

**Dr. Heinrich Schroeter**

## **Bauingenieurwesen im 21. Jahrhundert - Perspektiven und Herausforderungen**

Vortrag - Akademischer Mauerwerkstag - München - 24.06.2010

Sehr geehrte Damen und Herren,

mein Thema lautet:

### **„Bauingenieurwesen im 21. Jahrhundert - Perspektiven und Herausforderungen“**

Wir stehen am Anfang des Jahrhunderts. Eine Prognose, welche Entwicklungen unserer Berufsstand nehmen wird, leidet unter der bekannten Schwierigkeit:

„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“

Es ist unklar, von wem dieser schöne Spruch stammt. Ich vermute es war wohl Karl Valentin.

Aber eine Prognose für die Zukunft lässt sich wohl am ehesten aus der bisherigen Entwicklung, also aus der Vergangenheit herleiten. Deswegen ist es durchaus sinnvoll, die bisherige Entwicklung unseres Berufs kurz zu betrachten.

### **1. Geschichte - Entwicklung des Berufs**

Am Anfang gab es **Baumeister**. Von den Pyramiden bis zu den Dombauhütten des Mittelalters. Als Person waren sie für die Geschichtsschreiber uninteressant. Sie waren meist namenlose Diener Ihrer Auftraggeber. Sie handelten allein aus Kenntnissen der Geometrie und aus Erfahrungswissen. Ob man sie schon als Ingenieure bezeichnen kann, wage ich zu bezweifeln.

Die ersten Ingenieure hat das **Militär** hervorgebracht. So hießen bei den Römern die Konstrukteure von Kriegsmaschinen. Und aus den Militäringenieuren, den Festungsbauern, entstand unser Beruf als Zivilingenieur. Ein schönes Beispiel ist Balthasar Neumann, der sowohl Kanon goss und die Würzburger Residenz baute. Ingenieure waren damals Multitalente.

Aber bald entstand der Beruf des **Zivilingenieurs**. In Österreich heißen sie zwar korrekt Ziviltechniker, aber in Frankreich und Großbritannien gibt es Ingenieurs civils und Civil Engineers bis heute. Berühmte Kollegen aus dieser Zeit sind z.B. in England Isambard Kingdom Brunel und Thomas Telford, der erste Präsident der Institution of Civil Engineers ICE, gegründet in London 1818, der ersten Berufsvereinigung von Ingenieuren.

Auch diese Ingenieure arbeiteten hauptsächlich mit Erfahrungswissen. Der Ingenieurberuf war in England kein akademischer Beruf. Dagegen begann in Frankreich die wissenschaftliche Ausbildung zum Ingenieur. 1794 wurde in Paris die Ecole Polytechnique gegründet.

Gerade im französischen Sprachraum begann die Verwissenschaftlichung unseres Berufes im 17. Jh gab es die Familie Bernoulli, dann kam Euler, ihm folgten Coulomb und Navier - lauter Namen, die Ihnen wohl aus dem Studium bekannt sind. Damit sind wir schon im 19. Jh.

Ein wichtiger Entwicklungsstrang im 19. Jahrhundert war die Entwicklung der Materialwissenschaften. Sie ging von Materialprüfungsanstalten aus und schuf Kenntnisse über den damals neuen Baustoff Eisen und bald auch über Mauersteine und später Beton. Mit Materialkennwerten und den Erkenntnissen der Elastizitätstheorie konnten nun Tragwerke berechnet werden.

Eine parallele Entwicklung gab es auch in anderen Bereichen des Bauingenieurwesens, wie zum Beispiel bei der Hydraulik und bei der Berechnung von Rohrnetzen.

Ein herausragendes Beispiel für die Leistungen dieser Ingenieure, die mit wenig Rechnung, verantwortungsbewusstem Umgang mit dem Material und viel Erfahrung kühne Bauwerke schufen, ist die **Göltzschthalbrücke** des sächsischen Ingenieurs und Professors Johann Andreas Schubert in der Mitte des 19. Jahrhunderts. (1846 bis 1851) Diese Brücke ist die erste Großbrücke, deren Standsicherheit durch eine Berechnung vor dem Bau nachgewiesen wurde.

Damals waren Ingenieure noch Universalgenies: Schubert hat nicht nur Brücken gebaut sondern zuvor Dampflokomotiven und Dampfschiffe entwickelt.

