kompletter Produkte und technisch brillanter Detaillösungen in den Hintergrund" (Wissenschaftsrat 2004, S.17). Oder eine ähnliche Einschätzung in einem Thesenpapier der DFG: "Dem Ingenieur kommt daher, neben der Funktion des Fachmanns für ein überschaubares Spezialgebiet, zunehmend die Rolle des Mittlers und Kommunikators zwischen unterschiedlichen Fächern zu, der die Aufgabe hat, sehr unterschiedliche Konzepte und Anforderungen in ein funktionsfähiges Produkt oder einen technischen Prozess zu integrieren" (DFG 2004, S.1).

## **1.2 Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft**

Dienstleistungen spielen eine immer größere Rolle im Maschinenbau. Die Möglichkeit der Kostensenkung durch eine technik- und kostenorientierte Produktentwicklung nähert sich einem Grenzwert, ohne dass der Preisdruck auf die Unternehmen nachlässt. Dienstleistungen sind ein zentrales Element, um sich im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu positionieren. "Bereits jeder fünfte Umsatz-Euro mit steigender Tendenz wird im Maschinenbau durch produktbezogene Serviceleistungen erzielt" (IKB 2004, S. 19). Künftig reicht es nicht mehr aus, nur Maschinen und Anlagen zu verkaufen, sondern die Unternehmen müssen wesentliche Teile ihrer Wertschöpfung mit produktbegleitenden Dienstleistungen erzeugen.

Je komplexer die Maschinen und Anlagen werden, umso mehr verlagern sich Teile der Wertschöpfung auf den hinteren Bereich der Lebenskette, also auf Service und Wartung. Insbesondere die Informationstechnik und die Entwicklung hin zu kommunikationsfähigen Maschinen und Anlagen eröffnen Chancen für neue Dienstleistungen, verbessern die Qualität der Produkte und erhöhen damit die Kundenzufriedenheit. Moderne Kommunikationstechniken ermöglichen es, Maschinen und Anlagen über beliebige Distanzen hinweg vom Hersteller aus zu warten (Teleservice). Mit einer umfassenden Dienstleistung für den gesamten Lebenszyklus einer Maschine kann sich ein Unternehmen deutlich von den Wettbewerbern abheben. Gefragt werden internetbasierte Mehrwertdienste, die dem Kunden Full-Service von der Kundens Schulung bis zur Maschinenwartung bieten.

Kundenspezifische Problemlösungen zu entwickeln und die stärkere Rolle von Dienstleistungen, bieten Chancen das Berufsbild des Maschinenbauingenieurs auch für neue Zielgruppen, insbesondere Frauen, attraktiver zu machen. Es bedeutet aber auch diese neuen Anforderungen in die Studienreform zu integrieren.

Der Produktionsfaktor Wissen spielt für Unternehmen eine bedeutende Rolle im nachhaltigen Wirtschaften. Aber es wird immer schwieriger, die Informationsflut zu beherrschen, daraus Wissen zu generieren und in die Unternehmensprozesse zu integrieren. Um sich im internationalen Vergleich jedoch behaupten und differenzieren zu können, werden Unternehmen in Zukunft die Fähigkeit benötigen, ihre Wissensbasis in der Organisation weiterzuentwickeln und systematisch für Innovationen zu nutzen. Viele Reibungsverluste und Doppelarbeiten können dadurch vermieden werden, wenn Wissen im Unternehmen transparent wird.

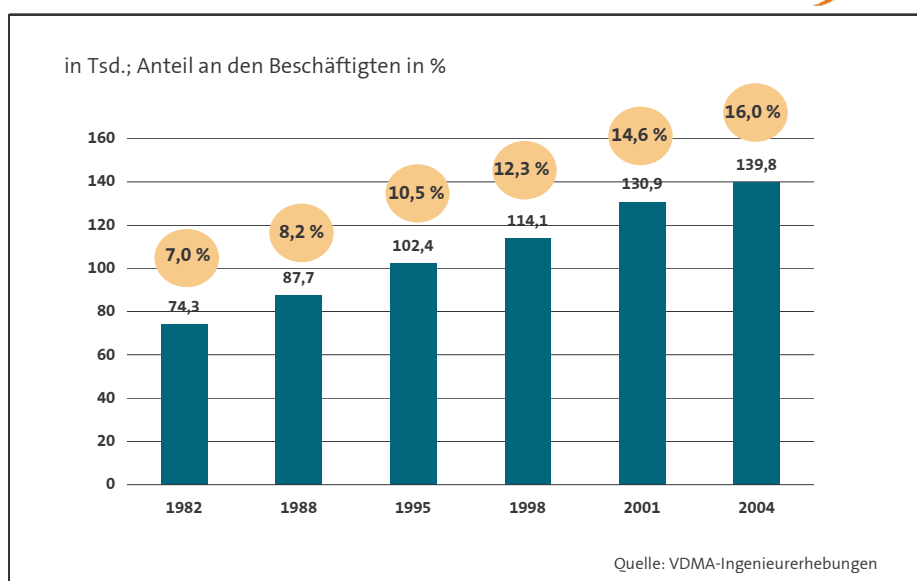
Wissen ist im Unterschied zu Daten und Information immer an Menschen gebunden, daher greifen technische Lösungen wie Dokumentenmanagementsysteme zu kurz. Hingegen kommt der Qualifizierung seitens der Unternehmen und der Lernbereitschaft seitens der Belegschaft eine hohe Bedeutung zu, da Lernprozesse die Grundlage für Neuentwicklungen sind. Schon im Studium können und sollten Impulse gegeben werden, um Wissensteilung, Wissensaustausch und Wissensnutzen zu fördern.

Forschung und Entwicklung sowie erfolgreiche Innovationsaktivitäten benötigen gut ausgebildete Fachkräfte. Gerade ein ressourcenarmes Land wie Deutschland ist auf Humankapital angewiesen, um seine langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Ergebnisse der aktuellen Ingenieurserhebung des VDMA zeigen, dass sich der Trend zu höherqualifizierten Belegschaften auch im Maschinenbau fortsetzt (siehe Abbildung 2). Die Knappheit an hochqualifiziertem Personal wird sich zunehmend als Innovationshemmnis erweisen. Die aktuelle Entspannung am Arbeitsmarkt für Ingenieure und Informatiker sollte daher nicht missverstanden werden; Entwarnung beim Werben um junge Menschen für naturwissenschaftlich-technische Ausbildungen darf es nicht geben.

**Abbildung 2: Ingenieurquote**

Volkswirtschaft und Statistik

### Ingenieure im Maschinenbau 2004: Kontinuierlicher Zuwachs



### 1.3 Demografischer Wandel

Deutschland befindet sich in einem Prozess des demografischen Wandels, in dessen Verlauf sich die Altersstruktur unserer Gesellschaft gravierend verändern wird. In der Öffentlichkeit wird dies überwiegend unter dem Aspekt der zunehmenden Belastung der Sozialen Sicherungssysteme wahrgenommen. Dabei wird der demografische Wandel auch gravierende Auswirkungen auf die Altersstruktur der Unternehmen haben.

Abbildung 3: Altersstruktur Deutschland

#### Die Geburtsjahrgänge von 1946 bis 2002

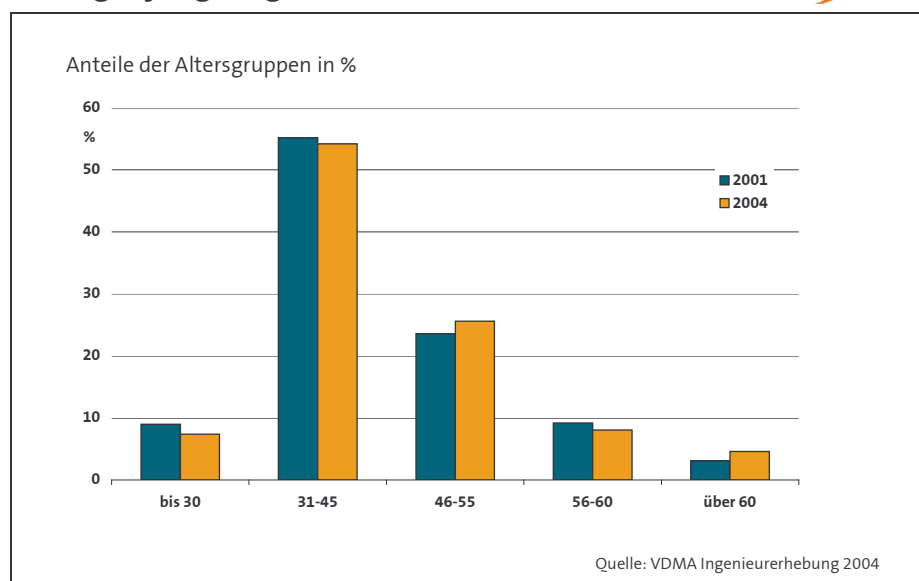


Quelle: VDMA: Für immer jung? Wie Unternehmen des Maschinenbaus den demografischen Wandel bewältigen, Frankfurt am Main, 2004, S. 15.

Abbildung 4: Altersstruktur Ingenieure im Maschinen- und Anlagenbau

Volkswirtschaft und Statistik

#### Ingenieure im Maschinenbau 2004: Weniger junge Ingenieure



Die Statistik zeigt, dass aufgrund des drastischen Geburtenrückgangs in Deutschland (wie in ganz Europa) zum einen weniger Nachwuchskräfte zur Verfügung stehen werden. Wesentlich dramatischer in ihren Folgen dürfte jedoch zum anderen die parallel verlaufende stetig zunehmende Alterung der Belegschaften sein.

Hier die Fakten im Überblick:

- Aufgrund niedriger Geburtenzahlen wird die Bevölkerungszahl in Deutschland von heute rund 82 Millionen Menschen bis zum Jahr 2050 auf voraussichtlich etwa 70 Millionen abnehmen.
- Das Durchschnittsalter der Bevölkerung wird nach Prognosen von heute 40 Jahre bis 2050 auf dann 48 Jahre steigen.
- Der heute große Bevölkerungsanteil der 35- bis 45-Jährigen wird in zehn bis 15 Jahren den „Altersberg“ der ab 50-Jährigen innerhalb der Erwerbsbevölkerung bilden.
- Die Veränderung der Alterszusammensetzung setzt schon heute ein. Das Durchschnittsalter der Beschäftigten liegt bereits zwei Jahre höher als Anfang der 90er Jahre und dies trotz vielfach fortgesetzter frühzeitiger Verrentung.
- Das Durchschnittsalter von Belegschaften wird künftig weiter ansteigen. Der Anteil der ab 50-Jährigen an allen Erwerbspersonen wird sich von heute 21,6 % (das sind rund neun Millionen Menschen) bereits bis 2010 auf voraussichtlich 26,6 % (rund 11,5 Millionen Menschen) erhöhen.
- Prognosen besagen: Das Verhältnis der über 60-Jährigen zu den Personen im Erwerbsalter (20-60 Jahre) steigt dramatisch. Beträgt es heute etwa 40 Ältere je 100 20- bis 60-Jährige, so steigt es bis 2050 – je nach Prognose – auf 80 bis 100 je 100.

Quelle: VDMA: Für immer jung? Wie Unternehmen des Maschinenbaus den demografischen Wandel bewältigen, Frankfurt am Main, 2004.

Eine BMBF Studie untermauert diese Fakten und liefert differenzierte Daten bezüglich des künftigen Akademiker-Arbeitsmarktes:

"Denn allein aufgrund dieses demographischen Effektes ist in den Jahren 2000 bis 2007 in der gewerblichen Wirtschaft mit einem Substitutionsbedarf von insgesamt 71.000 Naturwissenschaftlern, 109.000 Ingenieuren und 72.000 sonstigen Akademikern zu rechnen (BMBF 2004, S. 118).

Für die Unternehmen sind mit dem demografischen Wandel folgende Entwicklungen verbunden:

- Junge Nachwuchskräfte werden knapp: Schon heute klagen viele Unternehmen über einen gravierenden Fachkräftemangel. Dies gilt insbesondere für bestimmte Regionen (z. B. Bayern oder Baden-Württemberg) und für bestimmte Qualifikationen, so zeitweise für Informatiker und – anhaltend – für Ingenieure, zunehmend aber auch für gewerblich-technische Fachkräfte. Für viele Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus stellt bereits heute der Fachkräftemangel eines der größten Innovationshemmnisse dar. Der demografische Wandel wird diese



Situation verschärfen; aufgrund des Geburtenrückgangs werden in der Zukunft und langfristig verhältnismäßig wenig jüngere Arbeitskräfte dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen.

- Der Anteil älterer Erwerbspersonen steigt: Die mittlere Altersgruppe der 35- bis 45-Jährigen, die " „Baby-Boom-Generation", stellt heute die bei weitem größte Alterskohorte in der Bevölkerung. In den kommenden zehn bis 15 Jahren wird mit ihrem Altern zugleich der Anteil der älteren Erwerbspersonen massiv ansteigen (Abb.2: Geburtsjahrgänge).
- "Gestauchte Alterspyramiden" mit einer Dominanz der mittleren Jahrgänge finden sich auch in vielen an der Demografie-Initiative beteiligten Unternehmen. Einem breiten „Mittelbau“ stehen die schmal besetzten Beschäftigtensegmente der Jüngeren und Älteren gegenüber. Dieser disproportionale Altersaufbau stellt für die Unternehmen gegenwärtig kaum ein Problem dar, weil die Mittelalten unter Innovations- und Leistungsgesichtspunkten die Aktivposten sind. Auf ihren Schultern ruht der Erfolg der Unternehmen. Denkt man jedoch die Entwicklung nur einige Jahre weiter und lässt den „Berg an Mittelalten“ durch die Jahrgänge wandern, dann ist in absehbarer Zeit der „Altersberg“ das quantitativ bedeutendste Beschäftigtensegment.
- Einen Vorgeschmack auf dieses mittelfristige Szenario vermitteln zahlreiche Betriebe in den neuen Bundesländern, die einen " vorgezogenen demografischen Wandel" erleben. Die Neukonstituierung der Betriebe nach der Wende und der damit einhergehende Personalabbau haben die Betriebe nicht verjüngt, sondern den Alterungsprozess der Belegschaften beschleunigt. Im Zeitraffer ist hier eine Entwicklung abgelaufen, die in den alten Bundesländern noch bevorsteht. Der "demografische Ernstfall" ist schon eingetreten, die Belegschaften sind wesentlich älter als im bundesdeutschen Durchschnitt und die " Mittelalten" und " Älteren" bilden das Rückgrat der Unternehmen. Junge Nachwuchskräfte sind entweder nicht vorhanden (da sie in attraktivere Gebiete und Unternehmen abwandern) oder können nicht in wünschenswertem Umfang eingestellt werden. Hier zeigt sich zwar eine ostdeutsche Spezifik, die Erfahrungen und Umgangsweisen damit sind aber gleichwohl lehrreich für die Unternehmen in den alten Bundesländern.
- Die Unternehmen müssen schließlich damit rechnen, dass ihre älteren Mitarbeiter zukünftig länger erwerbstätig sein werden. Schon in der Vergangenheit wurden Möglichkeiten der Frühverrentung eingeschränkt; in der Zukunft wird der vorzeitige Ruhestand nicht mehr staatlich gefördert werden. Frühverrentung und vorzeitiger Eintritt in den Ruhestand werden für Beschäftigte wie Betriebe unattraktiv. Das durchschnittliche Rentenzugangsalter ist in den letzten Jahren bereits wieder leicht auf heute 60,5 Jahre angestiegen. Gleichmaßen ist der Anteil der über 55-Jährigen Erwerbstätigen in den letzten fünf Jahren um ein Viertel gewachsen. Zwar sind in der Gruppe der 60- bis 65-Jährigen nur 20 Prozent erwerbstätig, doch auch bei ihnen ist für die Zukunft von einer deutlich höheren Erwerbsquote auszugehen.
- Mit diesen Entwicklungen gehen die Betriebe einer hochbrisanten Problemlage entgegen: Der Zustrom jüngerer Nachwuchskräfte wird dünner, was zwangsläufig die Konkurrenz um das knappe Gut "Fachkräfte" verschärft; die Gruppe der "mittelalten" Erwerbspersonen, aus der sich gegenwärtig die Kernbelegschaften rekrutieren, wird langfristig kleiner und die Gruppe der über 50-Jährigen wird

massiv wachsen. (Auszug aus: Für immer jung? Wie Unternehmen des Maschinenbaus den demografischen Wandel bewältigen, VDMA Verlag 2004)

Vor dem Hintergrund dieser Tatsachen steht auch die Ingenieurausbildung vor neuen Herausforderungen, die hier in 4 Thesen zusammengefasst werden sollen:

1. **Die Qualität** der Ausbildung wird künftig noch bedeutsamer, weil der ohnehin knappe Nachwuchs umso sorgfältiger ausgebildet werden muss.
2. Steigt der Altersdurchschnitt in den Unternehmen, müssen Mitarbeiter besonders befähigt sein, ihr Wissen beständig zu erneuern. Der **Aspekt des Lebenslangen Lernens** wird somit für die Unternehmen zu einem entscheidenden Faktor ihrer Wettbewerbsfähigkeit.
3. **Das Ingenieurstudium** muss attraktiver werden, um auch bei knapper werdendem Nachwuchs ausreichend Ingenieure für den Maschinen- und Anlagenbau ausbilden zu können. Dabei gilt es insbesondere, neue Zielgruppen zu erschließen, also auch jene junge Menschen anzusprechen, die zwar prinzipiell für ein ingenieurwissenschaftliches Studium geeignet wären, die aber bislang ein solches Studium als Option für sich ausschließen. Die Ursachen dafür sind vielfältig und reichen vom negativen Image des Ingenieurstudiums bis hin zu fehlenden oder nicht zielgruppengerechten Informationen (naturwissenschaftlich begabte Frauen).
4. Darüber hinaus müssen die **Abbrecherquoten** verringert werden.

## 1.4 Hochschulreform

Deutschland hat sich gemeinsam mit 39 anderen europäischen Staaten verpflichtet, bis 2010 die Ziele der Bologna-Erklärung (1999) umzusetzen und sich an dem Aufbau eines Europäischen Hochschulraums zu beteiligen (vgl. HRK 2004). Folgende Ziele wurden vereinbart:

- die Schaffung eines Systems vergleichbarer zweistufiger Abschlüsse,
- die Einführung eines Leistungspunktesystems (ECTS-Modell<sup>1</sup>),
- die Förderung der Mobilität durch Beseitigung von Mobilitätshemmnissen,
- die Förderung der europäischen Zusammenarbeit durch Qualitätssicherung,
- die Förderung der europäischen Dimension in der Hochschulausbildung.

Dies bringt umfassende Veränderungen für die deutschen Hochschulen mit sich, insbesondere die Einführung der Bachelor- und Masterstudiengänge und die damit zusammenhängenden Neuerungen wie Modularisierung, Diploma Supplement, Akkreditierung usw.. Die Qualität der Reform wird dabei davon abhängen inwieweit es gelingt, bestehende Studienangebote nicht nur umzuetikettieren, sondern die

---

<sup>1</sup> ECTS (European Credit Transfer System) ist ein rein quantitatives Maß für die Gesamtbelastung des Studierenden durch die für den erfolgreichen Abschluss des Studiums erforderlichen Studien- und Prüfungsleistungen.

Neugestaltung der Studiengänge tatsächlich als Chance für eine konstruktiv-kritische Auseinandersetzung zu nutzen.

Erklärtermaßen wird mit der Hochschulreform auch ein bildungspolitischer Paradigmenwechsel verbunden: von der Input- zur Output-Orientierung, vom "Wissen" zum "Können" (Kompetenz). Die damit zusammenhängenden Veränderungsprozesse in den Universitäten und Fachhochschulen, in den Fakultäten und Fachbereichen, in den Verwaltungen, bei Studierenden und Arbeitgebern werden alle Beteiligten in den kommenden Jahren intensiv beschäftigen.

Mit der Modularisierung von Studiengängen soll ein Beitrag zur Modernisierung und Steigerung der Effizienz des deutschen Studiensystems und zur Förderung der internationalen Mobilität geleistet werden (vgl. HRK 2004, S. 89ff). Darüber hinaus soll sie eine flexible und offene Studiengangsgestaltung eröffnen, die dem Erfordernis des lebenslangen Lernens angemessen ist und den Übergang zwischen verschiedenen Studiengängen bzw. Hochschularten erleichtert. Modularisierung bedeutet zunächst eine Neuorganisation der Studienstruktur. Dabei werden Lehrveranstaltungen wie Vorlesungen, Übungen, Praktika, Labore etc. zu thematischen Einheiten, den Modulen, zusammengefasst. Maßgeblich für die Zusammensetzung eines Moduls sind die Lernziele/Kompetenzen, die durch die Teilnahme erworben werden sollen.

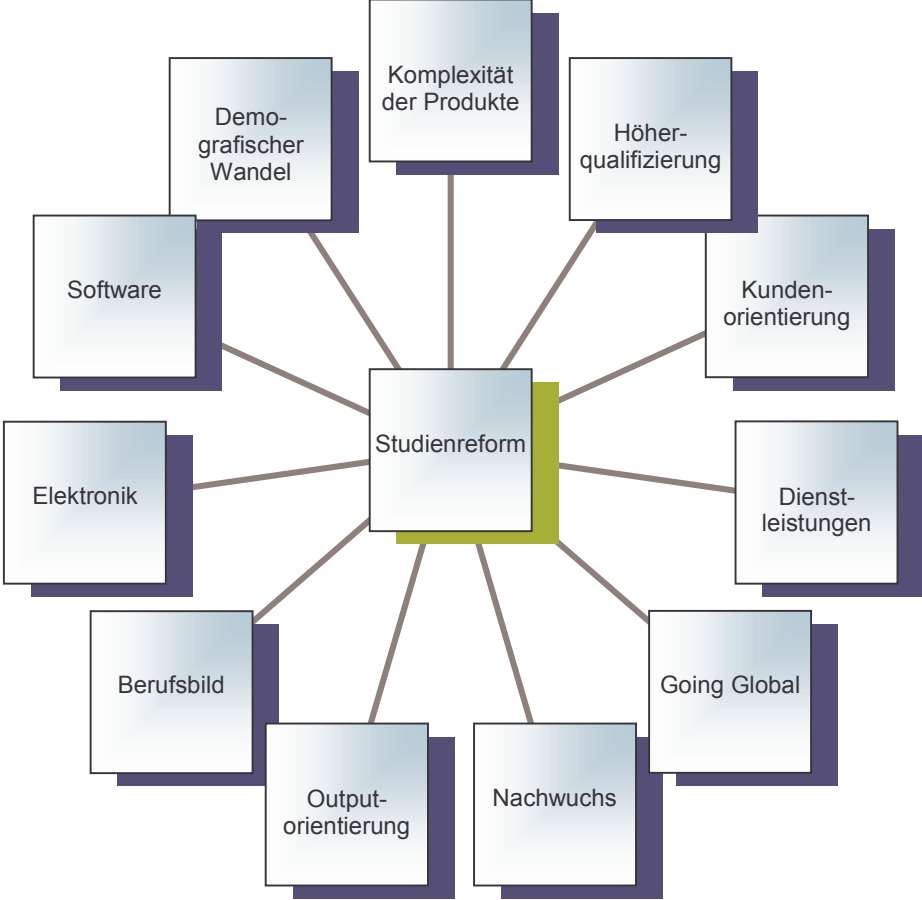
Die Beschreibung eines Moduls soll mindestens enthalten:

- Inhalte und Qualifikationsziele,
- Lehrformen,
- Voraussetzung für die Teilnahme,
- Verwendbarkeit des Moduls,
- Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten,
- Leistungspunkte und Noten,
- Häufigkeit des Angebots von Modulen,
- Arbeitsaufwand ("work load"),
- Dauer der Module (vgl. HRK 2004, S. 91)

Ab 2005 erhalten alle Studierenden ohne besonderen Antrag und kostenlos das Diploma Supplement. Dieses enthält einheitliche Angaben zur Beschreibung von Hochschulabschlüssen und damit verbundenen Qualifikationen. Neben persönlichen Angaben umfasst es Informationen über Art und Ebene eines Abschlusses, den Status der Hochschule sowie detaillierte Informationen über das Studienprogramm. Im letzten Abschnitt wird das deutsche Studiensystem beschrieben. Das Diploma Supplement wird den offiziellen Dokumenten über Hochschulabschlüsse als ergänzende Information beigelegt. Es soll international aber auch national die Bewertung und Einstufung von akademischen Abschlüssen erleichtern. Das Diploma Supplement wird in englischer Sprache ausgestellt und entstand aus einer Initiative der Europäischen Union und anderen internationalen Gremien.

Fasst man die bisherigen Ausführungen über die Randbedingungen, in denen die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus heute agieren, zusammen und bezieht diese auf die aktuellen Prozesse der Hochschulreform, so wird deutlich, dass eine Vielzahl von Einflussfaktoren berücksichtigt werden muss, wenn mit der Hochschulreform tatsächlich auf inhaltliche und organisatorische Veränderungsbedarfe reagiert werden soll (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Übersicht Rahmenbedingungen



Quelle: Eigene Darstellung.

## 2 Aktuelle Einschätzungen zur Ingenieurausbildung

Anfang bis Mitte der 90er Jahre gab es einen dramatischen Rückgang in den Studienanfängerzahlen in den Kerndisziplinen der Ingenieurwissenschaften. Zwar zeichnet sich zurzeit wieder eine beachtliche steigende Studierneigung ab, aber auf längere Sicht ist auch mit einem erhöhten Ingenieurbedarf zu rechnen. So stieg die Ingenieurquote, das ist der Anteil der Ingenieure an den Beschäftigten im Maschinenbau, im Jahr 2004 auf 16%, 1995 lag sie noch bei 10,5% (vgl. Abbildung 2).

Neben diesen quantitativen spielen jedoch auch qualitative Aspekte eine Rolle bei der Einschätzung der gegenwärtigen Ingenieurausbildung. Wie in Kapitel 1 erläutert, steht der deutsche Maschinen- und Anlagenbau vor vielfältiger Herausforderung hinsichtlich Innovations-, Wettbewerbsfähigkeit, Globalisierung und Kundenorientierung. Im Folgenden wird kurz auf aktuelle Einschätzungen zur Ingenieurausbildung eingegangen.

### 2.1 Bewertung und Empfehlungen durch den Wissenschaftsrat

In einer umfassenden Untersuchung des Wissenschaftsrates wurden wesentliche Kenndaten des Maschinenbaus in Deutschland erhoben, die Situation des Faches analysiert bzw. bewertet und Empfehlungen ausgesprochen (vgl. Wissenschaftsrat 2004). In Tabelle 1 sind einige wesentliche Daten des Maschinenbaustudiums zusammengestellt. Die durchschnittliche Studiendauer liegt bei Universitäten fast zwei Semester über der Regelstudienzeit und bei Fachhochschulen bei einem Semester. Aktuelle Zahlen der Studienanfänger (2003) (vgl. VDI Monitor-Ing) übersteigen leicht das Niveau von 1990. In 1990 gab es einen Höchststand, bevor die Anzahl der Studienanfänger massiv zurückging.

**Tabelle 1: Kenndaten des Maschinenbaustudiums**

2002		Universitäten	Fachhochschule
Studiendauer	Semester	11,75	9,09
Regelstudienzeit lt. Rahmenordnung	Semester	10	8
Durchschnittsalter	Jahr	28,4	28,0
Abschluss innerhalb Regelstudienzeit	%	21,5	23,3
Einrichtungen		32	88
Studienanfänger		9.527	15.993
Studienanfänger 1990		12.118	17.620
Studienanfänger 1995		4.527	10.797
Studienabschlüsse		2.796	7.556
Abbrecherquote	%	34	21
Schwundquote	%	48	24
Betreuungsschlüssel Prof./Studierende		46	25
Betreuungsschlüssel Prof./Wiss. Mitarbeiter		8	0,2

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von HIS und Wissenschaftsrat, 2004.

Als wesentliche Stärke des Faches wird das anwendungs- und industrienahe Forschen und Lehren genannt. Lehre und Forschung genießen einen ausgezeichneten nationalen und internationalen Ruf. Auch die enge Verflechtung mit der Industrie und die damit verbundene hohe Einwerbung von Drittmitteln sind positiv zu werten. Dahingegen kommt die Grundlagenforschung im Maschinenbau an vielen Hochschulen zu kurz. Grundlagenforschung schafft jedoch eine Basis für die Entwicklung neuer Technologien, gibt wichtige Impulse für die Branche und hilft somit langfristig, den technologischen Wettbewerb voranzutreiben.

