

Zukunft Engineering

Eine Expertenbefragung in der Schweiz

Urs Kiener

im Auftrag des ETH-Rates und des
Bundesamtes für Berufsbildung und Technologie

Winterthur 2005

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Die Experteninterviews	7
2.1. Durchführung der Interviews.....	7
2.2. Entwicklungen des Engineering in der Schweiz.....	7
2.2.1. Engineering	
2.2.2. Oeffnungen und Kombinationen	
2.2.3. Engineering in der schweizerischen Wirtschaft	
2.2.4. Engineering in der schweizerischen Gesellschaft	
2.3. Entwicklung der Ingenieure in der Schweiz (qualitativ und quantitativ).....	12
2.3.1. Aufgaben, Rollen, Kompetenzen	
2.3.2. Angebot und Nachfrage	
2.4. Engineering-Politik	14
2.4.1. Die Zeitdimension	
2.4.2. Die institutionell-organisatorische Dimension	
2.4.3. Spannungen zwischen Wissens- und Wertschöpfungsketten	
2.4.4. Steuerung	
2.4.5. Forschungs- und Innovationsförderung	
2.5. Ingenieur-Politik.....	20
2.5.1. Allgemeine Einschätzungen	
2.5.2. Das Verhältnis von ETH- und FH-Ingenieuren	
2.5.3. Das Bologna-Modell	
2.5.4. Koordination, Kooperation, Integration	
2.6. Engineering- und Ingenieur-Politik: ETH und FH	23
3. Zusammenfassung und Folgerungen	26
Literatur	30
Liste der Experten	31

1. Einleitung

Auftrag und Ziel der Studie

Diese Studie wurde vom ETH-Rat und vom Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT), Leistungsbereich Fachhochschulen, gemeinsam in Auftrag gegeben. Hintergrund dafür bilden Diskussionen um Defizite in den Bereichen der Aus- und Weiterbildung, der Forschung (inkl. des Wissens- und Technologietransfers), des Nachwuchses in den Ingenieurwissenschaften sowie in der schweizerischen Innovationspolitik allgemein.

Die Studie hat ausdrücklich *explorativen* Charakter. Sie soll die Einschätzungen von ausgewählten Experten über Entwicklungsrichtungen, Herausforderungen und Probleme des Engineering in der Schweiz sammeln, sie soll Dissens und Konsens festhalten. Ihr hauptsächliches *Ziel* ist es, Sichtweisen, Spannungsfelder, offene Fragen zum Themenfeld „Zukunft Engineering“ herauszuarbeiten. Entsprechend ist die Studie nicht als abschliessende konzipiert, sondern als erster sondierender Schritt, dem anschliessend weitere folgen sollen (Diskussionen der Entscheidungsträger, vertiefende Studien etc.). Ihr Ziel ist dann erreicht, wenn sie einen fruchtbaren Einstieg in die weiterführende Diskussion ermöglicht.

Im Zentrum der Studie stehen deshalb Experten-Interviews mit Persönlichkeiten aus dem Engineering in der Schweiz. Die Auswahl dieser Personen erfolgte durch die beiden Auftraggeber gemeinsam.

Gemäss den Wünschen von ETH-Rat und BBT soll die Studie die Bereiche Bauwissenschaften (Architektur und Bauingenieurwesen) ausklammern; diese Bereiche werden andernorts diskutiert.

Fragestellung

Engineering wird hier im Einklang mit den Auftraggebern als bestimmter Typ gesellschaftlicher Problemlösung aufgefasst. Engineering wird in wissenschaftlichen Disziplinen, in Professionen bzw. Berufen sowie in Praxisfeldern gebündelt. Diese grenzen an andere Disziplinen, Berufe und Praxisfelder. Stellt man sich die Frage nach der Entwicklung des Engineering in der Schweiz, sind deshalb zunächst folgende Fragen angesprochen: Was gehört zum Engineering? Was sind die Anwendungsbereiche, die Fragestellungen, die Objekte des Engineering? Welches sind seine Funktionen, Leistungen, Rollen? Welche Disziplinen/Fachbereiche gehören zum Engineering? Wie steht es mit „neuen“ Gebieten, die in der Diskussion stehen? Neben solchen Abgrenzungen nach aussen interessieren die Veränderungen innerhalb des Engineerings: Wie verändern sich die Disziplinen/Fachbereiche, in welchem Verhältnis stehen sie zueinander, wie wird das Feld Engineering intern strukturiert? Und schliesslich ist nach den spezifisch schweizerischen Bedingungen für Engineering zu fragen: Wie entwickeln sich die Wirtschaftszweige, in denen Engineering eine Rolle spielt, welche Bedeutung für das Engineering haben Prozesse der Auslagerung industrieller Tätigkeit ins Ausland, welches sind die Stärken und Schwächen

Die Studie hat explorativen Charakter.

Ziel: Erfassung von Sichtweisen, Spannungsfeldern, offenen Fragen

Engineering als bestimmter Typ gesellschaftlicher Problemlösung

Funktionen, Leistungen, Rollen?

Disziplinen/ Fachbereiche?

Wirtschaftszweige?

des Produktions- und Entwicklungsstandortes Schweiz? Wie steht es mit der Wertschätzung von Engineering in der schweizerischen Gesellschaft?

Image des Engineering?

Angesprochen werden mit diesen Fragen selbstverständlich auch die Personen, die im Engineering arbeiten, also die Berufsgruppe der Ingenieure, ihre Rollen, ihre Aufgaben, ihre Kompetenzen. Wie verändern sich die Aufgaben der Ingenieure – welche Rollen nehmen sie ein (Experten, Spezialisten, Projektmanager etc.), wie werden ihre Aufgaben und Rollen zugeschnitten und abgegrenzt? Welche Kompetenzen, welches Wissen haben Ingenieure in ihren unterschiedlichen Rollen aufzubringen? Wie weit entsprechen sich Angebot an und Nachfrage nach Ingenieuren?

Rollen der Ingenieure?

Kompetenzen?

Angebot und Nachfrage?

Die Zukunft des Engineering ist unter anderem auch eine Folge der (staatlichen) Politik. „Engineering-Politik“ wird hier als übergreifende Bezeichnung gebraucht, welche unterschiedliche, aber für die Entwicklung des Engineering wichtige Politikbereiche zusammenfasst, also Technologiepolitik, Innovationspolitik, Forschungs-, Wissenschafts-, Bildungspolitik u.a.. Welches sind die Stärken und Schwächen der heutigen Engineering-Politik bzw. des Schweizer Innovationssystems? In den einzelnen Politik-Bereichen, in der Abstimmung der Bereiche, bezüglich Ressourcen (Fördermittel), bezüglich Rahmenbedingungen?

Engineering-Politik

Mit „Ingenieur-Politik“ schliesslich bezeichnen wir hier alle jene Politikbereiche, welche die quantitative und qualitative Entwicklung der Ingenieure in der Schweiz bestimmen, also in erster Linie Hochschul- bzw. Ausbildungs- und Arbeitsmarktpolitik, aber auch Frauenförderungs-, Migrationspolitik u.a. Welches sind die Stärken und Schwächen der heutigen Ingenieur-Politik? Welches die Kernelemente einer zukünftigen Ingenieur-Politik? Von Interesse sind hier besonders auch die Einschätzungen zur Einführung des Bologna-Modells und der Modularisierung der Studiengänge.

Ingenieur-Politik

Diese Fragestellungen sind zweifellos äusserst breit. Sie in einer kleinen Studie anzugehen kann - wie bereits erwähnt - nur heissen, explorativ Sichtweisen und Spannungsfelder als Grundlage für spezifische Studien herauszuarbeiten. Uebergreifende Entwicklungen, Bezüge und Interdependenzen sollen hier im Zentrum stehen.

Ein kurzer Blick auf die Literatur

Die Auftraggeber gehen davon aus, dass keine aktuellen Studien über die Schweiz vorliegen, welche die Entwicklung des Engineering in seiner Breite und in seinen verschiedenen Facetten diskutieren. Tatsächlich lassen sich aktuelle Studien zur Zukunft des Engineering meist folgenden unterschiedlichen Bereichen zuordnen:

Wissenschafts- und Technologie-Vorausschau

Hier geht es darum, Entwicklungen der Wissenschaft bzw. der Technologie zu bestimmen, sei es durch Trendanalysen, Delphi-Umfragen o.ä. Ein Beispiel dafür ist die grosse Studie des Fraunhofer Instituts im Auftrag des BMBF (Fraunhofer 1998). Eng damit verbunden sind Studien, welche eine Verbesserung der Forschung bzw. der Forschungspolitik diskutieren (z.B. The Royal Academy 2003).

Technologie-Vorausschau

Wissenschaft und Technologie im Rahmen ökonomischer Wachstumspolitik

In diesem Bereich steht ökonomisches Wachstum bzw. ökonomische Entwicklung im Zentrum. Das Interesse richtet sich auf die ökonomische Bedeutung von Wissenschaft und Technologie, auf die Bedingungen ihrer Förderung und auf die Optimierung der Umsetzung ihrer Resultate. Das kann sich sowohl auf Makro- als auch auf Mikrostrukturen beziehen. Internationale Beispiele dafür sind Studien der OECD, etwa „Science, Technology and Industry Outlook“ (2002) oder „Science Technology and Industry Scoreboard“ (2003). Selbstverständlich sind zu diesem Bereich auch die Studien und Empfehlungen zu institutionellen Ausgestaltungen (z.B. „National Innovations Systems“, OECD 2002) und zur entsprechenden Politik zu zählen (z.B. zum knowledge management, oder allgemein etwa „Science and Innovations Policy“ der OECD, 2004).

Für die Schweiz sind zu dieser Thematik die Studien von Hotz-Hart und Kuchler aus dem BBT zu erwähnen (z.B. Hotz-Hart et al. 2003), die Arbeiten an der Konjunkturforschungsstelle KOF der ETH (z.B. Arvanitis et al. 2003 und 2004), die Studien des CEST (z.B. Vock/Hinrichs 2004) oder die vergleichende Studie von Berwert (2004). An spezifischen Aspekte aus diesem Themenfeld wurden u.a. Aspekte des Technologietransfers (z.B. Balthasar 1998) und von Start-ups und Spin-offs (Berwert et al. 2004) untersucht.

Ingenieur-Bedarf und Ingenieur-Nachwuchs

Ein weiterer grosser Bereich betrifft Entwicklungen und Schwankungen auf dem Arbeitsmarkt für Ingenieure, also Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage in quantitativer und qualitativer Hinsicht, Fragen des Image von Ingenieur-Berufen, Fragen der Ausbildungsqualität etc. Zur Thematik des Ingenieurwachstums führt in der Schweiz die Gruppe INGCH Studien durch, unter anderem eine jährliche Studie zum Ingenieur-Angebot, gestützt auf Daten des Bundesamtes für Statistik (Umbach-Daniel/Rütter 2004). Hinzuweisen ist besonders auch auf deutsche Studien, etwa diejenige der Akademie der Technikfolgenabschätzung (Pfenning et al. 2002) oder die Arbeiten von HIS (z.B. 1998). Die Wirksamkeit bzw. Ausbildungsqualität der Ingenieur-Ausbildung nahmen sich u.a. die Studien von Leu et al. (1996) und Bodmer (2002) vor.

Anzufügen wären Ueberblicke: Einen Ueberblick über die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie in der Schweiz mithilfe von Indikatoren gibt Pastor (2002) (für die USA s. National Science Board / National Science Foundation 2004). Und immer wieder auch werden die Entwicklungsperspektiven für einzelne Engineering-Gebiete diskutiert (z.B. Fachgruppe 2002).

Diese kurzen Hinweise sind alles andere als abschliessend. Sie sollen lediglich ein erstes grobes Bild vermitteln, das sich aus einer kurzen Literatur-Recherche ergibt.

Nicht angesprochen sind hier die Resultate der allgemeineren historischen, ökonomischen und sozialwissenschaftlichen Forschung zur Entstehung von Wissen, zur Entwicklung und Durchsetzung von Technologien, zur generellen Thematik von Innovationen und von Entwicklungspfaden, zu institutionellen und organisatorischen Regelungen entsprechender Prozesse in Unternehmungen und Gesellschaften (beispielsweise zu den nationalen Ausprägungen der Beziehungen zwischen Bildungssystem, Beschäftigungssystem und Produktionskonzepten), der nationalen Wissenschafts- und Forschungspolitiken etc. Immerhin soll auf politikwissenschaftliche Studien zur Forschungs- und Technologiepolitik in der Schweiz hingewiesen werden (etwa Freiburghaus et al. 1991, Benninghoff/Leresche 2003, Braun 2004). Solche Arbeiten sind spätestens bei vertiefenden Studien heranzuziehen.

*Ingenieur-Bedarf
und -Nachwuchs*

*allgemeinere
sozialwissen-
schaftliche For-
schung*

2. Die Experteninterviews

2.1. Durchführung der Interviews

Im Zentrum der Studie stehen Interviews mit Experten aus dem Engineering. Die Auswahl dieser Personen erfolgte durch die beiden Auftraggeber gemeinsam. ETH-Rat und BBT haben versucht, eine Balance zwischen verschiedenen Kriterien zu finden: Engineering-Gebiet, Tätigkeitsgebiet (Industrie, Beratung, Hochschulen), Sprachregionen etc. (vgl. die Liste der Experten im Anhang).

