

FH Osnabrück

Vortrag: Prof. Dr. Klaus Wucherer, Mitglied des Zentralvorstandes der Siemens AG  
Präsident des VDE, am 17. September 2003

## **Berufliche Perspektiven für Ingenieure und Informatiker**

### **Einleitung**

Magnifizienz, sehr verehrte Damen und Herren!

berufliche Perspektiven für Ingenieure und Informatiker können von recht unterschiedlichen Standpunkten aus dargestellt werden:

Die statistische Betrachtungsweise versucht, den Einstellungsbedarf für gewisse Berufsklassen im wesentlichen aus den Einstellungszahlen in vergangenen Jahren, den Hochschul-Absolventenzahlen, und der mutmaßlichen Entwicklung der Wirtschaftskonjunktur zu ermitteln. Diese Betrachtungsweise ist sicher für Kultusministerien, Arbeitsämter und Firmen-Personalabteilungen notwendig. Für Studenten ist sie eher desorientierend. Sie hat nämlich folgende Mängel aufzuweisen:

- Es werden möglicherweise quantitative Zusammenhänge suggeriert, die auf zu unsicheren Prognosen basieren. In diesem Lichte erscheinen die hieraus gezogenen persönlichen Konsequenzen für eine Berufsentscheidung natürlich fragwürdig, ja gefährlich. Die jüngste Vergangenheit hat gezeigt, wie unerwartet schnell sich konjunkturelle Trends ändern können.
- Es treten gelegentlich „*Self fulfilling Prophecy*“ Effekte auf, d.h. die Voraussage beeinflusst eine zukünftige Situation in negativer Weise: man denke an den durch ungünstige Prognosen hervorgerufenen Ingenieurmangel Ende der neunziger Jahre oder an die Diskussion über den „Informatiker-Mangel“ und ihre drastische Auswirkung auf die Zahl der Studienanfänger in diesem Fach .

Für den Bildungspolitiker, den Professor und den Studenten ist die Analyse der tiefer liegenden Strukturen des modernen Arbeitslebens und seiner weiteren Entwicklung wesentlich wichtiger, um daraus berufliche Perspektiven ableiten zu können. Dabei wird gleichzeitig deutlich, wie Strukturen der Ausbildung laufend an die neuen Erfordernisse anzupassen sind.

Ich möchte für meinen Vortrag über beruflichen Perspektiven von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern daher lieber eine solche analytische Betrachtungsweise zugrunde legen. **(Folie 2)**

Ich spreche hier als Vertreter der Industrie, aber gleichzeitig auch als Präsident des VDE, des Verbandes der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik. Ich werde deshalb im Folgenden auch Empfehlungen des VDE einbeziehen, z. B. zur Gestaltung der neuen konsekutiven Studiengänge mit Bachelor- oder Master-Abschluss oder zur Ausstattung der Fachbereiche der Ingenieurwissenschaften.

Sicherlich muss ich Sie auch nicht allzu sehr von der Bedeutung der Ingenieurwissenschaften überzeugen; ich verweise nur auf das „Memorandum des Ingenieurdialogs“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit dem Titel „Zukunftssicherung des Ingenieurwesens in Deutschland“. Hier wird betont, dass die Ingenieure „wesentlicher Motor der wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland sind... Die exzellente Ingenieurausbildung in Deutschland genießt Weltruf.“

In der Tat ist die Ingenieurausbildung ein wichtiger Standortfaktor. Das gilt besonders für die auch von mir vertretenen Technologien Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik. Nach Angaben des Industrieverbandes ZVEI hängen in Deutschland rund die Hälfte der Industrieproduktionen und über 80 % des Exports vom Einsatz elektrotechnischer und elektronischer Systeme ab. Investitionen in den technisch-wissenschaftlichen Nachwuchs sind deshalb Investitionen in die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland. Mit Investitionen meine ich hier nicht nur die finanziellen Investitionen sondern auch die strukturellen und organisatorischen Veränderungen. In der Industrie und an den Hochschulen haben sich in der letzten Zeit enorme Änderungen ergeben, die weiterwirken werden und auf die ich zunächst eingehen möchte.

## **1. Strukturwandel**

Die Hochschullandschaft erlebt derzeit einen Umbruch: Globalhaushalte, formelgebundene Mittelzuweisungen und Neustrukturierung der Professorenbesoldung, die Einführung von Bachelor- und Master-Abschlüssen und die zunehmende Globalisierung des Bildungsmarktes, die Internationalisierung in Lehre und Forschung sowie die Einführung neuer innovativer Studienangebote sind wichtige Themen, die die Diskussion in Politik, Wirtschaft und Hochschule prägen. Auf einige dieser Veränderungen werde ich später noch einmal eingehen.

In der Industrie, hauptsächlich in den Schlüsseltechnologien der Elektro- und Informationstechnik, hat ein Strukturwandel der Technik stattgefunden, er begann etwa Anfang der neunziger Jahre. Es gibt offensichtlich einen Zusammenhang zwischen dem Wandel in der Hochschullandschaft und dem Strukturwandel in der Industrie. Dieser Zusammenhang liegt im gemeinsamen Bestreben, den notwendigen Beitrag zur Innovationsfähigkeit unserer sich globalisierenden Wirtschaft und Gesellschaft zu sichern. Andererseits hat der frühere sächsische Kultusminister Meyer recht, wenn er formuliert: „Hochschulen sind weder Behörden noch Unternehmen. Ihre Besonderheit liegt darin, dass sich Leistungsbeurteilungen an wissenschaftsimmanenten Kriterien orientieren müssen“.

Auch ist die Einschätzung zu bedenken, die bei einem VDE-Bildungsforum in Berlin kürzlich von einem Technikphilosophen gegeben wurde, Professor Kornwachs, TU Cottbus, meint, die Hochschulen beeilen sich, „voreilig und beflissen ihre Bildungsangebote auf das fachliche Design von Berufskarrieren umzurüsten, die es so danach gar nicht mehr geben wird“. Er spricht von einer fatalen Konsequenz, und ich meine, diese Hinweise sollten ernst genommen werden.

Auf der anderen Seite ist natürlich der Zusammenhang zwischen der Wirtschaftskraft eines Landes, dem Wohlstand einerseits und der Nachwuchsförderung und Ausbildungsqualität andererseits unübersehbar: Wer Spitzenleistungen in den

Schlüsseltechnologien haben will, muss auch für eine hochqualitative Ausbildung sorgen. Ingenieure tragen aber auch zur Lösung dringender Gegenwartsprobleme bei. Ob effiziente und umweltschonende Energieumwandlung, Abgaskatalysatoren oder ABS, minimalinvasive Chirurgie oder globale Kommunikation – ohne Erfindergeist der Ingenieure werden derartige Innovationen nicht möglich. Damit wird auch ein Beitrag geleistet, die Lebensbedingungen der Menschen erheblich zu verbessern. Ich glaube, dies ist eine wichtige Komponente, die in der Diskussion auch unter den Politikern über den Stellenwert des Ingenieurs und der Ingenieurausbildung oft vergessen wird: Es geht eben nicht nur um die oben erwähnte Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft. Es geht auch darum, dass Ingenieurleistungen eine gesellschaftliche, und wenn man so will, auch soziale Bedeutung haben.

## 1.1 Umbruch im Berufsbild

Im Berufsbild des Ingenieurs der Elektro- und Informationstechnik hat sich in den letzten etwa 5 Jahren ein enormer Wandel vollzogen, der in der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen wurde. Der Ingenieur ist keinesfalls ein einsamer Tüftler mehr, vielmehr ist die Teamarbeit - oder das, was man „soziale Kompetenz“ nennt, unbedingt notwendig. Er muss sich schnell auf neue Technologien und Fragestellungen einstellen, wobei hier auch die Bedürfnisse der Kunden gemeint sind. Dabei geht es nicht um das technisch Machbare, sondern um die Suche nach einer optimalen Lösung mit begrenzten Mitteln. Der Ingenieur ist also kein Technokrat; für Möglichkeiten und Gefahren muss er ein Sensorium haben.

Vom modernen Ingenieur werden hohe Flexibilität, solides Fachwissen und eine Reihe von überfachlichen Qualifikationen gefordert. Bereits heute sind in den klassischen Tätigkeitsbereichen Konstruktion, Fertigung und Entwicklung, wobei hier die Softwareentwicklung einbezogen ist, nur noch die Hälfte aller Ingenieure beschäftigt. **(Folie 3)** Marketing und Vertrieb, d. h. Beraten, Organisieren, Vermitteln, Analysieren und Verkaufen werden zunehmend wichtiger. Die Dienstleistungsfunktionen nehmen also zu, ebenso das Projektmanagement als Verbindung technischer und dienstleistungsorientierter Kompetenzen. Bei der Projektarbeit steht das „Denken in Kosten, Zeit und Qualität“ im Vordergrund. Die Fachleute arbeiten heute in interdisziplinären Teams, oft in internationaler Zusammensetzung und an verschiedenen Orten. Mitarbeiter der Marketingabteilung und Kunden werden häufig von Anfang an in die Entwicklung eines Systems einbezogen. Den Kunden werden auf sie zugeschnittene Systemlösungen und Dienstleistungen angeboten. Ich habe bewusst von technischen Systemen gesprochen, denken Sie z. B. an ein Mobilfunk-System oder ein Automatisierungssystem. Der Schwerpunkt liegt dabei nicht mehr auf einzelnen Produkten und Geräten, sondern auf Systemlösungen, wo alle Komponenten, Software-Produkte und Dienstleistungen aufeinander abgestimmt sind. - Die „Systemintegration“ liegt im Vordergrund. Dieses „Systemwissen“ zeichnet einen modernen Ingenieur heute aus; die Technik wird mit Software, Vertrieb, Service und Marketing verknüpft.