Ein weiteres Defizit ist die hohe Abbrecherquote. In einer aktuellen Studie ist die Abbrecherquote an Universitäten von 25% im Jahr 1999 auf 34% in 2002 gestiegen (vgl. HIS 2005, S. 19ff). Betrachtet man zusätzlich noch die Schwundbilanz (= Studienabbruch + Fachwechsel + Zuwanderung), sieht das Bild noch düsterer aus: 48% der Studienanfänger im Maschinenbau an Universitäten legen in diesem Fach keinen Abschluss ab. An Fachhochschulen liegt die Abbrecherquote bei 21% (2002). Da der Fachwechsel an Fachhochschulen eingeschränkter ist, liegt die Schwundbilanz nur unwesentlich höher (24%).

Nach den Empfehlungen des Wissenschaftsrates müssen diese Studierendenpotenziale künftig durch eine Umgestaltung des Curriculums und durch die Einführung neuer Lernformen weit besser genutzt werden. Dies wird auch dazu beitragen, dass die Absolventen mehr als bisher Zusatz- und Schlüsselqualifikationen erwerben. Die Studierenden sollten durch intensive Studienberatung unterstützt werden. Auch die Einführung von Mentoren-/Tutorensystemen hält der Wissenschaftsrat für sinnvoll.

Der Wissenschaftsrat empfiehlt weiter:

- Die Anzahl der Studienanfänger zu stabilisieren und von den Schwankungen des Arbeitsmarktes unabhängiger zu werden,
- Das Berufsbild des Maschinenbauingenieurs zu modernisieren,
- Die Internationalisierung der Lehre voranzutreiben,
- Die Umstellung auf Bachelor und Master als Studienreform zu nutzen.

Bei der Umstellung sollte auch die wachsende Bedeutung von soft skills und der abnehmenden Bedeutung fachlich hochspezialisierter Kenntnisse in einem Großteil der beruflichen Tätigkeiten von Maschinenbauingenieuren berücksichtigt werden. "Angesichts der Anforderungen des Arbeitsmarktes bestehen auch berechtigte Zweifel an der Notwendigkeit, einen Großteil der Studierenden bereits zum ersten Abschluss hochspezialisiert auszubilden" (WR 2004, S.19). Auch sollte die Vielzahl an Studienrichtungen im Bachelorstudium reduziert werden.

## **2.2 Hochschulabsolventenbefragung**

Die Hochschulabsolventenbefragungen von HIS sind als Längsschnittstudien konzipiert. Die erste Befragung findet ca. ein Jahr, die zweite Befragung gut fünf Jahre nach dem Studienabschluss statt. In beiden Befragungen werden Absolventen nach der Bedeutung von Kompetenzen in ihrem Beruf gefragt. In Tabelle 2 sind die vorgegebenen Kompetenzen aufgelistet.

**Tabelle 2: Kompetenzmerkmale HIS Absolventenbefragung**

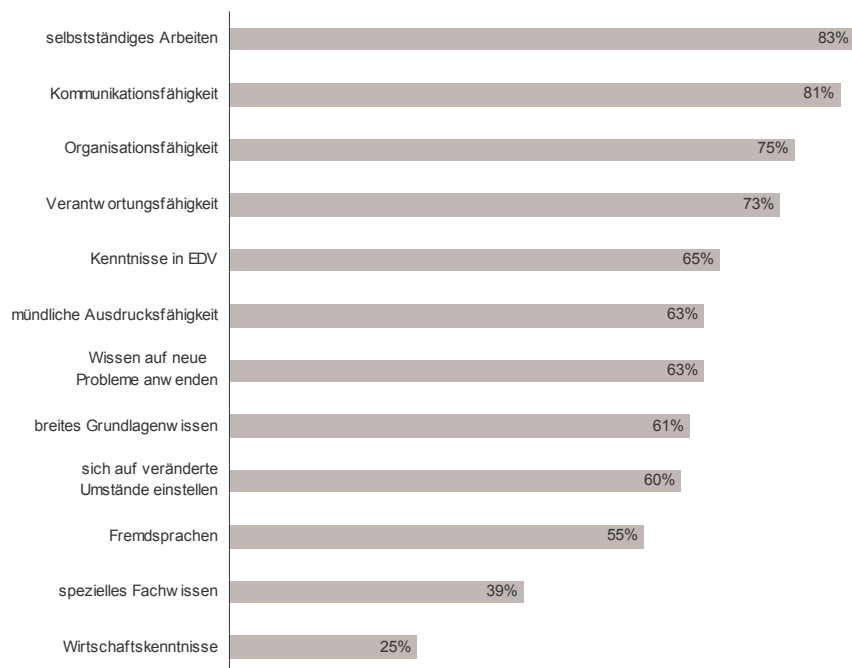
Bereichsspez. Fachkompetenzen	Bereichsunspez. Fachkompetenzen	Methodenkompetenzen	Sozialkompetenzen	Selbstorganisationsfähigkeit	Präsentationskompetenzen
<i>spezielles Fachwissen</i>	<i>EDV-Kenntnisse</i>	<i>selbständiges Arbeiten</i>	<i>Kooperationsfähigkeit</i>	<i>Organisationsfähigkeit</i>	<i>Schriftliche Ausdrucksfähigkeit</i>
<i>breites Grundlagenwissen</i>	<i>Rechtskenntnisse</i>	<i>konzentriert und diszipliniert zu arbeiten</i>	<i>Fähigkeit, Verantwortung zu übernehmen</i>	<i>sich auf veränderte Umstände einzustellen</i>	<i>mündliche Ausdrucksfähigkeit</i>
<i>Kenntnis wissenschaftlicher Methoden</i>	<i>Wirtschaftskenntnisse</i>	<i>kritisches Denken</i>	<i>Kommunikationsfähigkeit</i>	<i>Zeitmanagement</i>	
<i>fachspezifische theoretische Kenntnisse</i>	<i>Fremdsprachenkenntnisse</i>	<i>Wissenslücken erkennen und schließen</i>	<i>Sichtweisen und Interessen anderer zu berücksichtigen</i>		
	<i>fachübergreifendes Denken</i>	<i>Analytische Fähigkeiten</i>	<i>Durchsetzungsvermögen</i>		
	<i>wissenschaftliche Ergebnisse/ Konzepte praktisch umsetzen</i>	<i>Vorhandenes Wissen auf neue Probleme anwenden</i>	<i>Konfliktmanagement</i>		
			<i>Verhandlungsgeschick</i>		
			<i>Führungsqualitäten</i>		

Quelle: Minks, K.-H.: Welche Kompetenzen verlangt der Arbeitsmarkt?, in: Stifterverband 2004, S. 33.

Nach fünf Jahren liegen die wichtigsten Kompetenzen im Beruf für Ingenieure des Maschinenbaus im Bereich Sozial-, Organisations- und Methodenkompetenz und bei der Fachkompetenz im breiten Grundlagenwissen (vgl. Abbildung 6 und Abbildung 7). Spezielles Fachwissen und Wirtschaftskenntnisse spielen nur eine untergeordnete Bedeutung. Dies ist eine Beschreibung des Ist-Zustandes aus der Sicht von Maschinenbauingenieuren 5 Jahre nach dem Examen.

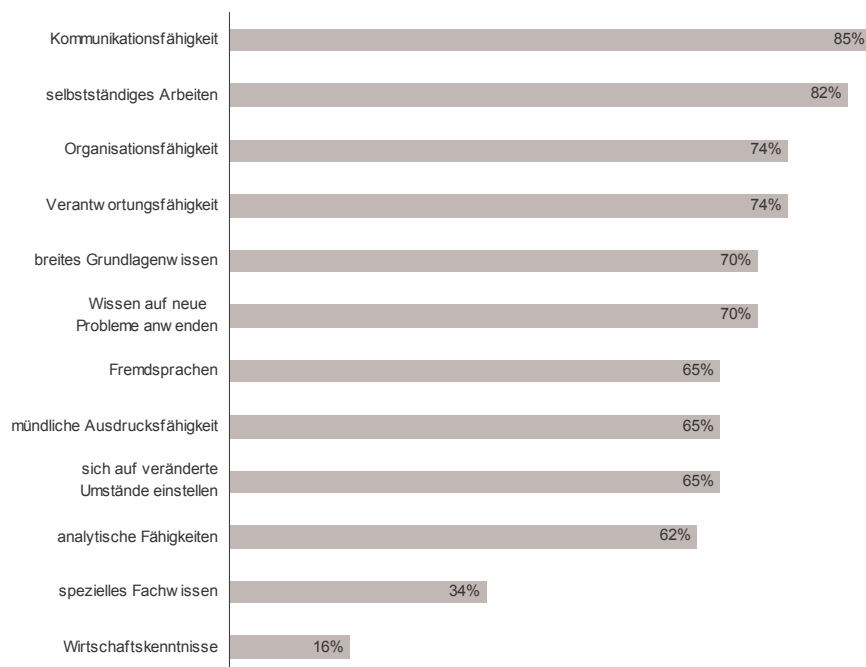
Deutlich wird, dass sich Fachkompetenzen nur im Zusammenspiel mit überfachlichen Kompetenzen entfalten. "..., dass die Nutzung von Fachkompetenzen nur ein Teil der Ingenieurarbeit ausmacht, während Schlüsselkompetenzen durchaus als entscheidendes "Schmiermittel" für die professionelle Ingenieurarbeit kenntlich wird" (K.-H. Minks in Stifterverband 2004, S. 35).

**Abbildung 6: Die wichtigsten Kompetenzen im Beruf für Ingenieure des Maschinenbaus (FH)**



Quelle: Minks, K.-H.: Welche Kompetenzen verlangt der Arbeitsmarkt?, in: Stifterverband 2004, S. 34.

**Abbildung 7: Die wichtigsten Kompetenzen im Beruf für Ingenieure des Maschinenbaus (Uni)**



Quelle: Minks, K.-H.: Welche Kompetenzen verlangt der Arbeitsmarkt?, in: Stifterverband 2004, S. 34.



In Tabelle 3 sind die größten Defizite der Hochschulausbildung aufgezählt. Die Absolventen wurden fünf Jahre nach dem Examen über die Schwächen der Hochschulausbildung befragt. Auch hier spielen die Vermittlung von Schlüsselqualifikation und Methodenkompetenz, besonders Wissen auf neue Probleme anzuwenden, eine große Rolle.

**Tabelle 3: Urteile über die Hochschulausbildung**

<b>Große Defizite (Jahrgang 1997, 5 Jahre nach Abschluss)</b>			
<b>Urteil über Hochschulausbildung (in %)</b>			
<b>Diplom-Uni</b>		<b>Diplom-FH</b>	
Kommunikationsfähigkeit	67	Kommunikationsfähigkeit	64
Fremdsprachen	44	Organisationsfähigkeit	45
Organisationsfähigkeit	43	Mündlicher Ausdruck	42
Fachübergreifendes Denken	42	Fremdsprachen	42
Verhandlungsgeschick	42	Verhandlungsgeschick	42
Wissen auf neue Probleme anw.	40	EDV-Kenntnisse	41
Mündlicher Ausdruck	39	Fachübergreifendes Denken	39
Zeitmanagement	39	Problemlösungsfähigkeit	38
Breites Grundlagenwissen	36	Wissen auf neue Probleme anw.	38

Quelle: Minks, K.-H.: Welche Kompetenzen verlangt der Arbeitsmarkt?, in: Stifterverband 2004, S. 37.

### 3 Anforderungen an die Ingenieurausbildung aus der Perspektive von Unternehmen des Maschinen- und Anlagebau

#### 3.1 Ziele und Vorgehensweise der Ingenieurstudie

##### 3.1.1 Anlass und Anliegen der Ingenieurstudie

Nicht nur Wissenschaftsrat und die HIS-Studien kommen zu dem Schluss, dass es in der Ingenieurausbildung Handlungsbedarf gibt. Auch die VDMA-Mitgliedsunternehmen signalisierten in den alle drei Jahre durchgeführten repräsentativen VDMA-Ingenieurerhebungen bereits seit längerem eine eher ambivalente Bewertung des Maschinenbau-Studiums. Während die Grundlagenausbildung in ihrer Tiefe und Breite positiv bewertet wurde, wurden in den Bereichen "Praxisnähe", "Anwendungsorientierung" und "überfachliche Qualifikationen" auf Defizite hingewiesen (siehe Abbildung 1).

Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass diese Aussagen zwar einen deutlichen Entwicklungsbedarf aufzeigen, jedoch insgesamt zu wenig konkret sind, um aus ihnen Schlussfolgerungen für die Gestaltung der Curricula ziehen zu können. Bei dem Versuch, handlungsleitende Maßnahmen abzuleiten, werden insbesondere zwei Probleme deutlich:

- Zum einen gibt es keine eindeutige, allgemein verbindliche Definition der Begriffe "Grundlagenwissen", "Anwendungsorientierung", "Praxisbezug" etc.. Professoren haben möglicherweise ein ganz anderes Verständnis der jeweiligen Inhalte als Vertreter der Industrie, die sich wiederum auch untereinander in der Verwendung dieser Begrifflichkeiten unterscheiden dürften. So stellt sich die Frage: Was ist mit den in der Ingenieurerhebung benannten Entwicklungsbereichen tatsächlich gemeint? Wenn es darum geht, Anforderungen der Industrie zu benennen, so steht vor allem die Frage im Raum: Was wird in der Industrie darunter verstanden?
- Zum anderen wurde bereits festgestellt, dass die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus in den letzten Jahren gravierende technologische und organisatorische Veränderungen vorgenommen haben, und sich damit auch die Anforderungen an die Ingenieure veränderten. Daraus ergibt sich die Frage, ob die in der Ingenieurerhebung verwendeten Kategorien diese Anforderungen ausreichend berücksichtigen oder ob nicht inzwischen ganz andere Punkte viel wesentlicher sind, jedoch gegenwärtig in der quantitativen Befragung nicht erhoben werden.

Wenn es darum geht, konkrete Curricula zu gestalten, sind möglichst genaue Angaben darüber nötig, welche Fähigkeiten denn erlernt, welche Qualifikationen erworben werden sollen. Und gerade bei der Neugestaltung von Studiengängen - wie es bei der gegenwärtigen Umstellung auf Bachelor- und Master-Studiengänge der Fall ist - muss auch die Frage beantwortet werden, **wie diese Fähigkeiten im Studium erlernt** werden können. Daran schließt sich in der Diskussion mit Hochschulvertre-

tern meist die Frage an, auf was denn dann verzichtet werden solle, wenn neue Inhalte hinzukommen.

Wenn die Hochschulen im Prozess der Neugestaltung der Studiengänge unterstützt werden sollen und dabei die Anforderungen der Industrie angemessene Berücksichtigung finden sollen, ist es notwendig, Antworten auf diese Fragen zu finden. Diese Überlegungen bilden den Ausgangspunkt für die vorliegende Ingenieurstudie. Ziel war es, dass Wissen über die aktuellen und künftigen Anforderungen an die Ingenieure aus der Perspektive der Industrie zu vertiefen, um auf dieser Basis Vorschläge und Hinweise für die Gestaltung des Studiums abzuleiten.

Für die Hochschulen, die künftigen Absolventen, wie auch für die bildungspolitische Arbeit eines Verbandes ist jedoch auch die Frage relevant, wie die Unternehmen ihrerseits auf die begonnene Reform der Ausbildung reagieren.

- Welche Erwartungen haben sie an die Hochschulen und die neuen Studiengänge?
- Welche Ideen und Vorschläge können sie diesbezüglich einbringen?
- Welchen Informationsbedarf haben die Unternehmen bezüglich der neuen Studiengänge?
- Wie reagieren sie auf die neuen Möglichkeiten, die Studienphasen auf mehrere Lebens- und damit auch Berufsabschnitte zu verteilen?

Auch diese Themen sollten Berücksichtigung in der Studie finden, um die so gewonnenen Erkenntnisse mit den Hochschulen zu diskutieren und dabei zu erfahren, wie die Hochschulen diese bewerten, inwieweit die Anforderungen der Industrie möglicherweise schon berücksichtigt werden, bzw. welche Möglichkeiten die Hochschulen sehen, diese künftig in die Curricula zu integrieren.

### **3.1.2 Methodische Vorgehensweise**

Um die oben genannten Fragen beantworten zu können, wurde ein qualitativer methodischer Ansatz gewählt. Dieser ermöglicht es, eine offene, suchende Ausgangshaltung einzunehmen, das Wissen über das Thema in Breite und Tiefe zu erweitern, Zusammenhänge zu erkennen und Thesen zu entwickeln.

In einem ersten Schritt wurden in teilstrukturierten Interviews die „Anforderungen der Praxis im Dialog mit der Praxis“ erkundet. Auf diese Weise kann zwar nur eine begrenzte Anzahl von Interviews geführt werden und keine repräsentative Datenbasis entstehen. Die Ergebnisse einer qualitativen Studie liefern jedoch Informationen über Hintergründe und Zusammenhänge, wie sie in standardisierten Befragungen nicht gewonnen werden können. Im Ergebnis können Thesen entstehen, die einerseits bereits in den Diskurs mit den Beteiligten Eingang finden können, um sich dort zu bewähren, und die andererseits wiederum die Ausgangsbasis für nachfolgende repräsentative quantitative Erhebungen sein können, wie sie der VDMA regelmäßig mit der Ingenieurerhebung durchführt.

In der Studie befragten wir in mehrstündigen Einzelinterviews 16 Vorstände, Geschäftsführer, Betriebs-, Entwicklungs- und Personalleiter von insgesamt 15 kleineren, mittleren und großen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Die Auswahl der teilnehmenden Betriebe bzgl. der Betriebsgröße sollte sich an der

Größenstruktur der Unternehmen des deutschen Maschinenbaus orientieren. Auch bei der regionalen Verteilung der Unternehmen wurde darauf geachtet, dass diese in etwa der räumlichen Verteilung des deutschen Maschinenbaus entspricht. Bezüglich der technologischen Wettbewerbsfähigkeit, der Innovationskultur und der Personalpolitik wurden jedoch vorzugsweise Unternehmen ausgewählt, die in diesen Bereichen als vorbildlich gelten können. Hintergrund für dieses Vorgehen war der Gedanke, dass es diesen Unternehmen in besonders guter Weise gelingt, sich den gegenwärtigen Herausforderungen zu stellen, so dass ihre Einschätzung bezüglich der Anforderungen an die Ingenieurausbildung besonders zukunftsweisenden Wert hat.

Neben den Einzelinterviews ergänzte eine Gruppendiskussion das Methodenset. Die benannten Themen wurden im Rahmen eines Workshops mit weiteren 15 Industrievertretern aus dem VDMA-Arbeitskreis Initiative Ingenieurausbildung behandelt, wobei aus den Interviews stammende Thesen geprüft und ergänzt werden konnten.

Als Ergebnis der Interviews sowie des Workshops entstanden Thesen über die Anforderungen der Industrie an die Ingenieurausbildung.

Diese Thesen wurden mit Vertretern (Dekane und Fachbereichsleiter sowie Vertreter aus dem Kollegium) aus 4 Hochschulen (2 FHs, 2 Universitäten) diskutiert. Dabei zeigte sich, dass die Hochschulen sich gegenwärtig mitten im Prozess der Umgestaltung befinden. Die Impulse aus den vorläufigen Ergebnissen der Ingenieurstudie wurden daher sehr interessiert aufgenommen und reflektiert. Da es den Rahmen dieser Studie sprengen würde, ganze Curricula einzelner Hochschulen darzustellen, wurden für die Dokumentation aus den einzelnen Curricula Beispiele ausgewählt, die besonders gut geeignet sind, die Umsetzung der Industrieanforderungen in den Hochschulen zu illustrieren.

Die in der Diskussion mit den Hochschulen gewonnenen Erkenntnisse wurden wiederum im Rahmen eines weiteren Workshops den Vertretern des Arbeitskreises Ingenieurausbildung vorgestellt. Dabei ging es darum, die Ergebnisse einer ersten Bewertung zu unterziehen und konkrete Empfehlungen für die Ingenieurausbildung abzuleiten.

## **3.2 Anforderungen an die Ingenieure**

### **3.2.1 Kompetenzen**

Dass der deutsche Maschinen- und Anlagenbau vor komplexen Herausforderungen hinsichtlich Innovations-, Wettbewerbsfähigkeit und Kundenorientierung steht und daraus veränderte Anforderungen an die Ingenieurausbildung resultieren, bestätigte sich in den Interviews in vielfältiger Weise.

Die veränderten technologischen und organisatorischen Bedingungen in den Unternehmen spiegeln sich in den formulierten Anforderungen für die Ingenieursarbeit wieder.

*„Wir müssen konkurrenzfähig bleiben, müssen dauernd weiter entwickeln und kleiner, schneller und besser werden. Das ist eine Herausforderung, die natürlich ganz unten anfängt, beim Engineering und bei der Entwicklung, und dazu brauchen wir bestimmte Voraussetzungen.“ (Linde)*

Zunächst einmal haben sich die **fachlichen Anforderungen** verändert. Das klassische "Maschinenbauwissen" wird immer stärker in Richtung Mechatronik ausgeweitet. Für die Ingenieursarbeit in diesen Feldern genügt es nicht nur Wissensbausteine aus der Mathematik, Mechanik und Elektronik zu beherrschen und additiv zusammenzufügen, vielmehr benötigt man die Kompetenz zum integrativen, systembezogenen Denken.

*„Wenn wir heute eine Anlage ausliefern, dann war das vor 20 Jahren eine Anlage, die basierte vielleicht auf 95% Maschinenbau-Wissen. Da musste konstruiert werden, da musste gefertigt werden. Wenn wir heute ein Produkt verkaufen, dann ist natürlich noch genau dieser Maschinenbau mit drin, aber es sind Automatisierungssysteme hinzugekommen. Aber das sind ja nicht nur die Rechner, sondern die haben wir ja gefüttert mit Inhalten. Da ist also Technologiekompetenz hinzugekommen, da sind Steuerungen und Regelungen drauf. Und um diese letztendlich zu entwickeln und zu einer Produktreife zu bringen, muss man jetzt verstehen: Wie verhält sich denn die Maschine? Wie verhält sich der Prozess, den der Kunde auf dieser Maschine durchführt? Wie verhält sich das alles miteinander? - um daraus dann ein Gesamtsystem zu bilden ...So und früher – also in unserem Unternehmen – da haben wir den Maschinenbau gemacht als Anlagenbauer. Da gab es große Elektrofirmen, die haben die Elektrotechnik gemacht und der Kunde, der hat das Prozess-Know-how gehabt. Und da hat jeder seinen Teil gemacht und bei der Inbetriebnahme, da hat man das alles zusammengebracht und hatte lange Anlaufzeiten gehabt, um dann alles zusammenzubringen. So und heute ist eigentlich die Erwartung: die Anlage kommt dort hin und dann „Knopf einschalten“ dann soll die laufen.“ (SMS Demag)*

Um im Kosten- und Innovationswettbewerb bestehen zu können, werden in vielen Unternehmen die Abläufe reorganisiert und die Aufgaben der Ingenieure neu zugeschnitten.

Innerhalb des Unternehmens werden **Funktionsbereiche miteinander verknüpft**.

Für die Ingenieure resultieren daraus neue, angereicherte Aufgabenfelder, in denen sich mehrere Tätigkeitsfelder verzahnen, sich **vielfältige Schnittstellen zu anderen Tätigkeiten** ergeben. Diese liegen sowohl im technischen Bereich – und können auch als Schnittstelle zu einer anderen Fachdisziplin verstanden werden – als auch im nicht-technischen Bereich, z.B. indem sie sich mit Funktionen des Einkaufs, des Vertriebs oder der Kostenkalkulation usw. verknüpfen.

Im Unternehmen ZF Maschinenantriebe wird dies an den Beispielen Konstruktion und Entwicklung beschrieben:

*"Vom Wandel des Ingenieurberufs kann ich nur sagen, dass dieser für den Ingenieur immer komplexer und komplizierter wird, auch durch die Einführung von EDV. Es findet ein Wandel statt, von einem, der einfach nur einen Entwurf oder eine detaillierte Konstruktionszeichnung macht – der muss heute viel weiter denken, einfach bedingt durch die elektronischen Systeme, die nur dann rentabel sind, wenn sie die Grunddaten für den ganzen Prozess bis in die Fertigung darstellen. Das CAD ist heute nicht nur einfach ein System, wo man eine Zeichnung reinklopft und das war's, sondern das sind Grunddaten, die verwendet werden in der Arbeitsvorbereitung, für die Fertigungsvorbereitung, für die Fertigungstechnologien..."*

*„Und der Entwickler ist nicht nur derjenige, der den Entwurf, eine Zeichnung macht, sondern er ist bei uns, zusammen mit dem Einkauf, verantwortlich für die Produktkosten, die Kostenfestlegung. Er legt 70 – 80% der Kosten fest. Und deswegen ist er nicht nur für seinen Prototypen verantwortlich, sondern zusammen mit dem Einkauf auch für die Kosten.“ (ZF Maschinenantriebe)*

Die Neuorganisation im folgenden Beispiel verpflichtet sich dem Ziel, Abläufe miteinander zu verzahnen.

*"Wir verändern uns ab dem nächsten Jahr ziemlich umfassend, wir wollen damit starten, die klassischen Abteilungen Einkauf, Regelungstechnik, Konstruktionsabteilung usw. durch Teams zu ergänzen. Und zwar nicht nur um Teamarbeit zu sehen, sondern wir wollen Teams bilden, die auf Dauer zusammengesetzt bleiben und in denen fachliche und zwischenmenschliche Kompetenz gefragt ist. Wir haben also z. B. in einem Team drei Regelungstechniker, zwei Konstrukteure, eine Beschafferin und einen Projektleiter. D. h. hier ändern sich auch die Anforderungen, weil sich auch die Aufgabengebiete ändern." (LEWA)*

Tätigkeiten, die bislang funktional getrennt waren und in einer zeitlichen Abfolge stattfanden, werden parallelisiert (Simultaneous Engineering). Neben der zeitlichen Verknüpfung der ehemals getrennt ablaufenden Tätigkeiten erfolgt auch eine fachlich-inhaltliche Verzahnung. Für die Ingenieursarbeit heißt dies, dass sich der **Aufgabenzuschnitt verändert**: Er verliert an Abgeschlossenheit und Überschaubarkeit. Positiv formuliert: Aufgaben werden zunehmend dynamisch, ihr konkreter Zuschnitt wird durch den handelnden Akteur selbst bestimmt, dieser aber muss sich an den Erfordernissen des Gesamtprozesses orientieren, um so über das Zusammenspiel der einzelnen Beteiligten zu einem Gesamtprodukt zu kommen, in dem sich Innovation und Kostensenkung vereinen.

*"Und Sie werden es wahrscheinlich in anderen Unternehmen entsprechend hören, dass es eben die abgeschlossene Aufgabe so eigentlich gar nicht mehr gibt. Und damit ist es erforderlich, dass man über den Tellerrand blicken kann und mitdenkt. Dass, wenn ich meine eigene Lösung fachbereichsbezogen angehe, ich eben auch an den anderen Mitarbeiter denken muss: "Was hat das für eine Auswirkung, wenn ich in dieser Richtung weiterarbeite oder muss ich mich wirklich daran orientieren, dass ich günstiger einkaufen muss?" Der Einkauf ist zwar nicht die Aufgabe die Ingenieurs, aber es ist notwendig, dass er auch an das Material denkt, das eben kostengünstiger zu beschaffen ist, sei es aus Taiwan oder sonst woher." (LEWA)*

Auch das Unternehmen RINGSPANN stellt die Anforderungen an die Ingenieursarbeit in den Kontext der betrieblichen Neuorganisation. Hier wird deutlich, dass sich dabei die Tätigkeit zunächst **fachlich verbreitert**, indem Konstruktorswissen im starken Maße in der Angebotserstellung verlangt wird:

*"Wir lassen Mitarbeiter der Funktionen Vertrieb, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Steuerung als Team in einem Raum zusammenarbeiten. Zum Beispiel sind die Vertriebsmitarbeiter durch die direkten Gespräche mit den Konstrukteuren in der Lage, 60 bis 70 Prozent der Angebote selber zu konzipieren, von denen früher vielleicht 100 Prozent in die Konstruktion gegeben worden sind." (RINGSPANN)*

Aus dieser fachlichen Anreicherung ergeben sich jedoch auch hier Anforderungen, die außerhalb des traditionellen Fachwissens liegen:

*„Durch das gemeinsame Arbeiten kann jeder sein Wissen erweitern. Das erfordert natürlich, miteinander zu kommunizieren, lernbereit zu sein und übergeordnete Zusammenhänge zu verstehen. Dann kann ein Team entstehen, in dem das Miteinander schneller funktioniert als das Nacheinander. All dies in die Ausbildung des Ingenieurs aufzunehmen, ist sicherlich wünschenswert." (RINGSPANN)*

Ausgehend von dem Vermögen "über den Tellerrand zu schauen" – was hier insbesondere die Vernetzung mit anderen Fach- und Wissensgebieten meint – werden nachfolgend einige der sogenannten überfachlichen Fähigkeiten beschrieben: das Vermögen, dieses Wissen in einem Team zusammenzuführen und zu bearbeiten sowie das Denken in Strategiezusammenhängen.