Zwischen Juli und September 2004 wurden die ausgewählten Experten in einem gemeinsamen Brief von ETH-Rat und BBT um ein Interview gebeten. Es ist sehr bemerkenswert, dass alle angefragten Personen sich für ein Gespräch bereit erklärten (mit Ausnahme eines angefragten Experten aus der Industrie, der eine Persönlichkeit aus seinem Unternehmen vorschlug, die er für geeigneter als er selbst hielt). Die Gespräche fanden – am Arbeitsort der Experten – zwischen Mitte August und Anfang November 2004 statt. Sie dauerten ca. 90 Minuten (zweimal weniger als 60 Minuten). Zwei bereits vereinbarte Termine liessen sich nicht einhalten – in diesen beiden Fällen wurden die Interviews am Telefon geführt. Eine erste Fassung dieses Kapitels erhielten die Experten Mitte Dezember 2004 zugeschickt mit der Bitte um Kritik und Ergänzungen, Kommentare und Bemerkungen. Bis Mitte Januar 2005 (dem angegebenen Termin) haben 5 Experten Rückmeldungen abgegeben. Sie wurden wo nötig in der vorliegenden Fassung berücksichtigt.

*Auswahl der 20
Experten*

*Durchführung
der Interviews:
August –
November 2004*

Das folgende Kapitel ist eine zusammenfassende Darstellung der 20 Interviews mit Expertinnen und Experten aus Industrie und Hochschulen. Diese Zusammenfassung erfolgt nicht entlang der einzelnen Interviews, sondern entlang der in den Interviews angesprochenen Themen. Den Experten wurde nämlich eine Form der Interviewdarstellung zugesichert, welche es nicht erlaubt, Aussagen einzelnen Personen zuzuordnen. Denn es ist das Ziel, aus den Stellungnahmen und Einschätzungen der Experten Gewichtungen, Spannungsfelder und offene Fragen herauszuschälen, nicht aber Positionen einzelner namentlich genannter Experten darzustellen.

2.2. Entwicklungen des Engineering in der Schweiz

Die Fragen nach der Zukunft des Engineering werden in vier Abschnitten diskutiert. Der erste Abschnitt fasst die Aussagen der Experten zur Definition und zu „neuen“ Gebieten des Engineering zusammen. Der zweite Abschnitt stellt die wichtigsten Konzepte zur Beschreibung der Entwicklungen dar. Schliesslich folgen im dritten und vierten Abschnitt die Einschätzungen zum Engineering in der schweizerischen Wirtschaft und Gesellschaft.

2.2.1. Engineering

Engineering wird von den Experten, die sich ausdrücklich dazu geäußert haben, als Funktion, als Denkweise und nicht als abgegrenztes Feld aufgefasst. Es geht um Problemlösung, und zwar auf quantitativer Basis. Allerdings stehen sich innerhalb dieser Gemeinsamkeit zwei unterschiedliche Auffassungen gegenüber. Die Mehr-

*Engineering ist
eine Funktion,
kein abgegrenz-
tes Feld*

heits-Auffassung sieht Engineering als die Umsetzung von Naturwissenschaften in Technik. Etwas spezifischer ist die Sichtweise, Engineering befasse sich mit robusten Systemen. In diesem Sinn gilt Engineering als elementar und unverzichtbar. Die zweite Auffassung versteht Engineering weiter, nämlich als die Transformation von Wissen in Produkte. In dieser Auffassung geht Engineering über Technologie hinaus und berührt ebenso Betriebswirtschaft, Marketing, Psychologie u.a.

Die Auffassungen von Engineering werden deutlicher, wenn das Verhältnis von Engineering zu den life sciences diskutiert wird. Die life sciences gelten mehrheitlich als ein Feld, das zur Zeit noch vom Engineering getrennt ist. Denn die Kombination einer Wissenschaft mit Engineering sei dort möglich, wo ein Wirkprinzip festgestellt werden könne – reine life sciences hätten zur Zeit keine Beziehung zu funktionierenden robusten Systemen. Oder: Zwischen Biologie und Engineering bestünden zu grosse Unterschiede, was den theoretischen Status betrifft – Biologie sei theoretisch noch zu wenig gefestigt. Hingegen werden life sciences in Kombination mit der Informationstechnologie als die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts betrachtet: life sciences seien auf angewandte mathematische Simulation angewiesen. Ein anderer Experte bezeichnet die Mikrotechnik als primäre Technologie in den life sciences, wenn diese als Diagnosetechnik verstanden wird. Ebenso ist von tissue engineering und vor allem der Medizinaltechnik als bestehenden und zukunftsfähigen Engineering-Bereichen die Rede. Die Förderung der life sciences an der EPFL wird nicht selten mit Unbehagen aufgenommen: damit werde ein Wissenschaftsbereich zu Lasten des traditionellen Engineerings gefördert (vgl. dazu später). Wie gegenüber den life sciences wird auch gegenüber der Nanotechnologie oft vor der modischen Ueberschätzung von Potentialen und insbesondere der Unterschätzung der Zeiträume gewarnt, die für die Entwicklung der Technologie notwendig seien.

*Engineering und
life sciences*

2.2.2. Oeffnungen und Kombinationen

Bei der Diskussion der Entwicklungen des Engineering werden in den Interviews auffallend häufig Begriffe wie „Kombination“, „Schnittstelle“, „Interface“, „Grenzfläche“, „Oeffnung“ und ähnliche verwendet. Offensichtlich geht es bei diesen Begriffen um Grenzen: um Verbindungen, Ueberschreitungen, Verschiebungen. In den Aussagen der Experten lassen sich unterschiedliche Aspekte solcher Entwicklungen feststellen. Bevor sie hier dargestellt werden, ist jedoch eine Klärung notwendig. Thema der Aussagen hier sind Entwicklungen des Engineering, also Entwicklungen in den Prozessen der Problemlösung, Produktentwicklung oder allgemeiner der Innovation in aktuellen Kontexten. Ausdrücklich *nicht* angesprochen sind damit Dimensionen der Organisation und Steuerung solcher Prozesse, ebensowenig Dimensionen der Ausbildung der Personen, die in solchen Prozessen tätig sind. Diese Dimensionen werden in späteren Abschnitten dargestellt werden. Hier nun die genannten Aspekte von Oeffnungen und Kombinationen:

*Oeffnungen und
Kombinationen
als zentrale Ent-
wicklungen des
Engineering*

Konvergenz der Technologien

Im industriellen Engineering werden Disziplinen oder Fachgebiete in wachsendem Mass kombiniert. Was auch immer die Gründe dafür waren: Informationstechnologie, Mechanik, Elektrotechnik und Elektronik sind zusammengebracht worden – allerdings habe diese Entwicklung 20 Jahre gebraucht. Zusätzlich zu den genannten Ingenieurdisziplinen werden insbesondere die Materialwissenschaften genannt, also die Integration neuer Materialien in mechatronische Produkte.

*Kombination von
Technologien*

Beschleunigung und Vertiefung

Die Internationalisierung der Märkte mit der Zunahme der Mitspieler auf den Märkten erzeugt einen wachsenden Marktdruck. Gleichzeitig vertieft sich das Wissen zunehmend. Beides führt zu starken Beschleunigungen der technologischen Entwicklungen.

*Internationalisierung,
Marktdruck,
Beschleunigung*

Kulturen - Innovation

Der Innovationsdruck zwingt zur Arbeit in Teams aus unterschiedlichen Disziplinen und oft unterschiedlichen nationalen Kulturen. Die bewusste Kombination von (Fach-)Kulturen wird zuweilen sogar als Voraussetzung für kreative Lösungen angesehen. Innovation entsteht aus Interfaces, nämlich daraus, auf intelligente Weise unterschiedliche Welten zusammenzubringen. Dazu gehören mehr denn je die Welt des Engineering und die Welt der Wissenschaft, also die Welt der „Problemlösung“ und die Welt der „Problemsuche“. Jedenfalls verlange eine solche Arbeit in Teams eine Offenheit der Ingenieure für andere Denkweisen und Problemdeutungen, sie verlange die Fähigkeit zur Integration.

*Innovationsdruck
Teamarbeit*

Wertschöpfungsketten

Die traditionellen (schweizerischen) Grossunternehmen in den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik waren vertikal integriert, die Wertschöpfungsketten wurden vertikal organisiert und gesteuert. Mit der Auflösung dieser Unternehmen geht eine neue Organisationsform der Wertschöpfungskette einher: Die Kette wird auf Einzelunternehmen aufgeteilt, die sich je auf spezifische Schritte im Entwicklungs- und Produktionsprozess spezialisieren. Folge davon sind spezialisierte Kompetenzen, die im Kontakt mit anderen Unternehmen bzw. über den Markt abgestimmt werden müssen. Mit anderen Worten: Die Organisation und Steuerung der Engineering-Prozesse wandeln sich.

*Wandel der Organisation der
Wertschöpfungsketten*

Problemlösung in Systemperspektive

In Engineering-Prozessen spielt der Systemaspekt eine wachsende Rolle. Spezifische Beiträge werden vom einzelnen Unternehmen in Systemzusammenhänge eingebracht, das Produkt und nicht die Engineering-Aufgabe rücken ins Zentrum und machen damit die Kombination mit anderen Wissensgebieten nötig, es werden komplexe Problemvorgaben bearbeitet, die Engineering-Prozesse selbst sind oft real time-Prozesse.

*wachsende Bedeutung von
Systemzusammenhängen*

Produkte - applikatorische Lösungen

Es findet eine Verlagerung statt von der Herstellung von Produkten zur Herstellung von komplexen applikatorischen Lösungen zusammen mit dem Kunden. In solchen neuen Geschäftsmodellen, in denen stabile Bindungen zu Kunden aufgebaut werden, werden neue Wertschöpfungsketten errichtet. Für die Engineering-Unternehmung bedeutet das, vermehrt mit den Denkweisen des Kunden, dessen Problemformulierungen und dessen Applikationswissen konfrontiert zu werden.

wachsende Kundenorientierung

Gesellschaftliche Einbindung des Engineering

Rein technische Lösungen sind immer weniger denkbar. Zur Lösung von Problemen ist deshalb der Einbezug anderer Wissenschaften, vor allem auch der Geisteswissenschaften, in Form transdisziplinärer Prozesse notwendig.

Einbindung technischer Lösungen

Die Stichworte der Oeffnung, Kombination, Integration beziehen sich offensichtlich nicht nur auf die Engineering-Disziplinen, ja auch nicht nur auf wissenschaftliche Disziplinen. Sie beschränken sich nicht auf die Konzepte der Multi-, Inter- und Transdisziplinarität. Genau so oft werden sie in bezug auf Kulturen, Märkte, Ansprüche eingesetzt. Es ist bemerkenswert, wie oft die Experten von Komplexität, von Offenheit, von Unsicherheit sprechen, um die Aufgabenstellungen, Funktionen und Tätigkeiten des Engineerings zu charakterisieren. Sie sehen das als herausfordernde Entwicklung, auf welche sich die schweizerische Wirtschaft sowie die Ausbildungs- und Forschungsinstitutionen einzustellen haben. Nicht verschwiegen werden soll aber auch die kritische Stimme, die meint, vielleicht träten zur Zeit nur Verschiebungen der Komplexitäts-Problematik auf – die Totalkomplexität sei möglicherweise konstant geblieben, und Systemdenken im Engineering sei immer schon ein Mangel gewesen.

Oeffnung und Kombination bezieht sich auf Disziplinen, Kulturen, Märkte, Ansprüche

Komplexität, Offenheit, Unsicherheit als Charakteristika des Engineering

2.2.3. Engineering in der schweizerischen Wirtschaft

Die Auslagerung der industriellen Produktion aus der Schweiz gilt als ernsthaftes Problem. Gründe dafür sind einerseits die Produktionskosten, andererseits aber die Verlagerung der Absatzmärkte: Die Produktion folgt den Märkten. Ob und wie weit Entwicklung ohne Fertigung mittel- und langfristig möglich ist, hängt gemäss den Experten nicht zuletzt vom Wirtschaftszweig bzw. den eingesetzten Technologien ab. Für den Bereich der Werkzeug- bzw. Produktionsmaschinen wird eine solche Trennung als kaum durchführbar eingeschätzt. Für die Wirtschaft in der Schweiz wird von den meisten Experten eine gezielte Neu-Positionierung in der Wertschöpfungskette auf die Glieder mit der höchsten Wertschöpfung postuliert. Als Stichworte dafür werden genannt: Konzentration auf Entwicklung und Verkauf, Behalten von Entwicklung und Endmontage, Wegfall der unteren Stufen der Wertschöpfungskette, Konzentration auf Innovation, indem bessere und andere Lösungen angeboten werden, Wertschöpfung durch Einsatz von Wissen, insbesondere die Fähigkeit zur Integration (bezüglich Produkten und Verfahren), Fokussierung auf differenzierte Kernkompetenzen und die Systemebene. (Der Konzentration auf Kernkompetenzen wird allerdings auch die Gefahr der Abschliessung und Amputation entgegengehalten.)

Produktionsverlagerung ins Ausland als ernsthaftes Problem

Eine gezielte Neu-Positionierung in der Wertschöpfungskette wird postuliert.

Welches sind die Vorteile des Standortes Schweiz im internationalen Wettbewerb und für diese Neu-Positionierung? Die Aussagen der Experten lassen sich drei Gruppen zuordnen:

Vorteile des Standortes Schweiz

Traditionen industrieller Tätigkeit

Ein erster Vorteil wird in der Tradition industrieller Tätigkeit gesehen: Die Schweiz ist eine Werkzeugmaschinen-Nation, ihre Stärken liegen in der Mikro- oder Feinstwerktechnik (inklusive Elektronik und Software), die Schweiz ist in Robotik und in industrieller Software führend. Präzision, Pünktlichkeit, Qualität sind Qualitäten, die im Rahmen dieser Tradition entstanden sind und nach wie vor zentrale Wettbewerbsvorteile darstellen.

die Schweiz als Werkzeugmaschinen-Nation

Breite und Qualität des Engineering in der Schweiz

Ein weiterer Vorteil wird in der Breite des angewandten Engineerings gesehen: Die ganze Bandbreite relevanter Engineering-Gebiete ist in der Schweiz in hoher Qualität vorhanden (Mikromechanik, Mikroelektronik, Werkstoffe, Informatik) – „wir ma-

grosse Bandbreite relevanter Engineering-Gebiete

chen hier alles“ im Gegensatz zu anderen westeuropäischen Ländern. Breite und Qualität bilden auch die Basis, um Engineering-Kompetenz in neuen Feldern relativ schnell aufbauen und auf ein international hohes Niveau bringen zu können (Neuroinformatik, Kommunikationssysteme).