Mit diesen Erkenntnissen aus der Wissenschaft wurde das Erfahrungswissen allmählich in den Hintergrund gedrängt. Abmessungen wurden jetzt nicht mehr nach Erfahrung festgelegt sondern auf der Basis von Schnittkraftermittlung und Bemessung. Es wurde also gerechnet. Und das war mühsam, aufwendig und fehleranfällig. Nur wer selbst einmal ein Gleichungssystem mit 10 Unbekannten gelöst hat, weiß welche Arbeit ich meine. Deswegen begann im 19. Jahrhundert die Entwicklung von Rechenmethoden und Näherungslösungen. Berühmte Namen sind Winkler, Castigliano, Cross und Kany.

## 20. Jahrhundert

Eine Folge dieser Entwicklung war die Trennung der Bauberufe in **Architektur und Bauingenieurwesen**. Der Bauingenieur wird beim Hochbau immer mehr zum Erfüllungsgehilfen des Architekten als des eigentlichen Entwerfers. Viele Ingenieure begnügen sich, die vom Architekten nach Erfahrung festgelegten Abmessungen nachträglich durch eine Rechnung zu bestätigen. Nur bei außergewöhnlichen Bauten kann der Ingenieur noch beim Entwurf seine eigene Sichtweise einbringen.

Leider tritt auch im Ingenieurbau in der Wahrnehmung der Öffentlichkeit der Ingenieur immer mehr hinter den Architekten zurück. So kommt es, dass allgemein der Architekt Foster für den Erbauer des Viaduc de Millau gehalten wird, obwohl diese Brücke das geistige Kind von Michel Virlogeux ist.

Die Bauwerke wurden immer komplizierter und gleichzeitig wurden immer verfeinerte Methoden der Nachweisführung entwickelt. Damit wuchs der **Rechenaufwand** extrem an. Der Betonbau machte es möglich, biegesteife tragfähige Platten herzustellen. Neue Hilfsmittel wurden gebraucht, um mit vertretbarem Rechenaufwand diese Platten zu berechnen. Generationen von Assistenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern rechneten mit Handrechenmaschinen Einflusstafeln. Es geht das Gerücht, dass bei Prof. Pucher in Wien nur zur Promotion zugelassen wurde, wer zuvor mindestens drei **Einflusstafeln** von Hand berechnet hatte.

In der Mitte des 20. Jahrhunderts gab es dann einen richtigen Entwicklungssprung: Bauingenieur Konrad Zuse baut erste programmierbare Rechenmaschine: Zuse Z3

Der **Computer** veränderte unseren Beruf nachhaltig. Altbekannte Näherungsmethoden in Verbindung mit der Matrizenrechnung wurden zu leistungsfähigen Verfahren weiter entwickelt. Die teuren Bücher mit von Rüscher und Pucher mit Einflusstafeln verstauben in Bibliotheken, weil Plattenprogramme inzwischen der Standard sind.

## 2. Heute

Damit sind wir im Heute angekommen. Von der Knochenarbeit sind wir befreit. Wir können also aufatmen und uns wieder den eigentlich interessanten Dingen zuwenden. Und das ist und bleibt der Entwurf.

Nur wird der erste Entwurf wie eh und je oft von Hand gezeichnet. Und auch das Erfahrungswissen ist gerade beim Entwurf mehr gefragt denn je. Also gilt es verstärkt, Erfahrungen zu sammeln. Dazu gehört es auch, die Grundlagen der Festigkeitslehre soweit verinnerlicht zu haben, dass man die wunderbar bunten Ergebnisse unserer Programme effektiv kontrollieren kann. Die Gleichgewichtsbedingungen haben trotz Computer weiter ihre Gültigkeit. Und alte Verfahren wie Schnittprinzip und Reduktionssatz sind mächtige Hilfsmittel bei der Überprüfung von Ergebnissen aus dem PC. Wie geht es nun weiter?

## 3. Neue Werkzeuge für die Planung

Neue Verfahren sind schon da und beginnen, sich auszubreiten:

Das **BIM (Building Information Model)** ist mehr als ein digitales Gebäudemodell. Es ist eine Datenbank mit allen Informationen, die beim Bau benötigt werden:

- Geometrie von Rohbau und Ausbau
- Materialien
- Baugrund
- Lasten
- Schnittkräfte und Bemessung
- Konstruktion

Aber auch:

- Leitungspläne der Gebäudetechnik
- Anschlusswerte und Anlagendaten

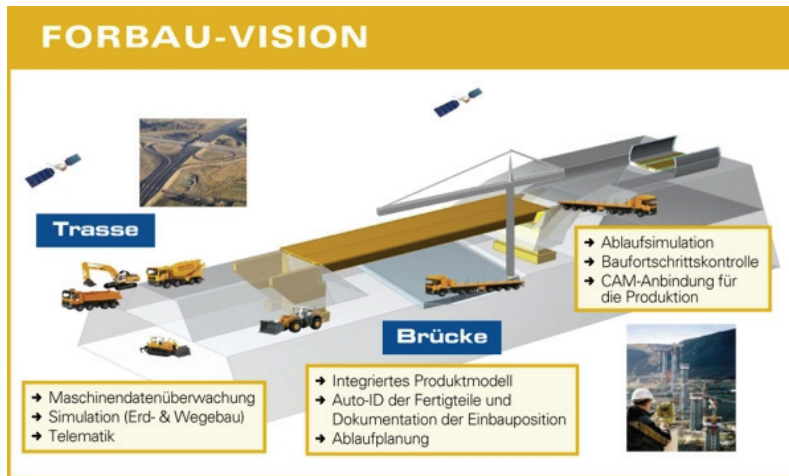
Alle Projektbeteiligten haben damit Zugriff auf den gleichen aktuellen Planungsstand. Während der Bauausführung wird die Datenbank fortgeschrieben, sodass nach Abschluss der Baumaßnahme die Übergabe an das Facility Management erfolgen kann. Für die Lebensdauer des Gebäudes stehen damit alle erforderlichen Daten jederzeit zur Verfügung - sofern sie gepflegt werden.

Ein solches Werkzeug fördert die **engere Zusammenarbeit der verschiedenen Planer**, fordert gleichzeitig aber auch mehr Disziplin. Es wird damit gelingen, Fehler zu vermeiden und wirtschaftlicher zu bauen. Aus der vierzehntägigen Planungsbesprechung wird eine ständige enge Zusammenarbeit. Der einzelne Ingenieur sitzt nicht mehr im stillen Kämmerlein sondern tummelt sich im Projektraum. Jetzt sind mehr als bisher Teamfähigkeit und ähnliche Softskills gefordert.

Über das BIM hinaus geht ein gemeinsames Forschungsprojekt von Bauingenieuren und Maschinenbauern im Bereich des Ingenieurbaus:

## Die industrialisierte Baustelle

Das Forschungsprojekt ForBau an der TUM



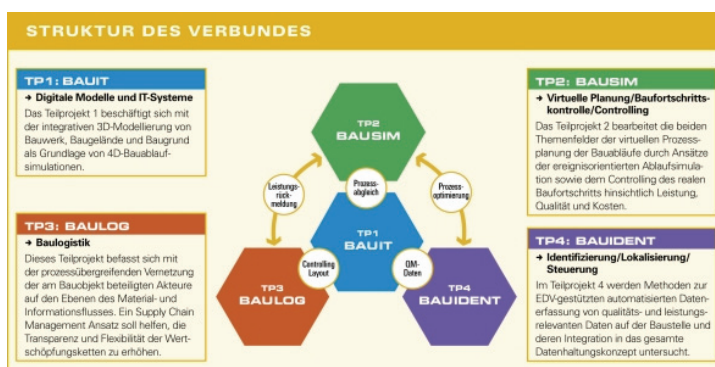
<http://www.fml.mw.tum.de/forbau/>

Hier wird die **Verbindung von Entwurf, Konstruktion und Bauausführung** geplant. Ziel ist die Zusammenführung von Hilfsmitteln für die Zusammenarbeit von Logistikern, Konstruktiven Ingenieuren und Informatikern.

Die Hauptaufgaben des Forschungsverbundes aus sieben Lehrstühlen und über 30 Industriepartnern lauten:

- Durchgängige 3D-Modellierung des Bauwerks, der Baustelle und der Bauprozesse mit Nutzung der Modelldaten über alle Prozessstufen
- Zentrale Datenverwaltung und Entwicklung von Strategien zur modellbezogenen Datenhaltung und kontextabhängigen Aufbereitung für die verschiedenen Nutzer des Modells
- Dynamische Ablaufsimulation der Bauprozesse zur Validierung der statischen Projektpläne
- Ganzheitliche Optimierung der Prozessabläufe auf der Baustelle unter Berücksichtigung der Subunternehmereinbindung
- Integration von Realdaten der Baustelle in das Modell

Es gibt bereits viele Insellösungen für die einzelnen Bereiche und Prozesse im Bauablauf. Mit diesem Projekt sollen solche Lösungen verknüpft werden und Schnittstellen geschaffen werden.



Mit solchen Werkzeugen soll es gelingen, den weitgehend traditionell vom Handwerk geprägten Planungs- und Bauablauf zu rationalisieren und zu straffen. Die Planung von Produktionsprozessen in der Autoindustrie kann dabei für uns ein Vorbild sein.