**Wie diese Beispiele belegen, reicht fachliches Know-how allein nicht aus, um in den veränderten Tätigkeitsfeldern erfolgreich zu agieren: Es sind grundlegende Fähigkeiten aus dem eigenen Fach nötig sowie ein Überblickswissen aus angrenzenden Fächern und beides muss angereichert werden mit überfachlichen Facetten. Neben dem interdisziplinären Verständnis benötigen die Ingenieure für ein erfolgreiches Agieren in den veränderten Organisationsformen die Fähigkeit, den Gesamtprozess mit seinen jeweils differenzierten Anforderungen zu überblicken und das eigene Handeln an diesen Erfordernissen auszurichten.**

In den Interviews ist allerdings nicht von isolierten theoretischen, fachlichen oder auch überfachlichen Wissensbestandteilen und Fähigkeiten die Rede, sondern die Unternehmen schildern die komplexen Situationen, in denen Ingenieure handeln müssen und leiten daraus die aktuellen und künftigen Anforderungen ab. Die Unterscheidung zwischen "Grundlagenwissen", "Anwendungsorientierung" und "überfachlichen Kompetenzen" erscheint daher als nicht ausreichend, um die derzeitigen und künftigen Anforderungen der Praxis zu beschreiben. Vielmehr wurde in den Interviews immer wieder auf die komplexen Anforderungen hingewiesen, die eine "ganzheitliche" Betrachtungsweise nötig machen.

*"Der Ingenieur hat Kenntnisse auf bestimmten technischen Gebieten und daraus gestaltet er Produkte, Abläufe und Dienstleistungen. Und zwar in der Form, dass sie für Kunden attraktiv sind. Um Kundenerwartungen zu erfüllen, da gehört dann vieles dazu und da hilft das technische Verständnis alleine nicht." (SMS Demag)*

**Statt eindimensionaler Fähigkeiten oder Wissensbestandteile traten in der Analyse der Interviews mehrdimensionale Kompetenzbündel zu Tage. Es geht um komplexe Fähigkeiten, deren Zusammenspiel notwendig ist, um einerseits die Anforderungen in einem bestimmten Bereich bewältigen und andererseits auf wechselnde Anforderungen und Veränderungen angemessen reagieren zu können.**

In vielen Interviews wurde betont, dass durch die Integration von Informatik, Elektrotechnik, Dienstleistungen etc. die Anforderungen an Maschinenbauingenieure sich verändert haben. Systemdenken und die Kompetenz, mit den Nachbardisziplinen zu kommunizieren werden immer bedeutender. Dabei muss aus dem Maschinenbauingenieur kein Informatiker oder Betriebswirt werden. Es geht um **Schnittstellenkompetenz**. Da heute und verstärkt noch in der Zukunft viele Aufgaben in interdisziplinären aber auch internationalen Projektteams abgewickelt werden, wird dies immer wichtiger für erfolgreiches Arbeiten. Deutlich wird dies beispielsweise in der von den Interviewpartnern beschriebenen Schnittstellenkompetenz:

*"...dass ich Kenntnisse aus den Randgebieten habe und da gehört auf jeden Fall Elektrotechnik und der Softwarebereich dazu. Dass man also jetzt nicht unbedingt eine Software schreiben kann. Welche Programmiersprachen gibt es, wofür eignen die sich, was mache ich damit eigentlich." (Krause-Biagosch)*

Es geht also nicht darum, in all diesen gebieten Expertenwissen aufzubauen:

*"Man muss kein Spezialist auf dem Sektor sein, insofern geht es nicht nur um die Grundlagen in so einem Studium, sondern vor allem um das Verständnis von Technologien, die man verheiraten muss bei der Produktentwicklung (Elektronik, Mechanik, Informatik usw.)." (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

Anliegen der Unternehmen ist es, dass die Ingenieure in der Lage sind, Brücken zwischen den Disziplinen zu bauen:

*"Wir haben heute bei uns drei Elektroniker/Programmierer, die bei uns entwickeln. Davon ist nur einer in der Lage, die Brücke zwischen der Hydraulik bzw. den mechanischen Komponenten und der Elektronik zu schlagen. Während die anderen zwei reine Programmierer sind und die programmieren. Wenn man mit denen redet, man redet aneinander vorbei. Man benutzt für den gleichen Sachverhalt unterschiedliche Worte."*

Es geht um das Verstehen der Begriffswelten des Gegenübers und um die Fähigkeit, die jeweils eigene Begriffswelt zu erläutern. Neben dem fachlichen Wissen ist dafür Reflektionsfähigkeit über das eigene Handeln und die Denk- und Handlungswelt des jeweiligen Kollegen erforderlich.



*"... dass es besonders wichtig ist, dass Ingenieure heute auch mehr über, sagen wir mal, ihr Kerngebiet hinaus Verständnis für alle Schnittstellen entwickeln. Häufig sind das ja so Schlagworte wie „interdisziplinär“ oder mir gefällt eigentlich so „ganzheitlich“ noch besser, der Begriff. Dass man eine ganzheitliche Betrachtungsweise hat, dass man seine Tätigkeit auch beurteilen, also jeder einzelne Ingenieur seine Tätigkeit auch beurteilen kann mit den Auswirkungen auf jeweils die Schnittstellen und Nachbardisziplinen. So und das ist etwas, was Absolventen, wenn die bei uns beginnen, noch nicht sehr ausgeprägt mitbringen. Die haben sich irgendwo mit ihrem Thema, mit ihrem Fachgebiet, mit ihrer Vertiefung beschäftigt, und kommen da sicherlich auch gut zurecht, aber wenn es dann darum geht, die Gesamtabläufe und das Gesamtprodukt, das Gesamtsystem zu beurteilen und Einflüsse zu bewerten, dann muss dies erst im Unternehmen entwickelt werden." (SMS Demag)*

Diese von den Interviewpartnern vielfach geforderte "Schnittstellenkompetenz" ist demnach ein Konglomerat aus theoretischem Wissen – dabei geht es um die eigene Fachkenntnis sowie die Kenntnis angrenzender Fachgebiete – gekoppelt mit einem Wissen über die betrieblichen Prozesse, angereichert mit der Fähigkeit, über diese Sachverhalte auch mit Kollegen aus anderen Disziplinen (ingenieur- oder naturwissenschaftlichen sowie kaufmännischen) kommunizieren zu können und gemeinsam tragfähige Lösungen zu entwickeln.

*"Bei uns kommt es darauf an, dass man in der Lage ist, die Problemstellungen zu verstehen. Was man nicht verstanden hat, muss man gezielt hinterfragen. Sonst arbeitet man Lösungen aus, die der Kunde gar nicht braucht." (RINGSPANN)*

Wird der Themenkomplex "Lösungen entwickeln", also die **Problemlösungskompetenz**, analysiert, zeigt sich, dass es – neben analytischen Fähigkeiten – dafür als Basiskompetenz die "Theorie-Anwendung" braucht sowie das Vermögen, bekannte theoretische Konzepte auf neue Situationen übertragen zu können, was seinen differenzierteren Ausdruck in der **Transferkompetenz** findet.

*"Ich muss versuchen, von der Realität ein theoretisches Modell zu machen, und beide in Einklang zu bringen, damit dann zielgerichtet eine Ursache gefunden werden kann." (RINGSPANN)*

Neben der Problemlösungs- und Transferkompetenz spielt die Beherrschung der Methoden/Techniken zum Wissenserwerb sowie zum selbstständigen Einarbeiten in neue Themenfelder auch eine große Rolle. Diese **Methodenkompetenz** wird von den Unternehmen eingefordert.

*"Wir müssen uns mit unserer Mannschaft mehr in Kompetenzen stärken, die man nicht so einfach per Aufgabenbeschreibung auf einem Blatt formulieren kann. Dafür brauchen wir Mitarbeiter, die nicht eine Aufgabe abarbeiten, sondern die selbstständig auch neue Ideen, Abläufe und Innovationen erarbeiten, bei denen man nicht sagen kann: ‚Das ist das Ergebnis der Arbeit.‘ Sondern es gibt ein gewisses Ziel und der Weg dahin gehört auch zu der Aufgabe." (SMS Demag)*

Der Maschinenbau in Deutschland benötigt auch Ingenieure, die neue Produkt- und Prozessinnovationen anstoßen. Welche Produkte muss ein Unternehmen künftig herstellen, um am Markt bestehen zu können? Welche produktbegleitenden Dienstleistungen müssen angeboten werden, um gegen die wachsende globale Konkurrenz

bestehen zu können? Wie kann man Fertigungstechnologien und Prozesse verbessern? Diese **Innovationskompetenz** muss im Studium gefördert werden, indem herkömmliche Lösungen in Frage gestellt werden und die Methodik systematischer Innovationsprozesse vermittelt wird. Die Antizipation von Kundenwünschen ist ein ebenso wichtiger Baustein.

*„Dass er [der ideale Absolvent] nicht ein automatischer Arbeiter ist, der nur ausführt, eine Exekutive, sondern dass er kritisch hinterfragt, dass daraus längerfristig ein Innovationspotential entstehen kann.“ (Linde)*

*"...um wirklich gute neue Ideen zu bringen, muss ich auch in den Grundlagenfächern ein gutes Verständnis haben, denn nur damit kann ich letztendlich auch neue Lösungen produzieren. Es nützt nichts, wenn wir jetzt sagen: Wir brauchen mehr, die schneller konstruieren können oder irgendwo schneller einen Fertigungsplan erarbeiten können. Das sind Tätigkeiten, die zukünftig immer austauschbarer werden." (SMS Demag)*

Aus der Analyse der Interviews und der Ergebnisse der Gruppendiskussion ließen sich aus diesen vielfältig verknüpften Anforderungen folgende zentralen fachlichen Kompetenzkategorien abgrenzen:

**Theorie-Anwendungs-Kompetenz, d.h. die sichere Beherrschung und Anwendung mathematisch-physikalischer und konstruktiv-technischer Grundlagen:** In dieser sehr zentralen Kompetenz geht es darum, dass der Ingenieur nicht nur über das erforderliche theoretische Grundlagenwissen verfügt, sondern auch in der Lage ist, dieses Wissen auf praktische Problemstellungen anzuwenden. Diese Kompetenz ist grundlegend für alle im weiteren genannten und kann als Basiskompetenz eines Ingenieurs bezeichnet werden.

- **Schnittstellenkompetenz**, umfasst als Teilkomponenten:
  - ganzheitliches Denken, Systemdenken – die Fähigkeit, die eigene Arbeitsaufgabe im Gesamtkontext zu betrachten
  - sowie den gesamten Prozess im Blick zu haben,
  - dabei vorhandene Wissensbausteine zu integrieren
  - sowie die Kompetenz mit dem Nachbardisziplinen zu kommunizieren und sich fachlich auszutauschen, um auf dieser Basis eine gemeinsame Lösung zu erarbeiten (ohne dass dafür über die gesamte Bandbreite des Wissens verfügt werden muss).
- **Problemlösungskompetenz**, d.h. die Fähigkeit ein Problem zu analysieren, daraus ein Modell zu bilden oder eine Simulation durchzuführen und Lösungen zu übertragen (Grundlage für die Transferfähigkeit).
- **Methodenkompetenz**, d.h. Beherrschung der Methoden und Techniken zum Wissenserwerb sowie zum selbstständigen Einarbeiten in neue Themenfelder.
- **Innovationskompetenz, dies beinhaltet im Einzelnen:**
  - Kritikfähigkeit: die Fähigkeit, herkömmliche Lösungen in Frage stellen.

- Die Beherrschung der Methodik systematischer Innovationsprozesse.
- Die Fähigkeit, neue kreative Lösungsansätze entwerfen.
- Dies integriert das Kennen und Antizipieren von Kundenwünschen,
- sowie das Vermögen, auf dieser Basis ein Konzeptdesign zu entwickeln.

### 3.2.2 Kompetenzbausteine

Auch wenn festgestellt wurde, dass Ingenieursarbeit heute mehrdimensionale Kompetenzen erfordert, welche sich aus verschiedenen fachlichen und überfachlichen Fähigkeiten zusammensetzen, so lohnt sich doch auch der differenzierte Blick auf die einzelnen "Zutaten", die einzelnen Bausteine, aus denen sich Kompetenzen zusammensetzen. Hier soll daher ein Rückgriff auf die ursprünglichen Begriffe "Grundlagen", "Anwendungsbezug" und "überfachliche Fähigkeiten" erfolgen, um klären zu können, welche Erwartungen die Unternehmen im Einzelnen an die Absolventen haben, bevor dann in einer Gesamtschau dieser einzelnen Bestandteile Schlussfolgerungen für die Neugestaltung der Ingenieurausbildung gezogen werden.

#### 3.2.2.1 Grundlagenwissen

Die sichere Beherrschung der mathematisch-physikalischen bzw. konstruktiv-technischer Grundlagen, d.h. des Fachwissens des Ingenieurs, wird als die Basis für die gute Ingenieurausbildung auch im internationalen Vergleich gesehen. Die oben beschriebenen fachlichen "Kernkompetenzen" eines Maschinenbau-Ingenieurs werden durch den Baustein „Grundlagenwissen“ wesentlich geprägt. Ohne diese fachliche Basis wäre ein Maschinenbau quasi handlungsunfähig. Daher betonen auch die Interviewpartner die Bedeutung dieses Wissensbausteines.

*"Es ist natürlich so, dass sich die Mindestvoraussetzungen immer weiter verschieben werden. Und zwar, weil auch der Ingenieur mit seiner Arbeitskraft im Wettbewerb steht, mit vielen Ingenieuren rund um die Welt. Und es wird viele Ingenieure geben, die in einem Einstiegsbereich noch nicht alle Voraussetzungen mitbringen. Der Ingenieur kann heute bei uns einsteigen und kann sich entwickeln oder nicht, aber der steht ja am meisten im Wettbewerb mit dem Ingenieur in Indien oder in China. Das heißt, in vielleicht zwei oder fünf Jahren werden das Arbeiten sein, die wir hier bei uns gar nicht mehr machen. Und damit rutscht dann diese Einstiegsvoraussetzung oder das Limit immer weiter hoch." (SMS Demag)*

*"Grundlagen für Ingenieure sind für mich Fertigungslehre mit Statik und Dynamik, Thermodynamik und Mathematik, dass er technische Mechanik kann und Physik. Ich sage, wer die Physik nicht versteht, der kann ein technisches Problem nicht analysieren. Erst muss er wissen: was ist physikalisch der Vorgang, ob er jetzt Schiffe, Flugzeuge, Autos oder wie bei uns Betonpumpen baut." (Putzmeister)*

Das Thema Schnittstellenkompetenz spielt bei der Frage nach dem notwendigen fachlichen Basiswissen eines Ingenieurs immer wieder eine große Rolle. Auch im folgenden Beispiel wird die Physik, die technische Mechanik, als Wissensgrundlage gewürdigt.

*"Die Elektrotechnikingenieure haben bei der Mathematik, der Physik und der Elektrotechnik sehr gute Grundlagen. Aber ihnen fehlt es massiv an der Mechanik-Komponente. Mechanik ist eben nicht tot, sondern wird eben nach wie vor noch gebraucht. Fast jedes Produkt, auch wenn es ein elektronisches Produkt ist, müssen sie verpacken oder irgendwo anbringen. Umgekehrt fehlt es den Maschinenbauern an Elektronik. Das ist einfach so. Was ich da immer wieder feststelle ist, dass die Physiker, wenn sie von der Hochschule kommen, am ehesten noch beide Disziplinen als Basis mitbringen: Elektronik als Basis und natürlich auch Physik; die wissen, was Festigkeit ist, die wissen, was Belastbarkeit ist, usw.. Das ist teilweise der Grund, warum man Physiker einstellt für die ganz großen Generalistenaufgaben. Beim Maschinenbauingenieur sind die Grundlagen aus meiner Sicht sicher die technische Mechanik, die Physik und dazu natürlich noch die Mathematik." (Balluff)*

Ausgangspunkt aller im vorangegangenen beschriebenen Kompetenzen (Innovationskompetenz, Schnittstellenkompetenz, Problemlösungskompetenz, etc.) ist immer das "klassische Ingenieurwissen", die Fähigkeit, grundlegende theoretische Zusammenhänge zu kennen und aufgabenbezogen in Anwendung zu bringen:

*"Wenn ich zum Kunden gehe und einen Schadenfall begutachte, muss ich in der Lage sein, mit dem, was ich weiß und aus dem, was ich dort sehe, die richtigen Schlüsse zu ziehen, dem Kunden zu sagen, was die Ursache sein könnte, darauf basierend nach weiteren Informationen zu fragen und schließlich zu Lösungen kommen. Das heißt, neben dem Rüstzeug, das man als Ingenieur ständig braucht, sollte im Studium vermittelt werden, wie man lernt zu lernen, und wie man aus Informationen die richtigen Schlüsse zieht." (RINGSPANN)*

Defizite im Grundlagenwissen werden mit großer Sorge betrachtet und als inakzeptabel abgelehnt.

*"Das ist die Problematik, dass sie zu wenig, sagen wir mal aus meiner Sicht, Grundlagen oder Methodenwissen haben." (Krause-Biagosch)*

*"Wir haben schon Absolventen hier gehabt, die haben die Hebelgesetze nicht gekonnt. Es muss nicht jeder die ganze Mathematik kennen, aber mindestens sollte jeder Schrauben, Wälzlager, Schrumpfsitze und so weiter berechnen können." (RINGSPANN)*

Dabei geht es den Unternehmen tatsächlich um das Beherrschen von elementaren Grundlagen, wie z.B. der Grundlagenkonstruktion im nachfolgenden Beispiel:

*"Und meine beliebteste Frage ist dann, ob sie einen Wasserhahn konstruieren können. Glauben Sie, dass von 10 höchstens 2 einen Wasserhahn konstruieren können und wirklich das Funktionsprinzip eines Wasserhahns zeichnen? Das zeigt im Grunde genommen: die Leute haben alle irgendwann mal gelernt, mit finiten Elementen und thermodynamischen Formeln umzugehen, aber die primitive Grundlagenkonstruktion, die ja Basis von allem ist, das haben sie häufig nicht gelernt." (Groz-Beckert)*

In den Interviews wurde außerdem deutlich, dass für viele der befragten Unternehmen die sichere Beherrschung der Grundlagen zukünftig noch bedeutsamer wird. Auch im Hinblick auf die Entwicklung des Standortes Deutschland wird eingeschätzt, dass in der fundierten Ausbildung ein Wettbewerbsvorteil deutscher Ingenieure liegen kann.

*"Für uns geht es sicherlich mehr in Richtung Grundlagenorientierung, noch bessere Theorieausbildung, noch profunderes Wissen dort. Weil einfach auch die Ansprüche hier an den Standort wachsen werden." (Groz-Beckert)*

Bei der Vermittlung des Grundlagenwissens handelt es sich um jenen Ausbildungsteil, in den die Unternehmen keine "Nacharbeit" in die Absolventen investieren wollen und können.

*"Grundlagen wären für mich allgemeine Wissenszusammenhänge und Erkenntnisse, die quasi ein breites Anwendungsfeld haben, das wäre für die Industrie wichtig. Das muss einen gewissen Bestandteil in der Ausbildung haben, das können wir hier nicht machen. Wir bilden die Absolventen hier nicht nachträglich in Grundlagen aus, dafür haben wir nicht die Leute. Wir können hier nur in unternehmensspezifischen Dingen ausbilden, aber nicht in den Grundlagenwissenschaften. Das muss einfach mitgebracht werden. Das Grundlagenwissen ist absolut die Basis, und damit würde ich auch ansetzen in einer Ausbildung. Diese klassischen Fächer, das ist Grundlagenwissen: Mathematik, Physik, Regelungstechnik, Mechanik etc. Viele Dinge verändern sich, aber nicht diese Grundlagen." (FETTE)*

Die Interviewpartner betonen aber auch, dass das Grundlagenwissen nicht dem Selbstzweck dient, sondern die Unternehmen erwarten, dass die Absolventen befähigt werden, dieses Grundlagenwissen in der betrieblichen Praxis anzuwenden (Theorie-Anwendungskompetenz), dieses Wissen auf neue Situationen, Problemstellungen oder Anforderungen zu übertragen (Transferfähigkeit) und daraus kreative Lösungen zu entwickeln.

Neben viel Lob für die Grundlagenausbildung wird sie auch kritisch reflektiert. Es wird eine fundierte aber dennoch effiziente Grundlagenvermittlung gewünscht. Dabei wird Optimierungspotential durch eine kritische Sichtung des Lehrplanes und eine ausgewogene Gewichtung und Verknüpfung von Inhalten gesehen.

*"[Wenn man einen Professor fragt]... jetzt denk mal über deine Grundlagen nach, dann wird er ehrlicherweise sagen, habe ich nie drüber nachgedacht, die hat mein Professor mir schon erzählt und die hat sein Vorgänger ihm auch erzählt. ..., was eben nicht heißt, wir machen keine Mathematik mehr, aber was eben heißt, wir machen die Bereiche die anwendungsbezogen sind und die richtig wichtig sind, und die anderen die sparen wir uns oder legen sie ins Hauptstudium. ..., es geht nicht um dieses Entweder-Oder, sondern es geht um das Neustrukturieren und Neusortieren." (Achenbach-Buschhütten)*

**Grundlagenwissen, so kann an dieser Stelle zusammengefasst werden, das ist aus Sicht der befragten Unternehmen für Ingenieure die Basis ihrer fachlichen Kompetenz. In Abwandlung eines Sprichwortes ließe sich über die Kernkompetenzen eines Ingenieurs formulieren: "Grundlagenwissen ist nicht alles – aber ohne Grundlagenwissen ist alles nichts". Auch wenn Kompetenzen sich aus vielfältigen Facetten zusammensetzen und dabei auch überfachliche Qualifikationen eine zunehmende Rolle spielen, so darf doch nicht übersehen werden, dass das ingenieurwissenschaftliche Handwerkszeug seine Wurzel in der sicheren Beherrschung des Grundlagenwissens hat. Dieses Wissen sollte "fest verankert sitzen", abrufbereit und vor allem verfügbar, anwendungsfähig sein. Es sollte ein "Gefühl für die Stimmigkeit ingenieurwissenschaftlicher**

**Sachverhalte" erzeugen, egal ob sich der Ingenieur im Dialog mit dem Kunden, bei der Schadensbegutachtung oder in der gemeinsamen Lösungssuche mit anderen Fachdisziplinen befindet.**

Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass Grundlagenwissen künftig für deutsche Unternehmen an Bedeutung zunehmen wird. Mit dem Fortschreiten der Internationalisierung und der damit verbundenen Arbeitsteilung wird der Standortvorteil Deutschlands darin gesehen, dass die bereits beschriebenen fachlichen Kernkompetenzen optimal entwickelt sind, so dass in deutschen Unternehmen die innovative und strategisch ausgerichtete Entwicklungsarbeit geleistet werden kann. Dennoch greift eine moderne Ingenieurausbildung zu kurz, wenn sie sich ausschließlich auf die Erzeugung von Grundlagenwissen fokussieren würde. Auch ist aus der Prioritätensetzung in Richtung Grundlagenwissen nicht zu schlussfolgern, dass andere Qualifikationsbausteine verzichtbar wären, denn: "Es geht nicht um das Entweder-Oder", sondern um das Suchen intelligenter Lösungen für aktuelle Anforderungen der Ingenieursarbeit.

### **3.2.2.2 Spezialisierung**

"Ein wesentliches Charakteristikum des Maschinenbaus ist die historisch gewachsene Vielfalt und Komplexität seiner Gegenstandsbereiche. Während sich die Disziplin ursprünglich vornehmlich mit Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Betrieb, Vertrieb und Instandsetzung von Maschinen befasste, sind im Zuge der wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Entwicklung neue Arbeitsfelder hinzugekommen, die den Maschinenbau mit anderen Disziplinen insbesondere aus dem Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften (Mechatronik), der Informatik und der Medizin, aber auch mit der Ökonomie und der Soziologie verbinden." (Wissenschaftsrat 2004, S. 49)

Ergebnis dieses Prozesses ist eine hochgradig ausdifferenzierte und spezialisierte eigenständige Fachkultur einzelner Bereiche: Konstruktionstechnik, Produktionstechnik, Fertigungsorganisation, Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrttechnik, Energietechnik, Thermischer Maschinenbau, Umwelttechnik, Automatisierungstechnik usw. Diese Differenzierung stellt hohe Anforderungen an das interdisziplinäre Arbeiten.

Welche Anforderungen bezüglich des verfügbaren Spezialwissens stellen die Maschinenbaubetriebe vor diesem Hintergrund an die Absolventen? Wie stark sollte dieses Wissen hinsichtlich seiner Tiefe und Breite ausgeprägt sein? Die im Rahmen der Ingenieurstudie befragten Unternehmen brachten überwiegend eine "Spezialisierungsskepsis" in die Diskussion.

Auch wenn sicher aus den vorliegenden Interviews noch keine Grundsatzaussage für alle Unternehmen getroffen werden kann, so überraschte doch die deutliche Kritik an Profilen, in denen offenbar ein zu frühzeitiger Schwerpunkt auf Spezialisierung gelegt worden war:

*"Es gibt relativ viele Spezialisierungsthemen, die die Studenten zusätzlich hören, ich denke das brauchen sie nicht unbedingt. Grundlagen sind entscheidend." (ZF Maschinenantriebe)*

*"Also, was wir in diesem Zusammenhang nicht wollen, wenn ich mal auf die nächsten 10 Jahre blicke, ist eine Inflation in lauter Spezialisierungsecken." (Linde)*

Auch unsinnige Spezialisierungskombinationen wurden in den Interviews kritisch reflektiert:

*„Da wird vertieft Projektmanagement in Verbindung mit Arbeitsorganisation in Verbindung mit Keramikwerkstatt, das ergibt eine Fächerkombination, die nur in extrem wenigen Fällen zu einem sinnvollen Mehrwert für das Unternehmen führt und solche Dinge sind nicht selten.“ (Herr Bauer)*

Thematisiert wird damit auch, inwieweit diese Spezialisierung tatsächlich für den Berufsalltag nutzbar ist. Damit einher geht die Befürchtung, dass mit der einsetzenden Spezialisierung die grundsätzliche Offenheit für angrenzende oder allgemeine Problemstellungen verloren gehen könnte.

*" Man begegnet auf dem Arbeitsmarkt schon noch den ausgeprägten Spezialisten. Da muss man dann im Einzelfall anschauen, wie aufgeschlossen ist dieser Spezialist für die angrenzenden, fachlich übergreifenden Belange . Diese Aufgeschlossenheit braucht es heute ganz einfach, um sich erfolgreich integrieren zu können. Wenn jemand hochgradig ‚nur‘ -Spezialist ist, oder sein will, dann ist er eigentlich in den Betrieben zumindest in der mittelständischen Wirtschaft, die ja gerade den Maschinenbau hier in Sachsen charakterisiert, wohl nicht an der richtigen Stelle" (StarragHeckert).*

Hinzu kommt, dass nach Einschätzung der Unternehmen die spätere berufliche Tätigkeit künftig noch öfter als bisher einen Wechsel in der fachlichen Spezialisierung oder in der organisatorischen Zuständigkeit erfordern wird, insbesondere im mittelständisch geprägten Maschinenbau.

*"Anwendungsvertiefungen ja, auch in der Ausbildung, damit man dieses Methodische lernt, aber nie in so einem Umfang, dass es auf Kosten von Grundlagen geht... Es gibt auch noch einen weiteren Grund: die Aufgabengebiete eines Ingenieurs, die Einsatzgebiete, die haben sich schon immer verändert und das wird in Zukunft auch zunehmen. Also wenn jemand mit einer bestimmten Tätigkeit sein Berufsleben beginnt, und wenn er dann in den Ruhestand geht, dann hat er drei- oder viermal komplett gewechselt." (SMS Demag)*

*„Wenn jemand nur gelernt hat, zum Beispiel Hydraulikspezialist bis ins tiefste Detail, was macht der Mann, wenn der Job nicht mehr so gut läuft, und er ihn ändern muss?“ (Putzmeister)*

Die fehlende Aktualität des in der Hochschule vermittelten "Tiefenwissens" im Bereich der Spezialisierung ist ein weiteres kritisches Argument.

*"Das anwendungsorientierte Wissen erwirbt man insbesondere in der Berufspraxis. Im Studium soll erlernt werden, wie man sich Anwendungswissen aneignet, zum Beispiel in Labor-, Studien- oder Diplomarbeiten." (RINGSPANN)*

Spezialisierung wird dann als sinnvoll erachtet, wenn sie nicht vorrangig im Sinne von Wissensvertiefung erfolgt, sondern dem Training der Transferkompetenz dient.

Es geht um Erprobung des Grundlagenwissens, darum, Erfahrungen bei der Lösung von Problemen zu sammeln und Methodenkompetenz auszuprägen.