Multikulturalität und Internationalität

Die Kleinräumigkeit und Mehrsprachigkeit der Schweiz und ihre traditionelle Internationalität gelten als dritter Vorteil, den es unbedingt zu bewahren und auszubauen gelte. Internationalität gehöre auch zu den Stärken der technischen Ausbildung in der Schweiz. Multikulturalität und Internationalität – verbunden mit der Bereitschaft zu Mobilität – erlauben es Unternehmen und Ingenieuren aus der Schweiz viel eher als solchen aus den USA oder Japan, in neuen Märkten Fuss zu fassen.

Traditionellen Internationalität und Multikulturalität

Selbstverständlich wird auch darauf hingewiesen, dass die Stärke des Standortes Schweiz in der Differenzierung und in Nischenmärkten liege, wobei die Konzentration auf Nischen wiederum auch als mögliche Gefahr gesehen wird.

Aus den Entwicklungen des Engineerings, den ökonomischen Bedingungen und den Stärken des Standortes Schweiz werden Folgerungen gezogen, die sich in folgenden Stichworten äussern: Uebergang von der manufacturing zur engineering company, Zwang zur Innovation durch kreative Integration, Transdisziplinarität, Fokussierung auf die Systemebene zusammen mit der Fokussierung auf Kernkomponenten, Differenzierung, Qualität. (Auf die Konsequenzen für die Kompetenzen von Ingenieuren wird später eingegangen.)

von der manufacturing zur engineering company

Allerdings äussern sich einige Experten kritisch zu den Entwicklungschancen. In der Schweiz seien einige Entwicklungen verschlafen worden – es sei höchst unklar, ob die neuen Herausforderungen bewältigt werden. Die Schweiz verliere kontinuierlich an Wettbewerbsfähigkeit, ihre Position bezüglich Innovationen sinke. In der Schweiz fehle zusehends der Mut und der Wille, Visionen zu entwickeln und mit grossen Investitionen neue Technologien aufzubauen, die Schweiz sei bequem geworden. An dieser Stelle ist auch der Hinweis eines Experten zu erwähnen, dass die Schweiz eine starke Tradition in der Verfeinerung und Vervollkommnung aufweise, weniger aber im Aufbau neuer Systeme – und beide Entwicklungsstrategien zusammen seien im gleichen Unternehmen nur schwierig zu verfolgen.

Skepsis gegenüber den Entwicklungschancen

Verlust an Wettbewerbsfähigkeit

fehlende Visionen

2.2.4. Engineering in der schweizerischen Gesellschaft

Wer von den Experten sich zu diesem Thema äussert, spricht mehrheitlich von einer geringen Wertschätzung, von einem schlechten Image des Engineering in der schweizerischen Gesellschaft. Andere Experten sehen keinen Unterschied zu anderen Ländern. Die geringe Wertschätzung wird als gesellschaftlich-kulturelles Problem gesehen. Folgende Faktoren werden dafür verantwortlich gemacht:

Unsichtbarkeit

Engineering wird immer mehr unsichtbar und verschwindet hinter dem Funktionieren von Abläufen und von Geräten des Alltags. Verglichen mit dem Grossmaschinenbau wird Engineering zunehmend zur black box. Und auch die Tätigkeit des Ingenieurs wird zunehmend intransparent.

Engineering wird unsichtbar

Selektive Wahrnehmung

Der wesentliche Anteil des Engineering an der Lösung gesellschaftlicher Probleme und für das Funktionieren des Alltags wird nicht mehr wahrgenommen. Störungen und Unfälle (Flugzeugabstürze z.B.) jedoch werden umstandslos den Ingenieuren, nicht aber dem Management zugeschrieben.

selektive Wahrnehmung des Engineering

Pessimismus

Die Restrukturierungen der schweizerischen Maschinenindustrie, die Auslagerungen der Produktion ins Ausland, die Meldungen über ökonomische Schwierigkeiten dieser Industrie werden zu einem pessimistischen Bild verallgemeinert. Gerade Jugendliche ziehen daraus den falschen Schluss, dass Engineering in der Schweiz wenig Zukunft habe.

pessimistisches Bild der Zukunft des Engineering

Fehlende Exzellenz und Visionen

Einige wenige Experten sehen Gründe für eine relativ geringe Wertschätzung des Engineerings bei diesem selbst. Die Ingenieurwissenschaften seien in der Schweiz qualitativ ungenügend; es fehle an Visionen, die das Selbstbewusstsein zu steigern vermöchten.

mangelnde Exzellenz des Engineering in der Schweiz

2.3. Entwicklung der Ingenieure in der Schweiz (qualitativ und quantitativ)

Nach den Einschätzungen zum Engineering wenden wir uns nun den Personen zu, die im Engineering arbeiten, also der Berufsgruppe der Ingenieure.

2.3.1. Aufgaben, Rollen, Kompetenzen

Starke Basis

Zunächst ist auf einen äusserst klaren Konsens hinzuweisen: Die Experten halten Ingenieure mit starker disziplinärer Basis für unverzichtbar. Sie halten nichts von „allgemeinen“ oder multidisziplinären Ingenieuren („multifunktionalen akademischen Polymechnikern“), ebensowenig von „Ingenieur-Managern“ oder anderen Hybriden, die weder im einen noch im anderen Fachgebiet vertieft ausgebildet sind („Generalisten, die von immer mehr immer weniger wissen“). Diese Einschätzung wird in drei einander ähnlichen Bildern zum Ausdruck gebracht: Das sogenannte Euter- oder Zahn-Modell betont fachliche Tiefe, auf welcher die Querdimension, die Breite, aufbaue. Aehnlich fokussiert das T-Modell starke Wurzeln, auf denen Zusätze aufbauen können („der Ingenieur ist tief in einem Gebiet verwurzelt und fähig, darauf aufbauend Brücken zu schlagen“). Ein drittes Modell schliesslich geht von einer konstanten Kompetenz-Fläche einer Person aus und postuliert damit, dass nicht beides – mehr Tiefe und mehr Breite – gleichzeitig zu haben ist. Auch hier wird eine klare Dominanz der Tiefe gefordert. Diese Bilder schliessen jedoch keineswegs aus, dass gerade auch den Ergänzungen oder Zusätzen zur disziplinären Basis besondere Aufmerksamkeit zugemessen wird.

Klarer Konsens: Ingenieure müssen in einer Disziplin verankert sein

Bevor wir darauf zu sprechen kommen, bietet es sich an dieser Stelle an, diese Aussagen mit den Einschätzungen zur Entwicklung des Engineering in Verbindung zu bringen. Dort war von Oeffnung, Kombination, Integration die Rede, von Multi-,

Inter- und Transdisziplinarität, von Komplexität, Offenheit, Unsicherheit. Offensichtlich übertragen die Experten diese Einschätzungen über das *Engineering im Ganzen* nicht umstandslos auf Forderungen an den *einzelnen Ingenieur*. Im Gegenteil, zwischen Funktionen, Aufgabenstellungen und Prozessanforderungen auf der einen Seite und Kompetenzen der Ingenieure auf der anderen Seite schalten sie (arbeits-)organisatorische Vorkehren: Ingenieurarbeit sei Teamarbeit, Innovation finde in richtig zusammengesetzten kreativen Teams statt, Innovation sei Mannschaftssport und brauche klare Rollen sowie einen Coach. Für die von ihnen beschriebenen Entwicklungen halten die Experten also Teams und nicht multifunktionale Ingenieure für notwendig.

Ergänzungen

Die skizzierten Modelle der Ingenieur-Kompetenzen kombinieren Tiefe und Breite. Mit der vertikalen Dimension oder Tiefe ist durchgehend eine Engineering-Disziplin gemeint. Der Ingenieur hat sich demnach primär über eine solide Grundausbildung in einem Gebiet auszuweisen. Darauf aufbauend folgen Kompetenzen der Breite: Ergänzungen, Zusätze, Erweiterungen. Was Wissen betrifft, wird an erster Stelle Projektmanagement-Kompetenz genannt. Daran mangle es den Ingenieuren am meisten. Ausserdem werden häufig Kostenbewusstsein in der Entwicklung genannt, weiter betriebswirtschaftliche Grundlagenkenntnisse. Was allgemeinere Fähigkeiten betrifft, sind es nicht überraschend Selbständigkeit, Flexibilität, Offenheit, Teamfähigkeit, konzeptionelle Fähigkeiten, Kommunikations- und Präsentationskompetenzen, Mobilität u.a.. Hinter dieser Liste verbergen sich jedoch auch sehr unterschiedliche Einschätzungen: Einige Experten fordern von den Ingenieuren entrepreneurship und leadership, andere Experten grenzen sich davon ausdrücklich ab und betonen Sorgfalt und Verantwortungsbewusstsein. Hinter solchen unterschiedlichen Gewichtungen stehen unterschiedliche Vorstellungen der Ingenieur-Rollen und –Aufgaben. Sie variieren nicht zuletzt nach dem Engineering-Bereich, dem die Experten zugehören. Vertreter aus dem Werkzeug- bzw. Produktionsmaschinenbau äusseren tendenziell traditionellere Vorstellungen als Vertreter beispielsweise aus dem IT-Bereich. Darauf wird zurückzukommen sein. Die unterschiedlichen Gewichtungen können sich ausserdem auf unterschiedliche Positionen von Ingenieuren im Unternehmen beziehen. Aussagen über „die Ingenieure“ verallgemeinern in vielleicht unstatthafter Weise. Einige Experten haben deshalb Differenzierungen vorgenommen.

Notwendig sind Projektmanagement-Kompetenz und soft skills

unterschiedliche Gewichtungen der soft skills

Differenzierungen

In einem internationalen Unternehmen findet sich die Unterscheidung in Experten im Fachgebiet (seniors), Projektleiter in der Entwicklung (oft mit einem BWI-Zusatz) und product managers (oft mit einem MBA). In einem anderen ebenfalls international tätigen Unternehmen wird die Gruppe der Ingenieure differenziert in Chief Engineers („shapers“, Systemdenker), seniors (zuständig für die eigenständige Umsetzung von Ideen) und Messungs- und Testingenieure. Es ist offensichtlich, dass die geforderten Ingenieurkompetenzen unterschiedlich auf diese Rollen verteilt sind. Offensichtlich ist auch, dass diese Rollen mit hierarchisch unterschiedlichen Positionen verbunden sind.¹

Unterschiedliche Ingenieur-Rollen

Manche Experten bemängeln das Fehlen von Engineering-Laufbahnen in schweizerischen Unternehmen. Es sei notwendig, parallel und symmetrisch zu Management-Laufbahnen auch solche im Engineering zu schaffen, um das Engineering im Unter-

Es fehlen Engineering-Laufbahnen in Unternehmen.

¹ Aus Punkt 4.2. wird zudem ersichtlich werden, dass die Ausbildung für die Besetzung dieser Positionen bedeutsam ist.

nehmen zu stärken und um für Ingenieure attraktive Laufbahnen auf der Basis ihrer Fachausbildung bereitzustellen.

Einige Experten gehen davon aus, dass der Trend zu einer Höherqualifizierung der technischen Fachkräfte sich fortsetzen werde. Der Anteil der ETH-Ingenieure werden zunehmen, so wie früher die FH-Ingenieure zu Lasten der Zeichner gewachsen seien.

2.3.2. Angebot und Nachfrage

Die Aussagen der Experten unterscheiden sich in diesem Punkt stark: Die eine Gruppe beklagt einen Mangel an Ingenieuren und stellt grosse Schwierigkeiten bei der Besetzung von Stellen fest. Die andere Gruppe hat diese Schwierigkeiten überhaupt nicht. Der Mangel findet sich vor allem in den traditionellen Gebieten und betrifft offenbar insbesondere Maschineningenieure. Als Gründe dafür werden mehrfach – relativ zum Dienstleistungssektor, der Software-Entwicklung oder der chemischen Industrie - fehlende Karrierewege und ein zu geringes Lohnniveau angegeben (vgl. oben 2.3.1. sowie den folgenden Abschnitt). Die Lücke wurde bzw. wird mit Ingenieuren aus dem Ausland gedeckt. Die einen Experten halten es für problematisch, dass in der Schweiz ein wachsender Anteil der Ingenieure ausländischer Herkunft sind („Technologiesöldner“), andere halten das für gar kein Problem. Dieser Punkt führt zu einer für die Forschungs- und Ausbildungspolitik wichtigen Frage: Soll sie sich am aktuellen Bedarf der schweizerischen Wirtschaft ausrichten oder umgekehrt an bestimmten ausgewählten Engineering-Feldern? Im ersten Fall steht die Vorstellung einer weitgehenden Spiegelbildlichkeit von Wirtschaft und Forschung/Ausbildung im Vordergrund: Die aktuell relevanten Felder sollen durch schweizerische Forschung und Ausbildung abgedeckt werden. Im zweiten Fall steht die Vorstellung von Fokussierungen im internationalen Massstab im Vordergrund: Bestimmte ausgewählte Engineering-Felder werden je national durch Forschung und Ausbildung gefördert, woraus grenzüberschreitende Mobilität von Forschungsergebnissen und hochqualifizierten Arbeitskräften resultiert.

selektiver Ingenieurmangel

hoher Ausländeranteil an den Ingenieuren

Was den Ingenieur Nachwuchs betrifft bzw. die Bereitschaft Jugendlicher, eine Ingenieur-Ausbildung zu beginnen, ist einerseits auf die Aussagen zur Wertschätzung und zum Image des Engineerings (Punkt 2.2.4.) hinzuweisen. Andererseits werden an spezifischen Gründen für mangelnden Ingenieur Nachwuchs genannt: das Fehlen von Engineering-Laufbahnen, ein Wertewandel bei Jugendlichen, welche entrepreneurship nicht mehr als Vorbild sehen, ein Wertewandel in der Gesellschaft, welche die Arbeit von Konstrukteuren geringer bewertet als die Arbeit im Softwarebereich oder im Verkauf. Gemeinsam ist den Stellungnahmen aber folgendes: Eigenschaften von Engineering-Tätigkeiten sind Vielseitigkeit, Offenheit, Internationalität, Dynamik, Multikulturalität. Vermutlich bestehe hier ein Wissensdefizit bei Jugendlichen.