*Stichwort: Software*

*Während der Elektroingenieur früher hauptsächlich für die Hardware zuständig war, existieren jetzt diese Grenzen zwischen Hardware und Software nicht mehr. Die meisten Innovationen werden durch eine intelligente Verbindung von Hard- und Software realisiert. Beispielsweise kann man in der Kfz-Elektronik durch Software-Parametrierung die gleichen Bauteile für verschiedene Anwendungen verwenden.*

*Ich will das an einem Beispiel erläutern. (Folie 4) Am Beginn einer bestimmten Ingenieuraufgabe steht die Analyse des zu bearbeitenden Vorgangs, verbunden mit der anschließenden Frage, wie die notwendigen Funktionen des zu entwickelnden Systems (z. B. Mobilfunksystem) in optimaler Weise zwischen Hard- und Software aufgeteilt werden können. Die Ergebnisse müssen überprüft und die Daten verifiziert werden. Darum gehören heute zu den Werkzeugen des Ingenieurs auch PC und Internet.*

Entsprechend vielfältig sind die Anforderungen an die Ingenieure, die diese Aufgabe lösen.

Sie benötigen solides Fachwissen, sowohl der Ingenieurwissenschaften als auch der Informatik, wobei dem Systemwissen besondere Bedeutung zukommt. Zusätzlich wird erwartet, dass die Ingenieure in der Teamarbeit geschult sind und praktische Erfahrungen mit Gruppenprojekten haben, bei denen verschiedene Tätigkeiten parallel ausgeführt werden. Ebenfalls sind Grundkenntnisse in den Bereichen Wirtschaft, Marketing und Unternehmensführung gefragt. Für diese Aufgaben und Qualifikationen werden persönlichkeitsbezogene Kompetenzen benötigt: wie Problemlösungsfähigkeiten, Bewusstsein für lebenslanges Lernen, Einfühlungsvermögen in die Bedürfnisse der Kunden sowie Wissen um kulturelle Unterschiede in einem globalen Umfeld. Die hohen Anforderungen bedeuten aber nicht, dass jeder alles können muss. Allerdings sollten, sich einzelne Kompetenzen in der schon angesprochenen Teamarbeit ergänzen. In der Praxis wird der Ingenieur also als Problemlöser gefordert, der sich schnell auf neue Technologien und Fragestellungen einstellen kann.

Das Studium - und dies sowohl an Fachhochschulen als auch an Universitäten - vermittelt die notwendigen Grundkenntnisse hierfür. Dazu kommt die Vermittlung und Stärkung des fachlichen und methodischen Wissens und die Einübung von Problemlösungstechniken.

## **1.2 Strukturwandel in der Industrie (Inhalts-Folie 5)**

Wir halten also eine der wichtigen strukturellen Veränderungen fest:

Zur Arbeit des Ingenieurs, der Entwicklung neuer technischer Komponenten und Geräte, kommt verstärkt hinzu die Projektierung, Implementierung und Integration komplexer Systeme aus Hard- und Software sowie deren Konfigurierung und Betrieb. Es wächst der Anteil von Software-Arbeiten und des sog. Engineering an der Wertschöpfung. Die Folge dieses strukturellen Wandels ist, dass die bestehenden traditionellen Arbeits- und Organisationsmuster in den Unternehmen, die weitgehend auf funktionale Strukturen ausgerichtet sind, so nicht weiter bestehen bleiben. Stattdessen wird sich in den nächsten Jahren der bereits begonnene Prozess verstärken, Teams zu bilden, die abteilungs- und fachübergreifend an einem Projekt zusammenarbeiten. Diese Arbeitsweise bedingt eine partnerschaftliche Führung

sowie die Orientierung am Gesamtziel. Die Ingenieure denken nicht nur in Funktionen, sondern in Prozessen; sie müssen lösungsorientiert arbeiten. Ein aktuelles Beispiel für das Zusammenwachsen - die Integration - einzelner Fach- und Entwicklungsbereiche ist die Mikrosystemtechnik, bei der verschiedene Komponenten, elektrische, mechanische und optische Techniken auf einem Chip integriert sind.

Die Ingenieure und Naturwissenschaftler, die solche Aufgaben bearbeiten, müssen mit Mitarbeitern anderer Disziplinen, Kaufleuten und vor allem den Kunden zusammenarbeiten. Sie müssen betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse haben, sie sollten motivieren können und bei Problemen als Moderator auftreten. Bei Kundenorientierung geht es nicht nur um das technisch Machbare, sondern um die optimale Lösung mit begrenzten Mitteln. Das führt nicht nur zu High-Tech-Produkten, sondern auch zu Low-Cost-Angeboten, aber mit hoher Verfügbarkeit und hoher Qualität. Deshalb muss der Ingenieur ein ausgeprägtes Termin-, Kosten- und Qualitätsbewusstsein mitbringen und sich zunehmend mit kaufmännischen Fragestellungen auseinandersetzen.

Auch die Öffentlichkeit beeinflusst das Kundenverhalten durch ihre sich verändernden Maßstäbe. Die Kunden fragen bei Produkten und Systemen (z.B. im Energiebereich) immer häufiger nach deren Umweltfreundlichkeit hinsichtlich Herstellung, Gebrauch und Entsorgung. Die Auswirkungen auf die Menschen und die gesamte Gesellschaft führen zu einer größeren Öffentlichkeit.

Beispiel: Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder. Zu beiden Bereichen, sowohl der Niederfrequenz als auch jetzt ganz aktuell zum Thema der hochfrequenten Mobil-Kommunikation hat der VDE Stellungnahmen abgegeben. Dies zeigt, dass die Ingenieure auch in der Lage sein müssen, öffentliche Diskussionen mitzugestalten und sich den Auswirkungen der Technik für die Gesellschaft bewusst werden.

### **1.3 Integration technischer Disziplinen**

*Ich komme zurück auf die zunehmende Bedeutung von Softwareaufgaben und auf das Verhältnis von Informationstechnik und Informatik; dieses ist ein Thema, das in der Öffentlichkeit m. E. nicht immer richtig dargestellt wird. Der wichtige und in seiner Bedeutung immer mehr zunehmende Bereich der Informationstechnik darf unserer Auffassung nach entgegen der weitverbreiteten Meinung keinesfalls auf Computertechnik und Software, d. h. auf die Informatik beschränkt werden. Die Informationstechnik umfasst mehr als die Informatik; sie realisiert informatische Prinzipien in konkreten technischen Geräten und Anlagen; und deren Weiterentwicklung ist ebenso wichtig wie die Entwicklung der Informatik. Software-Lösungen sind zu einem wichtigen Element von Industriearbeiten und Dienstleistungen geworden.*

*Zum IT-Bereich gehören zusätzlich zur Computertechnik die Kommunikationstechnik, die Sensor- und Messtechnik und vor allem die Mikro- und Nanotechnik. Die Informationstechnik ist längst ein wesentlicher Bestandteil der Ausbildung zum Ingenieur der Elektrotechnik. Wie bereits dargestellt, spielt die intelligente Software in der Anwendung*

*eine immer größere Rolle. Wir stellen fest, dass in der Industrie Ingenieure bevorzugt eingestellt werden, deren Informatik-Kenntnisse sich aus der Elektrotechnik heraus entwickelt haben. Der Grund liegt darin, dass die Ingenieure die Kenntnis der Anwendungen und das gesamte Systemwissen mitbringen. Unsere Gesellschaft braucht also zahlreiche Ingenieure, die in Elektrotechnik/Informationstechnik zu Hause sind, die freilich auch die Informatik als Handwerkszeug beherrschen müssen. Bei den aktuell immens großen Anfängerzahlen in den Informatik-Studiengängen ist zu erwarten, dass der Bedarf an Informatikern in naher Zukunft befriedigt werden kann, während im Gegensatz dazu in der Elektronik und in der Elektrotechnik einschließlich Informationstechnik wie auch in vielen anderen klassischen Ingenieurstudiengängen der Fachkräftemangel ständig zunimmt.*

In einer aktuellen Erklärung empfiehlt deshalb der VDE eine zukunftsorientierte Arbeitsteilung an Hochschulen zwischen den Disziplinen Informationstechnik und Informatik – verbunden mit einer überzeugenden Aufklärungsarbeit bei Jugendlichen. Die derzeitige Forcierung der Informatik macht nur Sinn, wenn alle technischen Disziplinen, die Informatik einsetzen, ebenfalls parallel weiterentwickelt werden. An vielen Hochschulen wird diese Zusammenarbeit der beiden Bereiche realisiert, z. B. über einen gemeinsamen Fachbereich Elektrotechnik und Informatik. Bei dieser Gelegenheit nenne ich die wichtigsten Kerngebiete der Elektrotechnik, die i.d.R. auch an den Hochschulen im Rahmen von Schwerpunkt-Studiengängen studiert werden können: Die Informationstechnik, die elektrische Energietechnik und die beiden großen Bereiche Mikroelektronik/Mikrosystemtechnik/Nanotechnik sowie der andere Bereich Mess-, Leit- und Automatisierungstechnik.