*"Das wäre sinnvoll, wenn man dabei wirklich seine Grundlagen in der ganzen Breite anwenden könnte. Also es wäre gut, wenn man Vertiefungsrichtungen hätte, bei denen man wirklich inhaltlich lernt, wie Probleme gelöst, aber auch wie Methoden angewendet werden." (Krause-Biagosch)*

Dies macht jedoch nur dann Sinn, wenn ein solches Training der Transferkompetenz nicht am Ende des Studiums stünde, sondern bereits parallel zur Grundlagenausbildung stattfände:

*"Wenn er sich mit irgendwelchen Regelungen im Maschinenbau befasst, dann wäre es natürlich gut, wenn er sagen kann: ich hab ein Projekt, wo ich meine Grundlagenkenntnisse z.B. in „Konstruktionssystematik“ auch in der Realisierung dieser Dinge wirklich einsetzen kann." (Krause-Biagosch)*

Diese Aussagen dürfen jedoch nicht missverstanden werden als völlige Absage an jegliche Spezialisierung, denn:

*"Die Fachexperten oder Spezialisten sind ebenfalls notwendig, weil ich nicht nur Generalisten haben kann. Es ist ganz klar, ein Generalist muss in verschiedenen Disziplinen an der Oberfläche kratzen und kann nicht in die Tiefe gehen, das geht nun mal nicht. Auch wir brauchen Leute, die Interesse daran haben, in die Tiefe zu gehen, Fachexperten, die dann letztlich mehr das Profil der Hochschulen in sich vereinigen können." (Linde)*

Den Interviewpartnern geht es also um ein sinnvolles und ausgewogenes Verhältnis von Grundlagenausbildung und Spezialisierung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Unternehmen "Generalisten" benötigen, deren Kernkompetenz im sicheren Beherrschen des Grundlagenwissens wurzelt, aber auch Spezialisten gefragt sind, die das spezifische "Profil einer Hochschule abbilden". Generell gilt jedoch, dass zuerst die Grundlagenausbildung auf einer soliden Basis stehen soll, bevor Studierende in die Tiefe der Spezialisierungen eindringen. Kritisch betrachtet werden dabei insbesondere die zu frühzeitigen Spezialisierungen, wegen der Gefahr, dass dabei ein zu einseitiger "Tunnelblick" antrainiert wird und die notwendige Flexibilität verloren geht und wichtige Kompetenzen, wie z.B. Schnittstellenkompetenz, Transferkompetenz etc. zu wenig ausgebildet werden. Auch Spezialisierungskombinationen, die in der Praxis wenig Sinn machen und die zu einseitigen Qualifikationsprofilen führen, werden kritisiert. Empfohlen wird daher die "exemplarische Spezialisierung", die dazu dient, die Theorie-Anwendungs-kompetenz und die Transferkompetenz zu erproben und zu festigen. Daraus ergibt sich ein enger Bezug zur Anwendungsorientierung.

### **3.2.2.3 Anwendungsorientierung**

In der VDMA-Ingenieurerhebung der letzten Jahre (siehe z.B. Abbildung 1) wurde seitens der Befragten signalisiert, dass ein Bedarf besteht, die Anwendungsorientierung in der Ingenieurausbildung auszuweiten. Daher wurde in den Interviews auch der Frage nachgegangen, welche Erfahrungen diesen Forderungen zugrunde liegen



und in welcher Form sich die Unternehmen den Ausbau der Anwendungsorientierung wünschen.

In der Analyse der Interviews der vorliegenden Studie zeigte es sich jedoch, dass der Begriff der Anwendungsorientierung von den einzelnen Unternehmen so unterschiedlich benutzt wird, dass man kaum von einem einheitlichen Begriffsverständnis sprechen kann. Oft werden Spezialisierung und Anwendungswissen synonym verwendet.

Deutlich wurde jedoch, dass es den Interviewpartner im Wesentlichen darum ging, dass Ingenieure über die Kompetenz verfügen, Grundlagenwissen aufgabenbezogen anzuwenden.

*"Wichtig für mich wäre, dass man das, was man bei den Grundlagen aufgenommen hat, dann umsetzt in anwendungstechnische Lösungen,... dass er die Erfahrung gemacht hat: Wie setze ich Wissen aus verschiedenen Disziplinen jetzt ein, um für eine ganz bestimmte Problemstellung ... zu Lösungen zu kommen." (SMS Demag)*

Wenn Anwendungsorientierung im Kontext von Kompetenzen definiert werden soll, lässt sich feststellen: Kompetenz ist mehr als nur Wissen, der Begriff beinhaltet den Anspruch, das Gewusstes auch angewendet werden kann. So werden auch gut fundierte theoretische Grundlagenkenntnisse für die Unternehmen erst nutzbar, wenn sie in praktisches Tun transferiert und auf neue Problemstellungen übertragen werden. **Anwendungsorientierung soll daher hier, diesen Gedanken folgend, als Transferfähigkeit definiert werden, d.h. als Fähigkeit, theoretisches Wissen aus den Grundlagenfächern auf konkrete Fragestellungen aus der Hydraulik, Energietechnik, Produktionstechnik, Konstruktionstechnik etc. anzuwenden und mit modernen Hilfsmitteln wie EDV, Simulationsprogrammen etc. zu bearbeiten.**

Die Fähigkeit des Hinterfragens, des kritischen Beleuchtens eines Sachverhaltes wird dabei als wichtiges Element der Transferfähigkeit betrachtet.

*"Das ist eigentlich, was wir in 10 Jahren als anwendungsorientiertes Wissen betrachten, dass sie auf der einen Seite das Handwerkszeug anwenden auf der anderen Seite kritisch genug das Warum und den Background hinterfragen." (Linde)*

Dabei legen die Unternehmen Wert darauf, dass die Kenntnisse der dahinter liegenden Zusammenhänge vorhanden sind und keine "PC-Gläubigkeit" erzeugt wird.

*"Bei den jungen Ingenieuren beobachten wir eine starke Computerorientierung. Die heutigen Computerprogramme erleichtern die Konstruktion und Berechnung von Bauteilen enorm. Nach wie vor sind aber auch die Fähigkeit zum analytischen Rechnen und die Bestätigung von Rechenergebnissen durch Versuche sehr wichtig." (RINGSPANN)*

Ein ebenso wichtiger Baustein für die Transferfähigkeit ist ein grundlegendes Überblickswissen über den Maschinenbau.

*"Ein breites Allgemeinwissen des Maschinenbaus würde ich mir von den Absolventen schon wünschen, also dass sie die Vielzahl der Maschinen überhaupt kennen." (RINGSPANN)*

Welche Vorstellungen äußern die Unternehmen über die Erarbeitung anwendungsorientierten Wissens im Studium?

Bei der Analyse der Interviews wird deutlich, dass dafür zum einen alle Ausbildungsphasen in Betracht gezogen werden, in denen ein enger Kontakt zur Praxis stattfindet. Dafür kommen neben Praktika auch Studienarbeiten bzw. Diplom-(Abschluss-) Arbeiten in Frage.

Einige Unternehmen gehen auch davon aus, dass der für das einzelne Unternehmen tatsächlich relevante Anwendungsbezug erst im Unternehmen selbst hergestellt werden kann:

*"Was mich bezüglich der FH-Absolventen positiv einstellt, ist einfach, dass diese durch das Praxissemester, dadurch dass sie vorher mal mehr als sechs Wochen in einer Firma waren, dass sie in der Regel im Sinne industrieller Entwicklung, im Sinne der technischen Anwendung der Disziplinen, schon etwas gemacht haben." (Balluff)*

Interessant insbesondere im Hinblick auf die Ausprägung der zentralen fachlichen Kompetenzen sind jene Anregungen, die darauf abzielen, bereits in der Grundlagenausbildung einen starken Anwendungsbezug herzustellen.

*„Ein Praxisblock und ein Theorieblock. Da halte ich auch nichts von, weil sie dann die Rückkoppelung nicht haben. Sie brauchen immer wieder die Reflektion der Theorie an der Praxis und der Praxis an der Theorie. Wenn sie dies nicht interaktiv machen, dann glaube ich funktioniert das nicht.“ (Groz-Beckert)*

*"Wenn ich das jetzt sage, dann meine ich wirklich nur die Anwendung, aber nicht die kritiklose Anwendung, sondern immer das Wissen „was steckt eigentlich dahinter“ und mit welcher Genauigkeit. Das muss auch schon an der Hochschule vermittelt werden. Und ich finde Hochschule und Industrie sollten in Form von Projektübungen auf jeden Fall zusammenarbeiten, das ist eine ganz gute Geschichte." (Linde)*

Anwendungsorientierung wird hier definiert als Trainieren und Ausprägen der Transferkompetenz. Wie schon bei der Spezialisierung festgestellt, sollen diese vorzugsweise in Kooperation mit der Praxis oder in engem Bezug zur Praxis ausgeprägt werden. Für die Neustrukturierung der Ausbildung wird u.a. vorgeschlagen, die notwendigen Kompetenzen durch Verzahnung der Fächer, durch intensive Abstimmung der Lerninhalte und gezielte Übungen und Transferphasen zu erzeugen.

#### **3.2.2.4 Fächerübergreifende Qualifikationen**

Im Folgenden geht es um jene Kompetenzbausteine, die anknüpfend an einem soliden Fundament fachlicher Fähigkeiten überaus wichtig sind für das erfolgreiche Agieren der Ingenieure, egal, ob diese sich im Kontext eines innerbetrieblichen Projektteams befinden, mit der Lösung eines Kundenproblems, mit Schadensbegutachtung oder Entwicklungsarbeit befasst sind. Unabhängig von der konkreten Aufgabe stehen Ingenieure heute dabei vor Anforderungen, die immer auf der Basis eng definierter zeitlicher, finanzieller und personeller Ressourcen zu bewältigen sind.

Grundlegendes Wissen über die betriebliche Organisation, das "sich Bewegen in betrieblichen Prozessen und Strukturen", Kostenbewusstsein und Projektmanage-

ment sind dabei als zentrale Anforderungen erkennbar, die für jedes der befragten Unternehmen relevant waren.

Einen besonderen Stellenwert nahm dabei für die Interviewpartner der Punkt **Kostenbewusstsein** ein. Er wurde teilweise als so relevant betrachtet, dass seine Nennung unter dem Aspekt "Grundlagenwissen" erfolgte. Ingenieure stehen in den Unternehmen in der Verantwortung, die Kosten des gesamten Produktkreislaufs zu berücksichtigen.

*"Ich habe hier gerade für einen Produktionsbereich einen Produktionsingenieur eingestellt, der in letzter Zeit ständig Kalkulationen machen muss. Es geht ja in Deutschland immer noch um die lohnkostenbedingte Verlagerung der Industrie ins Ausland. Der Vergleich der Lohnkosten gehört zu den Aufgaben eines Produktionsingenieurs. Ich muss mein Produkt billiger herstellen, termingerecht und mit richtiger Qualität, aber natürlich auch zu richtigen Kosten, man muss ja marktfähig bleiben. Das ist ein junger Mann, 33 Jahre alt, der muss sich mit so was beschäftigen. Er muss eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und -rechnung machen für Standorte weltweit. Dafür muss man ein Gefühl bekommen." (FETTE)*

*"Unverzichtbar ist, dass Ingenieure Herstellkosten, Deckungsbeitrag, Ertrag, Auftragsbestand, also das Grundwissen der Unternehmenswirtschaft kennen und verstanden haben." (Herr Bauer)*

Da Kostenbewusstsein eine so starke Bedeutung für die Ingenieursarbeit hat, erwarten die befragten Unternehmen, dass dieser Aspekt bereits während der Hochschulausbildung ausreichend thematisiert wird. Dabei geht es nicht darum, umfangreiches Controlling-Know-how zu erwerben, sondern zu wissen, wie sich der Kostendruck, dem sich Unternehmen heute ausgesetzt sehen, auf die Ingenieursarbeit auswirkt und welche Anforderungen daraus für die Ingenieure resultieren.

*...ein Ingenieur hat eine gewisse Kostenverantwortung und er muss in der Lage sein, ein kostenoptimiertes Produkt herzustellen. Also kein typisch Deutsches Over-Engineering betreiben. Es ist die Balance zwischen wirtschaftlich sinnvoll und technisch optimal." (HAWE)*

Ebenso bedeutsam für den Erfolg eines Ingenieurs ist das **betriebswirtschaftliche Basiswissen**. Wobei tatsächlich grundlegendes Wissen über betriebliche Zusammenhänge, Strukturen und Abläufe gemeint ist.

*"Es reicht eine gewisse Betriebswirtschaftsbasis, damit man weiß, was die Kosten und Umsätze in einem Unternehmen sind. Damit man weiß, was eine Gewinn- und Verlustrechnung ist. Was ich mir mehr wünschen würde, wäre eine gewisse Basis im Thema Controlling und Kostenrechnung. Weil die Entwicklungsingenieure von vornherein damit beschäftigt sein werden, dass die Dinge, die sie entwickeln, nur wenig kosten dürfen." (Balluff)*

Es geht nicht darum, aus Ingenieuren "halbe Betriebswirtschaftler" zu machen, sondern ihnen das grundlegende Wissen zu vermitteln, das sie für einen erfolgreichen Berufseinstieg brauchen, sowohl um sich im Unternehmen zu orientieren, als auch um ihre zentralen fachlichen Aufgaben als Ingenieur angemessen bewältigen zu können.

*"..., ich mache das letzte Semester und vermittele denen quasi die Anforderungen der Industrie und stelle fest, dass ganz einfache Begriffe fehlen, wie z.B. die Unternehmensorganisation, wie geht ein Organigramm – so etwas ganz einfaches – und wie verändern sich die Unternehmensorganisationsformen, wir sind ja auch ständig in einem Wandelprozess. Wenn einer den Unterschied zwischen GmbH und Aktiengesellschaft kennt, das ist eine Seltenheit." (FETTE)*

*„Und es kommt noch eine betriebswirtschaftliche Komponente hinzu, nämlich dass auch der Ingenieur / der Absolvent Wissen in dieser Richtung mitbringt, denn daran werden letzten Endes die Ergebnisse des Ingenieurs gemessen. Er wird nicht daran gemessen, ob er in der Lage ist, die ‚hohe Schule der Mechanik zu reiten‘, sondern er muss auf die Erfordernisse des Marktes reagieren können, und das muss in einer ökonomischen Art und Weise geschehen. Er muss die Gedankengänge des Vertriebsingenieurs, der die Aufgabenstellung ins Haus bringt, nachvollziehen können. Er muss wirklich umsetzen können, was die Kunden von den Maschinen wollen, er muss darauf bezogen entwickeln. Und er muss berücksichtigen, was das kosten darf.“ (Starrag Heckert)*

Obwohl auch in unserer Studie (wie in der Untersuchung des Wissenschaftsrates oder der Absolventenbefragung von HIS) festgestellt wurde, dass **fachübergreifende Qualifikationen** für die erfolgreiche Bewältigung des Berufsalltages sehr wichtig sind, so sind sie doch laut Einschätzung vieler Interviewpartner bei den Studierenden oft wenig ausgebildet.

*"Ich denke, dass die Absolventen in nicht ausreichendem Maße über diese Arbeitsmethoden verfügen. Es gibt eine Reihe von Absolventen, die sich überhaupt erst einmal schwer tun, den betrieblichen Alltag zu erfassen. Es gibt andere, die zwar fleißig arbeiten, aber nicht zielorientiert, und es gibt dritte, die arbeiten gut und wenn es ein Problem gibt, verlieren sie dramatisch an Leistung." (Herr Bauer)*

*"Also bei uns ist ein geflügeltes Wort: Tue Gutes und rede drüber! Wer sein Leistung nicht verkaufen kann, egal auf welcher Ebene, der hat ein Problem. Deshalb müssen die Ingenieure bei uns das, was sie tun als Verkaufsmittel dokumentieren, da sind sie immer geschockt. Die müssen auch rüberbringen: Wozu ist das gut, was wir tun? Das muss ich meinem Kunden rüberbringen. Wenn Techniker oder Ingenieure mit Kunden sprechen, frustrieren diese sie oft anstatt sie positiv einzugarnen.“ (Putzmeister)*

Dass überfachliche Fähigkeiten immer im Zusammenhang mit fachlichen Anforderungen gefragt sind, diese quasi flankieren müssen, macht die folgende Aussage deutlich.

*"Neuer Input ist besonders wichtig, ob es nun um neue Konstruktionstechniken geht, ob es neue Möglichkeiten sind Innovationen zu finden, ob es Themen sind – was ja ganz wichtig ist – im Bereich Entwicklung: Dass ich vernünftige Pflichtenentwicklungshefte formuliere, dass ich Kostenziele definiere, dass ich Termine definiere und dass ich Systematiken habe, mit denen ich das beherrsche. Also begleitende Kostenkontrolle und Projektmanagement." (Krause-Biagosch)*

Kenntnisse und Erfahrung im **Projektmanagement** wurden ebenfalls häufig als notwendige Qualifikation definiert und gleichzeitig als zu schwach ausgeprägt kritisiert.

*"Die Orientierung in Projekten ist eher schwach ausgebildet. Bei der Entscheidungskompetenz und der Projektkompetenz, also dort sind Schwächen. Manchmal auch bei der Sozialkompetenz, da wird einfach kein Gewicht drauf gelegt." (Balluff)*

*"Eine Hochschule muss dem Ingenieur in einer Team- oder Einzelarbeit das nötige Projektbearbeitungswissen vermitteln, d.h. es sollte in einer Hochschule ein Projekt behandelt werden, das alle wesentlichen Merkmale beinhaltet, von den Bedürfnissen der Angebotsabgabe bis hin zur ingenieurtechnischen Bearbeitung der Anlage." (Linde)*

Erfolgreiche Projektarbeit bedarf wiederum auch **personaler Kompetenzen**, wie z.B. die Fähigkeit zur Teamarbeit und zur Konfliktbearbeitung.

*"Teamarbeit, das ist auch ein ganz großes Spektrum... viele Worte und Begriffe fallen ganz einfach, aber die Leute können sich nicht vorstellen, wie es in der Praxis wirklich abläuft. Im Studium wird es nicht vermittelt oder trainiert, die sind Einzelkämpfer." (FETTE)*

*"Teamfähigkeit ist gerade für die Projektarbeit unerlässlich. Wir haben hier eben keine Einzelkämpfer mehr, die gab es früher schon noch. Dass der Konstrukteur am Arbeitsplatz alleine für sich sitzt, das geht heute gar nicht mehr."*

*"Konfliktmanagement/Konfliktfähigkeit, Kompromissfähigkeit fällt mir da noch ein, das ist eine Sache, die vielen Menschen schwer fällt, ob es Ingenieure sind oder nicht. Das sind so Dinge, die wir eigentlich brauchen. Teamfähigkeit haben wir genannt, gerade für die Projektarbeit ist es unerlässlich. Er muss sich hier auseinandersetzen mit dem Menschen von der Dokumentation, weil die Dokumentation ein sehr wesentlicher Punkt bei unseren Produkten ist. Wenn wir die nicht liefern, zahlt der Kunde nicht. ... Und diese Kommunikationsfähigkeit ist gar nicht so leicht, denke ich. Bereit sein mit den Kollegen zu reden und auch aktiv zuhören" (LEWA)*

*"Jeder Absolvent sollte zielorientiert arbeiten können und Konflikte durch Kommunikation auf effiziente Weise lösen können. Das ist aus meiner Sicht unverzichtbar." (Herr Bauer)*

Ebenso wird die Fähigkeit zum effizienten Arbeiten als wichtige Erfolgskomponente benannt:

*"Was ich für gut halte - und wovon ich glaube, dass es nicht vermittelt wird -, das wäre mal Zeitmanagement für die jungen Leute, damit der Jungingenieur seine Zeit rationell einsetzt, um da was hinzubekommen. Das würde ich als viel wichtiger ansehen als ihn großartig in Kommunikation auszubilden." (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

Neben Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und einer stark ausgeprägten Zielorientierung spielt - bedingt durch die Exportorientierung des Maschinenbaus - interkulturelle Kompetenz eine entscheidende Rolle in den Interviews:

*"Für den, der im Vertrieb ist, ist ein besonderer Aspekt die interkulturelle Kompetenz: erkennen, dass es in unterschiedlichen Kulturkreisen ganz unterschiedliche Wertesysteme und Verhaltenserwartungen gibt. Und es reicht dann nicht, etwas gut zu meinen, wenn es mit den Normen des Landes nicht zusammenpasst." (SMS Demag)*

*"Das Thema Globalisierung, das ist ja durchaus unterschiedlich belegt, aber wenn man sagt, dass deutsche Unternehmen ihre wichtigen Unternehmensfunktionen behalten werden und mehr und mehr mit dezentralen Strukturen vernetzt arbeiten, dann kommt zum Beispiel das Thema internationaler Entwicklungsprojekte dazu. Es ist wichtig, diesen eher weltoffenen Blick zu haben." (Balluff)*

*"...und damit auch interkulturell Verständnis für andere zu bekommen. Ich sag immer, am baden-württembergischen Wesen können wir nicht mehr genesen. Wir sind angewiesen, das wir eben in China sind und genauso sind wir in Amerika und wir sind in der Türkei und wir sind in Russland. Und alle sind verschieden." (Putzmeister)*

Interkulturelle Kompetenz, das verdeutlichen auch die ausgewählten Zitate, wird dabei – insbesondere, wenn es um Erwartungen, die sich an Absolventen richten, geht – nicht als ein umfangreiches Detailwissen über andere Kulturen und angemessene Verhaltensweisen verstanden. Gemeint ist vielmehr die grundlegende Haltung, dass die eigenen Normen und Werte nicht als "das Maß aller Dinge" gelten können – es geht um die Fähigkeit zur Toleranz, die immer auch eigene Reflektionsfähigkeit voraussetzt. Es handelt sich also um "Qualifikationen", die weniger über die Aneignung von Wissen als vielmehr in der aktiven Auseinandersetzung erworben werden können. Die Interviewpartner waren sich dabei bewusst, dass es sich dabei auch um Prozesse der Persönlichkeitsentwicklung handelt, die im beruflichen Kontext forciert werden. Es besteht allerdings der Wunsch, dass junge Menschen die oben beschriebene Basis bereits in das Berufsleben einbringen. Hierfür wurden vielfältige Möglichkeiten bereits während des Studiums gesehen. Neben den üblichen Studienaufenthalten im Ausland wurden insbesondere Auslandspraktika als hervorragende Chance benannt, bereits in einem konkreten Arbeitsumfeld erste Erfahrungen mit einem anderen kulturellen Umfeld zu sammeln. Außerdem, so die Argumentation einiger Interviewpartner, böte die zunehmende Internationalisierung der Studiengänge gute Möglichkeiten, um interkulturelle Kompetenz zu erwerben. Dafür bräuchte es jedoch mehr als die Begegnung verschiedener Nationalitäten auf dem Campus. Interkulturelle Kompetenz kann sich nur ausbilden, wenn Interaktionen gezielt reflektiert werden und daraus Schlussfolgerungen für das eigene Handeln abgeleitet werden.

Als sprachliche Grundvoraussetzung für das erfolgreiche Agieren auf globalen Märkten wird das Beherrschen der englischen Sprache gesehen.

*"Die englische Sprache dringt bis in den Fertigungsbereich vor, weil wir den Kunden auch Wartungsdienstleistungen, Ersatzteile usw. anbieten, so dass irgendwo jeder potenziell bezüglich englischer Sprache gefordert wird, und der Ingenieur natürlich besonders." (SMS Demag)*

Dabei geht es nicht um "Multi-Mehrsprachigkeit" sondern um das Vorhandensein von Grundvoraussetzungen, was mit der englischen Sprache im Wesentlichen abgedeckt ist. Nur wenige Unternehmen verlangten bereits von den Absolventen darüber hinaus gehende Sprachkompetenzen. Sollten diese erforderlich sein, bieten die Unternehmen häufig auch die dafür notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen an oder unterstützen diese.

*"...und englische Sprachkompetenz. Wenn jemand, der Ingenieurwesen studiert, auch noch mehrere Sprachen erlernt, dann ist das gut, aber nicht immer notwendig. ...Englisch dagegen muss sein." (RINGSPANN)*

Für die Unternehmen in den Interviews war es ein wichtiges Anliegen, dass die überfachlichen Kompetenzbausteine nicht zu dominant im Vergleich zu den fachlichen Inhalten werden.

*„Aber jetzt in den Ausbildungsweg sehr viel zur Kommunikation reinzugeben, da halt ich gar nicht so viel davon, das muss man vielleicht ein bisschen abhängig von den einzelnen Leuten sehen. Es gibt Leute, die haben da Naturtalente, die können da schon sehr viel, es gibt andere, die sind vielleicht mehr Einzelgänger, da wär's ganz gut, wenn man denen da ein bisschen was vermitteln könnte.... Das wäre für mich eher nachher ein Thema in der Firma, abhängig von den Funktionen, die er da wahrzunehmen hat.“ (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

Die Skepsis richtet sich insbesondere gegen eine **isolierte Vermittlung** sozialer/kommunikativer Kompetenzen, besonders, wenn sie als Konkurrenz zu fachlichen Inhalten gesehen werden. Ausgangspunkt ist dann oft die Überlegung, dass ein zusätzlicher "Kurs" die knappen Zeitbudgets im Ingenieurstudium weiter verringern und dies auf Kosten der fachlichen Inhalte gehen könnte.

*"Ja, aber das würde ich nicht vermitteln wollen an einer Hochschule mit speziellen Kursen in Kommunikation, ...dass man die Leute fordert, mal irgendwo einen kleinen Vortrag zu halten, und dann erleben die schon selber, was für eine Mühe das für sie ist, oder andere haben da ein gewisses Naturtalent." (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

Hinzu kommen Zweifel, inwieweit ein isoliertes Vermitteln sozialer Kompetenzen sinnvoll und zielführend sei. Zum Teil hat man sich auch mit den vorhandenen Mängeln bereits abgefunden oder arrangiert, zum Teil schreibt man diese Fähigkeiten jenen "High Potentials" zu, die aufgrund persönlicher Begabungen (so die Vermutung) im besonderen Maße über diese "Eigenschaften" verfügen (auch diese müssen jedoch selbstverständlich das notwendige fachliche Know-how mitbringen).

*"Wir stellen nun mal fest, das ist aber kein Vorwurf, sondern eine Tatsache bei den Absolventen, die wir bisher eingestellt haben, die sind super in ihrem Fachwissen. Die sind sehr gut, sehr konzentriert in der Arbeit, leisten hier auch sehr viel. Wenn es aber darum geht, Dinge zu kommunizieren, aber auch die zwischenmenschlichen Geschichten, die auch mit erforderlich sind... Bei den sozialen Kompetenzen, da stellen wir schon Mängel fest. Aber das ist eigentlich normal, aus unserem Kenntnisstand." (LEWA)*

Interessant ist dabei der Widerspruch zwischen den Anforderungen, wie sie bei den zentralen fachlichen Kompetenzen benannt werden - dabei (siehe Abschnitt 3.2.1) wurde deutlich, dass erfolgreiche Ingenieursarbeit notwendigerweise das Zusammenspiel fachlicher und überfachlicher Kompetenzen benötigt - und der Resignation (bzw. Akzeptanz) bezüglich der Defizite in den überfachlichen Qualifikationen.

Wurde aber in den Interviews der Blick gezielt auf die überfachlichen Qualifikationen gerichtet, so überlagerte aus dieser Perspektive ein anderes Bild die Bedarfseinschätzung: Ausgehend von eigenen (negativen?) Erfahrungen mit "Kommunikations- und Präsentationstrainings" wurde festgestellt, dass diese Art der Vermittlung nicht zum gewünschten Ziel führen könne. Und das Ziel ist eben der "fachlich versierte Ingenieur, der unerstützt durch überfachliche Qualifikationen erfolgreich im komplexen Kontext agiert" und nicht der ausgewiesene "Kommunikator" oder "Präsentator", der möglicherweise dann – so die Befürchtung – Defizite im fachlichen Bereich aufweist.

Das "Entweder-Oder" der Diskussion um fachliche und/oder überfachliche Qualifikationen floss im starken Maße in die Reflexion dieses Bereiches ein. Die Frage "entweder fachlich oder überfachlich" führt dazu, dass die Defizite zwar benannt, aber gleichzeitig resignativ akzeptiert werden. In der Konsequenz versuchen viele Unternehmen in diesen Bereichen durch eigene Qualifikationsangebote nachzubessern.

**Bei der Betrachtung möglicher Umsetzungswege muss daher gefragt werden, wie es gelingen kann, dieses "Entweder-Oder" aufzulösen. Ziel sollte dabei sein, dass Ingenieure das Studium absolvieren, deren Kompetenz den tatsächlichen Anforderungen der Praxis entspricht.**

Zusammenfassend sollen an dieser Stelle noch einmal die überfachlichen Qualifikationen genannt werden, die als wesentliche Kompetenzbausteine thematisiert wurden.