Diese Werkzeuge werden unseren Beruf weiter verändern. Die Produktivität auch der konstruktiven Ingenieure wird steigen. Der Entwurf wird weiter in den Vordergrund unserer Tätigkeit rücken. Elektronische Hilfsmittel werden uns viel Arbeit abnehmen und unseren Kopf frei machen für andere Aufgaben.

Aber wir dürfen nie vergessen, dass Computer nicht denken können. Sie führen exakt das aus, was wir ihnen befehlen. Und das muss nicht immer das sein, was wir eigentlich befehlen wollten.

Je mächtiger die elektronischen Werkzeuge werden, umso wichtiger ist die Kontrolle. Hier sind wieder alte Tugenden und viel Erfahrungswissen gefragt. Wenn wir nicht direkt vom Rechenknecht des Architekten zum Sklaven der Computer werden wollen, müssen wir eigenständiges Denken bewahren und pflegen.

#### 4. Neue Anforderungen an die Planer

##### **Anforderungen an den Ingenieur im 21. Jahrhundert:**

Mit der Befreiung des Ingenieurs von zeitaufwendiger Rechenarbeit und der Anwendung moderner Hilfsmittel bei Planung und Bauausführung steigen die Anforderungen auf anderen Gebieten.

Eine Umfrage vom Februar 2008 unter Unternehmen, die Ingenieure einstellen (Süddeutsche Zeitung 24.04.2008, Beilage Uni&Job S. 21) zeigt, dass breites Fachwissen zwar selbstverständlich gefordert wird, aber nicht mehr an der Spitze der Anforderungen steht:

##### **Gut gerüstet**

Welche Kompetenzen fordern  
Unternehmen? *Angaben in Prozent*

Teamfähigkeit	70
Selbständiges Arbeiten	63
Einsatzbereitschaft	60
Kommunikationsfähigkeit	59
Breites Fachwissen	52
Verantwortungsbewusstsein	50
Analyse- und Entscheidungsfähigkeit	49

Bild 1. Von den Unternehmen geforderte Kompetenzen bei Absolventen  
Fig. 1. Competencies of graduates demanded by employers

In der **Hochschule** wird mehr als je zuvor Fachwissen vermittelt. Die Klagen über Fehlentwicklungen bei der Reform des Bologna-Prozesses haben letztes Jahr Schlagzeilen gemacht. Wir müssen uns von der Vorstellung verabschieden, dass der vollständig ausgebildete Ingenieur von der Hochschule kommt. Die Hochschule kann nur Grundlagen vermitteln und als allerwichtigstes:

### **Die Fähigkeit zum selbständigen Wissenserwerb.**

Nach der Abschlussprüfung an der Hochschule geht das Lernen erst los!

#### **Praxis: Lebenslanges Lernen**

Diesen Lernprozess muss Jede und Jeder selbst organisieren. Eine Richtschnur kann dabei das Modell der **Institution of Civil Engineers ICE** (<http://www.ice.org.uk/>) sein. Dort ist die Weiterbildung nach dem Hochschulabschluss klar geregelt. Das Programm heißt:

#### **Initial Professional Development**

Beispiel

Das Ziel dieser Weiterbildung ist der Chartered Engineer, eine Qualifikation die im angelsächsischen Sprachraum.

Voraussetzung ist für die selbständige, eigenverantwortliche Tätigkeit als Ingenieur.

Ohne zielgerichtete Weiterbildung konnten Ingenieure noch nie existieren. Heute ist die Entwicklung und Veränderung des Wissens schneller denn je. Umso wichtiger ist es, am Ball zu bleiben und sich um die eigene Weiterbildung aktiv zu kümmern.

### **5. Wie sieht die Zukunft aus?**

#### **Zukunft im Bauwesen**

Die Perspektiven für das Bauingenieurwesen im 21. Jahrhundert können also lauten:

#### **Industrialisierung des Bauens**

Immer **mächtiger elektronische Werkzeuge** für alle Bereiche

Immer wieder **neue Materialien** mit neuen Eigenschaften

#### **Zukunft der Ingenieure**

Und die Herausforderungen sind:

**Beherrschung der Grundlagen zur Kontrolle der elektronischen Ergebnisse**

**Gezielter Aufbau von Erfahrungswissen**

**Ständige Weiterbildung**

Nach all diesen weisen Ratschlägen kann ich Ihnen nur einen guten Start in den Beruf wünschen. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Erfüllung im Beruf. Und ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit.

24.06.2010

Dr.-Ing. Heinrich Schroeter