In der Industrie und im gesamten Umfeld, aber in neuer Zeit auch an den Hochschulen, gibt es neben diesen Kernbereichen zahlreiche Schnittstellen zu anderen Disziplinen. Die Entwicklungen sind durch weitgehende und zunehmende Integrationen geprägt. Das gilt besonders für die dynamischen Gebiete der Informationstechnik und Mikroelektronik/Mikrosystemtechnik. Auf diese Weise werden diese zu Schlüsseltechnologien mit enormer Schubkraft für andere Bereiche.

*Beispiel Energietechnik: Der Einsatz modernster Leistungselektronik mit Steuerungs-, Mess- und Regelungskomponenten ermöglicht erst die Nutzung der erneuerbaren Energien. Aus den Bereichen der Nano-Technologie und der supraleitenden Materialien werden neue Impulse kommen, die auch Einfluss auf die Energiespeicherung in den zukünftigen Versorgungssystemen haben wird. Die moderne Energieelektronik und die Nutzung erneuerbarer Energien ergänzen unsere auf Großkraftwerken basierende Energieversorgung durch den Zusammenschluss von immer mehr dezentralen Kleinanlagen zu virtuellen Kraftwerken. Die Beherrschung dieser verteilten Systeme bedingt ein hohes Maß an fachübergreifendem Wissen und notwendiger Flexibilität. Besonders im liberalisierten Energiemarkt stellt die Verknüpfung von Technik, Betriebswirtschaft und Dienstleistung an Ingenieure hohe Anforderungen. Ein weiteres Beispiel für die zunehmende Integration früher getrennter Bereiche ist die Medizintechnik, die ohne Informationstechnik und Mikroelektronik heute undenkbar wäre. Dies sind nur einige Beispiele für*

*den technischen Wandel, der durch eine zunehmende Durchdringung aller Bereiche und Branchen mit Informationstechnik, Software, Mikroelektronik und Nanotechnik gekennzeichnet ist.*

*Ingenieure und technische Informatiker sind in Branchen wie Elektrizitätswirtschaft, Maschinenbau, Automobilindustrie, Medizintechnik, Umwelttechnik, in der Unternehmensberatung, Luft- und Raumfahrt, aber auch bei Banken und Versicherungen tätig. Hinzu kommt eine verstärkte Vernetzung von Dienstleistungen – und der Unternehmen selbst. Das Internet oder andere Netze verbinden Anbieter, Zulieferer, Logistikpartner und Kunden. Zur Zeit nimmt auch der Bereich elektronischer Geschäftsabschlüsse oder E-Commerce an Bedeutung zu. Damit ist nicht nur der Direktvertrieb gemeint, sondern eine flexiblere und verzahnte Zusammenarbeit aller Partner unter dem Stichwort „eBusiness“ möglich wird.*

*Nach meiner Auffassung werden sich in der Industrie folgende Entwicklungen in den nächsten Jahren sogar noch beschleunigen:*

- Weitaus größerer Einfluss von Informationstechnik, Mikroelektronik sowie von internationaler Vernetzung in allen Bereichen und Geschäftsfeldern; überall werden die Computer verfügbar sein.*
- Die „Systemintegration“ nimmt zu, ebenso die Einbettung von Mini-Chips in Gegenstände des täglichen Lebens (einschließlich von Kleidung) oder von Kleinst-Computern in verschiedene Geräte und Systeme. Aufteilung der gewünschten Funktionen in Hard- und Software bis hin zum Ersatz von Hardware durch Software.*
- Die Produktion wird zunehmend mit Dienstleistungen verzahnt - vom Engineering über Betrieb und Finanzierung bis hin zur Bereitstellung notwendiger Infrastruktur einschließlich Softwareleistungen und Beratungen beim Kunden.*

Heute stellen Ingenieure der Elektro- und Informationstechnik in einer Firma wie Siemens mehr als 500.000 verschiedene Produkte her, wobei das Produktionsprogramm vom kleinsten elektronischen Bauelement über informations- und kommunikationstechnische Anlagen, Anwendungssoftware, Geräte und Systeme, elektrische Antriebe und Leistungselektronik bis zu schlüsselfertigen Anlagen der Verfahrens-, bzw. Kraftwerkstechnik und Leittechnik reicht. Die Entwicklung komplexer, vernetzter, informationsverarbeitender Systeme, sowie von Energieversorgungssystemen wird noch weiter zunehmen.

Die beschriebene Durchdringung in den Anwendungsfeldern technischer und industrieller Entwicklungen führt bereits auch an den Hochschulen zu zahlreichen Querschnittsgebieten und interdisziplinären Studienrichtungen. Diese Wechselwirkung soll im folgenden genauer beschrieben werden.

*Zunehmende Bedeutung hat beispielsweise die Wechselwirkung von Elektrotechnik und Informationstechnik mit der Medizintechnik. Hier geht es darum, mit Methoden der Ingenieurwissenschaften Geräte, Systeme oder Software zur besseren Früherkennung, Vorbeugung, Behandlung*

*und Überwachung von Krankheiten zu entwickeln. Die Schwerpunkte innerhalb der Medizintechnik sind Medizin-Gerätetechnik, medizinische Bio- und Gentechnik, radiologische Technik und bildgebende Verfahren. Anwendungsbeispiele sind die minimalinvasive Medizin, Telematik im Gesundheitswesen, Telemedizin oder die Simulation medizinischer Vorgänge, die digitale Bildverarbeitung, die Abbildung bioelektrischer Ströme auf dem Herzen usw. In der Biotechnik ist Ingenieurarbeit vor allem in der verfahrensorientierten Biotechnologie zu suchen.*

*Enge Verbindungen der Elektrotechnik bestehen seit jeher auch zur Gebäudetechnik (z.B. mit der elektrischen Stromversorgung, Heizung und der Ver- und Entsorgungstechnik) sowie zur Gebäudesystemtechnik. Ingenieuraufgaben werden hier mit komplexen, über Bussysteme vernetzten Installationskomponenten gelöst; diese Aufgaben verlangen Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich des Projektmanagements und der Projektabwicklung. Die Anwendungsbereiche solcher Systemlösungen reichen von der Bauindustrie bis zum technischen Betrieb von Gebäudekomplexen. Der Anteil der Elektronik und der einer Wertschöpfung beim Auto beträgt bereits heute bis zu 30 %. Dies zeigt anschaulich die wachsende Bedeutung der Elektro- und Informationstechnik in der Fahrzeug- und Verkehrstechnik. Die Forderung an die Ökonomie und Ökologie von Fahrzeugen z. B. zum 1-Liter-Auto, lassen sich nur mit elektronischen Systemen verwirklichen. Entsprechend anspruchsvoll sind die Anforderungen an die Ingenieure, die über Basiswissen im Maschinenbau und Elektrotechnik sowie über interdisziplinäre Kenntnisse in Bereichen wie Fahrzeugelektronik, Fahrzeugbau oder Telematik verfügen müssen.*

#### **1.4 Mechatronik: „Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile“**

Mechatronik (**Folie 6**) wird als integrierte Entwicklung von Systemen aus mechanischen, elektronischen und informationsverarbeitenden Komponenten verstanden. Sie erfordert, wenn sie wirtschaftlich erfolgreich sein soll, die Verfügbarkeit und die interdisziplinäre Zusammenführung einer großen Zahl weit auseinanderliegender Kompetenzen. Hier liegen die Herausforderungen und die Chancen für die Industrie wie auch für Forschung und Entwicklung.

Mechatronik verstärkt die interdisziplinäre Zusammenarbeit in den Unternehmen. Mitarbeiter unterschiedlicher Fachdisziplinen arbeiten über den gesamten Produkt-Lebenszyklus zusammen. Dazu ist es notwendig, organisatorische Strukturen neu zu überdenken, auch mit dem Ziel, die Innovationsgeschwindigkeit zu erhöhen – eine unabdingbare Notwendigkeit, um die starke Exportposition Deutschlands auf dem Weltmarkt weiter ausbauen zu können.

Eine große Rolle spielen dabei die Qualifikation und die Ausbildung der Mitarbeiter. Nicht nur an den Hochschulen gewinnt die Fachrichtung Mechatronik zunehmend an Bedeutung, auch in der gewerblichen Ausbildung wird dem steigenden Bedarf der Industrie an gut ausgebildeten Mechatronik-Facharbeitern Rechnung getragen.



Die Vielfalt an Mechatronik-Ausprägungen und -Anwendungen ist mittlerweile enorm. Im Vordergrund steht dabei immer das Ziel der Performancesteigerung, der Kostendegression oder der Miniaturisierung.

### **Mechatronik als Motor des wirtschaftlichen Aufschwungs**

Wo liegen diese Chancen der Mechatronik? Insbesondere im Maschinenbau werden noch häufig Maschinen und Anlagen mit verkoppelten Antriebssystemen ausgestattet. **(Folie 7)** Der Nachteil liegt hier in einer komplizierten Mechanik, die bei Produktumstellungen umfangreiche Montagearbeiten und lange Rüstzeiten verursachen kann. Das intelligente Zusammenspiel von Mechanik, Elektronik und Software erlaubt künftig ganz neue Maschinenkonzepte: Standardkomponenten der Elektronik (im Bild unten) können die Mechanik ersetzen, und gesamtheitlich optimierte Verknüpfungen der verschiedenen Technologien schaffen neuartige Produkte und Lösungen.

Traditionellen Technologien, wie Mechanik, Elektrizität und industrielle Massenfertigung, haben gerade über die Informationstechnologie einen gewaltigen Innovationsschub erhalten. Deshalb ist es nicht vermessen, zu sagen, dass die Mechatronik neben der Informationstechnologie mindestens gleichberechtigt als treibende Innovationskraft anzusehen ist.

