

**Zeitschrift:** Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden =  
Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université

**Herausgeber:** Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden

**Band:** 39 (2013)

**Heft:** 2

  

**Artikel:** Konstanten und Veränderungen in der Ingenieur-Ausbildung

**Autor:** Guzzella, Lino

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-893713>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Konstanten und Veränderungen in der Ingenieur-Ausbildung<sup>1</sup>

Lino Guzzella\*

*Ingenieurinnen und Ingenieure bauen Strassen, Brücken und Chips, konstruieren Maschinen und neue Materialien, entwerfen neue Verfahren usw. Sie bringen für die Kommunikation, die Industrie und die Medizin neue Produkte, Systeme und Produktionsprozesse hervor, die unseren hohen Lebensstandard ermöglichen und weiterhin sichern. Unsere hoch technisierte Umgebung wurde zu einem wesentlichen Teil von Ingenieuren gebaut und gestaltet und das wird auch in Zukunft so bleiben.*

### 1. Klassische und neue Ingenieur-Disziplinen

Die Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren erfolgt in den klassischen Ingenieurdisziplinen wie Bauingenieurwissenschaften, Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Elektrotechnik. Diese klassischen Bezeichnungen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Wissenschaftsgebiete sich stets weiterentwickelt haben und weiter entwickeln werden (siehe Tabelle 1). Wesentliche und beschleunigende Kräfte

<sup>1</sup> Dieser Beitrag ist eine erweiterte Fassung des Artikels von Lino Guzzella, der am 30. Mai 2012 in der Sonderbeilage «Weiterbildung und Karriere» der Neuen Zürcher Zeitung erschienen ist.

\* Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Rektorat  
Rämistrasse 101, HG F 61, 8092 Zürich.

E-mail: [lino.guzzella@sl.ethz.ch](mailto:lino.guzzella@sl.ethz.ch)  
<http://www.sl.ethz.ch/about/organisation/rektor>

**Lino Guzzella**, Dr. sc., ist seit 1999 ordentlicher Professor für Thermotrik und seit dem 1. August 2012 zudem Rektor der ETH Zürich. Geboren am 13. Oktober 1957 in Zürich, Studium an der Abteilung für Maschineningenieurwesen (heute Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik) der ETH Zürich. Promotion 1986, anschliessend in der Konzernforschung der Firma Sulzer in Winterthur. Assistenzprofessor an der ETH Zürich, danach Leitung der Entwicklungsabteilung für Mechatronik der Firma Hilti in Schaan. 1993 als Assistenzprofessor ans Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich berufen. Von Mitte 2003 bis Mitte 2004 «Honda Visiting Professor» an der Ohio State University in Columbus (OH).  
Forschungsschwerpunkte: Neue Ansätze in der Systemdynamik und in der Regelung von Energiewandlungssystemen, Systemmodellierung, die dynamische Optimierung und die Reduktion des Verbrauchs und der Schadstoffemissionen von Antriebssystemen.  
Ehrungen und Preise: IEEE Industry Award for Excellence in Translational Control Research, IEEE Control Systems Magazine Outstanding Paper Award, SAE Arch T. Colwell Merit Award, Ralph R. Teeter Educational Award, IMechE Thomas Hawksley Medal, Crompton Lancaster Medal, Energy Globe Award, Goldene Eule 2011.  
Über 100 Forschungsartikel in Zeitschriften, zwei Bücher (Introduction to Modeling and Control of IC Engine Systems, Springer Verlag, 2. ed. 2010; Vehicle Propulsion Systems - Modeling and Optimization, Springer Verlag, 3. ed. 2013). Fellow der IFAC und der IEEE und Mitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften.

sind die rasante Ausweitung der Rechenkapazität von Computern sowie die Anwendung mathematischer Methoden und rechnergestützter Verfahren für die Modellentwicklung und Simulation. Da die angehenden Ingenieure an der EPF Lausanne und der ETH Zürich forschungsnah ausgebildet werden, hält die Ausbildung Schritt mit diesen Entwicklungen.