- Grundlegendes Wissen über betriebliche Strukturen, Prozesse und Abläufe,
- Kostenbewusstsein (!),
- Projektmanagement,
- Kommunikationsfähigkeit,
- Kundenorientierung,
- Teamfähigkeit,
- Englische Sprachkenntnisse,
- Interkulturelle Kompetenz
- Zeitmanagement und Selbstorganisation,
- Vernetztes und systematisches Denken,



- Zielorientierung,
- Arbeitsmethoden,
- Lernkompetenz,
- Durchsetzungsvermögen und
- Präsentationsfähigkeit.

### 3.2.3 Anforderungsprofile für Ingenieure

In den Interviews zeichneten sich unterschiedliche Anforderungsprofile für Ingenieure ab. Obwohl der Fokus der Fragestellung nicht auf der Erarbeitung unterschiedlicher Anforderungsprofile lag, sollen doch an dieser Stelle diese Aussagen aus den Interviews aufbereitet und zur Diskussion gestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Unternehmensvertreter in ihren Statements zumeist nicht auf die aktuelle hochschulpolitische Diskussion zielten, sondern sie schilderten unterschiedliche Anforderungen im Unternehmen und die dazu - aus ihrer jeweiligen praktischen Erfahrung heraus – passenden Qualifikationstypen. Die hierbei vorgenommenen Beschreibungen folgen einem groben Raster. Differenziertere Aussagen würden eine gesonderte Untersuchung erfordern und können im Rahmen der vorliegenden Studie nicht geleistet werden.

In den Interviews wurden 3 Typen von Ingenieuren benannt:

1. **"Der Generalist"**: Er ist Systemintegrator, Prozessmanager. Basis ist sein ausgeprägtes Grundlagenwissen, insbesondere im Bereich der Physik. Er verfügt über ausgeprägte Abstraktionsfähigkeit und solides Wissen über angrenzende Fachdisziplinen sowie über die ausgeprägte Fähigkeit zum ganzheitlichen Denken. Die zentralen fachlichen Kompetenzen: Theorie-Anwendungs-Kompetenz, Problemlösungskompetenz, Transferkompetenz, Methodenkompetenz und Innovationskompetenz sind sehr stark ausgeprägt.

*"Der Systemingenieur ist ein Generalist, der mit einem hohen Level an Grundlagenausbildung von der heutigen Uni kommt, der sich dann über einige Jahre bei uns breiter anlegen muss, der aber weniger während seiner Arbeit in der Fertigung steht und schaut, wo es klemmt bei dem Anlauf eines Produktes."*

*„Dieser Generalist, der Systemingenieur, der schon auch umsetzungsorientiert ist, ja der den Überblick aber über alle Disziplinen hat, der beherrscht auch Projektlenkung und Projektkompetenz.“ (Balluff)*

2. **"Der Spezialist"**: Basis sind auch hier die oben genannten zentralen fachlichen Kompetenzen, die in einem fundierten Grundlagenwissen wurzeln. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf dem stark ausgeprägten Tiefenwissen in ausgewählten Bereichen, bzw. in einem Bereich.

*"Also für uns sind Generalisten diejenigen, die den Gesamtüberblick über den ganzen Prozess haben, die sich weniger spezialisieren. Wobei man sagen muss, die Fachexperten oder Spezialisten sind ebenfalls notwendig, weil ich nicht nur Generalisten haben kann. Es ist ganz klar, ein Generalist muss in verschiedenen Disziplinen an der Oberfläche kratzen und kann nicht in die Tiefe gehen, das geht nun mal nicht. Auch wir brauchen Leute, die Interesse daran haben in die Tiefe zu gehen, Fachexperten, die dann letztlich mehr das Profil der Hochschulen in sich vereinigen können." (Linde)*

3. **"Anwendungsorientierter 'pragmatischer' Fachmann"**: im Mittelpunkt steht die ausgeprägte Fähigkeit, Wissen schnell in die Anwendung zu transferieren (Transferkompetenz, Problemlösungskompetenz). Er (oder sie) kann insbesondere betriebliche Anforderungen schnell nachvollziehen, kennt verschiedene industrielle Anwendungsmöglichkeiten, verfügt über ein relativ breites Überblickswissen im Maschinenbau.

*"Das ist der Absolvent, der eher als Praktiker zu uns kommt und der auch eine betriebswirtschaftliche Basis hat, der im Studium, im Praxissemester oder vorher in der Lehre Firmen und Entwicklungsabteilungen von innen gesehen hat." (Balluff)*

*"Wenn jemand in die Produktion gehen will, dann muss er wissen, wie Fertigungsprozesse funktionieren, er braucht dann Werkzeugmaschinenkenntnisse und die dazugehörigen Grundbegriffe, wie er so etwas berechnen kann, einen Arbeitsplan anfertigen und solche Dinge. Das sind die zwei wesentlichen Bereiche, das eine ist Maschinenbau (Entwicklung und Konstruktion) und das andere ist die Produktion. Das ist natürlich ein weites Feld. Ein wenig Basiswissen Fertigungstechnik kann da bei Projekten gut eingesetzt werden. Es muss nicht der Überqualifizierte sein, der bis zum letzten eine komplette Fabrik machen kann, das brauchen wir nicht. Da reichen natürlich Leute, die so ausgebildet sind, dass sie eine bestimmte Optimierung von Fertigungsverfahren durchführen können. Aber ich muss nicht einen haben, der eine ganze Fabrik plant." (Krause-Biagosch)*

Deutlich wurde, dass die Unternehmen ebenso anwendungsorientiert wie forschungsorientiert ausgebildete Absolventen benötigen. Dies spiegeln auch die oben beschriebenen Ingenieurprofile wider.

Die bekannten differenzierten Ausbildungsprofile, die wiederum zumeist Hochschultypen zugeordnet werden, schätzen die befragten Unternehmen sehr.

In den Interviews zeigte sich jedoch, dass eine Zuordnung dieser Profile zu den jeweiligen Hochschultypen, Universität und Fachhochschule, nicht immer eindeutig möglich ist. Vielmehr scheint bereits heute die Profilbildung (Infrastruktur, Ausstattung, Forschungsschwerpunkte, Lehrende etc.) der einzelnen Hochschule eine immer größere Rolle zu spielen. Das spätere Einsatzfeld und der Entwicklungsweg eines Absolventen im Unternehmen sind darüber hinaus selbstverständlich wesentliche Einflussfaktoren.

*"Der FHler ist wirklich der, der schnell anwendungsorientierte Lösungen herbei bringt. ...Während ich den Universitätsmann eher als den Innovator sehe. Innovationen sind dann gegeben, wenn man z.B. Widersprüche auflöst. Also der muss abstrakt denken können, der muss Probleme auf andere Ebenen heben können, damit er da wieder neue Lösungsansätze findet, völlig neue Dinge macht, innovationsorientierte Strategien entwickelt. Und jeder, der FHler und der Universitätsmann, haben ihre Daseinsberechtigung." (ZF Maschinenantriebe)*

*"..., wenn es um hoch komplexe Forschungsthemen geht, da ist dann sicher der Universitätsabsolvent von Vorteil. ...Dann muss man natürlich aufpassen, dass man die Leute nicht zu sehr in Kategorien reinpackt. Es gibt nämlich FH-Absolventen, wo man denkt, die sind praxisorientiert, und die arbeiten sich auch in theoretische Themen gut rein." (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

*"..., denn wir haben ja gute Erfahrungen mit FH-Absolventen und der FH-Bachelor und der Universitätsbachelor werden sich in Zukunft nicht weit unterscheiden. ...damit werden sich FH und Unis in diesen Studiengängen aufeinander zu bewegen. Insofern fällt es aber den Universitäten umso schwerer diese Umstrukturierung zu machen. Die Fachhochschulen haben eigentlich nur das Problem, das sie in ihrem jetzigen Studienaufbau ein ein- bis zweisemestriges Praktikum haben und sie das in Zukunft nicht mehr in den sieben Semestern unterbringen können. Aber das werden sie auch lösen, während die Universitäten eben überhaupt nicht anders können als ihr gesamtes Studium umzustellen, den Fächerkanon zu ändern, weniger Grundlagenfächer im Bachelorstudium zu lehren, vielleicht im Masterstudium gewisse Teile nachzuholen, die für einen intensiveren wissenschaftlichen Einblick in die ingenieurwissenschaftlichen Zusammenhänge notwendig sind, aber diesen praktisch-orientierten Bachelorteil zu einer runden Sache zu machen. Da kommen Fächer, die früher im Hauptdiplomstudium waren, jetzt nach vorne ins Bachelorstudium und andere, die im Vordiplom gelehrt wurden, haben im Bachelorstudium nichts mehr zu suchen." (Achenbach-Buschhütten)*

## 4 Umsetzung fachlicher Anforderungen in der Ingenieurausbildung

Im Folgenden soll diskutiert werden, wie die seitens der Unternehmen formulierten Anforderungen in der Ingenieurausbildung aufgegriffen und umgesetzt werden können. Dabei wird der Fokus insbesondere auf die Bereiche gerichtet sein, in denen Entwicklungsbedarf gesehen wird. Das heißt: die Bereiche des Studiums, mit denen die Unternehmen im Wesentlichen zufrieden sind, werden weniger beleuchtet werden, als jene, in denen größerer Handlungsbedarf besteht.

Auch wenn es insgesamt einen Veränderungsbedarf gibt, der ganz unabhängig von der aktuellen Diskussion um die Hochschulreform besteht, so soll doch überwiegend auf die Neuorganisation der Studiengänge im Rahmen der Bachelor- und Masterstudiengänge Bezug genommen werden. Dies geschieht nicht, weil die Einführung gestufter Studiengänge aus Sicht der Autorinnen als die einzig mögliche Antwort auf diesen Handlungsbedarf gesehen wird. Vielmehr ist für dieses Vorgehen der Gedanke leitend, dass die Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge ohnehin eine umfangreiche Neuorganisation erfordert, in deren Rahmen dann auch notwendige inhaltlich-fachliche und organisatorische sowie didaktische Veränderungen vorgenommen werden können und sollen. Wenn statt einer "Qualitätsanpassung nach unten" eine sinnvolle Weiterentwicklung der deutschen Ingenieurausbildung stattfinden soll, so müssen diese Möglichkeiten der Reform konsequent genutzt werden.

Wie in den vorangegangenen Abschnitten, sollen auch hier wieder Vorschläge der Unternehmen vorgestellt und reflektiert werden. Darüber hinaus sollen jene Good-Practice-Beispiele aus den Hochschulen einfließen, die im Rahmen der Diskussions-Workshops durch die Hochschulen präsentiert wurden. Es handelt sich dabei um erprobte Konzepte, in denen Wege aufgezeigt wurden, auf die aktuellen Anforderungen vor denen die Ingenieurausbildung steht, produktiv und kreativ zu reagieren.

Zunächst sollen jedoch zur besseren Übersichtlichkeit die wesentlichen Aussagen aus dem Kapitel "Anforderungen an die Ingenieure" in einem kurzen Überblick zusammengefasst und anschließend die sich daraus ergebenden Fragestellungen für die Ausbildung formuliert werden:

- Ausgangspunkt der Betrachtungen war die Feststellung, dass die technologische Entwicklung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie und ihre Auswirkungen auf die Ingenieursarbeit sowie die Reorganisation betrieblicher Abläufe zu neuen Aufgabenzuschnitten und zu fachlicher Anreicherung der Ingenieursarbeit führen. Die daraus resultierenden Anforderungen lassen sich als mehrdimensionale Kompetenzbündel beschreiben, die als "zentrale fachliche Kompetenzen zusammengefasst" wurden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass in ihnen fachliche und außerfachliche Kompetenzbausteine zusammengeführt sind.
- Anschließend wurden unter der Überschrift "Kompetenzbausteine" einzelne Qualifikationen und Fähigkeiten aufgefächert und dabei auch Begriffe reflektiert, die immer wieder (z.B. auch in den VDMA Ingenieurerhebungen) zur Beschreibung notwendiger Ausbildungsinhalte und -methoden verwendet werden.

- Dabei wurde herausgearbeitet, dass das ingenieurwissenschaftliche Handwerkzeug seine Wurzel in der sicheren Beherrschung des Grundlagenwissens hat.
- Des Weiteren wurde deutlich, dass die Begriffe "Anwendungsorientierung" bzw. "Anwendungsbezug" nicht einheitlich verwendet, bzw. mit sehr unterschiedlichen Inhalten gefüllt wurden. Ziel der Anwendungsorientierung, wie auch der fachlichen Vertiefungen im Sinne von Spezialisierungen, sollte das Ausprägen der Transferkompetenz sein. Es geht darum Theorie-Anwendung zu erproben und damit die Basis aller weiteren zentralen fachlichen Kompetenzen zu stärken.
- In dem Bereich 'Überfachliche Anforderungen' wurden wesentliche Qualifikationsanforderungen benannt, die aus den veränderten Umfeldbedingungen der Ingenieursarbeit resultieren und die im engen Bezug zu den fachlichen Kompetenzbausteinen stehen. Im Zusammenspiel mit diesen ergeben sie die anfangs beschriebenen 'zentralen fachlichen Kompetenzen'. Der seitens der Unternehmen festgestellte Bedarf an einer besseren Ausprägung dieser "sozialen und methodischen Kompetenzen" deckt sich stark mit der Selbsteinschätzung von Absolventen (siehe HIS Absolventenbefragung). Allerdings wurde auch die Befürchtung deutlich, die Umsetzung dieser Anliegen könnte die Güte der Grundlagenausbildung schmälern, da zusätzliche Fächer die Zeitbudgets für die rein fachliche Ausbildung verkleinern würden.

Um eine Ingenieurausbildung zu kreieren, die diese Anforderungen aufgreift und die versucht, die formulierten Widersprüche aufzulösen, müssten folgende Fragen beantwortet werden:

- ***Wie kann es gelingen, dass die Qualifikation der Absolventen tatsächlich über die Aneignung von Wissen hinaus reicht und die Absolventen in die Lage versetzt werden, sich bereits während des Studiums die gewünschten Kompetenzen anzueignen?***
- ***Wie kann dabei gewährleistet werden, dass einerseits die notwendige grundlegende Fachkenntnis und andererseits die flankierenden überfachlichen Fähigkeiten erworben werden?***
- ***Welche didaktischen Methoden können dies unterstützen?***
- ***In welchem Verhältnis soll die Vermittlung von Grundlagenwissen, Anwendungsorientierung und Spezialisierung zueinander stehen?***

Diese Fragestellungen sollen im Folgenden unter der Überschrift "**Kompetenzen im Ingenieurstudium**" behandelt werden.

Bedingt durch die aktuelle hochschulpolitische Diskussion stehen darüber hinaus weitere Fragestellungen zur Diskussion, auf die in den Interviews ebenfalls Bezug genommen wurde, um ein Meinungsbild der befragten Unternehmensvertreter zu erhalten:

- **Studienorganisation:** In welchem Verhältnis sollen einzelne Ausbildungsteile zueinander stehen? Welche Vorstellungen haben die Unternehmen bezüglich der Gestaltung der künftigen Bachelor- und Master-Studiengänge, wie soll die Organisation der Studiengänge gestaltet werden?

- **Praxisphasen:** Welchen Stellenwert haben Praxisphasen aus der Sicht der Unternehmen? Welche Kompetenzen werden durch Praktika vermittelt und welche Alternativen gäbe es eventuell dazu?
- **Studiendauer:** Welche Erwartungen und Vorstellungen haben die Unternehmen bezüglich der Studiendauer? In wie weit wird eine Verkürzung der Gesamtstudiendauer als notwendig erachtet?
- **Weiterbildung:** Wie beurteilen die Unternehmen die in der gestuften Studienstruktur enthaltene Möglichkeit, das Studium nach mehrerer Jahren der Berufstätigkeit fortzusetzen? Werden die darin enthaltenen neuen Möglichkeiten des lebenslangen Lernens positiv bewertet?

Auf diese Themen wird unter der Überschrift "**Überlegungen zur Organisation und Struktur von Bachelor-Master-Studiengängen** " eingegangen werden.

#### 4.1 Kompetenzen im Ingenieurstudium

Die Anforderungen an die Ingenieure haben sich deutlich verbreitert. Wenn zukünftige Absolventen über Kompetenzen verfügen sollen, in denen sich fachliches Know-how und überfachliche Fähigkeiten vereinen, so stellt sich die Frage, wie es gelingen kann, diese mehrdimensionalen Kompetenzbündel im Studium zu erzeugen.

An dieser Stelle soll zum klaren Verständnis des Kompetenzbegriffes eine kurze Definition eingeführt werden:

*"Während Qualifikationen als Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu verstehen sind, die ausgehend von spezifischen Tätigkeitsmerkmalen definiert werden und als fremddefinierte Anforderungen an Mitarbeiter herangetragen werden, **impliziert der Kompetenzbegriff die Fähigkeit, in ungewissen und komplexen Situationen und bei offenen Aufgabenstellungen in prozessorientierten Arbeitsorganisationen durch selbstorganisiertes Handeln Problemlösungen zu entwickeln sowie selbstorganisiert Neues hervorzubringen.** Kompetenz beschreibt die **situationsunabhängige Handlungs- und Problemlösungsfähigkeit von Individuen.**"...**"Im Vordergrund stehen ... die Handlungsfähigkeit und der generelle Berufserfolg,** der auch mit Employability unterlegt werden kann. Diese ist unabhängig von der konkreten Organisation zu sehen, **denn Kompetenz wirkt sich unabhängig von den spezifischen situativen Faktoren auf den Handlungserfolg des Individuums aus.**" (Uta Wilkens, Von der individuellen zur kollektiven Kompetenz?, Papier anlässlich des Herbstworkshops „Personalmanagement und Unternehmenskrisen“ der Kommission Personal, am 24./25. September 2004 in Konstanz)*

Diese Definition deckt im großen Maße auf einer abstrakteren Ebene das ab, was die Probanden in den Interviews als Anforderungen an die Ingenieursarbeit beschrieben haben. Dabei ließ sich klar erkennen, dass auch nach Vorstellung der Unternehmen, Kompetenz mehr umfassen soll, als nur passiv verfügbares Wissen oder einzelne Fähigkeiten und Fertigkeiten. Der Kompetenzbegriff ist mehrdimensional und enthält eine "Umsetzungskomponente", hier beschrieben als die Fähigkeit, in Situationen mit neuen und komplexen Anforderungen angemessene Lösungen zu finden.

### 4.1.1 Vorschläge zur Umsetzung

Wird die Ingenieursarbeit zunehmend in Projekten organisiert, ist es nicht nur sinnvoll, das angehende Ingenieure etwas über Projektarbeit im Studium erfahren, sie müssen auch bereits während des Studiums in Projekten lernen und arbeiten, wenn statt reinem "Wissen" Kompetenzen ausgebildet werden sollen. Geht es im beruflichen Alltag zunehmend darum, in interdisziplinären Teams zu arbeiten, so braucht es auch im Studium mehr als theoretische Informationen über Teamarbeit und mehr als das Nebeneinander eines Fächerkanons. Benötigt werden dann Lernfelder, in denen Aufgaben interdisziplinär und im Team gelöst werden müssen. Kurz: Die Ingenieurausbildung steht vor der Herausforderung, einerseits neue verbreiterte Inhalte (fachlich, überfachlich) zu vermitteln und andererseits die Handlungsorientierung stärker in die Ausbildung zu integrieren.

*"Sicher eine Frage der Unternehmenskultur, aber auch im Studium kann man dies durch Gruppenarbeit, durch interdisziplinäres Arbeiten üben." (RINGSPANN)*

Um die Grundlagenvermittlung zu verbessern, sollten die Hochschulen neue Lehrformen, z. B. Projektarbeit, und die Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen (z.B. Hochschuldidaktik) nutzen. Und...:

*"Und vor allen Dingen ein anderes Denken anzufangen. Das Denken heute ist doch so, dass die Grundlagen dazu benutzt werden, die Studenten auszusortieren. Ja. Was sind denn Vordiplomprüfungen in vielen Fächern? In vielen Fächern enthalten sie die Kriterien, die aufgestellt werden, um damit möglichst zwischen 40-60% der Studenten los zu werden." (Achenbach-Buschhütten)*

*"Also ich könnte mir vorstellen, dass man Veranstaltungen, die heute noch als Seminar ablaufen, als Projektarbeit durchführt. Und zwar indem man Projektgruppen zu je fünf bis zehn Personen bildet und Aufgaben definiert, die sie selbstorganisiert zu bearbeiten haben. Und diese Aufgaben, die könnten sich am Inhalt eines klassischen Seminars orientieren.*

*Dazu würde man Einführungsveranstaltungen machen, wo man etwas zu den Grundlagen des Projektmanagements sagt: ‚auf unseren Rechnersystemen haben wir die und die Werkzeuge, mit denen Ihr das machen könnt‘, und dann die Teams laufen lassen. So, dann sollte es einen Ansprechpartner geben für diese Projektteams, und der sollte aber nicht in die Rolle des Projektleiters schlüpfen, sondern mehr im Hintergrund sein und beraten, wenn es Fragen gibt. Die eigentliche Organisation und Durchführung sollte beim Team selbst liegen. Die Bearbeitung würde dann nicht nur darin bestehen, das, was als Ziel gestellt wurde, inhaltlich zu liefern, sondern auch, ihre Organisation zu dokumentieren: wie haben sie das gemacht, wie ist das gelaufen. Und das ganze sollte dann in eine Abschlusspräsentation münden, in der die ganzen Aspekte vorgetragen und diskutiert würden." (SMS Demag)*

Die Unternehmen legen viel Wert darauf, dass die Vermittlung überfachlicher Qualifikationen nicht zu Lasten des notwendigen Grundlagenwissens gehen darf. Das heißt, **neue umfangreiche Fächer für fachübergreifende Qualifikationen sollten nur dort, wo sie unverzichtbar sind, installiert werden.**

In der Diskussion mit Unternehmen und Hochschulen wurde festgestellt, dass diese **Kompetenzen integriert und gekoppelt mit technischen Problemstellungen angeboten werden sollen.** Dies würde außerdem auch eine positive Wirkung auf

die Attraktivität und Effizienz des Studiums haben. Damit können neue Zielgruppen, insbesondere Frauen, für dieses Studium angesprochen werden. Für die so ausgebildeten Absolventen würde sich der Berufseinstieg erheblich erleichtern. Gleichzeitig könnte sich die Motivation während des Studiums erhöhen, denn Studierende wüssten dann bereits frühzeitig, warum sie Mathematik, Thermodynamik, Mechanik usw. brauchen, um beispielsweise Verbrennungsmotoren zu optimieren oder Flugantriebe zu konstruieren.

Der in der Hochschulreform angelegte Paradigmenwechsel hin zu einer stärkeren Output-Orientierung bei gleichzeitiger Modularisierung bietet gute Möglichkeiten, die hier formulierten Ansprüche umzusetzen: Statt die akademische Ausbildung über Wissensbausteine zu definieren, können ausgehend von den Kompetenzen in den einzelnen Modulen Lernziele, Lerninhalte und Lernmethodik festgelegt und in einer Gesamtsicht zu einem Curriculum ausgebaut werden. Die in dieser Studie beschriebenen zentralen fachlichen Kompetenzen könnten dabei als Leitbild für die moderne (output-orientierte) Ingenieurausbildung gelten. Insbesondere um die Trennung des Ingenieurstudiums in eine grundlagenorientierte erste Phase und eine eher anwendungsorientierte zweite Phase, in der additiv auch die so genannten "soft skills" gelehrt werden, aufzuheben, müssen auch neue Wege der Wissensvermittlung entwickelt und implementiert werden. Damit das Lernen nicht dem "Versuch und Irrtum-Prinzip" überlassen bleibt, müssen diese Lernformen außerdem didaktisch durchdacht und begleitet werden.

*"..., wenn an Universitäten eine Ausbildung, die ich in bestimmten Fächern sowieso machen muss, kombiniert wird mit Projektarbeit und dann bewusst Elemente des Projektmanagement angewendet werden." (SMS Demag)*

Das im folgenden vorgestellte Beispiel der FH Frankfurt zeigt einen gelungenen Ansatz, wie die formulierten Anforderungen umgesetzt werden können:

### ***Kompetenzen in den Modulen der Fachhochschule Frankfurt - Integrierte Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen sichert die Berufsfähigkeit***

*Die Fachhochschule Frankfurt am Main wurde Anfang 2005 durch die Hochschulrektorenkonferenz (HRK) als „Bolgna-Kompetenzzentrum“ ausgezeichnet. Für den Studiengang Maschinenbau entwickelt eine Arbeitsgruppe aus Professoren, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Studierenden ein Konzept, das konsequent auf eine integrierte Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen ausgerichtet ist. Bereits im Jahr 2004 hat sich der Senat der Fachhochschule Frankfurt am Main in sehr intensiven und gründlichen Diskussionen auf eine Kompetenzbeschreibung verständigt, wie sie im BLK-Projekt Tuning Educational Structures in Europe formuliert wurde: Der Begriff Kompetenz umfasst hier die Aspekte Wissensaneignung, Wissenstransfer und Wissensgenerierung. Zentrales Element dieses Kompetenzbegriffes bleibt das (Fach-)Wissen. Jedoch wird dieses Wissen nicht isoliert verstanden, sondern von vornherein im Zusammenhang mit denjenigen Fähigkeiten, die Hochschulabsolventinnen und -absolventen benötigen, um mit dem verfügbaren (Fach-)Wissen die von Ihnen angestrebten beruflichen und gesellschaftlichen Aufgaben bewältigen zu können.*

*Um den Kompetenzbegriff im Bachelor- und Masterstudiengängen operationalisierbar zu machen, wird zwischen Fachkompetenzen und fachunabhängigen bzw. fachübergreifenden Kompetenzen unterschieden.*



Dabei ist die Kategorie *Fachkompetenzen* untergliedert in *Fachwissen*, *Fachmethodik* und *Fachethik*.

Die Kategorie **fachunabhängige Kompetenzen** zielt auf all jene Fähigkeiten, die erforderlich sind, um die vorhandenen *Fachkompetenzen* im betrieblichen oder wissenschaftlichen Alltag einsetzen zu können („Employability“).

Für die *fachunabhängigen Kompetenzen* wird die weitere Unterteilung in *interpersonelle*, *instrumentelle* und *systemische Kompetenzen* verwendet.

Als **instrumentelle Kompetenzen** werden allgemeine Werkzeuge wie Rechneranwendungen und sprachliche Fertigkeiten verstanden.

Die **interpersonellen Kompetenzen** schließen z.B. *Selbstorganisation*, *Zeit- und Projektmanagement*, *Kommunikation im Team* und *Präsentationstechniken* ein.

Die **systemischen Kompetenzen**, befähigen sowohl zum Umgang mit komplexen und vernetzten technischen Systemen als auch zum Handeln in komplexen und arbeitsteiligen Organisationen.

Die Bachelor- und Masterstudiengänge sind durchgängig in Modulen angelegt. Für jedes Modul werden die zu erwerbenden *Kompetenzen* definiert und darauf bezogenen *Lernziele* festgelegt. Die Art der Vermittlung sollte dann möglichst mit diesen formulierten Zielen harmonisieren. Die FH Frankfurt stellt sich dabei der Anforderung, jedes einzelne Modul **mehrdimensional** anzulegen, so dass die oben beschriebenen *Kompetenzen* in ihrer ganzen Breite vermittelt werden können.

An der Fachhochschule Frankfurt zeichnen sich die Module durch *praxisorientierte Lehr- und Lernformen* – *Labor- und Projektarbeiten* sowie *berufspraktische Studienabschnitte* – aus. In jedem Modul werden *Fachkompetenzen* und *fachübergreifende Kompetenzen* integrativ vermittelt. Vor der Studienreform wurden *Fach-, Zusatz- und Schlüsselqualifikationen* additiv im Curriculum gelehrt

Die sei am **Beispiel des Moduls Konstruktion/ Produktentwicklung** erläutert:

Im Bereich *Fachkompetenzen* wird als **Fachwissen** z.B. erworben:

- Normgerechtes Zeichnen,
- Funktionsgerechtes Konstruieren,
- Fertigungsgerechtes Konstruieren, usw.

Als **Fachmethodik** werden beispielsweise vermittelt:

- Systematisches Konstruieren und Berechnen

Im Bereich der **Fachethik** geht es um Themen, wie:

- Produktsicherheit,
- Produktkosten, etc.

Als **fachunabhängige Kompetenzen** werden z. B.:

- die Erläuterung einer Konstruktionsarbeit in englischer Sprache verlangt,
- die Struktur rechtlicher Regelwerke erläutert
- und im Rahmen eines Projektes die Zeit- und Projektplanung bei der Durchführung einer Konstruktionsarbeit vermittelt (*Selbstorganisation*).