Mechatronik gewinnt aber auch an Bedeutung, wenn die Exportchancen Deutschlands betrachtet werden. **(Folie 8)** Unsere hohen Exportquoten im Maschinenbau (68% in 2002), in der Elektroindustrie (91% in 2002) oder in der Kraftfahrzeug-Industrie (62% in 2002) können nur gehalten bzw. ausgebaut werden, wenn die Mechatronik stärker eingesetzt wird, um neue Produkte mit noch höherem Kundennutzen zu erzeugen.

### **Virtuelle Produkt- und Prozessentwicklung in der Mechatronik**

Produktionsunternehmen werden zunehmend an ihrer Fähigkeit gemessen, innovative Produkte unter Berücksichtigung zukunftsweisender Technologien in kürzester Zeit zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Dabei spielen mechatronische Anwendungen eine immer größere Rolle. Aber sie stellen auch ganz neue Herausforderungen an den Entwicklungsprozess. Es ist sinnvoll, die technischen Möglichkeiten der Mechatronik ganz vorn im Entwicklungsprozess einzubringen – in der Phase der Simulation **(Folie 9)**– anstatt eine fertige Maschine im Rahmen der mechanischen Gegebenheiten anschließend zu optimieren. So wird z. B. nicht mehr zuerst eine Maschine konstruiert, damit dann Steuerung und Software ausprobiert werden können, sondern es werden alle Teile gemeinsam und gleichzeitig entwickelt und getestet. Damit dieses Vorgehen funktioniert, wird immer mehr auf zukunftsweisende Hilfsmittel, wie dreidimensionale CAD-Systeme, ASIC-Entwicklungssysteme, Software-Prototyping oder Simulationssysteme zurückgegriffen. So lassen sich viele Probleme erkennen und beheben, bevor der erste Prototyp gebaut ist. Ein enormes Einsparpotenzial!

Bevor die „reale“ Produktion startet und das Produkt herstellt, wurden schon vorher alle Prozesse, von der Produktfunktion bis zu den Produktionsanlagen virtuell durchlaufen und getestet. Die Modellbildung muss deshalb auf eine Analyse des

gesamten Systems ausgerichtet sein. Die Tools für diese virtuelle Welt sind bei weitem noch nicht komplett. Deshalb widmet sich die Forschung an den Hochschulen und in der Industrie sehr intensiv dieser Thematik.

Für die Maschinenhersteller erschließt sich auf diesem Weg ein erhebliches Potenzial, welches seinen Ausdruck in kürzeren Entwicklungszeiten, schnellerem Markteintritt, mehr Sicherheit in der Entwicklung, kreativeren Ansätzen, höherer Qualität und steigender Produktivität findet.

## **Innovative Mechatronik-Produkte in der Siemens AG:**

### **...Medizin**

Ein typisches Beispiel aus der Medizintechnik ist das Hörgerät. **(Folie 10)** Diese Produkte werden immer kleiner und leistungsfähiger. Doch erst durch die gezielte Nutzung der Mechatronik können wichtige Leistungsmerkmale wie z.B. die Sprachverständlichkeit entscheidend verbessert werden. So reduziert z.B. die automatische Anpassung an unterschiedliche Hörsituationen (Störgeräuschbefreiung) deutlich die Höranstrengung.

### **...Automobiltechnik**

Ein weiteres wichtiges Feld, das vielfältige mechatronische Möglichkeiten bietet, ist die Automobiltechnik. **(Folie 11)** Der Elektronik-Anteil in allen Autos nimmt weiter rapide zu und schafft in Verbindung mit „klassischen“ Autoteilen ganz neue Funktionsmerkmale. So entstehen neue Systeme, die die Sicherheit verbessern (Airbag, Wegfahrsperre, Diebstahlsicherung), den Fahrkomfort erhöhen (Fensterheber mit elektronischer Steuerung, Klimakontrollsystem), die Informationen gezielter verfügbar machen (Bordcomputer, Navigationssysteme) und nicht zuletzt die Motorleistung optimieren (Getriebesteuerung).

### **...Motion Control**

Der Ersatz von Mechanikkomponenten durch mechatronische Konzepte stellt z. B. die intelligente Bewegungsführung von Servoachsen als Schlüsselfunktionalität immer stärker in den Vordergrund. Dieser Situation trug z. B. Siemens Rechnung, indem das bisherige Steuerungsangebot von Simatic und Sinumerik durch das neue Motion-Control-System *Simotion* **(Folie 12)** erweitert wurde. Solche Systeme kommen dann zum Einsatz, wenn bei der Maschinenautomatisierung hohe Anforderungen an Bewegungsfunktionalität und Achsenverkettungen gestellt werden. Ein modernes Motion-Control-System muss intelligente Bewegungsführung mit Logikverschaltung und Technologiefunktionen, wie z. B. Temperaturregler, in einer gemeinsamen Software verbinden. Es sollte skalierbar sein und durch Verwendung ladbarer Technobgiepakete, wie z. B. „Positionieren“, „Gleichlauf“ oder „Druckregelung“, optimal an die unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden können. Dadurch werden viele mechanische Komponenten überflüssig, Umrüstzeiten und Verschleißteile werden reduziert und die Maschinenproduktivität steigt.

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Forderung nach Kosteneinsparung und hoher Flexibilität bei der Maschinenprojektierung und im Betrieb. Das kann mit einem

durchgängigen und einheitlichen Engineering für unterschiedliche Hardware-Plattformen ermöglicht werden. Solche Plattformen können z. B. SPS, PC oder Antriebe sein.

Mit „Simotion Scout“, dem Engineering-System von Simotion, kann der Maschinenhersteller ein intelligentes Werkzeug für die Projektierung, die Inbetriebnahme und die Programmierung von Motion Control nutzen. Damit löst der Anwender seine Motion-Control-Aufgabenstellungen in einem durchgängigen System, das alle notwendigen Werkzeuge vom Parametrieren, Projektieren und Programmieren der Funktionalität über Inbetriebsetzung und Test bis zur Diagnose zur Verfügung stellt.

### **...Telematic**

Mechatronik-Systeme enthalten Software und IT-Funktionen. Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten der Produkt-Nutzung und -Betreuung. Maschinen lassen sich nun plötzlich ohne zusätzlichen Aufwand an das Internet anschließen, können über Tele-Service gewartet oder von der Ferne aus bedient werden. Einige deutsche Maschinen-Hersteller haben diese Chancen z.B. zum Aufbau eines weltweiten Tele-Services schon voll genutzt, andere sind erst dabei.

Die Verbindung von Internet und Mechatronik läßt auch neue Dienstleistungen entstehen. Ein Beispiel dafür ist ePS (e-Production Services) von Siemens. **(Folie 13)** ePS bietet Services für internetfähige CNC-Werkzeugmaschinen. So können Kategorien von e-Diensten über die Maschinensteuerung oder über PC ausgewählt und online aktiviert werden. Weiterhin sind Dienste zur Unterstützung der Inbetriebnahme (Computer Aided Run-off) und der Störungsanalyse im Servicefall möglich. Der „elektronische Fingerabdruck“ der Maschine wird archiviert. Funktionen werden über Fernbedienung angeboten

Viele komplexe Projekte kann ein Hersteller alleine gar nicht umsetzen. Deshalb müssen bei der Umsetzung dieser in die Zukunft gerichteten Ideen Firmen des Maschinenbaus mit Anwendern aus der Automobil- oder Flugzeugindustrie und mit technischen Hochschulen bzw. wissenschaftlichen Instituten eng zusammenarbeiten. Wichtig ist der „Mix“ aus Kompetenzen und Branchen. Mitte des Jahres wurde eine 3 jährige Phase eines anspruchsvollen BMBF- Zukunftsprojektes zu diesem Thema (ARVIKA) beendet. Siemens war in der Rolle des Anwenders, des Integrators und der Konsortialleitung beteiligt.

### **Mechatronische Zukunft**

Weitere wichtige Mechatronik-Anwendungen und –chancen, die momentan noch gar nicht richtig beschrieben sind und ihre Bedeutung erst in der Zukunft zeigen werden, liegen im Aufbau und der Nutzung virtueller Welten für Forschung und Entwicklung sowie für Simulation und Training. So wird es eines nicht allzu fernen Tages selbstverständlich sein, neue Substanzen, Materialien und Bauweisen mit Hilfe digitaler Modelle zu entwickeln. Dabei wird auf Wissens- und Materialdatenbanken zurückgegriffen. Eigenschaften und Verhalten werden virtuell getestet und mit allen Sinnen erlebt: über 3D-Stereo-Projektion, 3D-Raumklang (Schwingungen, Geräusche), Temperatur, Gerüche, haptische Rückkopplung. In der Entwicklung befindliche Produkte, Systeme und Anlagen werden von den Projektbeteiligten als 3D-Modelle räumlich (z.B. Stereo-Bild) und interaktiv (in Echtzeit) weltweit verteilt erlebt, Daten verschiedener Partner mit unterschiedlichen CAD-Systemen integriert

und simultan bearbeitet, Funktionalitäten und Ablaufprozesse virtuell getestet. In Trainings-Simulatoren werden Produkte, Systeme und Anlagen (auch wenn sie sich noch in der Entwicklung befinden) von Kunden und Service-Personal als 3D-Modelle räumlich (Stereo-Bild, Raumklang) und interaktiv (in Echtzeit) erlebt, Prozessabläufe und Störungen virtuell trainiert. Über entsprechende Sensorik, Aktorik, Steuer- und Regelungstechnik sind auch hier alle menschlichen Sinne (Auge, Ohr, Nase, Tastsinn) ansprechbar. Die Mechatronik leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung derartiger Konzepte.