Problemstellungen der Gesellschaft und Wirtschaft sowie neue Entwicklungen der Forschung halten sich aber nur bedingt an die gewachsenen Strukturen der Hochschulen. Neue Disziplinen können sich aus bestehenden heraus entwickeln, wie die Informatik, oder sie können zwischen den Disziplinen entstehen, wie die Materialwissenschaft oder die biomedizinische Technik. So sind zu den klassischen Ingenieurwissenschaften eine ganze Reihe neuer Disziplinen hinzugekommen und zu den klassischen Ingenieur-Studiengängen eine ganze Reihe neuer Studiengänge. Zu dieser Dynamik hat die Bologna-Reform zusätzlich beigetragen, die das bisherige Diplom-Studium durch das gestufte Bachelor-/Master-Studium abgelöst hat. Insbesondere auf der Masterstufe hat sich das Studienangebot aufgefächert.

Weniger augenfällig, aber nicht weniger wichtig sind Änderungen innerhalb des Ingenieurstudiums. Die Modularisierung des Studiums hat den Studierenden mehr Wahlmöglichkeiten gebracht; so können sie innerhalb desselben Fachs zwischen verschiedenen Vertiefungen wählen und so ihr Ausbildungsprofil selber mitgestalten.

### 2. Homo faber –

#### ein unvollständiges Konzept vom Ingenieur

Was muss ein angehender Ingenieur oder eine angehende Ingenieurin von seiner oder ihrer Ausbildung mitbringen. Was macht «den Ingenieur» aus? Was sind das für Leute? Max Frisch prägte in der Mitte des letzten Jahrhunderts das Bild des «Homo faber». Der Protagonist eines seiner Hauptwerke, Walter Faber, ist ein Ingenieur mit einer streng rationalen, technisch orientierten Weltanschauung, der den Sonnenuntergang nicht betrachtet, sondern fotografiert. In dieses geordnete Leben bricht die Welt in Form von Zufall und verdrängter Vergangenheit ein. Mit «ratio» allein lässt sich die Lebensaufgabe nicht bewältigen. «Prima di essere ingegnere vuoi siete uomini» mahnte Francesco de Sanctis schon vor 150 Jahren seine Studenten am damaligen «Poly», und

**Tabelle 1: Die Ingenieurstudiengänge der ETH Zürich vor 25 Jahren und heute**

1988	2013	
6 Diplomstudiengänge	8 Bachelorstudiengänge	17 Masterstudiengänge
Bauingenieurwesen	Bauingenieurwissenschaften	Bauingenieurwissenschaften
	Umweltingenieurwissenschaften	Umweltingenieurwissenschaften
Kulturtechnik und Vermessung	Geomatik und Planung	Geomatik Raumentwicklung und Infrastruktursysteme
Maschineningenieurwesen	Maschineningenieurwissenschaften	Maschineningenieurwissenschaften Verfahreningenieurwissenschaften Mikro- und Nanosysteme Nuclear Engineering Robotics, Systems and Control
Elektrotechnik	Elektrotechnik und Informationstechnologie	Elektrotechnik und Informationstechnologie Biomedical Engineering Energy Science and Technology Neural Systems and Computation
	Biotechnologie	Biotechnologie
Informatik	Informatik	Informatik Computational Biology and Bioinformatics
Werkstoffe	Materialwissenschaft	Materialwissenschaft

die sich daraus ableitenden Konsequenzen für die Ingenieur-Ausbildung und den Ingenieur-Beruf sind heute wichtiger denn je.