Bei den **systemischen Kompetenzen** sollen beispielsweise

- Kundenorientierung,
- Transferfähigkeit
- und Zielorientierung trainiert

Insgesamt bemüht sich der Fachbereich 2 darum, von dem "Reflex Vorlesung" weg zu kommen und noch stärker als bisher auf die Wissensvermittlung in Projekten zu setzen. So z.B. wird die Teamfähigkeit entwickelt, indem die Studierenden zur Lösung der ihnen gestellten Aufgaben eine Laborgruppe organisieren. Im Abschluss werden nicht nur die fachlichen Ergebnisse reflektiert sondern auch - mit Unterstützung einer Kollegin aus dem Bereich "Soziale Arbeit und Gesundheit" - die Gruppenprozesse ausgewertet, so dass jeder einzelne Studierende eine Rückmeldung bezüglich seines Teamverhaltens erhält.

Diese integrierte Vermittlung unterschiedlicher Kompetenzen soll in allen Fächern erfolgen, damit können bisherige Fächer, in denen die Zusatz- und Schlüsselqualifikation gelehrt werden, entfallen.

FH Frankfurt: 9.000 Studierende

[www.fh-frankfurt.de](http://www.fh-frankfurt.de)

Fachbereich 2 Informatik und Ingenieurwissenschaften: 3.300 Studierende

Wenn, wie hier konzipiert, in den Modulen des Bachelor- und Masterstudiums konsequent mehrere Dimensionen des Kompetenzbegriffs integriert vermittelt werden, anstatt additiv und ohne Bezug nebeneinander zu stehen, was in den an Fächern orientierten Diplomstudiengängen traditionell der Fall war, bedeutet das für die Berufsfähigkeit der Bachelor- und Master-Studierenden eine neue Qualität.

#### **Teamarbeit im Labor lernen: Labor Technische Schwingungslehre an der FH Frankfurt**

Ein weiteres Beispiel für die integrative Vermittlung von fachlichen und überfachlichen Qualifikationen ist die Laborübung "Technische Schwingungslehre". In Zusammenarbeit mit Tutoren aus dem Fachbereich "Soziale Arbeit und Gesundheit" der Fachhochschule Frankfurt wird in der Laborübung der Gruppenprozess reflektiert, um die Kommunikations- und Teamfähigkeit der einzelnen Gruppenmitglieder zu verbessern aber auch das Arbeitsergebnis der Gruppe als Ganzes zu optimieren. Daneben wird auch der Umgang mit Messdatenerfassungs- und Auswertungssystemen geübt (Kompetenz Rechneranwendung). Durch die Einbeziehung der Tutoren und die kritische Reflexion der Gruppenprozesse steigt natürlich der Betreuungsaufwand für das Labor. Aber der Nutzen überwiegt: die Studierenden nehmen die Vermittlung der Schlüsselqualifikation im Zusammenhang mit den fachlichen Inhalten besser an und erkennen die Vorteile für die Arbeitsorganisation.

Die FH Frankfurt machte die Erfahrung, dass dieser neu konzipierte Bachelor-Studiengang bei den Studierenden auf wesentlich größere Akzeptanz stieß, als der Vorgängerstudiengang, der eher theorieorientiert ausgelegt worden war. Das Fazit aus dieser Erfahrung der FH Frankfurt lautet: Den Hochschulen muss es gelingen, über Veranstaltungen mit Anwendungsbezug Interesse und Spaß an den Grundlagen zu vermitteln und damit auch die Motivation zu erhöhen.

Die großen technischen Universitäten stehen vor der Herausforderung, sich den höher werdenden Anforderungen an die Ingenieurausbildung stellen zu müssen, wobei die große Anzahl von Studierenden, der "universitäre Massenbetrieb" und die gleichzeitig knappen Ressourcen die Umsetzung neuer didaktischer Ansätze erschweren. Dennoch werden Wege gesucht, um die Qualität und die Attraktivität des Studiums zu verbessern.

### **Projektkurs "Einführung in den Maschinenbau" an der TU Darmstadt**

*Mit dem Übergang auf die neue Bachelor/Master-Struktur wurde das Studium des Maschinenbaus an der Technischen Universität Darmstadt grundlegend neu konzipiert. Dabei wurden nicht nur die mit der Einführung der Bachelor-Studiengänge verbundenen Anforderungen, sondern auch die Ergebnisse einer zuvor durchgeführten Befragung der Studierenden einbezogen. Diese hatte gezeigt, dass in den ersten Jahren des alten Diplom-Studiums eine gewisse Orientierungslosigkeit vorherrschte. Die zahlreichen Grundlagenfächer ließen keine konkreten Bezüge zu dem erkennen, was sich die Studierenden unter Maschinenbau vorgestellt hatten.*

*Im neuen Studium führt bereits das erste Semester den Studenten konsequent in das Denken des Maschinenbau-Ingenieurs ein. Für den Projektkurs „Einführung in den Maschinenbau“ wird eine Woche aus dem Vorlesungszeitraum herausgeschnitten. Die Studierenden werden in Teams von zehn bis zwölf Personen eingeteilt und erhalten eine komplexe Aufgabe wie z. B. „Entwickeln Sie eine Meerwasserentsalzungsanlage für Siedlungen mit zehn bis 1 000 Einwohnern“ oder "Planen Sie einen Großgrill".*

*Je ein Tutor und ein Coach betreuen zwei Teams. Tutoren sind wissenschaftliche Mitarbeiter des Fachbereichs Maschinenbau, Coachs sind Mitarbeiter der Hochschuldidaktischen Arbeitsstelle sowie von ihr besonders trainierte Studierende vornehmlich aus den Disziplinen Psychologie und Pädagogik. Die Coachs haben die Aufgabe, die Studenten im Handwerkszeug der Teamarbeit unter industriellen Bedingungen zu schulen: Aufgabenverteilung, Diskussionsführung, Protokollführung etc. Zugleich werden die Studierenden fachlich in die Prinzipien des Konstruierens und des systemtechnischen Denkens eingeführt. Skizzen und überschlägige Berechnungen sind ausreichend, um nach einer Woche eine Problemlösung präsentieren zu können.*

An der TU München soll ein Tutorensystem die in der klassischen Ingenieurausbildung wahrgenommenen Lücken füllen:

### **Schlüsselkompetenzen in das Maschinenbaustudium einbauen: Beispiel Tutorensystem an der TU München**

*Um Schlüsselqualifikationen in das Maschinenbaustudium einzubauen ist das Tutorensystem Garching an der TU München entstanden. Diese Einrichtung hat das Ziel, die Qualität der Ausbildung und den Praxisbezug von angehenden Ingenieuren zu verbessern. Studienanfänger werden während ihres ersten Studienjahrs von Studierenden aus höheren Semestern betreut.*

*Ziel ist es, den Teilnehmern die Orientierung an der Universität zu erleichtern, sie darüber hinaus jedoch frühzeitig auf die Schwierigkeiten und Herausforderungen ihres Studiums und künftigen Berufslebens vorzubereiten. Außerdem sollen soziale Kompetenzen, fachübergreifendes Wissen und grundlegende Arbeitsmethoden, die im Alltag der Ingenieure eine wesentliche Rolle spielen, vermittelt werden.*

Die von **professionellen Trainern ausgebildeten Tutoren** betreuen eine Gruppe von 8-15 Studienanfängern über ein Jahr. Folgende Themenbereiche werden vorgestellt und gemeinsam bearbeitet ("Learning by doing"):

- Lerntechniken,
- Studienplanung,
- Zielgerechtes Arbeiten,
- Zeit- und Selbstmanagement,
- Projektmanagement,
- Moderation,
- Präsentation,
- Kommunikation,
- Konfliktmanagement,
- Arbeiten im Team,
- Gruppendynamik.

Aber auch die Tutoren erwerben, indem sie die Kleingruppen leiten, selbst praktische Führungskompetenz. Viele Unternehmen unterstützen das Tutorensystem, indem sie als Sponsoren auftreten, Arbeitsmaterialien bereitstellen, oder sich in der vom Tutorensystem veranstalteten Vortragsreihe präsentieren.

Die FH Mannheim hat in den Modulbeschreibungen Ansätze für ein Konzept (siehe Anhang) entwickelt, dessen Leitgedanke es ist, Grundlagenwissen im engen Anwendungsbezug zu vermitteln und fachliche wie überfachliche Qualifikationen im engen Bezug zueinander zu vermitteln. Im Modul "angewandte Mathematik" geht es dabei z.B. darum, dass neben der Vermittlung der notwendigen mathematischen Grundlagen, folgende Fähigkeiten entwickelt werden sollen: Kritikfähigkeit, die Fähigkeit, Probleme zu strukturieren, Fehler zu erkennen und zu simulieren. Ausgehend von diesen Kompetenzen, die als Lernziele definiert wurden, erfolgte die Modulbeschreibung.

In einem nicht-konsekutiven Masterstudiengang wird die weitere Vertiefung allgemein-theoretischer Grundlagen durch einen fachlichen Vertiefungsschwerpunkt und einer Projektarbeit in der Industrie ergänzt. Während einige der geforderten Kompetenzen in die Ausbildung integriert wurden (z.B. Kenntnisse Projektarbeit durch Projekte, die in Kooperation mit der Industrie laufen), gibt es für andere gesonderte Lehrveranstaltungen, so z.B. ein Fach "interkulturelle Kompetenz", welches die Studierenden u.a. auf einen der fast obligatorischen Auslandsaufenthalte vorbereiten soll. Binationale Studiengänge sowie die internationale Zusammensetzung der Studierenden in den Master-Studiengängen bieten zusätzlichen praktischen Erfahrungshintergrund zur Erprobung der interkulturellen Kompetenz.

Die sehr guten Industriekontakte, eine gute Ausstattung, ein hervorragendes internationales Netzwerk tragen zur sehr guten Qualität der Mannheimer Studiengänge bei.

**Die Antwort auf die Frage: "Wie lassen sich mehrdimensionale (fachliche und überfachliche) Kompetenzen effizient im Ingenieurstudium vermitteln?" liegt, so zeigen die ausgewählten Beispiele, in der konsequenten Output-Orientierung der Ausbildung, in der stringent durchdachten Formulierung von Lernzielen und darauf abgestimmten didaktischen Lehrformen.**

## 4.2 Überlegungen zur Organisation und Struktur von Bachelor-Master-Studiengängen

### 4.2.1 Verhältnis der einzelnen Ausbildungsinhalte zueinander

Obwohl das Grundlagenwissen immer als wichtig bewertet wird, gibt es doch auch seitens der befragten Unternehmen Überlegungen, diesen Bereich zugunsten anderer Ausbildungsteile kritisch zu prüfen. Dies trifft insbesondere dort zu, wo der Fokus stärker auf dem Profil des 'Anwendungsorientierten Ingenieurs' liegt.

*"Ein Ingenieur braucht immer nur einen Teil seines erlernten Wissens für sein späteres Leben. Es liegt dann an ihm, sich mit den anderen Facetten zu beschäftigen. Es hilft ihm auch, denn es ist ja heute ein ständiges Lernen gefragt, man muss sich ständig weiterbilden, weil sich die Dinge sehr schnell ändern. Ich würde sagen, man kann an einigen Grundlagen kürzen, die im Master oder Hochschulstudium vor dem Vordiplom kommen. An der Breite des Wissens kann man durch neue Studiengänge etwas sparen und dann zugunsten des anwendungsorientierten Wissens - was ja in der zweiten Studienabschnittshälfte stattfindet - ein Semester rausschinden." (Linde)*

Dieses Zitat zeigt, dass die Interviewpartner auch die kurze "Halbwertszeit des Wissens" im Zusammenhang mit der zunehmenden technologischen Vielfalt reflektierten. Dabei wird klar, dass es immer mehr darauf ankommt, sich im Studium jene fachlichen und methodischen Grundlagen zu erwerben, die es ermöglichen, Neugelertes in "Schongewusstes" produktiv zu integrieren. Dieses Bewusstsein über die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens spielt in die Frage, welche Inhalte denn für das Bachelor- und Master-Studium notwendig sind, mit hinein.

Auch die folgenden Zitate belegen, dass der Schwerpunkt auf der Fähigkeit zur selbstständigen Wissensaneignung liegt und eine zu starke Detailorientierung kritisch bewertet wird:

*"Das ist dann auch eine Frage nach den Inhalten, was möchte ich vermitteln, möchte ich jetzt den allumfassenden Ingenieurtechniker da heraus bringen oder reicht es, wenn ich ein Querschnittswissen vermittele? Ich muss mich in Details einarbeiten können, muss aber nicht alle kennen." (HAWE)*

*„- Die traditionelle Ingenieurausbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass also wirklich tief in die vielen Details gegangen wurde. Viele Winkel wurden beleuchtet, was der Absolvent in der Gesamtheit eigentlich nie braucht. Aber er muss diese ganze Palette kennen, um sich dann im Betrieb auch in die notwendige Richtung entwickeln zu können; um den Zugang ganz einfach auch zu finden.“ (Starrag Heckert).*

In den Interviews betonten die Unternehmen außerdem, dass die Spezialisierung nicht zu früh stattfinden soll, sondern vorrangig Kompetenzen vermittelt werden, um sich selbständig neue Themenfelder zu erschließen. Spezialisierung sollte exemplarisch erfolgen z.B. im Rahmen einer Abschlussarbeit oder in der Praxisphase bzw. erst beim Berufseinstieg. Ebenso wie der Wissenschaftsrat in seiner Studie hinterfragen die Unternehmen die Vielzahl der Spezialisierungs- und Vertiefungsrichtungen ("Spezialisierungsinflation").

*"Es gibt relativ viele Spezialisierungsthemen, die die Studenten zusätzlich hören, ich denke das brauchen sie nicht unbedingt. Grundlagen sind entscheidend." (ZF Maschinenantriebe)*

Voraussetzung für die Spezialisierung ist eine hinreichende Masse an Ressourcen, um das notwendige Niveau in Forschung und Lehre zu halten.

Organisationsprobleme und Zersplitterung können dazu führen, dass die Leistungsfähigkeit der betreffenden Hochschule absinkt (vgl. Wissenschaftsrat 2004, S. 19ff).

*"Wenn da eine Differenzierung nach den Fachrichtungen ist, dass das auch wirklich ausgefüllt wird. Oder es gibt die Fachrichtungen eben gar nicht. ... Und was ich an den Fachhochschulen beobachtet ist, dass auch so ein bisschen aus plakativen Gründen, das liest man ja dann auch in der Regionalpresse, ein Studiengang Produktionstechnik gemacht und wenn man dann nachguckt, was unterscheidet den, dann ist es meistens nur die eine Vorlesung." (Krause-Biagosch)*

*„Ich kann Ihnen ein Beispiel sagen: da wird vertieft Projektmanagement in Verbindung mit Arbeitsorganisation in Verbindung mit Keramikwerkstatt, das ergibt eine Fächerkombination, die nur in extrem wenigen Fällen zu einem sinnvollen Mehrwert für das Unternehmen führt und solche Dinge sind nicht selten.“ (Herr Bauer)*

#### **4.2.2 Vorschläge zur organisatorischen Gestaltung der neuen Studiengänge**

Wie es sich schon in dem vorangegangenen Abschnitt andeutete, gab es in den Interviews sehr unterschiedliche Überlegungen zur künftigen Organisation der neuen Studiengänge. Insbesondere im Hinblick auf den künftigen Bachelor-Studiengang wurde das Thema Studiendauer kritisch reflektiert (siehe hierzu Abschnitt 4.2.4).

*"Vor allem die Kombinationen zwischen Praxis und Grundlagenwissen ist nicht leistbar in 6 Semestern. Ich halte dies nicht für machbar. Das sieht man ja auch, dass dann in der Praxis gespart wird...bei nur drei Jahren wird er von der gewerblichen Ausbildung von unten aufgefressen." (Groz-Beckert)*

In den Interviews wurde betont, dass das fachliche Niveau der Bachelor-Absolventen dem der jetzigen Fachhochschul-Diplomingenieure entsprechen muss, da in den Unternehmen keine Ressourcen vorhanden sind, um unzureichend qualifizierte Ingenieure fertig auszubilden. Ferner wurde die Furcht geäußert, dass ein Studium, mit einem Zeitbudget von 3 Jahren Probleme hat, sich zur Techniker Ausbildung abzugrenzen und der Praxisbezug auf der Strecke bleibt.

Aber es wurde auch die Notwendigkeit angesprochen, an den Hochschulen die interne Kooperation zu verbessern, um das Studium effizienter zu gestalten.

*„Ich würde am ehesten Abstriche machen bei einzelnen anwendungsorientierten Fächern und bei all dem, was Bürokratisierung des Studiums beinhaltet. D. h. Studenten müssen in die Lage versetzt werden in diesen 6-7 Semestern das Wissen, was erforderlich ist, zu erlangen. Es darf nicht passieren, dass Vorlesungen nicht angeboten werden, dass Vorlesungen nur jährlich anstatt halbjährig angeboten werden. Dass es einen Umfang von mehreren Seiten Vorschriften gibt, in welcher Reihenfolge bestimmte Bedingungen erfüllt sein müssen, damit andere Prüfungsleistungen erfüllt werden können usw., d.h. im Vordergrund der Studienorganisation muss die zügige Wissensvermittlung stehen und nicht die Vereinfachung der Arbeit für die Hochschulverwaltung oder die Minimierung des Betreuungsaufwandes.“ (Herr Bauer)*

*„Ich glaube es wäre nicht der richtige Ansatz, Studiengänge zu verkürzen, indem man ein Praxissemester rausschmeißt. Ich glaube es gibt ganz andere Möglichkeiten, um in der traditionellen Ingenieurausbildung, ... Zeitreserven zu erschließen. Ich glaube die Zeitreserven liegen ganz einfach in den Abläufen, also in den jetzt vorhandenen sehr langen Zeiten zwischen den Semestern... Das Studium müsste ganz einfach konzentrierter ablaufen. Sicherlich heißt das, dass man dort auch mal die eine oder andere heilige Kuh an den Bildungseinrichtungen schlachten muss.“ (Starrag Heckert)*

Ein wichtiger Punkt ist auch die Orientierung und Beratung im Studium. Auch sollten die Studierende ihre Eignung zu einem Ingenieurstudium frühzeitig testen können.

*"...aber das es solche Gruppenbildungen gibt und man bietet jetzt einen Grundkurs Maschinenbau an und 20-30 Leute sind zusammen für die zwei Jahre. Und die Gruppe kann ich auch begleiten und beraten." (HAWE)*

Die neuen Studiengänge stellen alle beteiligten Akteure vor das Problem, etwas grundsätzlich Neues gestalten zu wollen, dabei aber auf Erfahrungen zurückgreifen zu müssen, die im tradierten System der Ingenieurausbildung gemacht wurden.

**Das berufliche Umfeld von Ingenieuren hat sich aber in den letzten Jahren gravierend verändert und wird auch weiterhin sehr dynamischen Veränderungsprozessen unterworfen sein. So entsteht zunehmend ein Widerspruch zwischen den Anforderungen denen sich Ingenieure in der industriellen Praxis stellen müssen und der immer noch überwiegend tradierten Organisationsform der Hochschulen: Während in den Unternehmen Arbeitsprozesse simultan organisiert werden, sich immer stärker vernetzen und überschneiden, besteht in den Hochschulen die eher "tayloristische Arbeitsteilung" fort: Einzelnen Fachinhalte stehen oftmals noch unverbunden nebeneinander, werden nicht aufeinander bezogen vermittelt, auch der Bezug zwischen Grundlagen und Anwendung kommt erst in einer relativ späten Phase. Daraus resultieren Doppelungen, Synergien bleiben ungenutzt, das Studium verliert an Effizienz und Attraktivität.**

Die Anforderung, einen Bachelor-Studiengang zu kreieren, der bereits nach wenigen Semestern zur Berufsbefähigung führt, spitzt diese Themen zu. Allein auf der Basis des herkömmlichen Grundstudiums ist die gewünschte Berufsbefähigung nicht zu erreichen; die tradierte Trennung des Ingenieurstudiums in eine erste sehr stark grundlagenorientierte Phase und eine zweite eher anwendungsorientierte Phase, in der additiv auch die so genannten "soft skills" gelehrt werden, ist als Konzept für einen berufsbefähigenden Bachelor-Studiengang kaum geeignet.

So stellt sich die Frage, ob es nicht einer grundsätzlich anderen Organisationsform, einer neuen Form der Zusammenarbeit an den Hochschulen bedürfte, um die vorhandenen Potenziale besser auszunutzen. Hierzu zählen: interdisziplinäre Zusammenarbeit bis in die Lehre hinein zu forcieren, Inhalte zu koordinieren und gemeinsam über Fachbereichsgrenzen hinweg zu gestalten.

Die Modularisierung der Studiengänge und eine damit in Verbindung stehende konsequente Out-put-Orientierung eröffnet die Chance, den formulierten Ansprüchen gerecht zu werden, da sie den Dialog zwischen allen Beteiligten über Fachbereichsgrenzen hinweg einfordert. Dies entspricht den Überlegungen und Vorstellungen vieler Industrievertreter.

*"Das sind übrigens keine zusätzlichen Lehrinhalte, da wird also nicht zusätzlich Zeit gebraucht an der Hochschule, noch ein Semester und noch eines, sondern wenn man eine Studienarbeit im Team macht – die müssen die sowieso machen und das ist auch richtig – aber wichtig ist, dass man die nicht als Einzelkämpfer ausbildet." (FETTE)*

**Um insbesondere bereits in dem künftig ersten Abschluss, dem Bachelor eine Berufsbefähigung zu erreichen, ist es notwendig, dass bereits frühzeitig in der Ausbildung Grundlagenwissen in Verbindung mit einem Anwendungsbezug dargestellt wird und die fachübergreifenden Qualifikationen möglichst integriert mit der Vermittlung des fachlichen Wissens erfolgt.**

*"..., das ist auch die Verzahnung der einzelnen Fächer, das die inhaltlich irgendwie so abgestimmt sind, dass ich das was ich da lerne, da hinten nicht noch mal lerne, sondern dass ich es anwenden muss." (Krause-Biagosch)*

Am Beispiel der TU Darmstadt soll im folgenden gezeigt werden, wie Hochschulen sich den benannten Herausforderungen stellen könne:

**Die TU Darmstadt (TUD)** hat den Ingenieurstudiengang Maschinenbau einer grundlegenden Neuorganisation unterzogen. Dabei blieb man nicht bei der Konzipierung der Bachelor- und Masterstudiengänge stehen, sondern nahm den Diplomstudiengang ebenso kritisch unter die Lupe. Dabei ging es nicht nur darum, aus einem ehemals durchgängigen Studiengang einen gestuften Studiengang zu entwickeln. Die Ziele waren ehrgeiziger, weil im Hochschulteam der TUD schon lange der inhaltliche- und organisatorische Reformbedarf des Ingenieurstudiums erkannt wurde. So startete die TUD bereits 2000 mit der Einführung von Bachelor- und Master-Studiengängen. Erklärte programmatische Zielstellungen waren dabei:

- **Ganzheitliche Herangehensweise an den Maschinenbau:**
  - Absolventen sollen auch bei zunehmender technologischer Vielfalt breit einsetzbar und für alle Branchen geeignet sein - neue technische Inhalte sollen angemessen berücksichtigt werden,
  - Für die Integration der als notwendig erkannten Soft-Skills sollten neue Lehrformen gesucht werden
- **Die Anzahl der Studienabbrecher sollte verringert werden:**
  - Eingangsniveau und Orientierungsphase in den ersten Semestern sollen verbessert werden,
  - Studierende sollten sich von Anfang an mit dem Maschinenbau identifizieren können
- **Förderung der europa- und weltweiten Mobilität der Studierenden.**



Das Hochschulteam der TUD initiierte eine breite Abstimmung der Lehrenden. In intensiven Arbeitsprozessen wurden bestehende Lehrinhalte geprüft sowie Defizite kritisch reflektiert. Im Ergebnis erfolgte eine bessere Koordination der Lehrinhalte, wobei auch inhaltliche Doppelungen identifiziert und entfernt wurden. So konnten Freiräume für neue notwendige Inhalte geschaffen werden und das Studium insgesamt effizienter werden. So z.B. wurden die Anteile im Bereich des technischen Zeichnens reduziert, dafür ist eine CAD-Ausbildung heute für jeden Studierenden Pflicht. Das Fach Maschinenelemente wurde erweitert und Inhalte aus dem Bereich Mechatronik integriert. Im neuen Bachelor-Studiengang ist die Mathematik-Ausbildung gegenüber dem alten Maschinenbau-Diplom anspruchsvoller geworden. Neu hinzugekommen bzw. deutlich ausgeweitet wurde die Numerische Mathematik, um die Studierenden auf numerische Berechnungsverfahren vorzubereiten.

Ein universitärer Maschinenbau-Bachelor, so die Überlegung der Darmstädter Professoren, muss in der Lage sein, ein ihm begegnendes Problem physikalisch zu analysieren und es in ein mathematisches Modell abbilden zu können. Die Mechanik-Ausbildung ist enger an die Mathematik gebunden worden, weil Werkzeuge wie Matlab eingesetzt werden, die umständliche Berechnungen abkürzen und den Blick auf komplexe Zusammenhänge richten.

Die größten Änderungen hat es in den ersten vier Semestern gegeben. Für die Gestaltung eines berufs befähigten Bachelors wurden "klassische" Inhalte des ehemaligen Hauptstudiums in den Bachelor aufgenommen. Hierzu wurde im fünften und sechsten Semester, die im alten Diplom-Studiengang den Pflichtfächern Maschinendynamik, Strömungslehre und Regelungstechnik vorbehalten waren, renoviert.

Maschinendynamik und Regelungstechnik wurden auf einen harten Kern zurückgeschnitten, um im Master-Studium erneut und auf höherem Niveau aufgegriffen zu werden. Strömungslehre und Wärme- und Stoffübertragung entdeckten, dass eine Abstimmung der Lehrinhalte Stunden freischaufelte. Aber auch didaktische Überlegungen waren Anlass für Veränderungen. So z.B. wurden Inhalte aus dem Bereich Werkstoffkunde stärker an den Anfang der Ausbildung gelegt, da sie als wesentliche Grundlage für das Verständnis nachfolgender Inhalte erkannt wurden.

Die integrative Ausbildung von "Soft-Skills" erfolgt im Rahmen von Projekten, so z.B. im Projekt Maschinenelemente, in dem Teambildung und Präsentationstechnik von Tutoren begleitet wird und so erprobt werden kann.

Eine wichtige fachliche Qualifikation des Ingenieurs ist es, den Ablauf von Prozessen organisieren zu können. Hierzu bedarf es der Fähigkeit, sich selbst und andere zu organisieren. Da es sich dabei um eine grundlegende Anforderung handelt, müssen die Studierenden dies möglichst früh im Studium trainieren. Eine Veranstaltung „Arbeitstechniken“ führt daher im ersten Semester in die Arbeitswissenschaft ein. Mit einem solchen Grundstein ist der Ablauf einer Reihe „harter“ Veranstaltungen wie „Maschinenelemente und Mechatronik“ in neuer Weise möglich. Aus Sicht der TUD lohnt sich dieser "Extra-Aufwand" da er dazu beiträgt, dass die Studierende lernen, sich effizienter zu organisieren, was dem gesamten Studium zu Gute kommt.

In der Masterausbildung bietet das "Advanced Design Projekt" eine gezielte Berufsvorbereitung. Kurz vor Ende des Studiums soll hier der Studierende anhand einer exemplarischen Spezialisierung insbesondere die Transferkompetenz trainieren, das "Schubladendenken" auflösen und theoretisches Wissen in der Anwendung erproben. Nahezu jedes der Fachgebiete bietet inhaltlich mindest ein Projekt an, so dass eine große Bandbreite an möglichen Themen gewährleistet ist. Die Projekte, die in der Regel in Kooperation mit der Industrie laufen, sind so angelegt, dass nicht nur im Team gearbeitet wird, sondern im Vorfeld auch eine Abstimmung über die Teamziele und das weitere Vorgehen im Projekt erfolgt, was in einer Zielvereinbarung mündet.