### **Mechatronik verändert die Arbeitswelt ...**

Das optimale Zusammenwirken der Komponenten und Technologien stellt neue Herausforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Unternehmen und darüber hinaus. **(Folie 14)**

Im Prinzip ist es bei Industrieentwicklungen schon seit längerem selbstverständlich, dass Projekt- und Teamarbeit aktiv praktiziert werden. Durch die Integration von Mechanik, Elektronik und Software sowie das Einbringen neuer Technologien, wie der Mikro- und Nanotechnologien wird dieser Trend noch weiter verstärkt. Mitarbeiter unterschiedlicher Fachdisziplinen (Elektrotechniker, Maschinenbauer, Informatiker, etc.) arbeiten nicht nur während der Spezifikation, sondern über die ganze Entwicklung eng zusammen. Sie müssen „die gleiche Sprache sprechen“, sich verstehen und offen für die Ideen ihrer Kollegen sein. Dabei treffen Menschen aufeinander, die in der Vergangenheit mit ganz unterschiedlichen Innovationsraten zu tun hatten (z. B.: Motor 10 Jahre, Mikroelektronik 3 Jahre, Software 1 Jahr).

### **...und die Ausbildung**

Natürlich spielt auch die Ausbildung der Mitarbeiter eine große Rolle. Grundsätzlich ist es zu begrüßen, dass mittlerweile an vielen Universitäten und Fachhochschulen die Fachrichtung „Mechatronik“ nicht nur als Studiengang angeboten sondern auch mit wichtigen Forschungsaufgaben verknüpft wird.

In der Industrie wird der „Mechatronik-Ausbildung“ eine wachsende Rolle zuteil. Siemens bildet momentan 690 junge Menschen (13% aller Azubis) zu entsprechenden Facharbeitern aus und wir spüren ein immer größeres Interesse für diesen noch recht neuen Lehrberuf.

Wichtig ist vor allen Dingen, dass eine Fachrichtung „Mechatronik“ an der Hochschule nicht nur ein Konglomerat konventioneller Vorlesungen aus Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau darstellt, sondern in neuen Lehrveranstaltungen die integrativen Elemente dieser Technologien mit einbezogen werden: z.B. im Versuch, die heterogenen Komponenten eines mechatronischen Systems in Gesamtsimulation auf verschiedenen Abstraktionsebenen darzustellen und zusammenspielen zu lassen.

Diese Projekte und Visionen zeigen, wie wichtig es ist, dass Grundlagenforscher, Hochschullehrer, Hersteller und Nutzer von Anfang an gemeinsam in den Ausbildungs, Forschungs- und Entwicklungsprozess eingebunden werden. Hier liegt unsere Chance für die Forschung und die Industrie in Deutschland.

## 1.5 Priorität: Grundlagenwissen

Die Liste der interdisziplinären Schnittstellen der Elektro- und Informationstechnik ließe sich weiter fortsetzen. Weitere Stichpunkte sind die Multimedia-Techniken, die technische Informatik sowie der Bereich der Wirtschaftsingenieure, die ihr Studium z. B. innerhalb der Elektrotechnik fortsetzen. Diese Beispiele zeigen, wie facettenreich das Berufsbild von Ingenieuren der Elektro- / Informationstechnik und entsprechender Studienrichtungen inzwischen geworden ist. Auch wird daran deutlich, wie eng die Wechselwirkungen zwischen den Veränderungen in der Industrie und den Reaktionen an den Hochschulen sind. Wir sind aber nicht der Meinung, dass jede Spektrallinie der späteren Berufsarbeit auch an den Hochschulen gelehrt und vermittelt werden muss. Vielmehr kommt einer soliden Erstausbildung mit einem fundierten fachlichen Grundlagenwissen die größte Bedeutung zu. Die Vermittlung methodischer und wissenschaftlicher Grundlagen ist wichtiger als reines Faktenwissen. Die Fähigkeit sollte im Vordergrund stehen, die Lösung eines Problems richtig anzugehen und mit den geeigneten Mitteln verfolgen zu können. Den Absolventen sollte bereits in der Ausbildung ein ganzheitliches Systemverständnis und der Anwendungsbezug vermittelt werden. **(Folie 15)** Ein Teil der erwarteten Fähigkeiten sollte bereits im Studium erworben werden, zusätzlich zu einem breiten Basiswissen und vertieftem Wissen in nur einem Hauptfach. Hinzu kommt der Aufbau und die Stärkung des fachlichen und methodischen Grundwissens und die Einübung von Problemlösungstechniken, z. B. durch Projekte innerhalb des Studiums. In diesem Zusammenhang legen wir von der Industrie und vom VDE großen Wert auf Industrie-Praktika während der Studienzeit.

*Hier befinden wir uns auch in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Entwicklung der Fachhochschulen, wo beispielsweise klar gesagt wird, dass das Praxis-Semester zu einem obligatorischen Bestandteil aller Studiengänge zu machen ist. In den Ingenieurwissenschaften ist das nicht nur bereits der Fall sondern unbedingt erforderlich, auch bei den neuen konsekutiven Studiengängen. Hierauf komme ich später noch einmal zurück.*

## 1.6 Schule und Technik

*Zur erwähnten Bedeutung des Grundlagenwissens gehören natürlich die mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen. Innerhalb der Ausbildung an den Hochschulen beträgt der Anteil dieser mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagenfächer zwischen 20 und 30 % vom gesamten Lehrangebot. In dieser Situation haben die deutschen Schüler eine denkbar schlechte Ausgangsposition bei der Wahl technischer Studiengänge, weil bei den hohen Anforderungen, die ein solches Studium stellt, die Schüler durch Vernachlässigung naturwissenschaftlich-technischer Bildung an den Schulen mangelhaft vorbereitet sind. Nach einer aktuellen Umfrage des Hochschul-Informationssystems HIS beurteilt nur jeder dritte Studienanfänger die Studienberechtigung als ausreichende Befähigung zum Studium. In den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen übersteigt der Anteil der Studierenden, die ihren*

Vorbereitungsstand als defizitär einschätzen, deutlich das allgemeine Mittel. Letzter Beweis für diesen bedenklichen Zustand sind die Ergebnisse der PISA-Studien, die Ihnen allen bekannt sind. Nach unserer Auffassung haben Bund und Länder hier die Pflicht, gemeinsam Reformen durchzusetzen.

Nach Untersuchungen des deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts ist jedoch bei den Physik-Leistungskursen ein Rückgang der Teilnehmerzahlen zu verzeichnen. Immer häufiger müssen sich die Schulen mit sogenannten „Huckepack-Kursen“, eine Kombination aus Leistungskurs und Grundkurs behelfen oder das Angebot von Physik-Leistungskursen durch Kooperation mit anderen Schulen aufrecht erhalten. In rund 9 % z. B. der niedersächsischen Schulen existieren gar keine Leistungskurse im Fach Physik. An fehlendem Interesse oder mangelnder Technikakzeptanz kann der Rückgang auch bei den Studienanfängerzahlen in unserem Bereich nicht liegen. Eine repräsentative VDE-Studie zeigt aktuell, dass 62 % der Jugendlichen bis 34 Jahren eindeutig für die Entwicklung neuer Technologien sind. Nach anderen Untersuchungen z. B. der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg spielen die reinen Karrieremöglichkeiten bei einer großen Zahl von Jugendlichen nicht mehr die dominierende Rolle. Insofern stößt eine Werbung, die allein mit Karriere argumentiert, auf taube Ohren. Deshalb glaube ich auch nicht, dass die Entlassungen in der Großindustrie, darunter auch in der Elektroindustrie der letzten Zeit hier allein verantwortlich für die geringe Resonanz der Ingenieurwissenschaften bei den Abiturienten war und ist. Offenbar haben sich die Wertvorstellungen Jugendlicher verschoben. Zu den Argumenten, die bei der Studienwahl positiv aufgenommen werden, gehören nach diesen Untersuchungen mehr „weiche Faktoren“ wie die Erfüllung persönlicher Interessen, die Selbstverwirklichung, die Kreativität und der Wunsch, dass der Beruf „interessant ist“ und „Spaß macht“. Letzterer Aspekt wird von den Schülern nicht in Verbindung mit dem Ingenieurstudium gebracht. Ich möchte die Frage an Sie richten: Was kann am Studium verändert werden, damit es auch etwas mehr Spaß macht?

## 1.7 Ingenieur- Image

Es ist für die Industrie und für die Hochschulen nach meiner Auffassung unbedingt erforderlich, eine Übereinstimmung des Images eines Ingenieurs mit seiner tatsächlichen Berufsarbeit herbeizuführen. Denn dort finden die Jugendlichen die Merkmale, die für sie bei der Studienwahl wichtig sind, nämlich die Arbeit mit Menschen, die Möglichkeit, als Manager später selbst Entscheidungen zu treffen, Menschen anzuleiten oder die Tatsache, nicht nur kreative Arbeit zu leisten, sondern für die Gesellschaft auch nützliche Anwendungen und Dienste bereitzustellen. Diese sozialen und gesellschaftlichen Aspekte, die nach den Untersuchungen für die Jugendlichen wichtig sind, unterstellt man kaum den Ingenieuren, sondern hauptsächlich den Medizinern, Rechtsanwälten, Sozialarbeitern.