### 3. Wissen

Wie werden die Ingenieurinnen und Ingenieure heute ausgebildet, damit sie die Welt auch in Zukunft gestalten können? Sie werden sich zuerst einmal die von ihren Vorgängern erarbeiteten Grundlagen aneignen müssen. Das ist eine doppelt schwierige Aufgabe, weil erstens mittlerweile sehr viel Wissen vorhanden ist und zweitens der relevante Teil dieses Schatzes nicht immer einfach vom obsoleten zu unterscheiden ist. Ohne eine fundierte Grundausbildung in Mathematik und Ingenieurphysik und ohne die Kenntnis der wichtigsten Analyse- und Synthesemethoden sind aber heute und in Zukunft keine echten Beiträge zur Weiterentwicklung der Technik möglich. Leider gibt es keinen Königsweg zu dieser Zwischenetappe. Auch im Zeitalter von Wikipedia und Google müssen sich angehende Ingenieure die wichtigsten Sätze der Mathematik und die zentralen Gesetze der Natur hart erarbeiten, verstehen und anwenden lernen. Diese Herausforderung des Ingenieurstudiums hat aber durchaus auch ihre guten Seiten und ist für viele junge Menschen eine Motivation, diese Fachrichtung zu wählen, erlaubt sie doch zu zeigen, was man «so auf dem Kasten hat». Zudem ist dieser Aufwand eine sichere Investition; denn die Resultate der Mathematik sind wahr und die Gesetze der Natur unveränderlich.

### 4. Werhaltungen/Kompetenzen

Dieses Wissen reicht aber bei weitem nicht aus. Die folgenden Kompetenzen sind für Ingenieure ebenso unverzichtbar:

Die Fähigkeit, eigene Erkenntnisse und Gedanken anderen Personen zu vermitteln: Ingenieure müssen in der Lage sein klar, präzise und prägnant zu kommunizieren – und das mindestens in Englisch und der eigenen Muttersprache. Erschwerend – und inspirierend – kommt dazu, dass sie oft mit nicht technisch ausgebildeten Dialogpartnern zu tun haben. Da zudem komplexe technische Probleme nur noch durch mehrere Personen gelöst werden können, ist die Fähigkeit, zuzuhören und mit kulturellen Unterschieden umgehen zu können, von grosser Bedeutung.

Die Fähigkeit, positiv kritisch mit fremden und eigenen Ideen und Vorschlägen umzugehen: Ingenieure müssen grundsätzlich kritisch eingestellt sein, sie dürfen dabei aber nicht in die «Not invented here»-Falle tappen und alle fremden Ideen grundsätzlich abwerten. Gleichzeitig dürfen sie nicht selbstverliebt mit den eigenen Ideen umgehen. Ingenieure dürfen niemandem trauen, besonders sich selbst nicht, gleichzeitig müssen sie aber offen und neugierig sein; keine einfache Kombination.

Die Fähigkeit, mit Nachbardisziplinen konstruktiv zusammenzuarbeiten: Dies geht natürlich nur, wenn man selbst über ein eigenes tiefes Fachfundament

verfügt. Offenheit für die Denkweise und Sprache der Nachbardisziplin ist nötig. Früher verworfene Ideen können im Lichte neuester Entwicklungen in anderen Gebieten plötzlich realisierbar werden. Ja, man kann sogar behaupten, dass die grossen Durchbrüche immer mehr an den Schnittstellen der Disziplinen entstehen werden.

Verantwortung: Ingenieure tragen mit ihren Produkten und Systemen eine grosse Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und der Umwelt. Falls es so etwas wie eine wertfreie Wissenschaft gibt, so ist dies bei der Technik sicher nicht mehr der Fall. Die Abschätzung der Folgen einer Produktentwicklung (Energie- und Materialverbrauch, CO<sub>2</sub>- und Schadstoffausstoss, Gefährdungspotenzial etc.) ist eine der zentralen Fragestellungen des Ingenieuralltags. Sinnvoll ist eine Neuentwicklung nur, wenn gravierende negative Konsequenzen vermieden werden. Hier müssen Ingenieure den Mut und das Selbstbewusstsein aufbringen, um trotz ökonomischer oder egozentrischer Pressionen ihren Kernauftrag zu erfüllen.