Vielfältige Faktoren beeinflussen den Ingenieur Nachwuchs.

2.4. Engineering-Politik

„Engineering-Politik“ wird hier als Bezeichnung gebraucht, welche unterschiedliche, aber für die Entwicklung des Engineering wichtige Politikbereiche zusammenfasst. Die Aussagen zu diesem Themebereich lassen sich am besten strukturieren auf dem Hintergrund des Modells von Wissens- bzw. Wertschöpfungsketten. Schematisch

Wissenskettens als Hintergrund für Engineering-Politik

geht es dabei um die Prozessschritte, die mit der Grundlagen-Forschung beginnen und deren Resultate über verschiedene Transformationen hinweg bis zum Engineering-Produkt umsetzen. (Nur ein Experte verwendet ausdrücklich ein anderes Modell: Es führt zusätzlich zur genannten Achse eine zweite ein, die durch die Pole „basic scientific field“ und „engineering field“ gebildet wird.)

2.4.1. Die Zeitdimension

Die Zeitdimension ist in zweifacher Hinsicht von Bedeutung. Erstens dauert die Umsetzung von Resultaten der Grundlagenforschung in Produkte Jahrzehnte. Zweitens unterscheiden sich die Zeithorizonte in der Grundlagenforschung und in der Produktentwicklung fundamental. Das ist die einhellige Meinung der Experten. Hochschulen, die Grundlagenforschung betreiben, müssen deshalb vorausdenken, müssen der Industrie 10 oder 20 Jahre voraus sein; ihre Aufgabe ist die langfristige Forschung, sie haben elementare Grundlagen zu erarbeiten, Alternativen und neue Konzepte zu entwickeln. Der Zeithorizont der Industrie hingegen ist weit kürzer.

Es scheint notwendig, hier Differenzierungen nach dem Engineering-Feld vorzunehmen. Beispielhaft wird von Experten etwa auf die kurzen Wissensketten im IT-Bereich, die weit längeren hingegen im Mikro- und Nanotechnik-Bereich hingewiesen.

Unterschiedliche Zeithorizonte zwischen Grundlagenforschung und Entwicklung

2.4.2. Die institutionell-organisatorische Dimension

Dass Grundlagenforschung an Hochschulen stattfindet und staatlich finanziert ist, dass Produktentwicklung und Fertigung in der Industrie stattfinden und die entsprechenden Finanzströme privat abgewickelt werden, steht außer Frage. Engineeringpolitisch bedeutsam und umstritten sind die Zwischenphasen. Denn zwischen Grundlagenforschung und Industrie bestehe kein gemeinsamer Nenner, kein gemeinsames Potential. Die Zeithorizonte seien zu unterschiedlich, ebenso die Form der Erträge (Publikationen, monetärer Gewinn). Diese Zwischenphasen aber gelten als zentral für die Engineering-Politik: Primäres Ziel der Engineering-Politik müsse es sein, das „death valley zwischen Forschung und Kommerzialisierung“, die „Wüste zwischen Grundlagen-Forschung und Produktentwicklung“ zu überwinden bzw. zu überbrücken. Die „Brücken“, die „Wege“, die „feed back loops“ seien zu verkürzen.

„death valley“ zwischen Grundlagenforschung und Entwicklung

Die Vorschläge zum „Wie“ dieser Ueberbrückung gehen allerdings sehr weit auseinander. Sie bewegen sich in einem Spannungsfeld, das durch die beiden folgenden – hier zugespitzt dargestellten - Pole gebildet wird:

- Auf der einen Seite steht die Position, dass jede der unterschiedlichen Funktionen in der Wissenskette organisatorisch ausdifferenziert werden müsse. Grundlagenforschung funktioniert nach anderen Kriterien als angewandte Forschung, diese wieder nach anderen als Entwicklung. Für jede dieser Funktionen sind deshalb angepasste Organisationen zu schaffen (bzw. bestehende Institutionen auf eine Funktion hin zu fokussieren) und mit einer kritischen Masse zu versehen. Nur so ist Professionalität und Effizienz gewährleistet, nur so kann der wachsenden Komplexität begegnet werden.
- Auf der anderen Seite steht die Position, dass jede neue Organisation zwischen Grundlagenforschung und Industrie nur Umwege und Ineffizienz schaffe. Jede organisatorische Struktur entwickelt eine Eigendynamik und hat die Tendenz,

Konträre Varianten zur Ueberbrückung des „death valley“

sich unersetzlich machen zu wollen. Folgen sind Zersplitterung und Bürokratisierung. Anzustreben sind deshalb möglichst direkte Wege zwischen Grundlagenforschung und Industrie, anzustreben sind projektbezogene und zeitlich limitierte Strukturen, nicht aber Institutionen.

Beispielhaft wird dieses Spannungsfeld anhand des Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) diskutiert, einer Institution, die öffentlich grundfinanziert wird und Aufträge von Unternehmen ausführt. Von der ersten Position aus betrachtet man das CSEM als notwendige Zwischeninstanz, welche Forschungsergebnisse zur Reife bringt. Denn es sei äusserst schwierig, auf privater Basis eine Technologie zu entwickeln und zur Anwendungsreife zu bringen. Nur grosse Unternehmen seien dazu in der Lage – und in der Schweiz seien es KMU, die im Mikrotechnikbereich tätig seien. Von der anderen Position aus betrachtet ist das CSEM ein „ordnungspolitischer Sündenfall“: Ursprünglich auf zwei Jahre zur Rettung der Uhrenindustrie geschaffen, wachse das CSEM und differenziere sich seinerseits in angewandte Forschung und Engineering. Die öffentliche Grundfinanzierung sei nichts anderes als eine Form der Industrieförderung.

*das Beispiel
CSEM*

Zwischen diesen Polen ist eine Vielzahl von konkreten Ausgestaltungen des Zwischenraums zwischen Forschung und Entwicklung denkbar; von den Experten diskutiert werden die folgenden.

*Ausgestaltungen
des Zwischen-
raums zwischen
Forschung und
Entwicklung*

Netzwerke und Kompetenzzentren

Die Vernetzung von Institutionen unterschiedlichen Typs und unterschiedlicher Zielsetzung (universitäre Hochschule, Fachhochschule, Forschungsinstitutionen der ETH [PSI, EAWAG, EAWAG], private Unternehmen) erlaubt es, die Wissenskette zu optimieren und die Beiträge der einzelnen Institutionen aufeinander abzustimmen. Ausserdem dienen Kompetenzzentren und Netzwerke als Orientierungshilfe und Einstiegspunkte für Unternehmen. Vorgeschlagen werden auch Firmenpools, die mit Hilfe von venture capital langfristig in die Entwicklung von Technologien investieren.

Vernetzung

„Personentransfer“

Mehrfach wird betont, die wirksamste Form des Wissens- und Technologietransfers bestehe im „Transfer“ von Personen: Mit Personen, die von der einen Etappe des Prozesses in die andere wechseln, geht nicht nur das Wissen in seiner ganzen Komplexität mit, sondern ebenso die Vision, die für Innovationen unverzichtbar ist.

*Wechsel von
Personen*

Spin offs und start ups

Eine Form der Personenmobilität ist die Schaffung von spin offs und start ups. Die Einschätzungen dazu sind unter den Experten geteilt. Eine Sichtweise sieht in ihnen eine ideale Möglichkeit, um eine neue Technologie voranzutreiben. Entscheidend für ihren Erfolg seien die Kontinuität und die informellen Kontakte, die damit geschaffen werden, eine „Grauzone“ zwischen Hochschule und Industrie. Allerdings sei dafür ein langer Zeithorizont notwendig. Die Schweiz sei bezüglich spin offs sehr gut positioniert. Eine andere Sichtweise hält die Fokussierung auf Firmen-Neugründungen in der Innovationspolitik für falsch. Ihr Erfolg werde überschätzt, der Aufwand ausserhalb der Technologieentwicklung (z.B. für den Vertrieb) werde unterschätzt.

*Neu-Gründungen
von Unterneh-
men*

Mehrfach wird bedauernd festgestellt, im Unterschied z.B. zu den USA seien in der Schweiz Hochschulforschung und Industrie getrennte Welten; es bestünden relativ

weniger Kontakte und relativ weniger Förderprogramme. Daraus ergeben sich Konkurrenz Nachteile. Diese Feststellung verweist auf den nächsten Punkt.

2.4.3. Spannungen zwischen Wissens- und Wertschöpfungsketten

Zwischen Wissens- und Wertschöpfungsketten bestehen Spannungen. So wird der Impact von Hochschulforschung auf die Wirtschaft als relativ gering eingeschätzt. Umgekehrt wird festgehalten, die Wirtschaft sei zu wenig bereit, Hochschulforschung zu bezahlen. Diese Spannung wird vor allem am Thema der Patente angesprochen.

Eigentumsrechte

Von einigen Experten aus der Industrie wird den Hochschulen vorgeworfen, sie versuchten, mit Patenten „das grosse Geld“ zu machen. Die Hochschulen verkennten den tatsächlichen Charakter von Innovationsprozessen: Patente zu machen kostete weit weniger als sie zu halten; 95% der Forschungsergebnisse würden kein Geld bringen – die Innovation im Engineering erfolge in späteren Etappen der Wissenskette, nämlich in der Umsetzung. In dieser Perspektive erscheinen die Technologietransfer-Stellen der Hochschulen als Versuch, auf juristisch-bürokratische Weise Eigentumsrechte zu einer neuen Finanzierungsquelle zu machen, und zwar auf Kosten der Industrie. Andere Experten halten die Portfolio-Politik der Hochschule für sinnvoll und gerechtfertigt. Auch von Kritikern wird gerade den ETH zugutegehalten, in den letzten Jahren ihre Politik sehr viel industriefreundlicher verändert zu haben. – Hier wird eine Problematik berührt, die über die allgemeinen Beziehungen zwischen Hochschulen und Wirtschaft hinausgeht, nämlich die Problematik unterschiedlicher Interessen *innerhalb* der Hochschule. Mit den Technologietransfer-Stellen wurden organisatorische Einheiten geschaffen, die als Dritte in die Beziehungen zwischen Institut und Unternehmen eingreifen und Interessen der Hochschule vertreten, welche über das unmittelbare Forschungsprojekt weit hinausgreifen. Punkt 2.6. nimmt diese Problematik erneut auf. Die Haltung von Experten zu Patenten ist im übrigen sehr heterogen. Es findet sich die Einschätzung, Patente zu machen sei äusserst wichtig, weil die Patentaktivität zu einem wesentlichen Feld der Konkurrenz geworden sei. Der Trend gehe dahin, ganze Businessmodelle patentieren zu lassen. Diese Aussage wird von einem Experten aus einer international führenden Unternehmung geäussert. Dem steht die Einschätzung eines Experten aus einer Hochschule gegenüber, es seien nicht Patente, welche das eigene Wissen schützen, sondern allein der Wissensvorsprung, d.h. die Geschwindigkeit der Wissensentwicklung. Die mehreren hunderttausend Franken, die ein Patent kostet, investiere man besser in die Forschung und Entwicklung. In dieser Sichtweise geht es eher darum, durch möglichst rasche Publikation Patente zu verhindern.

Modelle

Die Differenz bezüglich der Einschätzung von Patenten macht deutlich, dass ganz unterschiedliche Modelle dafür bestehen, den Bogen zwischen Grundlagenforschung und Produktentwicklung zu spannen. Auf der einen Seite stehen institutionell-organisatorische Vorkehrungen zur Etablierung von Wissensketten und juristische Absicherungen ihres ökonomischen Wertes. Auf der anderen Seite steht die Konkurrenz unter Forschern und Entwicklern, der Kampf um Forschungsgelder und Publikationstermine. Während auf der ersten Seite eher etablierte Unternehmen stehen, sind es auf der zweiten Seite eher Forscher bzw. Kleinbetriebe. Diese Unterschiede weisen erneut

*Patente:
Interessenkonflikt zwischen
Hochschulen und
Unternehmen?*

*Interessenkonflikte innerhalb
der Hochschulen?*

*Unterschiedliche
Modelle und
Strategien der
Innovation*

darauf hin, dass die Charakteristika der Engineering-Felder (z.B. die Reife ihrer Märkte) von grosser Bedeutung für die Engineering-Politik sind.