Auch die Medien verstärken m. E. die entstandene Schieflage. Zwar werden lauter schicke Geräte beschrieben, nicht aber die Arbeit, die zu ihrer Entstehung führt. Die rauhe Seite bleibt unsichtbar – gezeigt wird nur die glatte Seite. Das unterstützt die Massensuggestion, die technische Welt sei eine einzige Leichtigkeit; ein Raum in dem das Wissen per Mouseclick gewonnen wird, wo Mobilität anstandslos und die Kommunikation immer reibungslos von statten gehen und der elektrische Strom mit der gleichen Selbstverständlichkeit zur Verfügung steht wie die Luft zum Atmen. Verloren geht das Bewusstsein, dass Technik etwas mit Leistung und Anstrengung zu tun hat und dass in dieser Anstrengung, wenn die Konstruktion und die Ingenieurarbeit am Ende erfolgreich ist, der eigentliche Spaßfaktor liegt. Denn Spaß muss es ja den Jugendlichen schon machen. Man kann auch Freude am Erkenntnisfortschritt haben; das Gelernte mit dem Gewussten rückkoppeln zu können, Zusammenhänge zu begreifen und daraus neue Ideen zu entwickeln. Diese Argumentation und diese Auffassung sollten wir gemeinsam den Jugendlichen übermitteln, vielleicht sogar, indem wir Techniker mit solchen Argumenten und Beispielen unserer Berufsarbeit in die Schulen gehen. Und dies geschieht ja bereits vielfach.

Wie faszinierend Technikentwicklung für Jugendliche sein kann, zeigt auch die bislang wohl einzigartige VDE-Aktion "Invent a Chip". 1.200 Schüler haben daran teilgenommen. Über 90 innovative Ideen für den Mikrochip der Zukunft wurden eingereicht. 10 Schüler-Teams haben die Chance, ihre Chip-Idee bis zum fertigen Produkt zu realisieren. Das Spektrum der von den Schülern vorgeschlageneren Chip-Entwicklungen ist sehr groß; die Jugendlichen beweisen mit ihren Ideen gesellschaftliches Problembewusstsein, wie z. B. im Bereich Medizin: Hilfssysteme für Sehbehinderte, Gelähmte, Diabetiker oder Risikopatienten, Ernährungsratgeber oder andere Beispiele. Die Sieger werden im Oktober auf dem Münchner Weltkongress der Mikrotechnologien MICRO.tec 2003 ausgezeichnet. Der Erfolg dieser Aktion in diesem Jahr wie bei seiner Premiere 2002 beweist, dass und wie man an die Jugendlichen herankommen kann.

Aber es kommt nach meinem Dafürhalten auch noch auf etwas anderes an: Im gesamten Bildungssystem müssen junge Menschen, und die Nachwuchswissenschaftler erst recht, ein Klima vorfinden, dass die Freude an der Leistung fördert sowie Technik- und Innovationsfreundlichkeit vermittelt. Nur so gelingt es, das Exportgut Innovation abzusichern und für die Zukunft gerüstet zu sein.

*Nur wenn wir den Mathematik- und Physikunterricht an den Schulen quantitativ und qualitativ optimieren, kann sich Deutschland im internationalen Wettbewerbsfeld der Elektro- und Informationstechnik sowohl auch bei den anderen Ingenieurwissenschaften behaupten. Der bisherige Verlauf der Diskussion zur PISA-Studie gibt allerdings wenig Anlass zur Hoffnung, dass die Zeichen der Zeit wirklich erkannt worden sind, dass klare Konsequenzen gezogen werden, dass – anstelle von PR – fundierte und konzertierte Aktionen folgen. Wo bleibt da unsere Verantwortung für die Jugend? Wo unser Einsatz für die optimale Ausbildung? Viel Zeit bleibt nicht. Entscheidend ist, dass wir dem technisch-wissenschaftlichen Nachwuchs jetzt schnell und ohne*

*politisches Wenn und Aber die bestmögliche Startposition im globalen Wissens- und Innovations-Wettbewerb verschaffen. So positiv es ist, dass die Green-Card-Diskussion das Problem des Mangels an Fachkräften ins öffentliche Bewusstsein gerückt hat: Wir brauchen eine ausreichend breite und kompetente Basis im eigenen Haus, und das geht nur mit Augenmaß, Weitblick und System in der Nachwuchsarbeit.*

## **2. Die Diplom-Studiengänge**

Ein gutes Zeichen für eine gewisse Besserung bei den Studienanfängern ist der Anstieg der Anfängerzahlen seit 1997; (**Folie 16**). Auf dem Arbeitsmarkt wird sich diese Entwicklung jedoch erst in einigen Jahren auswirken. Den Tiefpunkt der Absolventen erwartete der VDE mit 6.500 Absolventen im Jahr 2002. Diesem Angebot steht nach Schätzungen des Verbandes ein Mindestbedarf von etwa 13.000 Absolventen pro Jahr gegenüber. In der Informatik wurden die Spitzenwerte des Vorjahres verfehlt; die Studienanfängerzahlen sind aber mehr als doppelt so hoch wie in der Elektro- und Informationstechnik. Die Ingenieurücke kann jedoch nicht durch den Informatiker kompensiert werden. Wie ich bereits ausführte, sind die technischen und beruflichen Schwerpunkte, die Aufgaben- und Einsatzbereiche zu unterschiedlich. Etwas anders sieht es mit der Studienrichtung Technische Informatik aus, hier gibt es bereits eine Reihe von Zusammenarbeiten bis hin zur Integration in den gemeinsamen Fachbereichen Elektrotechnik und Informatik.

*Viel zu wenig wird in den Diskussionen berücksichtigt, dass die Mehrheit der Absolventen in den Ingenieurwissenschaften von den Fachhochschulen kommen. In den Ingenieurwissenschaften generell sind es etwa 60 %; in der Elektrotechnik/Informationstechnik etwa zwei Drittel. Die Industrie honoriert und fördert diese Tendenz, da hauptsächlich Ingenieure gesucht werden, die sich schnell in die Berufspraxis einarbeiten können. Dabei können die Absolventen aller Hochschultypen in ähnlichen Tätigkeitsbereichen eingesetzt werden, wobei es nach einigen Jahren Berufsarbeit für die weitere Entwicklung und Karriere, und damit auch für das Einkommen nebensächlich wird, welcher Hochschultyp absolviert wurde. In der Praxis sieht das so aus, dass nach etwa 2 Jahren die Fachhochschul- und Universitätsabsolventen etwa genau so viel verdienen können, selbst wenn die Einstiegsgehälter bei den Universitäts-Absolventen zunächst etwas höher sind.*

### **2.1 Profile der Hochschulen**

*Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die unterschiedlichen Profile von Universitäten und Fachhochschulen zu sprechen kommen. Dies ist nach meiner Auffassung deshalb wichtig, weil in der letzten Zeit Tendenzen erkennbar werden, durch strukturelle Vorgaben die charakteristischen und unterschiedlichen Ausbildungsprofile von Universitäten und Fachhochschulen zu verwässern. Diplomingenieure der Elektrotechnik und Informationstechnik nehmen ein breites Aufgabenspektrum wahr, das*



von Forschung und Entwicklung über Fertigung, Projektierung, Vertrieb und Service bis hin zu Einsatz, Betrieb und Prüfung komplexer Systeme und Anlagen reicht und ein großes Spektrum von Dienstleistungsfunktionen einbezieht. Das breite Spektrum berufliche Anforderungen an Ingenieure wird durch zwei Ausbildungsprofile abgedeckt, die beide auf die Anforderungen der beruflichen Praxis zugeschnitten sind, und von praxiserfahrenen Hochschullehrern vermittelt werden. Diese Profile unterscheiden sich jedoch durch unterschiedliche Betonung von Wissenschafts- und Forschungsbezug einerseits und des Anwendungs- und Praxisbezugs andererseits. Mit dieser Aufgabenteilung ist die Industrie bisher gut gefahren; sie zeichnet die hohe Qualität der Ingenieurausbildung auch im Vergleich zum Ausland aus.

Das an Technischen Hochschulen und Universitäten vermittelte Profil betont unter Einbeziehung praktischer Anwendungen den Wissenschafts- und Forschungsbezug. Es soll die Studierenden bei starker wissenschaftlicher Durchdringung zur Erforschung von Phänomenen und zur Entwicklung neuer wissenschaftlicher Grundlagen, Methoden und Werkzeuge befähigen. Das heißt im Klartext, dass diese Absolventen in der Lage sind, das bestehende Wissen weiterzuentwickeln. Durch enge Forschungsk Kooperationen mit der Industrie gibt es einen bedeutenden Anwendungsbezug. Das heißt, die Ausbildung betont unter Einbeziehung praktischer Anwendungen den Wissenschafts- und Forschungsbezug mit hoher Eigenverantwortung der Studierenden für den Ablauf des Studiums; diesen Ausbildungsgang kann man als forschungsorientiertes Profil bezeichnen. Breite Grundlagen und eine große Palette an Wahlmöglichkeiten für die Vertiefung sind Hauptmerkmale des Studiums vor allem in der Elektrotechnik und Informationstechnik, das an 32 deutschen Universitäten und Technischen Hochschulen absolviert werden kann. Die Integration von Industriepraktika innerhalb der Studienzeit sorgen zusätzlich für einen notwendigen Anwendungsbezug. Der Umfang beträgt 26 Wochen im Studium, wobei im allgemeinen 6 bis 8 Wochen Grundpraktika und 18 Wochen Fachpraktika studienbegleitend während der Semesterferien abzuleisten sind.