*Das Einstiegsniveau der Studierenden, ihre Eignung (oder Nichteignung) und die Umstellungsschwierigkeiten bei Beginn des Studiums sehen die TUD Professoren als wesentliche Ursachen für die immer noch zu hohe Abbrecherquote im Maschinenbau-Studium. In der Konsequenz dieser Analyse wird die Fakultät künftig stärker von der Möglichkeit Studierende auszuwählen Gebrauch machen. Hierfür werden teilstrukturierte Interviews mit Studienplatzbewerbern geführt werden. Unterstützung bei der Vorbereitung und der Durchführung der Auswahl holt sich die TUD bei Industrieunternehmen. Mit Hilfe des Mentoringprinzips sollen die so ausgewählten Studienanfänger durch die erste Zeit des Studiums begleitet werden. Aus Sicht der Professoren braucht es ein bei den Studierenden eine andere Auffassung des Studiums: statt Einzelkämpfertum sollte eine sich selbst organisierende Gemeinschaft von Studierenden dazu beitragen, die "Durststrecken" am Anfang des Studiums zu überwinden. Der Einführungskurs Maschinenbau soll außerdem dem Studierenden helfen, schon frühzeitig einen Bezug zwischen fachlichen Grundlagen und Anwendung zu erkennen.*

*Damit die Studierenden während ihres gesamten Studiums im Bedarfsfall kompetente Unterstützung erhalten, wurde das ehemalige Prüfungsamt in ein Dienstleistungszentrum für Studierende umgewandelt ("Mechcenter"). Neben der Abwicklung administrativer Notwendigkeiten durch zwei Verwaltungsfachkräfte, bietet eine Psychologin Beratung und Information zu allen Fragen des Studiums. Damit die Beratung nicht losgelöst vom sonstigen Geschehen in der Fakultät stattfindet, stehen der Mitarbeiterin des MechCenter im engen Kontakt zu den Professoren und werden in alle Gestaltungsprozesse einbezogen.*

*"Rahmenprüfungsordnungen zementieren den Zustand von vor 40 Jahren" reflektieren die Darmsstädter Professoren kritisch die tradierte Ingenieurausbildung. Für sie war die Abschaffung dieser Reglementierung ein Befreiungsschlag, der es ermöglichte, den an der TUD vorhandenen Reformwillen Taten folgen zu lassen.*

*Die Berufsbefähigung des Bachelors steht für das Team nicht in Zweifel, er sei ein "vollwertiger Maschinenbauer", dem allerdings die Vertiefung bzw. Spezialisierung fehle. Voraussetzung für das Gelingen des anspruchsvollen Neugestaltungsprozesses an der TUD, so schätzen die Professoren, die zurückliegende Arbeit ein, sei das gute Zusammenspiel der Kollegen gewesen, das gemeinsame "an einem Strang ziehen" – die Einigkeit über den Reformbedarf und die angestrebten Ziele. Klar sei allerdings auch, dass dieser Prozess Zeit und Kraft braucht, auch die TUD benötigte 5 Jahre, um mit dem jetzt vorliegenden Ergebnis zufrieden sein zu können. Die TUD erhielt für den Bachelor-Master-Studiengang "Mechanical and Process Engineering" die Auszeichnung "Beste Reform-Studiengänge" des Stifterverbandes.*

### **4.2.3 Praxiskompetenz im Studium**

Zurzeit wird an Universitäten ein Praktikum von 26 Wochen (davon 6 Wochen Grundpraktikum) verlangt. Das Grundpraktikum sollte vor dem Studienbeginn absolviert werden. An Fachhochschulen ist ein praktisches Studiensemester integriert, dieses wird von der Fachhochschule betreut und mit Lehrveranstaltungen begleitet. In einigen Bundesländern gibt es an Fachhochschulen auch ein Praktikum von zwei Semestern. Ein Vorpraktikum muss an Fachhochschulen auch abgeleistet werden.

Aber: Wie viel Praxis braucht ein Ingenieur-Absolvent tatsächlich? Diese Frage stellt sich insbesondere vor dem Hintergrund der 6 bis 7 semestrigen Bachelor-Studiengänge. Gegenwärtig werden in der hochschulpolitischen Diskussion Vorschläge und Ideen diskutiert, die Praxisphasen zu kürzen oder gleich gänzlich aus der regulären Studienzeit, hinein in die erste Phase der Berufstätigkeit (Ingenieur im Praktikum) zu

verlagern. Andere Modelle splitten die Praxisphasen und verlegen diese in die vorlesungsfreie Zeit.

Im Rahmen der Ingenieurstudie wurde daher auch der Frage nachgegangen, welche Anforderungen die Unternehmen bezüglich der Gestaltung der Praxisphasen haben. Dabei wurde auch hier zunächst von den Kompetenzen ausgegangen, die ein Absolvent im Studium erwerben soll und aus diesem Blickwinkel thematisiert, welche Studienangebote geeignet erscheinen, um diese Kompetenzen zu erlangen.

Die Auswertung der Interviews zeigte die große Bedeutung, die alle Probanden der Praxiskompetenz zu sprechen. Praxiskontakte und Praktikum wurden zum einen als wichtige Lernphasen zur Vermittlung von Wissen über betriebliche Strukturen und Kulturen definiert. Zum anderen wurde betont, dass sie als Orientierungsphase dienen, um die Eignung und zukünftige Ausrichtung im Studium bzw. Beruf zu überprüfen. Hinzu kommt: Gut betreute Praktika motivieren für die weitere Ausbildung und führen zur Verselbstständigung. Während diese Überlegungen für nahezu jeden Studiengang gelten können, kommen bei einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang weitere Aspekte hinzu:

- (Grund-) Praktika sind unbedingt erforderlich, um eine erste stoffliche Erfahrung mit den Werkstoffen und Maschinen zu machen.
- In einer Praxisphase kann die für erfolgreiche Ingenieure so wesentliche Transferkompetenz erprobt und trainiert werden.
- Auch alle weiteren zentralen fachlichen Kompetenzen erfahren während einer Praxisphase einen notwendigen "Praxistest". Die dabei gewonnenen Erfahrungen ermöglichen es, sich anschließende Studieninhalte besser einzuordnen und zu verarbeiten.

*"Im Praxissemester erlebt man, wie eine Firma arbeitet, Abläufe, alles was so dazugehört und man bekommt auch technische Inhalte mit. Grundpraktikum: Ja, teilweise..., dass ich die Dinge einfach mal angefasst habe, das ist schon nicht ganz unwichtig. Also, dass ich weiß, wie man überhaupt Material bearbeiten kann. Wie aus einem Rohstoff, Stahl und Eisen, dann irgendwann eine Maschine gebaut wird. Wie ich in so einem Praktikum, nicht unbedingt den Entwicklungsprozess, aber den Produktionsprozess sehe." (Krause-Biagosch)*

Die befragten Unternehmen sehen insbesondere kontinuierliche Praxiskontakte als einen wesentlichen Erfolgsfaktor im Ingenieurstudium. Ein Praktikum stellt dabei nur eine mögliche Form dar. Folgende Formen der Zusammenarbeit mit den Hochschulen wurden genannt:

- Einführungsveranstaltungen, Übungen mit Unterstützung der Industrie,
- Einbindung der Industrie in die Gestaltung von Lehrinhalten (insbesondere Praxisbeispiele etc.),
- Projekte in Kooperation mit der Industrie,
- Studien- und Diplomarbeiten bzw. Bachelor-/Master-Thesis,
- Tätigkeit als studentische Hilfskraft in Industrieprojekten,
- Praxisphasen im Betrieb.

Bezüglich der Länge und Organisation von Praxisphasen gab es ein differenziertes Meinungsbild:

*"Eben zwei komplette Semester Praktikum halte ich für ein bisschen zu viel...Vom Grundpraktikum her würde ich sagen, ja, denn irgendwo die Materie mal in die Hände zu nehmen und selber mit Eisen, Holz, Stahl zu arbeiten, ist gut. Was die Fachpraktika betrifft ist es besser, man macht Projekte, die man in Kooperation mit Unternehmen gestaltet." (Achenbach-Buschhütten)*

*"..., aber zumindest das Praktikum über ein Semester... Ja und es ist sicher nicht verkehrt, wenn jeder Studierende, bevor er anfängt zu studieren, einfach mal so eine Art Schnupperkurs macht, z. B. in der Fertigung. Damit er weiß auf was er sich da einlässt." (HAWE)*

Während von allen Unternehmen die Notwendigkeit des Grundpraktikums bestätigt wurde, können sie sich bei der Ausgestaltung des Fachpraktikums unterschiedliche Modelle vorstellen. Die zwei Pole sollen kurz skizziert werden.

**Unternehmenstyp 1** plädiert für ein kurzes, gestrafftes Fachpraktikum und zusätzliche kontinuierliche Praxiskontakte während des Studiums. Unter diesen Bedingungen könnten eventuell einige Unternehmen auch auf das Fachpraktikum verzichten.

*"Wir haben eine ganze Gruppe von Studenten, die wir während des Studiums betreuen und mit denen vereinbaren wir dann regelmäßig einen Praxiseinsatz während der Semesterferien. Das ist so etwas, was mir da auch gut gefällt, so dieses Konzept von den Berufsakademien. Die haben ja auch diesen Wechsel von Hochschulausbildung und praktischem Einsatz." (SMS Demag)*

*"Aber das ist nicht grundsätzlich im Lehrplan, dass wäre natürlich mal zu überlegen, ob man grundsätzlich seine Diplomarbeit in einem Industrieunternehmen macht, um diesen Praxisbezug zu bekommen." (FETTE)*

**Unternehmenstyp 2**, der gegenwärtig sicher noch dominiert, besteht auf ein ausreichend langes Fachpraktikum, um sinnvolle Projektarbeiten durch die Studierenden bearbeiten zu können und die Integration in das Unternehmen zu ermöglichen.

*"Unter 8 Wochen ist es dann nur noch ein Besuch." (Groz-Beckert)*

*"Sicherlich, der Bachelor der soll mehr anwendungsorientiert sein, nur dann „verliere“ ich von den 6 oder 7 Semestern schon eins an das Praxissemester. Kann ich mir das überhaupt noch leisten? Weniger als ein Semester in einen Betrieb zu gehen, macht überhaupt keinen Sinn. ... Ehe der bei mir weiß, wo rechts und links ist, ist er schon wieder weg." (HAWE)*

Die Unternehmen sprechen sich auch dafür aus, Praktika im Ausland zu absolvieren. Zum Teil wird dies höher als ein Studiensemester im Ausland bewertet.

*"Da denke ich, ist eine Grundausbildung in den Lehrwerkstätten hilfreich. Aber dann weiterführende Praktika, die sollten sie im Ausland machen. 3-5 Monate im Ausland sind eine ganz gute Erfahrungen." (ZF Maschinenantriebe)*

In den Gesprächen mit den Hochschulen wurden von diesen jedoch auch Schwierigkeiten in der Kooperation mit den Industriepartnern benannt. So gibt es in einigen Regionen zu wenige Praktika-Plätze und insbesondere für die Studentinnen ist es nicht einfach einen Platz zu bekommen. Auch ist die Qualität der Praktika-Aufgaben nicht immer anspruchsvoll und die betriebliche Betreuung ist unzureichend. Ebenso wird die fehlende Akzeptanz der Unternehmen bei der Betreuung durch die Hochschule kritisiert.

Auf der anderen Seite thematisierten auch die befragten Unternehmen Qualitätsdefizite in den Praxisphasen:

*"Aber da muss ich Ihnen sagen, da gucken wir uns dann oft schon genauer an, was die Praktika angeht. Wo wurden die gemacht, was wurde da gemacht, das lassen wir uns dann schon vorzeigen und optimal wäre es, wenn es schon mal bei uns ein Praktikum gewesen wäre." (LEWA)*

Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen scheint es hilfreich, Qualitätsmaßstäbe zu definieren hinsichtlich:

- Inhalt der Praktika-Aufgaben (welche Kompetenzen sollen vermittelt werden),
- Einführung in das Praktikum,
- Zusammenarbeit und Abstimmung
- Betriebliche Betreuung,
- Betreuung durch Hochschule,
- Länge der Praktika und
- Qualitätskontrolle.

In regionalen Netzwerken könnten die Bedarfe ermittelt und die Organisation der Praktika abgestimmt werden, um die Ressourcen der Unternehmen und die Qualitätsanforderungen bzw. Möglichkeiten der Hochschulen optimal zu berücksichtigen.

An der Universität Dortmund ist ein solches Netzwerk im Aufbau. Den Unternehmen, die das Grundpraktikum anbieten, wird angeboten, dass auch Studierende das Fachpraktikum bei ihnen ableisten. So wird eine Win-Win-Situation zwischen Hochschule und Unternehmen hergestellt: der Aufwand für das Grundpraktikum (z.B. Betreuung in Lehrlingswerkstätten) wird ausgeglichen mit dem Fachpraktikum, in dem sinnvolle Projektarbeiten für das Unternehmen durchgeführt werden können. Die Studierende können aber trotzdem in unterschiedliche Unternehmen "reinschnuppern", da dieser Austausch nicht personengebunden ist.

Der VDMA und seine Landesverbände könnten diese Prozesse der Netzwerkbildung unterstützen bzw. koordinieren. Daneben sind aber auch fachliche Netzwerke und Kooperationen mit dem Ausland notwendig.

#### **4.2.4 Studiendauer**

Die Bachelor-Master-Studiengänge werden in der Öffentlichkeit oft unter dem Aspekt verkürzter Studienzeiten diskutiert. Dies scheint auch für viele Unternehmen ein attraktiver Ausblick zu sein (siehe BDA 2004). Aber gilt dies auch für die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbau? Die Interviews und die Workshops mit den

Industrievertretern zeigten, dass die von uns befragten Unternehmen sich kaum dezidiert eine Verkürzung der Studienzeiten wünschen.

Viele Interviewpartner äußerten, dass sie schon zufrieden wären, wenn die tatsächliche Studiendauer mit der Regelstudienzeit übereinstimmen würde (diese liegt nach der Rahmenordnung an Universitäten bei 10 Semestern und an Fachhochschulen bei 8 Semestern).

*"Die Regelstudiendauer ist ja gar nicht das Problem. Das Problem ist, wie lange die da wirklich brauchen." (Krause-Biagosch)*

*"Also Verkürzung der Studienzeiten: eigentlich aus meiner Sicht nicht erste Priorität, weil einfach die Studenten – gut sie wären dann jünger – aber das sehe ich gar nicht vorne dran, sondern wenn die Studienzeit verringert werden kann, dann sollte mehr Schwerpunkt auf diese anderen Themen gelegt werden. Betriebswirtschaftliche Kenntnisse und vielleicht noch der Bereich der sozialen Kompetenz." (LEWA)*

*"Die effektive Studiendauer ist zu lang. Wir haben ja die theoretischen Studiendauern, die nennen sich Regelstudienzeiten." (Achenbach-Buschhütten)*

*"Also, bei Fachhochschulen kann ich mir schlecht ein Urteil bilden, aber ich denke mal acht Semester sind in Ordnung; bei der Universität zehn bis elf." (ZF Maschinenantriebe)*

*"Also ich glaube schon, dass die für ein Hochschulstudium (Universität) 9 – 10 Semester brauchen." (Groz-Beckert)*

*"Wir haben heute 4 Jahre Regelstudienzeit FH und dann die 10 Semester (5 Jahre) an der Uni. Da kann man jetzt streiten, ob das ausreicht oder nicht. Mit maximal 12 Semestern sollte ein Universitätsstudium über die Bühne gegangen sein." (HAWE)*

*"...und wenn es an der Uni 12 oder 13 sind, warum sollte man da nicht mal versuchen, da ein Jahr runter zu kommen." (ZF Friedrichshafen AG, F&E)*

Es gab aber auch Stimmen, die eine Flexibilisierung der Ausbildung in verschiedene, kürzere und arbeitsmarktnähere Stufen und eine berufsbegleitende Weiterqualifizierung begrüßen.

*"..., dass es durchaus Sinn macht, dass man sagt, dass es einen ersten Abschluss nach sechs Semestern gibt. Es wird ja dann immer viel diskutiert, die sechs Semester, die reichen nicht, aber da meine ich, wenn man solche praktischen Phasen in die Semesterferien einplant, dass das dann mit sechs Semestern geht. So aber sechs Semester, das muss jetzt nicht heißen, dass alles, was länger ist als sechs Semester, dass das schlecht ist, sondern das wäre die Mindestdauer und da erwarte ich mir ja gerade von der Umstellung auf Bachelor/Master, dass man da in Zukunft auch flexibler wird, dass man sagt: Es gibt einen ersten Abschluss in sechs Semestern und jemand beginnt, sammelt dort Erfahrungen und auf der Basis schließt er dann ein Masterstudium an oder macht dies sogar berufsbegleitend." (SMS Demag)*

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus offenbar die Sicherung der Qualität vor einer möglichen Verkürzung der Studiengänge geht. Auch wenn sich insbesondere jene Interviewpartner, die intensiven Kontakt zu Hochschulen pflegen, durchaus vorstellen können, dass das Studium durch Effizienzsteigerung gestrafft werden könne, so ist dies doch kein Anlass, die Studiendauer unter das Niveau der Regelstudienzeit zu drücken. Das diese aber die Richtschnur für das Studium bilden soll und Studienzeiten, die durchschnittlich bei 12 Semestern liegen, unakzeptabel sind, daran ließen die befragten Unternehmen keinen Zweifel. Vorschläge zur Absenkung der durchschnittlichen Studienzeiten sind:

- Erhöhung des Ausgangsniveaus durch verbesserte Schulbildung,
- Verbesserte Auswahl der Studierende,
- Bessere Begleitung und Betreuung,
- Effizientere Gestaltung des Studiums.

### **4.3 Weiterbildung und Lebenslanges Lernen**

Das Bachelor/Master-System eröffnet neue Möglichkeiten für eine flexiblere Verbindung von Lernen, beruflichen Tätigkeiten und privater Lebensplanung: nach einem erfolgreichen Bachelorabschluss und mehrjähriger Berufstätigkeit kann noch einmal eine Lern- und Studienphasen, zum Beispiel für den Erwerb eines Master-Abschlusses, eingeschaltet werden. Insgesamt würde dies bedeuten, dass sich Lernaufwand insgesamt nicht verringert, sondern anders verteilt. Dies hat insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels eine große Bedeutung: der Altersdurchschnitt der erwerbstätigen Bevölkerung wird sich in den nächsten Jahren erheblich erhöhen, der Zustrom junger Nachwuchsingenieure wird sich verringern. Wollen die Unternehmen innovations- und leistungsfähig bleiben, gilt es, kontinuierlich und systematisch die Qualifikation der Mitarbeiter zu erneuern. Bereits heute ist der Mismatch der Qualifikationen eine der wesentlichen Ursachen für die Arbeitslosigkeit älterer Ingenieure. Das heißt: auch für jeden Einzelnen ist es lohnenswert, das eigene Qualifikationsprofil beständig zu überprüfen und angemessen zu erneuern.

In der Ingenieurstudie wurden Unternehmen befragt, wie sie die neuen Möglichkeiten, Studieninhalte über verschiedene berufliche Entwicklungsphasen zu verteilen, beurteilen. Dabei ergab sich ein sehr unterschiedliches Meinungsbild. Es zeigte sich, dass diese in den Bachelor-Master-Studiengängen enthaltene Option noch nicht überall bewusst wahrgenommen wurde. Dies liefert einen Hinweis darauf, dass es

noch weiterer Informationen bedarf, um die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus auf die Konsequenzen wie auch die Chancen der Hochschulreform vorzubereiten.

Unternehmen, die sich bereits intensiver mit diesem Thema beschäftigt hatten, zeigten überwiegend Interesse an den neuen Weiterbildungsmöglichkeiten:

*„Es ist natürlich schon ein Aspekt, dass der Wunsch den Master anzuschließen auch mit von uns ausgeht. Jetzt haben wir den Menschen ein oder zwei Jahre kennengelernt, das macht Sinn und Nutzen, wenn er sich mehr qualifiziert über das MA-Studium. In einer solchen Konstellation kann ich mir eine finanzielle Beteiligung durchaus vorstellen. Dann möchten wir aber auch, dass er hinterher wieder zu uns kommt, wenn wir in ihn investieren.“ (Balluff)*

*„Der Master ist eine Möglichkeit zu vertiefen, fachlich zu vertiefen und auch in fachlich unterschiedliche Richtungen weiter zu gehen. Und was ich bei dem Master dann noch für notwendig halten würde ist, dass er sehr stark auch berufsbegleitend erworben werden sollte oder kann.“ (Starrag Heckert)*

*Und auf der anderen Seite kann ich mir vorstellen, diesen Master draufzusetzen. Das könnte ich mir persönlich vorstellen, dass das Unternehmen diesen Kurs bezahlt, aber auf der anderen Seite müsste dann der Mitarbeiter die Zeit dafür aufbringen, also nebenberuflich.“ (LEWA)*

Zwar sind die Themen Weiterbildung und "Lebenslanges Lernen" bei den Unternehmen ganz oben auf der Agenda, allerdings werden die Hochschulen hierfür noch nicht immer als Partner wahrgenommen. Dies liegt sicher auch an den Hochschulen, die kaum Konzepte für berufsbegleitende Weiterbildung anbieten bzw. den Unternehmen nicht-konsequente Master-Studiengänge vermitteln.

*"Das Master-Studium sollte auch so angelegt sein - die traditionellen Universitäten müssen sich noch etwas überlegen - was bei vielen MBA Studien schon verwirklicht ist, dass dies berufsbegleitend gemacht werden kann. Ob das dann in den vier Semestern geht, das glaube ich nun nicht. Da würde ich dann sagen, wenn es ein berufsbegleitendes Studium ist, kann es vielleicht etwas länger gehen. Da muss der zeitliche Rahmen nicht so eng gesetzt werden ... Denn, ich meine, eine Sache ist auch klar, es werden viele Sonntagsreden darauf verwandt zu erklären, dass lebenslanges Lernen absolut notwendig sei, keiner kann in der heutigen Zeit oder in der Zukunft sagen, ich hab mal ein Studium gemacht, und jetzt weiß ich alles und jetzt brauche ich mich mit der ganzen Ausbildung nicht mehr auseinander zu setzen. Weiterbildung ist mehr denn je notwendig und man sollte sie zum Teil seines beruflichen Lebens machen." (Achenbach-Buschhütten)*

Eine Untersuchung des BMBF stellt dazu fest: "..., dass eine Arbeitswelt, die zunehmend lebenslanges Lernen und mehrere Qualifikationsphasen verlangt, im Widerspruch zu einem überlangen Studium vor Aufnahme der Berufstätigkeit steht. Als Lösung bietet sich dafür eine „Modularisierung“ der Ausbildung in verschiedene, kürzere und arbeitsmarktnähere Stufen an, deren jeweilige Abschlüsse für sich genommen Beschäftigungschancen ermöglichen, gleichzeitig aber auch Anreize für weitere Qualifizierungsstufen setzen" (BMBF 2004, S. 120).



## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Insgesamt bewerteten die Unternehmen die deutsche Ingenieurausbildung positiv, was jedoch nicht bedeutet, dass Gutes nicht auch besser werden soll - und bei den sich verändernden Anforderungen in einem globalisierten Wettbewerb auch besser werden muss. So fällt das Urteil über die Qualität der heutigen Ausbildung ebenso differenziert aus, wie die Vorschläge zu Weiterentwicklung der Ingenieurstudiengänge. Die Unternehmen haben durchaus keine überzogenen Ansprüche: Sie sind sich bewusst, dass sich manche Fähigkeiten erst im Berufsleben wirklich erwerben und entwickeln lassen und sie investieren nicht unerheblich in die „Nachbildung“ ihrer Jungingenieure. Mehrmonatige Trainees, Seminare zum Erwerb sozialer Kompetenzen und betriebswirtschaftlichem Verständnis sind fast obligatorisch.

Das es oft erst in der Praxis möglich ist, das im Unternehmen notwendige Spezialwissen vertieft zu erwerben, wird nahezu als selbstverständlich bewertet. Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, dass die Unternehmen sich nicht vorstellen können, Ingenieurabsolventen zu akzeptieren, die in noch größerem Umfang betriebliche „Nachhilfe“ benötigen, als heute bereits üblich - so findet weder eine generelle Niveauabsenkung der Ausbildung noch das Modell des „Ingenieurs im Praktikum“ Akzeptanz. Vielmehr erwarten die Industrievertreter eine Ausbildung, die sich veränderten Anforderungen anpasst, die Bewährtes prüft und sich neu sortiert, so dass neue Ausbildungsinhalte integriert werden können. Hierfür bieten die Gestaltungsprinzipien der neuen Studiengänge „Modularisierung“ und „output-Orientierung“ eine Chance, die es zu nutzen gilt.

Theorie-Anwendungskompetenz, Innovationskompetenz, Schnittstellenkompetenz, Methodenkompetenz sowie Transferkompetenz werden als zentrale fachliche Kompetenzen benannt. Sie können quasi als Leitbild für die output-orientierte Ingenieurausbildung gelten.

Die Aufzählung macht deutlich, dass sich heute fachliche und überfachliche Kompetenzen kaum noch sinnvoller Weise voneinander trennen lassen. Vielmehr können sich bestimmte fachliche Fähigkeiten nur im Zusammenspiel mit überfachlichen Kompetenzen entfalten. Einige überfachliche Kompetenzen sind so entscheidend für den Erfolg eines Ingenieurs, dass sie von den Probanden zur klassischen Grundlagen-Ausbildung gerechnet wurden. Dazu gehören beispielsweise: Kostenbewusstsein und betriebswirtschaftliches Basiswissen; wobei weniger "Wissen" im klassischen Sinne gemeint ist, sondern vielmehr die Fähigkeit, sich in betrieblichen Strukturen bewegen zu können, Prozesse und Abläufe zu verstehen und zu überblicken, Kosten mitzudenken und auf Kostendruck reagieren zu können. Weiterhin wurden als sehr wichtig bewertet: Kundenorientierung, interkulturelle Kompetenz und Projektmanagement.

Insgesamt geht es den Unternehmen darum, dass junge Ingenieure bereits unmittelbar nach ihrem Studium wenigstens grundlegende betriebliche Anforderungen eines modernen Industriebetriebes kennen. Sie sollten in der Lage sein, sich in das Unternehmen integrieren und mit den verschiedenen Mitarbeitergruppen kommunizieren zu können. Bezogen auf den Anspruch, mit dem Bachelor eine erste Berufsbefähigung erreichen zu wollen, heißt dies: Die tradierte Trennung des Ingenieurstudiums in eine grundlagenorientierte erste Phase und eine eher anwendungsorientierte

zweite Phase, in der dann auch zusätzlich fachübergreifende Inhalte vermittelt werden, würde diesen betrieblichen Anforderungen nicht mehr gerecht.

Für den Bachelor gilt es daher, eine fundierte und dennoch effiziente Grundlagenausbildung mit frühzeitigem Anwendungsbezug zu etablieren. Fachübergreifende Kompetenzen, müssen integriert und im engen Zusammenspiel mit der fachlichen Ausbildung unterrichtet werden. Hierfür ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu verstärken. Spezialisierungen sollten in dieser Phase nur exemplarisch erfolgen, ausführliche fachliche Vertiefungen, z.B. zum Erwerb einer vertieften Forschungskompetenz, sollten dann im Master-Studium stattfinden. Daneben sind für die Unternehmen auch Masterstudiengänge denkbar, die einen Ergänzungscharakter haben (Kombination unterschiedlicher Studienfächer), wobei hier oft auf den bereits bekannten Wirtschaftsingenieur verwiesen wurde. Ohne kontinuierliche Praxiskontakte sowie ausreichend lange Praxisphasen, können nach Einschätzung der Unternehmen die oben skizzierten Kompetenzen nicht gewonnen werden. In der organisatorischen Gestaltung müssen daher unbedingt die dafür erforderlichen zeitlichen Budgets eingeplant werden.

### **Chance der Studienreform zur konsequenten Neuorganisation nutzen**

Zur erfolgreichen Umsetzung der Hochschulreform ist es erforderlich, die Studiengänge inhaltlich und organisatorisch grundsätzlich neu zu gestalten. Eine einfache "Um-Etikettierung" des Grundstudiums in ein Bachelor-Studium wird keinesfalls als wünschenswert betrachtet. Eine konsequente Output-Orientierung, die Definition von Lernzielen und Kompetenzen, die im Studium erworben werden sollen, die Etablierung neuer Lehr- und Arbeitsformen sowie die verstärkte interne und externe Kooperation der Hochschulen sind dabei aus VDMA Sicht zielführende Gestaltungsgrundsätze.

### **Ingenieurstudium muss attraktiver werden**

Die oben beschriebenen Leitlinien zur Studienorganisation tragen nicht nur dazu bei, das Studium effizienter zu machen, sondern versprechen auch eine höhere Attraktivität des Studiums. Letzteres muss im Hinblick auf den steigenden Ingenieurbedarf bei gleichzeitiger Verknappung des Nachwuchses ("demografischer Wandel") eine wichtige Zielstellung für die Ingenieurausbildung sein. Ebenso dringlich ist in diesem Zusammenhang die Absenkung der Abbrecherquote, z.B. durch verbesserte Studienberatung, intensivere Betreuung und zeitnahe Leistungsüberprüfung.

### **Studienzeiten den Anforderungen und Ressourcen der Hochschulen anpassen**

Die oben beschriebene Qualifikationsanforderung für den Bachelor wird in der Regel nur im Rahmen eines 7 – 8 semestrigen Studiengangs erreicht. Wie das Beispiel der Berufsakademien zeigt, kann es auch gelingen, dies bei hervorragender Organisation und Ausstattung im Rahmen eines 6-semestrigen Studienganges (z.B. in Berufsakademien) zu realisieren. Den meisten Hochschulen fehlen jedoch die dafür notwendigen personellen und finanziellen Voraussetzungen, so dass dann die notwendigen Qualifikationen im Rahmen eines 6 semestrigen Bachelors nicht ausreichend erworben werden können. Dies gilt insbesondere für jene Kompetenzen deren Ausprägung eine zwischengeschaltete Praxisphase erfordern (z.B. Transferfähigkeit).