2.4.4. Steuerung

Forschungsfreiheit – Technologie-Strategie

Im Grundsatz wird von den allermeisten Experten für Forschungsfreiheit in der Grundlagenforschung plädiert. Einige Experten aber möchten diese Forschungsfreiheit kanalisieren. So wird vorgeschlagen, dass Hochschulen, Industrie und staatliche Institutionen der Forschungspolitik gemeinsam eine Technologie-Strategie entwickeln. In deren Folge würden sich die Hochschulen prioritär mit jenen Technologien befassen, die volkswirtschaftlich wichtig sind, und zwar gemeinsam finanziert mit Teilen der Budgets aller Beteiligten. Innerhalb dieser Strategie müssten die Hochschulen allerdings frei sein. Dieser Vorschlag geht davon aus, dass die absolute Forschungsfreiheit an den Hochschule problematisch und dass eine Lösung des „sowohl – als auch“ (Orientierung *und* Forschungsfreiheit) durchaus möglich sei. In eine ähnliche Richtung gehen Vorschläge, Mittel für die Grundlagenforschung und für die Umsetzung teilweise zusammenzulegen (vgl. unten 2.4.5.)

gemeinsame Technologie-Strategie und Forschungsfreiheit der Hochschulen

Konkurrenz - Kooperation

Diese Vorschläge berühren ein anderes Spannungsfeld der Steuerung. Es betrifft die Frage der Konkurrenz zwischen Forschungsinstituten bzw. Entwicklungs-Institutionen. Sollen Kompetenzzentren und Kooperationen die interne Konkurrenz in der Schweiz beschränken, um Kräfte gegenüber der internationalen Konkurrenz zu bündeln? Oder ist Konkurrenz auch innerhalb der Schweiz notwendig, um Innovationsprozesse voranzutreiben? Beide Positionen werden in den Expertengesprächen vertreten. Während die erste auf die Schaffung nationaler Innovationssysteme tendiert, stützt sich die zweite eher auf Konkurrenz ungeachtet nationaler Grenzen. Für die erste Position ist es entscheidend, die Grenze zwischen prä-kompetitiven und kompetitiven Phasen oder Bereichen festzulegen, also zu klären, bis zu welchem Glied in der Wissens- oder Wertschöpfungskette Zusammenarbeit *vor* Konkurrenz gestellt wird.

das Verhältnis von Konkurrenz und Kooperation – innerhalb der Schweiz und zwischen der Schweiz und dem Ausland

Instanzen

Zur Steuerung der Engineering-Politik werden mehrfach Kompetenzaufteilungen kritisiert: diejenige zwischen Volkswirtschaftsdepartement und Departement des Innern auf Bundesebene, diejenige zwischen Bund und Kantonen. Es ist eine starke Strömung festzustellen, Föderalismus und Parallelität zugunsten von Professionalität und Effizienz einzuschränken. Dabei wird auch die Innovationspolitik Frankreichs oder Chinas als Kontrast zur heutigen schweizerischen Politik eingeführt. Gegenüber zentralistischen Vorstellungen wendet ein Experte jedoch ein, Forschungs- und Innovationspolitik dürfe sich nie auf eine einzige Lösung fokussieren, dürfe nie zentralisieren, sondern habe eine „Oekologie von Lösungen“ vorzusehen, also Komplementären und Parallelitäten.

zu starke Aufsplitterung der Kompetenzen politischer Steuerung

2.4.5. Forschungs- und Innovationsförderung

Als Einstieg sollen die Aussagen zu den vier grossen Pfeilern der Forschungs- und Innovationsförderung kurz zusammengefasst werden.

Schweizerischer Nationalfonds SNF

Der Schweizerische Nationalfonds wird von keinem Experten in Frage gestellt. Zwei Experten fordern die Schaffung einer eigenen Abteilung für Ingenieurwissenschaften. Der eine begründet dies mit der schlechten Qualität der Ingenieurwissenschaften in der Schweiz – sie brauchten dringend mehr Wissenschaftlichkeit. Der zweite stellt (gemeinsam mit anderen Experten) fest, dass die KTI viele Doktorate finanziere; das sei nicht deren Aufgabe, dafür wären beim SNF andere Finanzierungsquellen zu schaffen.

Die vier Pfeiler der Forschungsförderung

Schweizerischer Nationalfonds: unbestritten

Kommission für Technologie und Innovation KTI

Die KTI wird gut bis ausgezeichnet beurteilt. Sie wird als anpassungs- und lernfähig beschrieben. Vergleiche mit entsprechenden Förderagenturen im Ausland fallen uneinheitlich aus. Kritik wird insbesondere an der Evaluation der Gesuche geäußert – hier fehle es oft an Unabhängigkeit. An Gefahren werden eine Tendenz zur Kurzfristigkeit, die versteckte Finanzierung grosser Unternehmen und eine Benachteiligung von kleinen Unternehmen genannt. Der Zugang von KMU zu KTI-Projekten gilt als zentral. Einige Experten stellen aber zu grosse Schwellen fest. Eine Stimme konstatiert, trotz der Finanzierung einer grossen Zahl von Projekten komme der Innovationsprozess nicht voran – die Politik der KTI müsse radikal geändert werden.

KTI: positive Beurteilung

EU-Programme

Die Urteile über die Forschungsförderung durch EU-Programme fallen einhellig aus: Sie seien zu bürokratisch, das Aufwand-Vertrags-Verhältnis äusserst ungünstig.

EU-Programme: bürokratisch

Ressortforschung

Eine Stimme hält die Ressortforschung des Bundes für problematisch. Sie möchte sie reduzieren und den entsprechenden Betrag auf den SNF und die KTI aufteilen.

Ressortforschung

Wenn der SNF zur Förderung der Grundlagenforschung, die KTI zur Förderung der Anwendung und Umsetzung konzipiert sind, so fehlen im Urteil einiger Experten Finanzierungen des Zwischenbereichs, der Ueberbrückung. Hier kann an die Diskussion des CSEM unter Punkt 2.4.2 angeknüpft werden. Vorschläge sehen vor, zur Finanzierung der Ueberbrückung einen neuen gemeinsamen Fördertopf aus Teilen der Mittel von SNF und KTI zu schaffen. Radikal ist der Vorschlag, SNF und KTI ganz zusammenzulegen. Andere Vorschläge schliessen an die Vorstellung einer gemeinsamen Technologie-Strategie an und wollen Teile der Mittel des SNF zu ihrer Förderung verwenden. Im übrigen wurden dazu keine Vorschläge geäußert, die über die aktuelle Politik des SNF hinausgehen.

Finanzierung des Zwischenraumes zwischen Forschung und Entwicklung

Im Ganzen wird die Forschungs- und Innovationsförderung als gut, wenngleich verbesserungsfähig dargestellt. Mit einer Ausnahme allerdings. Diese Stimme sagt, die Forschungsförderung gehe in die falsche Richtung, sie erreiche das selbst gestellte Ziel nicht. Das Förderungssystem sei verfilzt, es fehle an Offenheit. Notwendig sei ein radikaler Neuanfang, der sich konsequent an erfolgreichen ausländischen Politiken orientiere.

2.5. Ingenieur-Politik

Mit „Ingenieur-Politik“ bezeichnen wir hier alle jene Politikbereiche, welche die quantitative und qualitative Entwicklung der Ingenieure in der Schweiz bestimmen.

2.5.1. Allgemeine Einschätzungen

Zuerst zwei allgemeine Einschätzungen. Ein Experte spricht ausführlich die Thematik des lebenslangen Lernens an. Er hält es für unsinnig, dass die (universitären) Hochschulen einen Leistungsauftrag in der Lehre, nicht aber in der Weiterbildung haben. Es sei nicht einzusehen, weshalb die Grundbildung öffentlich subventioniert werde, die Weiterbildung hingegen nicht. Dies umso weniger, als die Unternehmen immer weniger die Verantwortung für die Weiterbildung ihrer Mitarbeiter übernehmen könnten. Folge davon sei, dass die Mitarbeiter grossen finanziellen Belastungen für Weiterbildung ausgesetzt seien, während die Weiterbildungsanbieter ihrerseits damit Geld verdienen.

Lebenslanges Lernen

Eine andere Aussage betrifft das Verhältnis der einzelnen Elemente des Leistungsauftrags der Hochschulen: Primär sei zweifellos die Ausbildung – ihr haben sich Forschung und Entwicklung als Mittel zum Zweck unterzuordnen. Ausbildung, Forschung und Entwicklung würden drei unterschiedlichen und schlecht vereinbaren Kulturen entsprechen. Gefordert wird also eine klare Priorisierung der Ausbildungskultur mit einer weitgehenden Auslagerung von Forschung und Entwicklung in dafür spezialisierte Institutionen.

Leistungsauftrag der Hochschulen

2.5.2. Das Verhältnis von ETH- und FH-Ingenieuren

Für beide Ingenieur-Ausbildungen wird eine seriöse disziplinäre Grundbildung als zentrales Moment gefordert (vgl. 2.3.1.). Beim Verhältnis zwischen ETH- und FH-Ingenieuren zeigt sich eine weitere Übereinstimmung der Experten: Alle halten die Aufrechterhaltung, ja Schärfung von zwei unterschiedlichen Profilen für sinnvoll. Eine Einebnung wird abgelehnt. Die beiden Typen der Ingenieurausbildung seien komplementär. Es bestünden zur Zeit zuviele Spannungen zwischen den beiden Hochschultypen; notwendig sei mehr Zusammenarbeit.

Klarer Konsens: Aufrechterhaltung der Unterschiede zwischen ETH- und FH-Ingenieuren

Im Detail sind freilich wiederum Differenzen festzustellen: Einige Experten betonen, dass die funktionalen Unterschiede der beiden Typen keine Statusunterschiede nach sich ziehen sollten. Andere Experten äussern deutlich, dass die beiden Ausbildungen klaren Niveau-Unterschieden entsprechen.

Die beiden Profile sind nicht neu: Genannt werden die Paare „solid theoretisch“ und „praxisorientiert“, „Problemformulierer“ und „Problemlöser“, „Beschäftigung mit Pionier-Problemen“ und „Beschäftigung mit Problemen, deren Lösung grundsätzlich bekannt ist“, „Konzeptarbeit/komplexe Analysen“ und „operatives Umsetzen“, „Vorentwicklung“ und „Engineering“ und ähnliche.

FH-Ingenieur

FH-Ingenieure sollen in der Lage sein, definierte Probleme methodisch-systematisch und effizient zu lösen. Entsprechend wird bei ihnen Gewicht auf ihre Berufsausbildung bzw. auf berufliche Praxis sowie auf einen anwendungsorientierten Persönlichkeitstypus gelegt.

FH-Ingenieur: methodisch-systematische Lösung von Problemen

ETH-Ingenieure

ETH-Ingenieure sollen hohes Abstraktionsvermögen und konzeptuelle Fähigkeiten haben, sie sollen in der Lage sein, komplexe Probleme zu verstehen, zu definieren und in klare Aufgabenstellungen zu übersetzen.² Zur Zielerreichung bei den ETH-Ingenieuren wird von den Experten in grosser Übereinstimmung eine wissenschaftliche Ausbildung verlangt, ja teilweise eine *verstärkte* bzw. *verbesserte* wissenschaftliche Ausbildung: Je grösser die Komplexität der Aufgaben und des Kontextes, desto notwendiger ist eine wissenschaftliche Ausbildung, die in möglichst nahem Kontakt zur Forschung steht. Das steht nicht im Gegensatz zur Forderung, in der Ausbildung gleichzeitig auch die Kontakte zur Praxis zu fördern. Bemerkenswert sind zwei mehrfach geäusserte Erfahrungen: Bezüglich Selbständigkeit bzw. high sophisticated problem formulation seien Personen mit Doktorat bzw. PhD solchen ohne überlegen. Und: Bezüglich dieser genannten Aspekte seien Physiker den Ingenieuren überlegen. So wird mehrfach gewünscht, in der ETH-Ingenieurausbildung die Physik-Ausbildung zum Vorbild zu nehmen.

*ETH-Ingenieur:
Uebersetzung
komplexer Prob-
leme in Aufga-
benstellungen*

2.5.3. Das Bologna-Modell

Unter dem Etikett „Bologna“ werden zur Zeit die Studiengänge reformiert. Zentral ist die Differenzierung der Abschlüsse in Bachelor und Master mit einer gleichzeitigen Modularisierung der Studiengänge. Erreicht werden soll damit eine grössere Wahlmöglichkeit für die Studierenden und eine grössere Durchlässigkeit im europäischen Hochschulsystem.

Eine grosse Mehrheit der befragten Experten ist sich darin einig, dass der Regel- oder Normalabschluss an den Fachhochschulen der Bachelor, an den universitären Hochschulen der Master sein werde und sein solle (die erwarteten Quoten liegen zwischen 80% und 95%). Zu dieser Mehrheit gehören auch alle FH-Vertreter unter den Experten. Ebenfalls eine Mehrheit hält es für zumindest problematisch, dass ETH und Fachhochschulen beide den gleichlautenden Titel „Bachelor“ vergeben.

*Regelabschluss
ETH: Master*

*Regelabschluss
FH: Bachelor*

Zum Bachelor ETH

Eine Mehrheit hält es für unsinnig oder unmöglich, diesen Abschluss berufsbefähigend zu gestalten. Dies zu tun würde dem bewährten Aufbau der ETH-Studiengänge zuwiderlaufen, der auf wissenschaftliche Grundausbildung und anschliessende Spezialisierung setzt. Allerdings könne der Bachelor ETH für eine kleine Minderheit ein sinnvoller Abschluss sein, wenn sie anschliessend in betriebsinterne Ausbildungen für neue Tätigkeitsfelder wechseln, die noch wenig strukturiert sind.