Der Bildungsauftrag der Fachhochschulen zielt auf praxisorientierte Studienangebote, die auf eine wissenschaftlich fundierte Qualifizierung für verschiedene berufliche Tätigkeitsfelder ausgerichtet sind. Um es knapp zu formulieren: Während die Uni-Absolventen wie oben dargestellt, das bestehende Wissen weiterzuentwickeln haben, zielen die Studiengänge an Fachhochschulen darauf ab, den Studenten gesichertes Wissen zu vermitteln, damit sie es anwenden können. Das Studium soll die Studierenden zum Einsatz und zur Fortentwicklung bewährter Methoden, Verfahren und Technologien bei der Entwicklung, Fertigung und beim Vertrieb technischer Produkte und Systeme befähigen und die Adaption und Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse bei der praktischen Problemlösung ermöglichen; deshalb sprechen wir von einem anwendungsorientierten Profil der Fachhochschulen. In die Studienzeit sind je nach Bundesland zumeist ein Praxissemester integriert – in Bayern und Baden-Württemberg 2 Semester. Bei nur einem Praxissemester wird dieses im Hauptstudium je nach Studienordnung zu verschiedenen

Zeitpunkten absolviert; in vielen Fällen im 5. oder 6. Semester. Das Vorpraktikum kann bis zu 13 Wochen umfassen; viele Fachhochschulen verzichten hierauf. Neben der zunehmenden beruflichen Vorbildung der Studierenden deutet dies darauf hin, dass die Fachhochschulen als länderspezifische und auch auf die Industrie in der Region ausgerichtete Einrichtung mit dieser regionalen Orientierung eine große Vielfalt aufweisen – sowohl bei den Studiengängen als auch bei der Struktur des Studiums. Mit letzterem ist gemeint, dass wir an den Fachhochschulen eine große Anzahl der oben erläuterten Querschnittsgebieten als Studienrichtung finden. Insgesamt bedeutet dies, dass mit 115 Fachhochschulen mit elektrotechnischen Fachbereichen nicht nur die Zahl der Fachhochschulen und die Zahl der Absolventen größer ist als bei den universitären Hochschulen, sondern auch die Vielfalt der angebotenen Studienmöglichkeiten. Ungeachtet einer speziellen Ausbildung gilt jedoch die bereits oben betonte Notwendigkeit, dass für eine dauerhafte Beschäftigung der Absolventen in der Berufsarbeit ein breites Wissen vor allem der Grundlagen notwendig ist, verbunden mit der Fähigkeit, sich stets neu einzuarbeiten und lebenslang zu lernen. Ich betone noch einmal: Während früher noch eine große Vielfalt von Spezialausbildungen und von Spezialwissen gefragt war, dominiert heute aus der Sicht der Berufswelt die Integration und interdisziplinäres Arbeiten. Über die fachlichen Aspekte hinaus müssen Ingenieure in der Lage sein, auch wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte bei ihrer Arbeit zu berücksichtigen. Bei einem Vergleich des Lehrangebotes für beide Hochschultypen kommt die Betonung des breiten Grundlagenwissens durch folgende Struktur des Lehrangebotes zum Ausdruck; der VDE hat in einem Papier „Anforderungen an ein Studium der Elektrotechnik“ die Empfehlungen nach folgender Tabelle veröffentlicht: **(Folie 17)**

Struktur des Lehrangebots	Forschungs-orientiert	Anwendungs-orientiertes
---------------------------	-----------------------	-------------------------

	es Profil (TH/U)	Profil (FH)
<i>Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen</i> (Mathematik/Physik/Informatik)	30 %	20 %
<i>Elektrotechnische Grundlagen und Grundlagen benachbarter Gebiete</i> (Inhalte aus den Fachgebieten Elektrotechnik/Technische Mechanik/Werkstofftechnik/Konstruktion/Fertigungstechnik)	35 - 40 %	20 - 30 %
<i>Elektrotechnische Anwendungen</i>	25 - 30 %	40 - 50 %
<i>Nichttechnisches Wissen</i>	5 - 10 %	5 - 10 %

*Laborpraktika und Übungen sollen einen Mindestanteil von 25 % an der Summe der Lehrveranstaltungen umfassen. Der Anteil der Wahlpflichtfächer sollte beim forschungsorientierten Profil (Universitäten) etwa 25 % und beim anwendungsorientierten Profil (Fachhochschulen) nach erfolgter Wahl des Studienschwerpunktes etwa 10 % betragen .*  
**(Folie 18)**

*Der Vollständigkeit halber sollte erwähnt werden, dass es in der Berufswelt eine weitere Ausbildungsstätte des tertiären Bildungsbereichs gibt, die ebenfalls von der Industrie angenommen wurde. Es handelt sich um die Berufsakademien, die sich in einigen Bundesländern – aber nicht in allen – etabliert haben. Im Vergleich zu dem oben erwähnten breiten Ausbildungsansatz der Universitäten und Fachhochschulen handelt es sich bei den Berufsakademien um eine enge Verflechtung von betrieblicher Ausbildung und Studium. Hierbei werden die theoretischen Studienanteile von der Studienakademie vermittelt und die praktische Ausbildung im betreffenden Betrieb, mit dem der Studierende einen Ausbildungsvertrag abschließen muss. Das Besondere liegt darin, dass die Studierenden als Betriebsangehörige das firmeneigene Umfeld kennenlernen und nach ihrem Abschluss nahezu übergangslos im Beruf – und hauptsächlich im gewählten Ausbildungsbetrieb arbeiten können. Die Bewerbung um einen Studienplatz muss an die Firma gerichtet werden. Der Vorteil liegt darin, dass die Ausbildung von Ingenieuren an Berufsakademien 3 Jahre dauert; die Abschlussbezeichnung ist Dipl.-Ing. (BA). Ich erwähne die Berufakademien nicht nur der Vollständigkeit halber, sondern auch deshalb, weil bei den bereits erwähnten strukturellen Verschiebungen im Hochschulwesen die Gefahr nicht auszuschließen ist,*

*dass die von mir deutlich formulierten unterschiedlichen Profile von Fachhochschulen und Universitäten gegebenenfalls nivelliert werden können, so dass die Attraktivität der Berufsakademien unter diesen Randbedingungen zunimmt – nicht nur wegen der kurzen Ausbildungszeit von 3 Jahren, sondern wegen des ausgesprochen starken Anwendungsbezuges der Ausbildung, den einige Fachhochschulen offenbar aufgeben wollen.*

## **2.2 Qualitätssicherung der Ausbildung**

*Es wurde bereits oft betont, dass das deutsche Diplom auch international eine hohe Ausbildungsqualität darstellt nicht nur bezüglich der ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse, sondern auch hinsichtlich der Hinführung zur Selbständigkeit und der Berufsbefähigung. Wie wird diese hohe Ausbildungsqualität bisher gesichert? Ein relativ einheitliches und vergleichbares Niveau der Ausbildung wird erreicht durch ein System von Regulierungen und Genehmigungen der Studiengänge seitens der Landes-Kultusministerien, durch eine landesbezogene Prüfungsordnung, der eine KMK-Rahmenprüfungsordnung zugrunde liegt sowie auf der anderen Seite durch die Mitarbeit bei diesen landesspezifischen Ordnungen seitens der Fakultätentage und der Fachbereichstage, wobei hier wiederum die technisch-wissenschaftlichen Verbände wie der VDE aktiv mitwirken. Beispielsweise sind im VDE-Ausschuss „Ingenieurausbildung“ die Vorsitzenden des Fakultätentages und des Fachbereichstages Elektrotechnik und Informationstechnik vertreten; die entsprechenden Stellungnahmen zur Qualität der Ausbildung werden miteinander diskutiert. Ebenso gibt es Gesprächskreise mit dem entsprechenden Industrieverband ZVEI. Dies ist zugegebenermaßen ein kompliziertes Verfahren; Sie sehen aber, dass auch bisher schon eine sehr starke Zusammenarbeit und eine Diskussionsplattform zwischen der Industrie und den Hochschulen existiert. Die Frage ist, ob durch das Entlassen der Hochschulen in die sogenannte Selbständigkeit die Qualitätssicherung vereinfacht und verbessert wird oder nicht. Hierauf komme ich bei der Diskussion um die neuen gestuften Abschlüsse noch zu sprechen.*

## **3 Konsekutive Studiengänge (Inhalts-Folie 19)**

### **3.1 Bachelor und Master**

Zunächst möchte ich aus meiner Sicht die Studiengänge zum Bachelor und Master kurz vorstellen. Die neuen Abschlüsse tragen den Erfordernissen nach einer stärkeren Internationalisierung des Studiums, nach Transparenz und Kompatibilität der Abschlüsse mit den angelsächsischen Abschlüssen Rechnung, die mittlerweile zum internationalen Standard geworden sind. Außerdem ist hier die europäische Entwicklung z. B. der Bologna-Erklärung zu berücksichtigen. Die zweistufige Struktur des Studiums bietet eine vergrößerte Flexibilität und Mobilität für die Studierenden. Bachelor-Absolventen wird auch die Chance gegeben, die Hochschule nach dem ersten berufsqualifizierenden Abschluss zunächst zu verlassen und das Master-Studium später aufzunehmen. Dieses Master-Studium kann sowohl als Vollzeit-Studium als auch berufsbegleitend absolviert werden. Es besteht auch die Möglichkeit, das Master-Studium in einer anderen Fachdisziplin oder an einer anderen Hochschule aufzunehmen, z. B. nach dem Ingenieur-Studium den MBA-Abschluss zu erwerben.