## **Unterschiedliche Hochschultypen erhalten**

Es zeichnet sich gegenwärtig eine deutliche Tendenz bei den Fachhochschulen ab, konsekutive Bachelor-Master-Studiengänge sowie nicht-konsekutive Master anzubieten. Das Streben nach dem Master hat vielfältige Ursachen, z.B.: Die Finanzierungsmodi des jeweiligen Bundeslandes, die den Fachhochschulen eine ausreichende Ausstattung nur erlauben, wenn der vollständige Bachelor-Master-Studiengang angeboten wird, der Wunsch einzelner FH, ihre Hochschule insgesamt aufzuwerten (Promotionsrecht an FH), die Notwendigkeit, mit Masterstudiengängen ausländische Studierende anzuziehen. Wird jedoch an den FH der Master zum Regelabschluss, ist mit einer generellen Verlängerung der Studienzeiten zu rechnen. Die Unternehmen des VDMA schätzen die Ausbildung an den Fachhochschulen, wie die hohe Quote der Fachhochschulabsolventen belegt. Sie sehen die besondere Stärke der Fachhochschulen in der Ausbildung anwendungsorientierter Bachelors. Um eine generelle Verlängerung der Studienzeiten zu vermeiden, plädiert der VDMA dafür, den Bachelor als Regelabschluss des anwendungsorientierten Studienganges zu etablieren. Dieser Studiengang muss fundierte Praxiserfahrungen integrieren, die z.B. über kontinuierliche Praxiskontakte (wie z.B. im Modell der Berufsakademien) und / oder ausreichende Praxisphasen (wie an vielen FH erfolgreich praktiziert) erworben werden.

Auf keinen Fall kann es sinnvoll sein, bei der Vergabe staatlicher Mittel, vorhandene Profilierungen außer Acht zu lassen. Der VDMA empfiehlt auch künftig bei der Vergabe der finanziellen Ressourcen sowohl das Profil der Hochschule, ihre bisherige Etablierung sowie die voraussichtlichen Bedarfe der Industrie (wie oben formuliert) zu berücksichtigen, so dass die unterschiedlichen Hochschultypen erhalten bleiben können und ihrem Auftrag gemäß ausgestattet werden können.

## **Hochschulen brauchen Unterstützung im Reformprozess**

Um einen so grundsätzlichen Organisationsentwicklungsprozess erfolgreich und effizient, d.h. in überschaubaren Zeiträumen realisieren zu können, benötigen die Hochschulen zusätzliche personelle Ressourcen (bzw. Zeitbudgets) sowie ggf. auch externe Moderations- und Beratungsleistungen. Hier sind der Bund und die Landesregierungen auf, die Hochschulen diesem Mehrbedarf entsprechend zu finanzieren oder selbst gezielte Unterstützungsleistungen anzubieten. Ebenso bietet sich den Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus die Möglichkeit, die Hochschulen im Reformprozess zu unterstützen, beispielsweise durch Mitwirkung in den Hochschulgremien sowie durch praktische Hilfestellungen, so geben einige Unternehmen beispielsweise Hilfestellung bei der Etablierung von Testinstrumenten zur Auswahl geeigneter Studierender. Zusätzlich könnte eine Unterstützung bei der Moderation von Entscheidungs- und Neuorganisationsprozessen ein wertvoller Beitrag sein.

## **Ausblick**

Eine aktuelle Studie der VDI-Nachrichten kommt zu dem Ergebnis, "dass nur wenige Unternehmen über die Studienreform und über die neuen Studiengänge Bachelor und Master of Engineering ausreichend informiert sind. Insbesondere von den Hochschulen wird die Bereitstellung von Informationen über die neuen Studiengänge und eine intensivere Kommunikation bezüglich der Ausbildungsinhalte erwartet" (VDI-Nachrichten 2004, S.7).

Es gibt mittlerweile Absolventen dieser Studiengänge, jedoch liegen bei der Rekrutierung die großen Unternehmen mit über 1.000 Mitarbeitern eindeutig vorne (siehe VDI-Nachrichten 2004, S.5).

Der Stifterverband hat 50 Personalverantwortliche aus deutschen Unternehmen in verschiedenen Branchen über ihre Erwartungen befragen lassen (Stifterverband 2005). Wichtige Ergebnisse sind:

- Der Bachelor gilt bei den Unternehmen als vollwertiger akademischer Abschluss.
- Die Unternehmen wissen die generalistische Ausbildung zu schätzen.
- Bachelor benötigen keine verlängerte Einarbeitungsphase und
- Bachelor haben die gleichen Karrierechancen.

Die kleinen und mittelständischen Unternehmen nutzen jedoch die Potenziale der Bachelor- und Master-Absolventen für sich noch kaum. Dabei belegt eine Studie des HIS, dass die Bachelor-Absolventen, welche gegenwärtig die Hochschule verlassen, sehr leistungsstarke und hochmotivierte Absolventen sind (HIS 2005). Auch bei den befragten Bachelorabsolventen überwiegen eine positive Einschätzung des Studiums und Optimismus hinsichtlich ihrer persönlichen Perspektive.

Daher stellt sich die Aufgabe, dass sich die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus breit und umfassend über die neuen Studiengänge informieren, damit auch sie "im Wettbewerb um die besten Köpfe" gut gerüstet sind.

Die vorliegende Ingenieurstudie belegt, dass auch für die Branche des Maschinen- und Anlagenbaus gilt, was der Stifterverband in seiner Studie feststellte:

"...die wohlwollende Offenheit der Unternehmen gegenüber dem Bachelor-Abschluss ist mit hochgesteckten Erwartungen an die Reformwilligkeit und Reformfähigkeit der Hochschulen verknüpft. Gleichzeitig signalisiert die große Mehrheit der Unternehmen ihre Bereitschaft zur Kooperation" (Stifterverband 2005, S.39).

Die Begleitung der Hochschulen in dieser Umstellungsphase von Diplom- zu Bachelor-/Masterstudiengänge und eine erfolgreiche Kooperation zwischen allen Akteuren erhöhen die Chancen, dass der Reformprozess für alle erfolgreich wird.

## 6 Interviewpartner

**Dipl.-Ing. Axel Barten**, Geschäftsführender Gesellschafter,  
ACHENBACH BUSCHHÜTTEN GmbH, Kreuztal

**Dr.-Ing. Carl-Ulrich Bauer**, ehem. Geschäftsführer,  
Peter Wolters Aktiengesellschaft, Rendsburg

**Dr.-Ing. Hartmut Benckert**, Mitglied des Vorstands,  
PUTZMEISTER AG, Aichtal

**Dr. Günter Erler**, Personalleiter,  
StarragHeckert GmbH, Chemnitz

**Dipl.-Ing. Ernst Fritzemeier**, Leiter Sparte Antriebstechnik,  
RINGSPANN GmbH, Bad Homburg

**Dr.-Ing. Thomas Hegel**, Geschäftsführer,  
ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

**Dr. Günther Knepe**, Leiter des Fachbereichs Berufsbildung,  
SMS DEMAG AG, Hilchenbach

**Michael Knobloch**, Mitglied der Geschäftsleitung,  
HAWE Hydraulik GmbH & Co. KG, München

**Peter Köpf**, Leiter der Zentralen Entwicklung,  
ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

**Dipl.-Ing. Helmut Kreis**, Fachgebietsleiter Verfahrenstechnik Apparate,  
Linde AG, Geschäftsbereich Linde Engineering, Höllriegelskreuth

**Dr. Thomas Lindner**, Vorsitzender der Geschäftsführung,  
Groz-Beckert KG, Albstadt

**Helmut Pleiner**, Leiter Personalwesen,  
LEWA Herbert Ott GmbH & Co, Leonberg

**Prof. Dr.-Ing. Diethard Thomas**, Leiter Öffentlichkeitsarbeit,  
FETTE GmbH, Schwarzenbek

**Dr.-Ing. Karlheinz Timtner**, ehem. Geschäftsführer,  
RINGSPANN GmbH, Bad Homburg

**Dipl.-Ing. Michael Unger**, Geschäftsführer Technik,  
Balluff GmbH, Neuhausen a. d. Filder

**Dr.-Ing. Hans-Jürgen Wessel**, Geschäftsführer,  
KRAUSE-BIAGOSCH GMBH, Bielefeld

## 7 Quellen/Links

BMBF (2004), Bundesministerium für Bildung und Forschung: Technologie und Qualifikation für neue Märkte, Bonn/Berlin.

BDA (2004), Bachelor Welcome, Berlin.

DFG (2004), Deutsche Forschungsgemeinschaft: Thesen und Empfehlungen zur universitären Ingenieurausbildung.

HIS (2005), Hochschul-Informationen-System: Studienabbruchstudie 2005, Hannover und HIS (2005) Der Bachelor als Sprungbrett?, Hannover.

HRK (2004), Hochschulrektorenkonferenz: Bologna-Reader, Bonn.

IKB (2004), Deutsche Industriebank AG: Maschinenbau in Deutschland – Traditionsbranche mit hoher Innovationskraft, Düsseldorf.

Stifterverband (2004), Bachelor- und Master-Ingenieure. Welche Kompetenzen verlangt der Arbeitsmarkt?, Essen.

Stifterverband (2005), Karriere mit dem Bachelor. Berufswege und Berufschancen, Schriftenreihe Positionen, Essen.

VDI-Nachrichten (2004), Bachelor und Master statt Diplom, Studienreform in den Ingenieurwissenschaften, Düsseldorf.

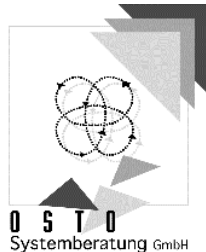
VDMA (2004), Für immer jung? Wie Unternehmen des Maschinenbaus den demografischen Wandel bewältigen, Frankfurt am Main.

Wilkens, Uta (2004), Von der individuellen zur kollektiven Kompetenz? Papier anlässlich des Herbstworkshops „Personalmanagement und Unternehmenskrisen“ der Kommission Personal, am 24./25. September 2004 in Konstanz, <http://www.uni-konstanz.de/FuF/Verwiss/Klimecki/KomPers/fullpapers/Wilkens.pdf>.

Wissenschaftsrat (2004), Empfehlungen zum Maschinenbau in Forschung und Lehre, Berlin.

## 8 Anhang

### 8.1 Interviewleitfaden



## Qualitative Anforderungen von Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus an die künftige Ingenieurausbildung

### Interviewleitfaden

#### 1. Einführung in das Interview

- Wir würden unser Gespräch gerne aufzeichnen, da dies die Auswertung erheblich vereinfacht. Sind Sie damit einverstanden?
- Vorstellung der Interviewer, Vorstellung des Interviewpartners
- Einführung in das Interview: Anliegen, Ziele, Vorgehen
- Das Interview wird etwa eineinhalb bis zwei Stunden dauern
- Wir würden eventuell gerne auch Fallbeispiele und Zitate in der Studie verwenden. Sind Sie damit einverstanden? Wir würden Ihnen die entsprechenden Ausschnitte vor der Veröffentlichung vorlegen.

#### 2. Allgemeine Fragen

- In der VDMA-Ingenieurerhebung erhalten wir seit einigen Jahren Hinweise darauf, dass sich die Anforderungen der Unternehmen an die Absolventen verändern. Uns geht es jetzt darum, diese Hinweise zu vertiefen und konkreter zu machen. Wenn Sie einmal Ihre persönlichen Erfahrungen der letzten Jahre zusammenfassen - Wie sind denn Ihre Erfahrungen mit Ingenieur-Absolventen? Wie zufrieden sind Sie in Ihrem Unternehmen mit den heutigen Absolventen?
- Welche Anforderungen werden aus Ihrer Sicht künftig an Ingenieurabsolventen gestellt werden?
- Wenn Sie einmal nur Ihre Seite als Vertreter/ Geschäftsführer/ etc. des Unternehmens XXX betrachten: Was wäre aus dieser Perspektive für Sie der „ideale Absolvent“?
- Wenn wir diese Kriterien als Merkmale für ein Idealprofil eines Absolventen verwenden würden – sozusagen, das obere positive Ende der Skala – wann ist für Sie ein Absolvent ein berufsfähiger Ingenieur – auch wenn er vielleicht dann nicht alle genannten Punkte maximal erfüllen kann ? Was ist unverzichtbar, damit ein Absolvent hier im Unternehmen anfangen kann?

### **3. Validierung der Begriffe aus der Ingenieurerberhebung**

#### **3.1 Einführung**

In der Ingenieurerberhebung des VDMA und in der Diskussion zur Ingenieurausbildung wurde immer wieder die Forderung der Unternehmen deutlich, dass die Absolventen sowohl über ausreichendes (theoretisch) Grundlagenwissen und anwendungsorientiertes Wissen als auch über überfachliche Kompetenzen und Kenntnisse verfügen müssen. Uns liegt nun daran, Ihre Einschätzung zu den konkreten Anforderungen Ihres Unternehmens aufzunehmen.

#### **3.2 Fragenkomplex „Grundlagenwissen“**

- 3.2.1 Was ist aus Ihrer Sicht unverzichtbares Grundlagenwissen (sowohl das mathematisch-naturwissenschaftliche als auch ingenieurwissenschaftliche). Welches Grundlagenwissen sollen die Absolventen mitbringen? Können Sie das an einem Beispiel illustrieren?
- 3.2.2 Wie beurteilen Sie gegenwärtig die Absolventen: wie stark verfügen Sie über dieses Wissen? Können Sie auch – bezogen auf die aktuelle Situation – sagen, wie die Absolventen auf Ihre Arbeitsanforderungen vorbereitet sind?
- 3.2.3 Wenn wir 10 Jahre in die Zukunft blicken und künftige Anforderungen an Ingenieure betrachten: Wie umfangreich sollte dieses Wissen künftig in der Ingenieurausbildung vermittelt werden?

#### **3.3 Fragenkomplex „Anwendungsorientiertes Wissen“ (Maschinenbau)**

- 3.3.1 Was ist aus Ihrer Sicht unverzichtbares anwendungsorientiertes Wissen. Welches anwendungsorientierte Wissen sollen die Absolventen mitbringen? Können Sie das an einem Beispiel illustrieren?
- 3.3.2 Wie beurteilen Sie gegenwärtig die Absolventen: wie stark verfügen Sie über dieses Wissen? Können Sie auch – bezogen auf die aktuelle Situation – sagen, wie die Absolventen auf Ihre Arbeitsanforderungen vorbereitet sind?
- 3.3.3 Wenn wir 10 Jahre in die Zukunft blicken und künftige Anforderungen an Ingenieure betrachten: Wie umfangreich sollte dieses Wissen künftig in der Ingenieurausbildung vermittelt werden?

#### **3.4 Überfachliche Kompetenzen/Kenntnisse**

- 3.4.1 Was sind aus Ihrer Sicht unverzichtbare überfachliche Kompetenzen/Kenntnisse? Welche überfachlichen Kompetenzen/Kenntnisse sollen die Absolventen mitbringen? Können Sie das an einem Beispiel illustrieren?
- 3.4.2 Wie beurteilen Sie gegenwärtig die Absolventen: wie stark verfügen Sie über dieses Wissen? Können Sie auch – bezogen auf die aktuelle Situation – sagen, wie die Absolventen auf Ihre Arbeitsanforderungen vorbereitet sind?
- 3.4.3 Wenn wir 10 Jahre in die Zukunft blicken und künftige Anforderungen an Ingenieure betrachten: Wie umfangreich sollte dieses Wissen künftig in der Ingenieurausbildung vermittelt werden?



### **3.5 Fragenkomplex „Praxis“**

- 3.5.1 Im Moment wird intensiv diskutiert, wie viel Praxiskontakt die Studierenden während des Studiums benötigen – und wie dieser Praxiskontakt gestaltet werden soll. Was ist Ihre Einschätzung zu den Praxiserfahrungen der Absolventen: was ist notwendig, was ist wünschenswert?
- 3.5.2 Können Sie dies für uns etwas illustrieren: gibt es konkrete Arbeitssituationen, in den Praxiserfahrungen von Beginn an unverzichtbar sind? In welchen konkreten Arbeitssituationen werden diese Erfahrungen benötigt?
- 3.5.3 Ist es vorstellbar, dass ein Studium ganz intensiv das gesamte theoretische Wissen vermittelt und die Praxisphase dann zu Beginn der Tätigkeit im Unternehmen nachgeholt wird?
- 3.5.4 Sehen Sie alternative Formen, Praxiswissen auch im Rahmen von kürzeren Studiengängen zu vermitteln (im Verzicht auf Praxissemester) ?
- 3.5.5 Wie könnte Ihr Unternehmen einen Ingenieurstudiengang dabei unterstützen, effektive Praxiskontakte herzustellen? Wie würden Sie derartige Praxiskontakte gestalten?

### **3.6 Fragenkomplex „Studiendauer“**

- 3.6.1 Bislang haben wir vor allem über die Qualität des Ingenieurstudiums gesprochen – eine wesentliches Thema der aktuellen Diskussion ist aber auch die Dauer des Ingenieurstudiums. Mal angenommen, es gibt ideale Rahmenbedingungen: Was ist Ihrer Einschätzung nach die Mindestdauer für ein Ingenieurstudium, um qualifizierte Ingenieurabsolventen – also berufsfähige Absolventen - auszubilden?
- 3.6.2 Meinen Sie, dass es diesbezüglich unterschiedliche Bedarfe geben könnte, also auch ein Bedarf für Absolventen die in kurzen Studiengängen ? (z.B.: Für X % der Absolventen 3 Jahre, Für Y % der Absolventen 4 Jahre, für Z % der Absolventen: 5 Jahre; ggf. auch Differenzierung nach Hochschularten). Wie sind ggf. solche unterschiedlichen Bedarfe begründet?
- 3.6.3 Wenn eine Verkürzung unabwendbar wäre – wie z.B. in NRW, wo die Studiendauer eines Bachelors flächendeckend für 6 bis 7 Semester betragen soll - was wären die unverzichtbaren Bestandteile eines solchen Studiums ? Wo würden Sie Schwerpunkte setzen, wo am ehesten Abstriche machen? Wir möchten Sie bitten, bezüglich dieser Anforderungsprofile für Ihr Unternehmen Prioritäten zu setzen.

### **3.7 Fragenkomplex „Weiterbildung“**

- 3.7.1 Nehmen Sie an, Sie haben in 5 Jahren eine Anzahl von Bachelor-Absolventen in Ihrem Unternehmen. Sehen Sie aus heutiger Sicht eine Weiterbildung durch ein Masterstudium zu einem späteren Zeitpunkt als notwendig an?
- 3.7.2 Wann sollte eine solche Weiterbildung durch ein Master-Studium Ihrer Meinung nach beginnen? (X Jahre nach Berufseinstieg)
- 3.7.3 Wäre Ihr Unternehmen bereit, ein solches Master-Studium zu (teil) finanzieren?
- 3.7.4 Wie sollte ein solches Master-Studium organisiert sein (Ggf. im Unterschied zu den oben abgefragten Wünschen für ein Masterstudium?)

#### 4. IST/SOLL-Vergleich der Qualität der Absolventen

Die unten angeführten Kriterien beschreiben Kenntnisse und Fähigkeiten, die Absolventen mit Abschluss Ihres Studiums erworben haben sollen. Wir möchten Sie um folgende Einschätzungen bitten:

**Bewertung des IST-Zustands:** Wie schätzen Sie die Absolventen der letzten fünf Jahre von Technischen Universitäten (TU), Fachhochschulen (FH) und Berufsakademien (BA) hinsichtlich der Kriterien des ABET ein?

**Gewünschter SOLL-Zustand:** Was erwarten Sie von zukünftigen Absolventen von TU, FH und BA hinsichtlich der Erfüllung der ABET-Kriterien? Bitte priorisieren Sie Angaben beim SOLL-Zustand dergestalt, dass Sie maximal viermal die höchste Bewertung (1) und maximal viermal die zweithöchste Bewertung (2) vornehmen.

#### 5. Daten zum Interviewpartner und zum Unternehmen

- Eigener fachlicher Hintergrund?
- Name?
- Position im Unternehmen?
- Name des Unternehmens?
- Unternehmensbranche?
- Anzahl der Mitarbeiter (Stand 30.05.04)?
- Inhabergeführt oder AG?
- Anzahl der Standorte?

## 8.2 Modulbeschreibung FH Mannheim

<b>Titel:</b>	<b>Technische Mathematik</b>					
<b>Kurzzeichen:</b>	TMA					
<b>Studiengang:</b>	Masterstudiengang (M.Eng.) Maschinenbau					
<b>Dozent(en):</b>	Prof. Dr. rer. nat. J. Otto					
<b>Studiensemester:</b>	1 MM oder 2 MM (Winter- und Sommersemester)					
<b>Präsenzzeit:</b>	30 h					
<b>Credits:</b>	2					
<b>Voraussetzungen:</b>	Dipl.-Ing. (FH) in Maschinenbau oder gleichwertiger Hochschulabschluss. Mathematikkenntnisse: Differential- und Integralrechnung für eine und mehrere Variablen, lineare Algebra, Matrizenrechnung, gewöhnliche DGLn, Programmierkenntnisse hilfreich.					
<b>Parallelkurse:</b>	keine					
<b>Ziele:</b>	Einführung in computerunterstütztes numerisches Rechnen mit MATLAB am Beispiel technischer Problemstellungen des Maschinenbaus					
<b>Lern-Ergebnisse:</b>	<p>Nach Abschluss der Lehrveranstaltung hat der Studierende folgende Kenntnisse und Fähigkeiten erworben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse in der Anwendung mathematischer Konzepte und Methode auf technische Probleme.</li> <li>• Überblick über wesentliche Funktionen des MATLAB-Basismoduls und zu Auszügen aus der numerischen Mathematik.</li> <li>• Die Fähigkeit, technische Probleme in mathematische Beschreibungen zu überführen, die entstehenden Gleichungen mittels MATLAB zu lösen, die Ergebnisse zu verifizieren, zu dokumentieren und zu interpretieren.</li> </ul>					
<b>Arbeitsaufwand (work-load):</b>		Präsenz in SWS	Präsenz in UE	Faktor	Work-load in h	Credits
	Vorlesung (V)	2,0	30,00	1,9	57,00	
	Übung (U) *)	2,0	30,00	2,6	78,00	
	Pflichtübungen (PU)				20,00	
	Klausur (K120)		2,67	7,5	20,00	
	Gesamt				175,00	5,83 → <b>6</b>
	*) Übungen finden teilweise im PC-Pool statt!					

<b>Inhalte:</b>	<p><b>1. Vektor- und Matrizenrechnung:</b> Matrizen, lineare Gleichungssysteme, Gauß-, Gauß-Jordan-Verfahren, Eigenwerte und Eigenvektoren, Vektor- und Matrizennormen</p> <p><b>2. Einführung in MATLAB:</b> Elementare Befehle und Syntax, graphische Darstellung. Numerische Grundaufgaben: Lineare Gleichungssysteme, Nullstellensuche, Minimum einer Funktion, Integration, Interpolation</p> <p><b>3. Matrizen und Koordinatentransformationen:</b> Drehmatrizen, Euler und Kardan-Winkel, homogene Koordinaten. Projekt: Direkte Kinematik eines Roboters</p> <p><b>4. Nichtlineare Gleichungssysteme – Kinematische Aufgabenstellungen:</b> Newton-Raphson-Verfahren, numerische Berechnung der Jacobi-Matrix, Differenzenformeln, Entwicklung einer MATLAB-Bibliotheksfunktion "Nsolve". Projekte: Inverse Kinematik eines Roboters, Kinematische Größen eines Getriebes, Übertragungseigenschaften von Mechanismen.</p> <p><b>5. Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen – Maschinendynamik:</b> Umschreiben von DGLn n-ter Ordnung in n-fache Systeme erster Ordnung, numerische Integration der DGL erster Ordnung, Euler, Heun-, Runge-Kutta-Verfahren, diverse MATLAB-Solver. Projekte: Pendelwagen; Servoantrieb. Getriebedynamik: Systematisches Aufstellen der Gleichungen mit den Prinzip von d'Alembert</p> <p><b>6. Schwingungen in Starrkörpersystemen:</b> Linear homogenes DGL-System eines Mehrfachschwingers, Eigenwertaufgabe, linear inhomogenes DGL-System, Übertragungsfunktion, Amplituden- und Phasengang, Linearisierung eines dynamischen Systems, Gleichgewichtspunkte, Stabilitätsprüfung, numerische Berechnung der Massen-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrizen. Projekt: Normalschwingungen eines Mechanismus</p>
<b>Bewertung:</b>	Klausur 100 %
<b>Literatur:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Otto: "Skript zur Vorlesung Technische Mathematik", FH Mannheim 2004</li> <li>2. Hoffmann: "MATLAB und SIMULINK – Beispielorientierte Einführung in die Simulation dynamischer Systeme", Addison-Wesley 1999</li> <li>3. Biran, Breiner: "MATLAB 5 für Ingenieure – Systematische und praktische Einführung", Addison-Wesley 1999</li> <li>4. Beucher: "MATLAB und SIMULINK lernen", 2000</li> <li>5. VDI Berichte 1281, VDI-Getriebetagung '96: "Kurvengetriebe, Gelenkgetriebe, geteuerte Antriebe – Kinematik, Dynamik, Schwingungen", VDI Verlag 1996</li> <li>6. VDI Berichte 958, Tagung Fellbach '92: "Neue Methoden und Konzepte zur Lösung Getriebetechnischer Bewegungsaufgaben", VDI Verlag 1992</li> <li>7. VDI Berichte 1427, Tagung Braunschweig '98: "Neue Maschinenkonzepte mit parallelen Strukturen für Handhabung und Produktion", VDI Verlag 1998</li> </ol>
<b>Letzte Änderung:</b>	8.01.2005

<b>Titel:</b>	<b>Kunststoffverarbeitungstechnik</b>					
<b>Kurzzeichen:</b>	FVK					
<b>Studiengang:</b>	Masterstudiengang (M.Eng.) Maschinenbau					
<b>Dozent(en):</b>	Prof. Dr. K. Peters					
<b>Studiensemester:</b>	1 MM oder 2 MM (Winter- und Sommersemester)					
<b>SWS:</b>	5					
<b>Credits:</b>	6					
<b>Voraussetzungen:</b>	Dipl.-Ing. (FH) in Maschinenbau oder gleichwertiger Hochschulabschluss.					
<b>Parallelkurse:</b>	keine					
<b>Ziele:</b>	Vermittlung der wichtigsten Verfahren der Kunststoffverarbeitungstechnik mit Schwerpunkten im Bereich der Maschinenteknik und deren Peripherie Werkzeugtechnik und Werkzeugfüllsimulationstechnik beim Spritzgießen.					
<b>Lern-Ergebnisse:</b>	Nach Abschluss der Lehrveranstaltung hat der Studierende folgende Kenntnisse und Fähigkeiten erworben: Er hat vertiefte Kenntnisse über die Verfahren, Maschinen und Werkzeuge der Kunststoffverarbeitung erlangt, und ist in der Lage diese hinsichtlich Prozesssicherheit, Produktivität und Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. In den vorlesungsbegleitenden Laborübungen lernt er die Anwendung der Füllsimulationsprogramme kennen und überprüft die Berechnungen bei der Werkzeugabmusterung.					
<b>Arbeitsaufwand (work-load):</b>		Präsenz in SWS	Präsenz in UE	Faktor	Work-load in h	Credits
	Vorlesung (V)	4,0	60,00	1,9	114,00	
	Übung (U) *)	0,5	7,50	2,6	19,50	
	Laborversuche (L)	0,5	7,50	3,0	22,50	
	Klausur (K120)		2,67	7,5	20,00	
	Gesamt				176,00	5,86 → <b>6</b>
	*) Übungen in Vorlesung integriert!					
<b>Inhalte:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spritzgießen</li> <li>• Presstechnik</li> <li>• Extrusion</li> <li>• Blasformen</li> <li>• Verbindungstechniken der Kunststoffe</li> <li>• Kaschieren</li> <li>• Rapid-Prototyping</li> <li>• <b>Inhalt der Laborübung:</b> Berechnung des Werkzeugfüllvorganges einer Spritzgusskavität mit dem Simulationssystem <i>Moldflow</i> und</li> </ul>					

	Verifizierung bei der Werkzeugabmusterung
<b>Bewertung:</b>	Klausur 100 %
<b>Literatur:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umdruck zur Vorlesung, Laborumdruck ;</li> <li>• Handbuch Moldflow ;</li> <li>• Menges,Michaeli,Mohren    Spritzgießwerkzeuge</li> <li>• Johannaber,Michaeli        Handbuch Spritzgießen</li> <li>• Knappe,Lampl,Heuel         Kunststoff-Verarbeitung</li> </ul>
<b>Letzte Änderung:</b>	18.01.2005