*Eine Mehrheit
lehnt einen be-
rufsbefähigenden
Bachelor ETH
ab.*

Der Einführung des Bachelor an der ETH wird von manchen Experten jedoch eine positive *interne* Funktion zugeschrieben, und zwar in zweierlei Hinsicht: Der Bachelor ermöglicht es den Studierenden nach drei Jahren, eine Wahl zu treffen und sich für ein bestimmtes Masterstudium zu entscheiden. Damit werde die Flexibilität erhöht. Und: Der international formal vereinheitlichte Zwischenabschluss erlaubt es den ETH, für ihre Master-Studiengänge die Studierenden aus ganz Europa zu rekrutieren und zu selektionieren. Dies ist allerdings an die Möglichkeit geknüpft, dass die Anbieter der Studiengänge tatsächlich autonom bestimmen, welche Studierenden sie

*positive hoch-
schul- interne
Funktionen des
Bachelor ETH*

² Somit spielt die Ausbildung eine erhebliche Rolle bei der Besetzung der unterschiedlichen Positionen, die in Punkt 2.3.1. skizziert wurden.

aufnehmen wollen. Dieser Punkt verweist auf einen grundlegenden Widerspruch zwischen den Zielen der Durchlässigkeit und der Exzellenz: Entweder wird Durchlässigkeit zugunsten von Exzellenz eingeschränkt (indem die Hochschule die jeweils besten Studierenden selektiert und dafür zusätzliche Kriterien zu den formellen Berechtigungsausweisen einführt), oder Exzellenz wird umgekehrt gegenüber Durchlässigkeit zurückgestuft (indem die Hochschule gezwungen wird, Studierende aufzunehmen, die sie nicht zulassen möchte).

Eine Minderheitsmeinung schlägt vor, auch an der ETH *berufsbefähigende* Bachelor- und anschliessend *berufsbegleitende* Master-Studiengänge anzubieten.

Widerspruch im Bologna-Modell zwischen Durchlässigkeit und Exzellenz

Zum Master FH

Ob die Fachhochschulen Master-Studiengänge anbieten sollen, ist äusserst umstritten. *Für* Master-Studiengänge wird argumentiert, die Fachhochschule würde ohne Master abgewertet. Master-Studiengänge an Fachhochschulen würden ETH-Studiengänge ergänzen, indem sie innerhalb des FH-Profiles, also praxisorientiert, zu konzipieren wären. *Gegen* Master-Studiengänge an Fachhochschulen werden zwei Argumente eingewandt: Erstens, Fachhochschulen seien nicht in der Lage, das entsprechende, mit den ETH vergleichbare Niveau zu erreichen, und zweitens, damit würde eine ineffiziente und völlig überflüssige Parallelisierung geschaffen. Wer als FH-Absolvent eine Masterausbildung absolvieren möchte, solle an eine ETH übertreten – genau dafür werde die Durchlässigkeit verbessert. – Offensichtlich spielt bei dieser Diskussion eine Rolle, ob die Master-Ausbildung ebenfalls nach dem binären Modell („gleichwertig, aber andersartig“) organisiert sein soll oder nicht.

Es ist im übrigen festzuhalten, dass alle Experten aus den Fachhochschulen ihre Master-Studiengänge wenn möglich in Kooperation mit ETH und Universitäten entwickeln und anbieten möchten. Die Befürworter von FH-Masterstudiengängen sind sich selbstverständlich der finanziellen Restriktionen bewusst, die auf absehbare Zeit nicht sehr viele solcher Studiengänge erlauben werden.

Der Master FH ist stark umstritten.

Zur Durchlässigkeit zwischen FH und ETH

Dass eine Durchlässigkeit zwischen FH und ETH geschaffen bzw. erhalten werden muss, ist unbestritten; zur Frage, wie sie zu gestalten sei, gehen die Meinungen allerdings auseinander. Das Spektrum reicht von der Forderung nach direktem Uebertritt von einem Fachhochschul-Bachelor in ein ETH-Masterstudium bis zur Ueberbrückungszeit von 2 Semestern.

Durchlässigkeit zwischen FH und ETH wird begrüsst.

2.5.4. Koordination, Kooperation, Integration

Die Bologna-Reform versucht einen einheitlichen Hochschulraum zu schaffen; die Industrie sieht in den ETH- und FH-Ausbildungen Komplementarität. Gleichzeitig wird den Hochschulen grössere Autonomie als früher übertragen, so dass sie sich in erheblichen Mass voneinander differenzieren können. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, wenn Experten die Interdependenzen der beiden Ingenieurausbildungen ansprechen oder die Ingenieurausbildung insgesamt gar als ein System betrachten.

Wenn die ETH- und die FH-Ausbildung bei aller Ueberschneidung tendenziell je auf unterschiedliche berufliche Funktionen vorbereiten, dann stellt sich beispielsweise die Frage nach den „richtigen“ Grössenverhältnissen. Entspricht das Verhältnis der Absolventenzahlen dem Verhältnissen der Nachfrage nach diesen Funktionen? Plakativ: Werden „Problemformulierer“ und „Problemlöser“ im „richtigen“ Verhält-

Erwünscht ist verstärkte Koordination zwischen FH und ETH.

nis ausgebildet? Diese eher schematische Frage weist auf die Abstimmungsprobleme zwischen den beiden Ausbildungstypen hin und auf die Problematik ihrer Steuerung. Auch von einem anderen Blickwinkel her wird die Möglichkeit und die Wünschbarkeit verstärkter Koordination und Kooperation angesprochen: Der Sparzwang und der Profilierungsdruck auf die einzelnen Hochschulen fördern Koordination und Kooperation. Im Bereich der Forschung und Entwicklung liegen die Ansatzpunkte dafür auf der Hand. Denn in der Vorstellung von Wissensketten bzw. des kontinuierlichen Bogens von der Grundlagenforschung bis zum Engineering-Produkt haben ETH und FH ihre Schwerpunkte an unterschiedlichen Orten (vgl. 2.4.2. und 2.4.4.). Deshalb wird der Vorschlag formuliert, ETH und FH vermehrt in Netzwerken und Kooperationen zusammenzubringen. Wichtig dabei sei, Projekte von Anfang an gemeinsam aufzubauen und die Fachhochschulen nicht erst in späteren Phasen einzu beziehen, meint ein Experte. Aus Forschungs-Projekten und den daraus vertieften persönlichen Beziehungen können darauf Zusammenarbeitsformen im Bereich der Lehre entstehen.

Netzwerke und Kooperationen für Forschung und Entwicklung

Ein weiteres Argument, das in den Gesprächen geäußert wird: Wenn in Zukunft immer mehr der Name der Hochschule über den Status eines Titel entscheidet, dann – so wird vermutet – werden die Unterschiede zwischen den beiden Hochschultypen immer geringer werden. Entscheidend wird die Qualität ganz bestimmter Studiengänge sein.

Auf der Basis solcher Ueberlegungen liegt die Folgerung nahe, die Ingenieur-Ausbildung als Gesamtheit zu betrachten, ja die beiden Hochschultypen sogar lose zu integrieren. Ein Experte entwickelt den Gedanken, dass eine solche Struktur es erlauben würde, die notwendigen Differenzierungen *innerhalb* eines Systems vorzunehmen, d.h. in gemeinsamer Verantwortung, flexibler, mit weit geringeren Statusproblemen und mit einer erhöhten Mobilität der Dozierenden. Beispielsweise wäre es auf diese Weise möglich, unterschiedliche Grundstudien anzubieten (je orientiert an der Berufs- und der gymnasialen Matur), daraufhin gemeinsame Hauptstudiengänge.

Integrierte Ingenieur Ausbildung?

2.6. Engineering- und Ingenieur-Politik: ETH und FH

In den bisherigen Kapiteln wurden Forschung und Ausbildung getrennt behandelt. Jetzt sollen die Charakteristika oder Profile von ETH und FH insgesamt diskutiert werden.

Zentrale Spannungen

Gemäss den Experten sind die ETH durch folgende zentrale Spannung charakterisiert: die Spannung zwischen der Orientierung am *Wissenschaftssystem* (mit den Ansprüchen auf internationale Exzellenz) und zwischen ihrer *volkswirtschaftlichen Aufgabe*, Ausbildung und Forschung im Hinblick auf die schweizerische Industrie zu betreiben.

zentrale Spannung ETH: Wissenschaft vs. volkswirtschaftliche Aufgabe

Einige Experten – v.a. aus dem Bereich der Industrie - kritisieren, die ETH verlören zunehmend den Technik- und Anwendungsbezug. Indem Lehrstühle nicht mehr für das gleiche Engineering-Gebiet besetzt würden, gingen ganze Gebiete verloren.

Die Fachhochschulen befinden sich in einer Zwischenposition: zwischen Berufsbildung und universitärer Hochschule, was die Lehre betrifft, zwischen Grundlagenforschung und ihrer Anwendung, was die Forschung betrifft. Einige Experten halten die FH für zu nahe an den universitären Hochschulen positioniert.

zentrale Spannung FH: Zwischenstellung

Darüber, welches Gleichgewicht in diesen Spannungen anzustreben ist, gehen die Meinungen auseinander.

Forschung

Weitgehend unbestritten ist der Forschungsauftrag der ETH. Diese Forschung habe Grundlagenforschung zu sein (bzw. habe sich auf die elementaren Grundlagen relevanter Felder wie Thermodynamik, Werkstoffe, Nanotechnologie bzw. auf die langfristigen Anforderungen in Europa zu beziehen) – sie muss der Industrie 10-20 Jahre voraus sein (vgl. 2.4.1.).

Wie soll die ETH-Forschung festgelegt werden? Einige Experten halten an der Forschungsfreiheit fest. Einige Experten setzen die Lehre an die erste Stelle der Aufgaben einer ETH: Die Wirtschaft erwarte primär gut ausgebildete Absolventen, im Wissen darum, dass dafür Forschung notwendig sei. Es sind hier die langfristigen Anforderungen an die Arbeitskräfte, welche die Forschungsfelder bestimmen. Unter diesem Gesichtspunkt sollten durchaus auch landesspezifisch relevante Bereiche gefördert und mit Lehrstühlen ausgestattet werden (z.B. Werkzeugmaschinenbau). Und einige Experten möchten die Forschung an den ETH in eine übergreifende Technologiepolitik einbinden (s. 2.4.4.).

Grundlagenforschung an der ETH unbestritten

Forschung vs. Ausbildung

Die Frage nach der Forschung ist der zentrale Diskussionspunkt bei den Fachhochschulen. Dieser Punkt ist eng verbunden mit der Diskussion, ob Fachhochschulen eigene Master-Studiengänge anbieten sollen. Eine starke Gruppe von Experten aus allen Bereichen der Industrie und der ETH hält den Forschungsauftrag der Fachhochschulen für falsch, nicht einzulösen oder gar für unsinnig. Die Begründungen dafür: Das Forschungssystem Schweiz verfüge jetzt schon über zuviele Anbieter – die FH als Forschungsinstitutionen beeinträchtigen die Effizienz des Systems noch mehr. Die Fachhochschulen hätten keine Forschungserfahrung, sie seien zu wenig in Netzwerken integriert, sie seien nicht in der Lage, Forschung zu betreiben, wären damit überfordert. Aus dieser Perspektive wird vorgeschlagen, dass die Fachhochschulen für Forschung Partnerschaften mit universitären Hochschulen eingehen sollten (vgl. etwas ausführlicher Punkt 3.4.2.). Die Position gegen die Forschung an den FH geht davon aus, dass – wiederum im Gegensatz zur ETH – für die Lehre an der FH keine Forschung notwendig sei.

Forschung an FH: eine Mehrheit ist dagegen

Andere Experten sehen in der angewandten Forschung einen wichtigen Leistungsauftrag der FH, betrachten auch für die FH die Kombination von Lehre und Forschung als wichtig und bedauern, dass den FH zu wenig Mittel zugesprochen werden, um ihre Forschung genügend rasch aufzubauen.

Beziehungen Hochschule - Wirtschaft

Die einen Experten sehen es nicht als primäre Aufgabe der ETH an, Forschungsergebnisse in die Industrie zu tragen. Das Wissen der ETH werde vor allem über die Absolventen, über Publikationen und über den lizenzierten Technologie-Transfer übertragen (s. 2.3.3.). Andere halten dafür, dass die Institute der ETH das ganze Spektrum von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung abdecken sollten.

Unklar: die Rolle von ETH und FH gegenüber der Wirtschaft

Ein verbreitetes Argument lautet, die hauptsächliche Aufgabe der FH sei die Umformulierung von ETH-Wissen für KMU. Deshalb sollten sich die FH darauf konzentrieren, Auftragsforschung und Dienstleistungen zu erbringen. Damit ist gemeint: anwendungsbezogene Entwicklung zu leisten, bekannte Technik einzusetzen etc. Diejenigen Experten, welche die Kontakte zur Wirtschaft nicht als primäre Aufgabe

der ETH sehen, schlagen dafür die FH vor: Sie – und nicht die ETH - seien die idealen Hochschul-Partner der KMU oder gar der Industrie insgesamt.

Balancierungen ETH

Wissenschaftliche Ausbildung und langfristig orientierte Forschung sind offensichtlich die Funktionen der ETH, über welche unter den Experten Einigkeit besteht. Die Balancierungs-Probleme zwischen der Wissenschafts- und der Volkswirtschaftsorientierung zeigen sich bei der Steuerung der Forschung und bei der Gestaltungen der Beziehungen zur Wirtschaft. Eine Sichtweise betont die Aufgabe der ETH und ihrer Fachbereiche, jeweils die Balance zwischen Wissenschaftssystem und volkswirtschaftlicher Aufgabe zu schaffen – und dafür seien Portfolio und Profil zu definieren und die entsprechenden Managementinstrumente einzuführen, um diese Profilierungs-Politik auch tatsächlich umsetzen zu können. Unter anderem sei es notwendig, die Autonomie der Professoren einzuschränken. In die gleiche Richtung gehen Forderungen zur Besetzung von Lehrstühlen: Die Kriterien der wissenschaftlichen Karriere und der Industrievertrautheit müssten in ein auf das Fachgebiet angepasstes Gleichgewicht gebracht werden.