Auch aus Sicht der Industrie, die diese neue Strukturen befürwortet, wird der große Vorteil in einer höheren Flexibilität gesehen. Die konsekutiven Studiengänge zum Bachelor und Master können eine neue Abfolge von Ausbildungs-, Berufs- und weiteren Bildungsabschnitten ermöglichen. Hierzu zählen auch Studienangebote der Hochschulen, die Studium und Berufstätigkeit bzw. Praxisaufenthalte in neuer Form miteinander verknüpfen – z.B. nach dem Muster existierender dualer Fachhochschul-Studiengänge, eines berufsbegleitenden Master-Studiums oder einer Kombination von Fern- und Präsenzstudien. Auf diese Weise können die Studierenden durch Wahl der geeigneten Studienphase eine flexible Anpassung an die jeweilige Situation auf dem Arbeitsmarkt vornehmen, so dass sich dadurch eine größere Unabhängigkeit ergeben kann. Eine neue Form der Kombination von akademischer Ausbildung mit beruflicher Fortbildung zeichnet sich ab.

Zunächst eine Zahl: Im letzten Jahr gab es in Deutschland über alle Fachdisziplinen hinweg mehr als 1.100 Studienangebote mit den konsekutiven Abschlüssen; über ein Drittel kommen aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften. Die Industrie, und hier auch die Verbände der Elektroindustrie und des Maschinenbaus unterstützen diese neuen Formen, schon wegen der Globalisierungsanstrengungen in der Industrie. Je nach Bundesland unterscheiden sich die Struktur und Inhalte der neuen Studiengänge im Bereich Elektro- und Informationstechnik. Nach unserer Auffassung ist eine Aussage zum Stellenwert des Masters für die Industrie insofern einfach, als bei einem fünfjährigen Studium kein wesentlicher Unterschied zum Dipl.-Ing. einer Universität vorliegt. Entscheidend ist vielmehr, mit welcher Qualifikation der vorausgesetzte Bachelor in das Master-Studium oder in das Berufsleben eintritt. Notwendig ist, dass beim Bachelor-Studiengang neben den wichtigen mathematisch-technischen Grundlagen anwendungsorientiertes Ingenieurwissen vermittelt wird, das im Master-Studium vertieft wird.

Wir legen weiterhin Wert auf ein Industrie-Praktikum sowie auf das Einüben von Schlüsselqualifikationen, Problemorientierung und vor allem Methoden der

Projektarbeit. Denn zusätzlich zu den fachlichen Fähigkeiten bedarf es verstärkt überfachlicher Kompetenzen der Bachelor-Absolventen, damit diese berufsbefähigt arbeiten können und den relativ schnell veränderten Qualifikationsanforderungen in der Wirtschaft gewachsen sind. Der VDE hat Leitlinien der Gestaltung der konsekutiven Studiengänge herausgegeben. **(Folie 20)**

Sie erkennen hieran die oben vielfach betonte Notwendigkeit einer soliden Grundausbildung einschließlich der Informatik-Kenntnisse, der Schlüsselqualifikationen mit Projektarbeiten sowie die Vertiefung, die nach unserer Auffassung allerdings auf ein Vertiefungsfach im Hauptstudium beschränkt werden sollte. Wir wenden uns also gegen eine vielfach noch anzutreffende Überzahl von Disziplinen und eine Zersplitterung in den einzelnen Fachbereichen. Stattdessen befürworten wir im Zusammenhang mit den neuen gestuften Abschlüssen den Modul-Charakter der Ausbildung, wobei der Studierende durch bestimmte gewählte Module die Schwerpunkte seiner Ausbildung wählen kann. Der Bachelor-Abschluss ist nicht nur die Schnittstelle zum Weiterstudium im Master-Studiengang, sondern soll als Erstausbildung auch bereits berufsbefähigend sein. Der Bachelor, der beispielsweise von einer Fachhochschule kommt, soll in der Lage sein, komplexe Systeme schnell und in Zusammenarbeit mit anderen Partnern zu konfigurieren, auf den Markt zu bringen, zu vertreiben und die notwendigen Dienstleistungen hierfür in Zusammenarbeit mit den Kunden zu erbringen. Da die Berufsbefähigung der Bachelor-Absolventen im Mittelpunkt steht, müssen nach unserer Auffassung Praxisphasen in diesen Studiengang unbedingt integriert werden. Wenn für diese Praxisanteile ein ganzes Semester vorgesehen ist, was wir befürworten würden, wird sich eine Studienzeit von 7 Semestern für einen Bachelor der Elektro- und Informationstechnik ergeben. Ich betone das deshalb so eindringlich, weil von Länderseite Bestrebungen bekannt sind, das Bachelor-Studium unbedingt auf 6 Semester zu verkürzen. Nach unserer Auffassung sollten die neuen Studiengänge aber nicht dazu führen, mit dem Bachelor ein Kurzstudium mit verringertem Qualitätsniveau der Absolventen einzuführen. Der kontinuierliche Anstieg der Studiendauer – z.B. bei den Fachhochschulen auf über 5 Jahre zum Diplom ist sicherlich bedenklich. Die angestrebte Verkürzung der Studiendauer darf jedoch nach unserer Auffassung nicht Selbstzweck sein. Entscheidend sind die Ziele der Ausbildung, und hierbei ist als eines der wichtigsten Ziele die Erhaltung der Innovationsfähigkeit unseres Landes mit weiterhin gut ausgebildeten Absolventen unserer Hochschulen.

Ich habe bisher hauptsächlich vor den Bachelor-Absolventen gesprochen, da diese für unsere Hochschulen neu sind. Wenn der Bachelor-Absolvent das Studium in der gleichen Fachrichtung zum Master fortsetzt, ergibt sich eine Regelstudienzeit von 10 Semestern und auch hier ebenso wie bei einer Bachelor-Ausbildung mit 7 Semestern eine Verkürzung des Studiums im Vergleich zur jetzigen realen Situation. Konsekutive Master-Studiengänge sollen die Studierenden vorrangig auf Aufgaben in der Forschung und Entwicklung vorbereiten. Mit dieser Zielrichtung befinden wir uns in Übereinstimmung mit dem Wissenschaftsrat, der sich in einer früheren Empfehlung dafür ausgesprochen hat, dass auch Universitäten Studiengänge einrichten, die zwischen solchen Angeboten differenzieren, die primär auf den Erwerb von Forschungsbefähigung ausgerichtet sind und solchen die einen stärkeren Praxisbezug aufweisen und damit den Wünschen und Erwartungen der Mehrzahl der Studierenden

entsprechen. Die Abschlussbezeichnungen können eine stärkere Forschungsorientierung ausdrücken, z. B. „Master of Science“, oder eine größere Anwendungsorientierung, z. B. „Master of Engineering“.

Ich möchte zwei Dinge herausheben:

In Übereinstimmung mit der Situation in den USA dient das Studium zum Master of Science der weiterführenden wissenschaftlichen Ausbildung bis hin zur selbständigen Erledigung von Forschungsarbeiten.

Die neuen Studienabschlüsse werden sowohl von Universitäten als auch von Fachhochschulen angeboten. Der VDE legt Wert darauf, dass sich die Bezeichnungen für den Abschlussgrad bei akkreditierten Studiengängen nicht nach dem Hochschultyp, sondern ausschließlich nach dem Qualifikationsniveau und -profil der Studiengänge orientieren. Auch hiermit befinden wir uns in Übereinstimmung mit früheren Empfehlungen des Wissenschaftsrates. Wir sind auch hinsichtlich der Einbeziehung in den öffentlichen Dienst eindeutig für eine Gleichbehandlung von Absolventen beider Hochschultypen.

Wie das Beispiel Frankreich zeigt, heißt zweistufige Ausbildung übrigens nicht, das angelsächsische System voll übernehmen zu müssen. Es sollte zu denken geben, dass der IEEE gerade jetzt über Empfehlungen zur Umgestaltung nach „europäischem Modell“ nachdenkt – „such as the Diplomingenieur program in Germany“ (Zitat-Ende).

Man könnte die Vorzüge der hochqualitativen deutschen Ingenieurausbildung mit den Vorzügen konsekutiver Studiengänge verbinden: Einerseits den Nachweis der hohen anfänglichen Berufsbefähigung und des selbstständigen, anwendungsorientierten Arbeitens, andererseits die hohe internationale Transparenz und Flexibilität. Beide Vorteile sollten kombiniert werden.

Meine Damen und Herren!

Wir fassen zusammen:

Die beruflichen Perspektiven für Ingenieure und Informatiker erweisen sich nachhaltig als hervorragend. Allerdings sind auch die Herausforderungen für die Ingenieurausbildung groß, mannigfaltig und in ständigem Wandel begriffen.

Für die weitere gesellschaftliche Entwicklung benötigen wir Visionen des technischen Fortschrittes, die von begeisterten Ingenieuren formuliert und realisiert werden. Die Sicherstellung eines qualifizierten und motivierten Ingenieur Nachwuchses ist eine Herausforderung für Hochschule und Industrie. Wer Spitzenleistung in den Schlüsseltechnologien haben will, muss für eine adäquate Ausbildung sorgen. Jenseits aller durch den Strukturwandel bedingten Einflüsse, auf die wir reagieren müssen, ist es unser gemeinsames Ziel, unsere Studenten von der Sinnhaftigkeit der Technik zu überzeugen und ihr Vertrauen auf ihre Leistungsfähigkeit zu stärken.