Und dann vielleicht das Wichtigste: die Kreativität, um noch nie untersuchte Ansätze zu entwickeln und zu realisieren. Die «sinnreiche Erfindung» («ingenium») bildet das Herzstück der Ingenieur-tätigkeit. Sie kommt im spielerischen Umgang mit bestehenden Verfahren, Produkten, Theorien zustande. Die Einübung solcher kreativer Prozesse, die meist im Team erfolgen, muss Teil der Ausbildung sein. Der Ingenieur ist ein Homo ludens, ein spielender Mensch, ein Tüftler. Seine Erfindungen sollen aber «sinnreich» sein, d.h. marktfähige Produkte oder Systeme hervorbringen. Ein «happy engineering», bei dem technische Höchstleistung erbracht, dessen Produkte aber von niemandem gekauft werden, ist schon vielen (besonders schweizerischen) Firmen zum Verhängnis geworden.

### 5. Fertigkeiten

Besonders der letzte Punkt ist jungen Menschen nicht einfach zu vermitteln. Selbstverständlich ist es attraktiv, einen technischen Rekord zu brechen (der schnellste Computer, der Verbrennungsmotor mit dem höchsten Wirkungsgrad, die längste freitragende Brücke der Welt etc.), aber langfristige und nach-

haltig wird eine Firma nur erfolgreich sein, wenn ihre Produkte und Dienstleistungen so gut wie nötig und nicht so gut wie möglich sind. Und hiermit ist ein Kernpunkt des Ingenieurberufs angeschnitten, welcher ihn klar von Wissenschaftlern unterscheidet: die Ökonomie ist ein integraler Teil der Denkwelt der Ingenieure. Der Ingenieur der Zukunft ist also nicht nur ein Homo faber, ein schaffender Mensch, sondern auch ein Homo oeconomicus, der den Nutzen maximiert und auf veränderliche Restriktionen reagiert. Dieser Aspekt lässt sich, im Gegensatz zu den eingangs erwähnten Kenntnissen, nur sehr schwer vermitteln. Zudem ist die Zeit im Studium begrenzt und eine Verlängerung des Studiums ist weder sinnvoll noch machbar. Am besten werden deshalb die erwähnten «soft skills» im regulären Curriculum integriert und durch projektorientierte Lehrveranstaltungen, Praktika, Exkursionen etc. vertieft.

### 6. Homo faber, oeconomicus et ludens

Was unterscheidet den Ingenieur, die Ingenieurin von heute von Max Frischs Walter Faber? Es sind vor allem die oben skizzierten Werthaltungen und Fertigkeiten, die ihm ermöglichen, die Welt in ihrer Komplexität zu verstehen, die Probleme und Möglichkeiten zu sehen, neue Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln, Entscheidungen zu treffen und sie umzusetzen. Es ist ein weltoffener, positiv denkender Mensch, ein Homo faber, oeconomicus et ludens.

### 7. Ingenieur-Ausbildung – eine Investition

Die Ausbildung als Ingenieur oder Ingenieurin ist eine vielschichtige, aufwendige und intellektuell äusserst reizvolle Angelegenheit. Dieser lange Weg, der schon weit vor der Hochschule beginnt und nach der Hochschule noch lange nicht abgeschlossen ist, wird zum Glück von immer mehr jungen Menschen beschritten. Die Ausbildung einer nächsten hochkompetenten Generation von Ingenieuren ist für jede Gesellschaft eine hochprofitable, aber keine unbedeutende Investition. In Zeiten immer knapper werdender Ressourcen muss jede Gesellschaft Prioritäten setzen. Hohe Investitionen in eine erstklassige Ingenieur-Ausbildung sind nicht nur sinnvoll und lohnenswert, sondern auch Bedingung, wenn der wirtschaftliche und gesellschaftliche Erfolg eines Landes gesichert werden soll. ■