*Vorschläge zur
Steuerung und
zum Management der ETH*

Zusätzlich sind an dieser Stelle folgende Punkte zu erwähnen, die von Experten zur ETH eingebracht werden: Ein Experte ist der Meinung, es gehöre zu den Aufgaben der ETH als technische Hochschulen, ganz spezifische die Zukunft des Landes betreffende Fragen zu bearbeiten (Energie, Infrastruktur u.a.). Ein anderer Experte hält dafür, die disziplinäre Organisation der ETH radikal zu verlassen; sie sei ein Auslaufmodell. Nur eine interdisziplinäre Organisation in Kompetenzzentren, nur projektbezogene Ausbildungen (auf Master-Stufe) könnten den zukünftigen Anforderungen genügen. Schliesslich weist ein Experte auf die privilegierte Situation der Ausbildung in der Schweiz hin: Die ETH seien die internationalsten technischen Hochschulen in Europa, finanziell nach wie vor gut ausgestattet, in multikultureller Umgebung – dies sei als Chance zu verstehen, um konsequent die besten Studierenden Europas anzuziehen.

Balancierungen FH

Offensichtlich besteht unter den Experten Einigkeit über die Ausbildungsfunktion der Fachhochschulen und zwar weitgehend auch, was ihre Positionierung betrifft (vgl. Punkt 2.5.2.). Unbestritten ist ebenfalls die grosse Bedeutung der FH im Bereich der industrienahen Umsetzung von Wissen, seien das anwendungsbezogene Entwicklung, Auftragsforschung oder Dienstleistungen. Aufgrund der Einschätzungen der Experten scheint jedoch der Forschungsauftrag problematisch bzw. ist schlecht zu definieren; umstritten ist zudem die Rolle von Forschung für die Lehre an den Fachhochschulen.

*Klärungsbedarf
bezüglich For-
schung an den
FH*

3. Zusammenfassung und Folgerungen

In diesem abschliessenden Kapitel wird versucht, die Aussagen der interviewten Experten stärker zusammenzufassen und sie mit einigen Interpretationen und Folgerungen zu ergänzen.

Entwicklungen des Engineering

Engineering wird von den Experten als Funktion, als Denkweise, nicht als abgegrenztes Feld aufgefasst. Als zentrale Entwicklungen des Engineering gelten Oeffnungen und Kombinationen. Festgestellt werden

- eine Konvergenz der Technologien bzw. der Ingenieur-Disziplinen
- neue Beziehungen zwischen Ingenieur- und anderen Wissenschaften (Naturwissenschaften, Betriebswirtschaftslehre u.a.)
- Verschmelzungen von Engineering mit anderen Problemlösungsformen
- Internationalisierung des Engineering und Marktverlagerungen
- neue Organisationsformen der Wertschöpfungsketten
- stärkere Produkt- und Systemorientierung
- Wandlungen in der Organisation und Steuerung der Engineering-Prozesse
- Ausdehnung von Engineering in „neue“ gesellschaftliche Bereiche.

Den mehrfach genannten Stichworten der Oeffnung, Kombination und Integration entsprechen die Stichworte der Komplexität, der Offenheit, der Unsicherheit, von denen auffallend oft die Rede ist, wenn die Aufgabenstellungen, Funktionen und Tätigkeiten des Engineerings charakterisiert werden. Sowohl naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen wie auch ökonomisch-gesellschaftliche Veränderungen werden für die Veränderungen verantwortlich gemacht.

Die Aussagen der Experten zur Zukunft des Engineering können auf folgende *Basis-These* komprimiert werden: Das Engineering verändert sich in starkem Mass nicht zuletzt deshalb, weil die Beziehungen zwischen Engineering und seinem Umfeld in starker Veränderung begriffen sind. Das Engineering verliert seinen traditionellen „Ort“ und wandelt sich.

*Basis-These:
Oeffnungen und
Kombinationen
zeigen an, dass
das Engineering
seinen traditio-
nellen „Ort“
verliert.*

Engineering und Ingenieure in der Schweiz

Der genannte Wandel wird einhellig als grosse Herausforderung für den Engineering-Standort Schweiz eingeschätzt. Die Experten vermitteln den Eindruck, die Entwicklung des Engineering in der Schweiz befinde sich an einem kritischen Punkt. Die meisten Experten postulieren eine gezielte Neu-Positionierung in der Wertschöpfungskette auf die Glieder mit der höchsten Wertschöpfung. Mehrheitlich werden die Chancen, die Herausforderungen zu bewältigen, positiv beurteilt. Eine Minderheit der Experten jedoch äussert sich skeptisch dazu.

*Der Wandel des
Engineering ist
eine grosse Her-
ausforderung.*

Für den Standort Schweiz sprechen im Urteil der Experten dabei verschiedene Vorteile im internationalen Wettbewerb:

- die Traditionen industrieller Tätigkeit mit ihren spezifischen Stärken in der Mikro- oder Feinstwerktechnik (inklusive Elektronik und Software), der Robotik und in der industriellen Software

*Vorteile des
Standortes
Schweiz*

- die Breite und Qualität des Engineering in der Schweiz, die es erlaubt, Engineering-Kompetenz relativ rasch auch in neuen Feldern aufzubauen
- die Multikulturalität und Internationalität der schweizerischen Wirtschaft, des schweizerischen Engineering und der technischen Ausbildung in der Schweiz.

Als ernsthaftes Problem gilt demgegenüber manchen Experten die zunehmende Auslagerung der industriellen Produktion aus der Schweiz. Gründe dafür sind einerseits die Produktionskosten, andererseits aber die Verlagerung der Absatzmärkte. Ob und wie weit diese Auslagerung den Standort stärkt oder schwächt, ob und wie weit Entwicklung ohne Fertigung möglich ist, ist umstritten und hängt gemäss den Experten nicht zuletzt vom Wirtschaftszweig bzw. den eingesetzten Technologien ab.

Ein weiterer Vorteil des Engineering in der Schweiz liegt nach Ansicht der Experten in der Ausbildungsqualität der Ingenieure. Allerdings wird insbesondere für die traditionellen Ingenieurgebiete ein Mangel an Ingenieuren und in dessen Folge ein hoher Anteil an ausländischen Ingenieuren festgestellt oder – je nachdem - beklagt.

Nachteile des Standortes Schweiz

Es besteht ein klarer Konsens darin, dass für Ingenieure eine starke disziplinäre Basis unverzichtbar sei. Die Experten halten nichts von „allgemeinen“ oder „multidisziplinären“ Ingenieuren. Ingenieure müssten aber in wachsendem Mass über zusätzliche Kompetenzen verfügen, in erster Linie Projektmanagement-Kompetenzen sowie soft skills, die für die genannten Oeffnungen und Kombinationen notwendig sind. Manche Experten bemängeln das Fehlen von Engineering-Laufbahnen in schweizerischen Unternehmen.

Ingenieure: disziplinärer Kern und Zusatzkompetenzen

Ingenieur-Politik

Zur Ausbildungspolitik zielen die Vorschläge und Forderungen der Experten alles in allem mehrheitlich in die gleiche Richtung. Gefordert wird – wie bereits erwähnt - die Beibehaltung und allenfalls sogar Verstärkung eines starken disziplinären Kerns sowie dessen Ergänzung. Für die technischen Hochschulen stellt sich damit die Aufgabe, diese Zusätze ohne Verlust in der disziplinären Kernausbildung zu vermitteln. Weiter sollen die Ingenieure gemäss dem übereinstimmenden Urteil der Experten weiterhin mit Vorteil in zwei Typen differenziert werden – die ETH- und die Fachhochschul-Ingenieure. Die beiden Profile seien zu schärfen. Damit wird innerhalb des Engineering eine Differenzierung nach Funktionen vorgenommen, die sich ergänzen und die voneinander abhängen.

Beibehaltung zweier unterschiedlicher Ingenieurtypen

Innerhalb des Bologna-Modells der Hochschulausbildung wird mit grosser Mehrheit für die ETH der Master, für die Fachhochschulen der Bachelor als Regel- oder Normalabschluss prognostiziert (der Master an Fachhochschulen ist äusserst umstritten). Wegen der gegenseitigen Abhängigkeit der Ingenieur-Typen auf dem Arbeitsmarkt und wegen ihrer – je nach Sichtweise – Nachbarschaft oder Ueberschneidung, was die Aufgaben betrifft, wünschen die Experten eine verstärkte Koordination, Kooperation oder sogar eine Integration der Ingenieurausbildungen, ohne dabei die Profile einzuebnen.

Für die Akteure der Ausbildungspolitik ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die Funktionen der beiden Ingenieur-Typen und ihre Grössenverhältnisse zu bestimmen. Zu klären ist weiter, woran sich die Ausbildungspolitik zu orientieren hat: am aktuell deklarierten Bedarf oder am zukünftigen Bedarf in zu bestimmenden zukunftsträchtigen Engineering-Feldern. Dass dabei auch Klärungen über die vertretbaren Ausländeranteile an Ingenieuren in der Schweiz zu erfolgen haben, liegt auf der Hand. Von den Unternehmen im speziellen wird mehrfach gefordert, transparente Engineering-Laufbahnen zu schaffen.

Funktionen, Bedarf, Grössenverhältnisse

Auf dem Hintergrund der Basis-These kann man die Forderung nach verstärkter Koordination und Kooperation so interpretieren, dass für das Engineering ein Ausbildungssystem zu schaffen ist, das in die Lage versetzt wird, seinerseits flexibel und rasch auf Entwicklungen zu reagieren und dabei Grenzen zu öffnen und zu überschreiten sowie Verbindungen zu schaffen. Die konzeptionellen Vor- und Nachteile und die konkrete Ausgestaltung einer verstärkten Koordination und Integration sind allerdings noch nicht diskutiert.

verstärkte Koordination erwünscht

Für das Bild bzw. das Image des künftigen Ingenieurs lässt sich daraus folgendes präzisieren. Von Bedeutung für Ingenieure beider Typen sind die genannten Prozesse der Öffnung und Kombination innerhalb des Engineering (Interdisziplinarität von Arbeitsgruppen) wie auch der Beziehungen des Engineering zu seiner Umwelt (Kunden, Märkte, nationale Kulturen/Internationalisierung, andere Fachkulturen). Dazu kommt in wachsendem Mass die Anforderung der Problemformulierung in komplexen Umwelten. Diese Aspekte ergänzen oder korrigieren traditionelle Vorstellungen des Ingenieurs und der Ingenieurin.

Korrektur des Ingenieur-Image

Engineering-Politik

Auf dem Hintergrund des Modells von Wissens- bzw. Wertschöpfungsketten zeigen sich zentrale Spannungsfelder der Engineering-Politik im allgemeinen, der Technologie-Politik im speziellen. Von grösster Bedeutung scheint die Ueberbrückung des Zwischenbereichs zwischen Grundlagenforschung und (Produkt-)Entwicklung. Die Vorstellungen der Experten dazu sind freilich kontrovers. Während zu zentralen Aspekten der Ausbildungspolitik grosse Uebereinstimmungen unter den Experten festzustellen sind, überwiegen bei der Engineering-Politik grundsätzliche Differenzen. Sie betreffen

Die Forderungen der Experten zur Technologie-Politik sind kontrovers.

- die Funktionen öffentlicher und privater Akteure in den Wissens- und Wertschöpfungsketten
- die Ausdifferenzierung und die Finanzierung der Zwischenzonen zwischen Grundlagenforschung und Produktentwicklung
- die Rolle von Forschung für die Lehre (besonders in den Fachhochschulen)
- die konkreten Profile der technischen Hochschulen
- die Wünschbarkeit und Möglichkeit von Planung und Steuerung.

Unterschiedlich ist oft auch die Bezugsgrösse der Argumentationen: die Unternehmung, die Wirtschaft, die Gesellschaft.

Differierende Auffassungen zeigen sich auch in der Einschätzung von ETH und Fachhochschulen. Gemäss den Experten sind die ETH charakterisiert durch die Spannung zwischen der Orientierung am Wissenschaftssystem und der Orientierung an ihrer volkswirtschaftlichen Aufgabe. Mit anderen Worten: zwischen den Ansprüchen auf internationale wissenschaftliche Exzellenz und den Ansprüchen an Ausbildung und Forschung im Hinblick auf die schweizerische Industrie. Die Fachhochschulen hingegen befinden sich in einer Zwischenposition zwischen Berufsbildung und universitärer Hochschule, was die Lehre betrifft, zwischen Grundlagenforschung und ihrer Anwendung, was die Forschung betrifft. Darüber, welches Gleichgewicht in diesen Spannungen anzustreben ist, gehen die Meinungen auseinander.

ETH und FH: zentrale Spannungen

Die schweizerische Forschungs- und Innovationsförderung mit den zentralen Pfeilern Schweizerischer Nationalfonds (SNF) und Kommission für Technologie und Innovation (KTI) wird alles in allem als gut, wenngleich verbesserungsfähig dargestellt.

Drei kontroverse Punkte verdienen es, hervorgehoben zu werden:

- Ein zentraler Punkt ist die Wahl der *Innovationsstrategie*. Unter den befragten Experten sind die Vorstellungen darüber sehr umstritten. Sie lassen sich zwischen folgenden Polen platzieren: Den einen Pol bildet die Position, dass jede der unterschiedlichen Funktionen in der Wissenskette nach anderen Kriterien arbeite und deshalb organisatorisch ausdifferenziert werden müsse. Nur so könne Professionalität und Effizienz gewährleistet werden, die zur Bewältigung der wachsenden Komplexität unbedingt notwendig sei. Auf dem anderen Pol steht die Ansicht, es seien möglichst direkte Wege zwischen Grundlagenforschung und Industrie anzustreben, um der Eigendynamik von Strukturen entgegenzuwirken. Diese beiden Positionen setzen auf konträre Erfolgsstrategien: Einerseits institutionelle Spezialisierung zur Bildung verfestigter Wissensketten sowie juristische Absicherungen ihres ökonomischen Wertes durch Patente. Andererseits Verflüssigung von Strukturen zur Ermöglichung überlegener Geschwindigkeit in der Produktion und Umsetzung neuen Wissens (nur permanenter Wissensvorsprung, nicht Patente, seien wirksam). - Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Experten dabei nicht zwingend das ganze Engineering, sondern bestimmte Ausschnitte daraus im Auge haben. So gibt es Anzeichen, welche die Vermutung stützen, dass die erste Position – plakativ dargestellt - eher von etablierten Unternehmen in reifen Märkten vertreten wird, die zweite eher von Experten aus Hochschulen und neuen Technologiefeldern. Solche Unterschiede weisen darauf hin, dass bei der politischen Diskussion der Innovationsstrategie die Engineering-Felder (und die Reife ihrer Märkte) zu unterscheiden sind.
- Die *Steuerung in der Forschungs- und Technologiepolitik* ist ein anderer kontroverser Punkt. Im Grundsatz wird von den allermeisten Experten für Forschungsfreiheit in der Grundlagenforschung plädiert. Einige Experten aber möchten diese Forschungsfreiheit kanalisieren. So wird von einigen Experten die Entwicklung einer gemeinsamen Technologie-Politik durch Hochschulen, Industrie und staatliche Institutionen der Forschungspolitik angestrebt. Dieser Vorschlag geht davon aus, dass die absolute Forschungsfreiheit an den Hochschule problematisch und dass eine Lösung des „sowohl – als auch“ (Orientierung *und* Forschungsfreiheit) durchaus möglich sei. Damit wird nicht nur die Thematik der Forschungsfreiheit in der Grundlagenforschung bzw. der Hochschulen berührt, sondern ebenso die Problematik von Konkurrenz und Kooperation in den verschiedenen Phasen der Wissens- und Wertschöpfungsketten (in welchen Phasen oder Bereichen soll oder kann zum Beispiel Kooperation *vor* Konkurrenz gestellt werden?). Zur Diskussion stehen die Vor- und Nachteile nationaler Innovationssysteme, zur Diskussion stehen die Vor- und Nachteile föderalistischer Strukturen. Unter den Experten ist eine starke Tendenz festzustellen, Professionalität und Effizienz über Parallelität und Föderalismus zu stellen.
- Dritter kontroverser Punkt ist die *Profilierung der beiden Hochschultypen ETH und Fachhochschule*. Wissenschaftliche Ausbildung und langfristig orientierte Forschung sind die Funktionen der ETH, über welche unter den Experten Einigkeit besteht. Bei der Steuerung der Forschung und bei der Gestaltung der Beziehungen zur Wirtschaft hingegen bestehen Divergenzen. Die Frage nach der Forschung ist der zentrale Diskussionspunkt bei den Fachhochschulen; er ist eng verbunden mit der Diskussion, ob Fachhochschulen eigene Master-Studiengänge anbieten sollen oder nicht. Eine starke Gruppe von Experten aus allen Bereichen der Industrie und der ETH wendet sich gegen einen Forschungsauftrag der Fachhochschulen. Unbestritten ist dagegen die grosse Bedeutung der Fachhochschulen im

Kontroverse Punkte:

Innovationsstrategie

Steuerung in der Forschungs- und Technologiepolitik

Bereich der industrienahen Umsetzung von Wissen, seien das anwendungsbezogene Entwicklung, Auftragsforschung oder Dienstleistungen. Es zeigt sich, dass die Beziehungen zwischen ETH und Fachhochschulen im Bereich von Forschung und Entwicklung nicht geklärt sind - und dass insbesondere das Profil der Fachhochschulen im Engineering-Bereich noch zu wenig präzisiert ist.

Vertiefende Klärungen dieser kontroversen Punkte sind notwendig. Dabei scheint es - wegen der grossen Heterogenität der Engineering-Disziplinen und ihrer Anwendungsfelder – geraten, den Kontext der jeweiligen Positionen in der Diskussion zu berücksichtigen. Weiter empfiehlt es sich zu überprüfen, ob die komplexen Beziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft durch das Modell der Wissensketten adäquat wiedergegeben werden.

Klärungsbedarf

Schlussbemerkung

Thema dieser Studie ist in aller Breite die Zukunft des Engineering in der Schweiz; die Experten stammen aus unterschiedlichen Feldern des Engineering und üben darin unterschiedliche Funktionen aus. Deshalb erstaunt es wenig, dass Entwürfe einer Technologie-Politik, welche mehrere Fragen übergreifen, von den Experten nur selten geäussert werden. Zur Technologie- oder Engineering-Politik aber drängen sich abschliessend einige Bemerkungen auf.

Es fällt auf, dass in den Expertengesprächen von Verfahren die Rede war, selten jedoch von Zielen, Zielkonflikten und Wirksamkeitskriterien der Engineering-Politik. Die Frage nach der Zukunft des Engineering nimmt selbstverständlich immer auf seine Geschichte und sein aktuelles Umfeld Bezug. So betrachtet tangiert die Frage nach der Zukunft des Engineering die Kontinuität und die Brüche von Entwicklungspfaden und führt zur Frage, welche Funktionen das Engineering haben soll: „Welches Engineering für welche Schweiz?“. Aspekte dieser Frage wurden von den Experten indirekt angesprochen, wenn sie von Stärken sprechen (industrielle Tradition, Qualität, Multikulturalität etc.), wenn sie fehlende Visionen diagnostizieren, wenn sie widersprüchliche Anforderungen der Gesellschaft an das Engineering konstatieren. Auf der Grundlage unserer Basis-These erhält die Diskussion der Frage „Welches Engineering für welche Schweiz?“ ein besonderes Gewicht. Denn diese These besagt, dass sich das Engineering nicht zuletzt deshalb wandelt, weil die Verbindungen zu seinem Umfeld in Veränderung begriffen sind. Alle Konzepte von Engineering- oder Technologie-Politik berühren deshalb in besonderem Mass Fragen nach der Funktion von Engineering. Deshalb werden die Akteure der Technologie-Politik nicht darum herumkommen, inhaltliche Zielvorstellungen zu formulieren und sich über Entwicklungspfade zu verständigen.

„Welches Engineering für welche Schweiz?“

Notwendig sind Diskussionen über inhaltliche Ziele und Entwicklungspfade.

Literatur

- Arvanitis, Spyros, et al. (2003), Die Schweiz auf dem Weg zu einer wissensbasierten Oekonomie: Eine Bestandesaufnahme. Studie im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft. Bern: seco, Strukturberichterstattung Nr. 17
- Arvanitis, Spyros, et al. (2004), Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft. Eine Analyse der Ergebnisse der Innovationserhebung 2002. Zürich: KOF
- Balthasar, Andreas (1998), Vom Technologietransfer zum Netzwerkmanagement. Grundlagen zur politischen Gestaltung der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Industrie. Chur/Zürich: Rüegger
- Benninghoff, Martin, Jean-Philippe Leresche (2003), La recherche - affaire d'état. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes
- Berwert, Adrian, et al. (2004), Innovationssystem Finnland – was kann die Schweiz lernen? Zürich: SATW Bericht Nr. 37
- Berwert, Adrian, et al. (2004), Studieren – Forschen – Unternehmen gründen. THISS. NFP 43. Zürich
- Bodmer, Christian, et al. (2002), SPINE. Successful Practices in International Engineering Education. Benchmarking Study. Zürich
- Braun, Dietmar (2004), From Divergence to Convergence: Shifts in the Science and Technology Policy of Japan and Switzerland. In: Schweizerische Zeitschrift für Politikwissenschaft, vol. 10, issue 3, 103-135
- Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) (1998), Delphi 98-Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Im Auftrag des BMBF. Karlsruhe
- Freiburghaus, Dieter, et al. (1991), Technik-Standort Schweiz. Von der Forschungs- zur Technologiepolitik. Bern
- Hotz-Hart, Beat, et al. (2003), Innovation Schweiz. Herausforderungen für Wirtschaft und Politik. Zürich/Chur: Rüegger
- Fachgruppe Mechanik und Industrie (2002), Mechanik der Zukunft. Symposium 29.30.11.2002. Pfäffikon SZ
- HIS (1998), Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren: Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. HIS Kurzinformatioo A6/1998
- Jones, Charlotte (2004), Is there a future in engineering?
http://www.prospects.ac.uk/cms/ShowPage/Home_pictures/Is_there_a_future_in_engineering_/p!eflkc [12.07.2004 13:52:41]
- Leu, Andrea, et al. (1996), Die Wirksamkeit der Ingenieurausbildung in der Schweiz. Chur/Zürich: Rüegger
- National Science Board / National Science Foundation (2004), Science and Engineering Indicators 2004. Arlington
- OECD (2002), Science, Technology and Industry Outlook. Paris
- OECD, Science Technology and Industry Scoreboard. Paris 2003
- OECD, National Innovation Systems. Paris 1997
- OECD (2004), Science and Innovations Policy. Key Challenges and Opportunities. Paris
- Pastor, Elisabeth (2002), Wissenschaft und Technologie in der Schweiz. Bilanz des letzten Jahrzehnts 1990-2000/2001. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik
- Pfenning, Uwe, et al. (2002), Zur Zukunft technischer und naturwissenschaftlicher Berufe. Strategien gegen den Nachwuchsmangel. Akademie für Technikfolgenabschätzung
- The Royal Academy of Engineering, The Future of Engineering Research. London 2003
- Umbach-Daniel, Anja, Heinz Rütter (2004), Ingenieur-Nachwuchs Schweiz 2004. Entwicklung des Ingenieur-Angebots an universitären Hochschulen und Fachhochschulen. Im Auftrag von: Engineers Shape our Future INGCH. Rüslikon
- Vock, Patrick, und Urte Hinrichs (2004), Swiss Science and Innovation Policies. Recent developments 2002-2003. Bern: CEST 2004/7

Liste der Experten

Vorbemerkung:

Zu den Namen der Experten wurden ihre hauptberufliche Stellung bzw. Funktion angefügt, ausserdem ihre uns bekannten Funktionen in staatlichen Forschungsinstitutionen und Kommissionen sowie den nationalen Dachverbänden *economiesuisse* und *Swissmem*.

Affolter Ernst, Dr., Geschäftsleiter Helbling Technik AG, Zürich. 19.10.04

Bächler Herbert, Dr., Chief Technology Officer, Phonak AG, Stäfa. 14.10.04

Bergamaschi Crispino, Prof. Dr., Rektor Hochschule für Technik+Architektur Luzern HTA, Horw.
27.10.04

Boër Claudio R., Prof. Dr., Istituto die Tecnologie Industriale e Automazione ITIA, Milano / Head of CTI International, KTI/CTI, BBT, und Schwarz Franziska, Dr., Head of Section Engineering, KTI/CTI, BBT. 10.8.04

Bührer Richard, Prof. Dr., Direktor Fachhochschule beider Basel FHBB, Muttenz. 5.11.04

Hinderling Thomas, Dr., CEO Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique / Swiss Center for Electronics and Microtechnology CSEM, Neuchâtel. 24.9.04

Kaiser Tony, Dr., Direktor Alstom Power Technology Centre, Baden-Dättwil, Präsident Eidg. Energieforschungskommission CORE. 14.10.04

Koopmann Andreas, CEO Bobst Group, Lausanne / Vize-Präsident VSM / Vorstandsausschuss *swissmem*. 5.10.04

Kyburz Rainer, Dr., Director Marketing, Unaxis Switzerland Ltd, Assembly & Packaging (ESEC), Cham.
20.10.04

Mayer Jürgen, President of the Board and CEO, maxon motor ag, Sachseln. 27.10.04

Piveteau Laurent-Dominique, Dr., Industrial Liaison Officer, Centre d'appui scientifique et technologiques, Cast EPFL. 23.9.04

Schläpfer Hans-Walter, Dr., President Sulzer Innotec AG, Winterthur / Mitglied Eidg. Fachhochschulkommission EFHK / Präsident Forschungskommission von *Swissmem*. 20.8.04

Siegwart Roland, Prof. Dr., Leiter Laboratoire de systèmes autonomes LSA, EPFL, Lausanne. 12.10.04 (telefonisches Interview)

Steiner Andreas E., Dr., Member of the Board and CEO, Belimo Holding AG, Hinwil / Mitglied des Stiftungsrats des Schweiz. Nationalfonds / Mitglied des Zürcher Universitätsrates / Präsident der Kommission Bildung und Forschung von *economiesuisse*. 1.11.04

Thibaudeau Nicola, CEO MPS Micro Precision Systems AG, Biel / Mitglied KTI/CTI. 29.10.04 (telefonisches Interview)

Vetterli Martin, Prof. Dr., Leiter Laboratoire de communications audiovisuelles LCAV, EPFL, Lausanne.
23.9.04

Villetaz Jean-Claude, Dr., Directeur Ra&D, Haute Ecole Valaisanne, Sion. 13.10.04

Voit Eugen, Dr., Chief Corporate Technology Center CTS, Leica Geosystems, Heerbrugg. 27.9.04

Wegener Konrad, Prof. Dr., Leiter Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung ETHZ, Zürich / Inspire – AG für mechatronische Produktionssysteme und Fertigungstechnik. 11.8.04

Wohlgemuth Rolf, Dr., Chief Corporate Technology / Technology Transfer, Siemens Schweiz AG, Zürich. 22.10.04