

# E-Learning in der Ingenieurausbildung

Christian Dorninger

In einer **Wissensgesellschaft** (Wilke, 1996 und 1997) oder wissensbasierten Gesellschaft sind Strukturen und Prozesse der materiellen und symbolischen Reproduktion einer Gesellschaft von wissensabhängigen Operationen (Informationsverarbeitung, symbolische Analyse und Expertensysteme) „vorrangig“ abhängig: Formen eingebauter Expertise („*embedded intelligence*“) und wissensintensive Dienstleistungen nehmen rasant zu. „Wissensarbeit“ dominiert klassische Arbeitsformen im Primär- bis Tertiärerwerb und der Aufbau von intelligenten Infrastrukturen wie Hochleistungs-Kommunikationsnetze, intelligente Verkehrsleitsysteme (beispielsweise GALILEO) oder intelligente Systeme der Gewinnung und Verteilung von Energie (als Antwort auf die europäische Marktorientierung der Energieverteilung) schaffen zunehmend mehr Wertschöpfung als Produktion und (klassische) Dienstleistung.

Dabei wird die **Intelligenz von Organisationen** (Aufbau von Betriebsstrukturen mit einer impliziten und expliziten Strategie zur Förderung des systemischen Wissens der Mitarbeiter) ein wesentliches Bewertungskriterium und erhält mehr Bedeutung als (augenblickliche) Kapitalstärke oder klassische ökonomische Kenngrößen. Typische, nicht unumstrittene Konsequenz dieser Sicht, ist die Darstellung von globalen Finanzdienstleistungen und Finanzmärkten als Wissensarbeit im Rahmen einer „**virtuellen Ökonomie**“.

Dies hat auch gravierende Auswirkungen auf die **Ingenieurtätigkeit** und **Ingenieur-Ausbildung**: Ingenieurarbeit findet stärker als jede andere Form in und mit **Hilfe von Informationsnetzen** statt, E-Learning-Modelle zur Nachrichtengewinnung und -verteilung, raffinierte Konstruktionssysteme, wo die Verfolgung und Dokumentation über Datenbanksysteme in den Vordergrund tritt oder Simulationsumgebungen als Ersatz für aufwendige und teure reale Versuchsaufstellungen gehören zum Umfeld des Ingenieurs. „Virtuelle Labors“ und Laborsimulationen sind im Kommen; die Schnittstelle zu den Internettechnologien allein schafft neues Know-How, dass der Ingenieur neben seinem Verständnis für klassisch-technische Funktionsabläufe beherrschen muss.

Informationstechnologien führen daher in technischen Berufen zu einer **Umbildung oder Reduzierung von „klassischen“ Berufsbildern und Berufsgruppen**, ein Prozess, der zu geringeren Umfängen dieser Arbeitsformen führt, aber von den veränderten Qualifikationen her innerbetrieblich meist „nicht mehr abgefangen werden kann. Die Folge ist ein Verlangen nach mehr Qualifikationen im Informationstechnologiebe-

reich, der in Wellen für Diskussionen über Ausbildungsprofile und den „Mangel an IT-Fachkräften“ führt. Eine derartige, etwa 3 Jahre dauernde Welle hat die europäische Wirtschaftsgemeinschaft wieder hinter sich – nach den Einbrüchen des „Hypes“ der Internetökonomie ab 1998 ist es wieder deutlich ruhiger geworden. Ein Bildungssystem mit etwa 5-jähriger „Latenzzeit“ im sekundären und tertiären Bereich ist gut beraten, nur die langfristigen Trends von derartigen kurzen Zyklen zur Kenntnis zu nehmen, und für die kurzfristige Forderungen Zusatzangebote vorzusehen.

Natürlich sind in den vergangenen Jahren auch in der technischen Ausbildung in Österreich eine **Fülle neuer Ausbildungsprofile** entstanden, die der Diversifizierung der IT-Berufe Rechnung getragen haben (System-, Netzwerk-, Datenbank- oder Internetexpertise, um nur einige zu nennen; zusammengefasst im Begriff „HTL für Informationstechnologie“). Außerdem wurde die Quantität der Ausbildungsangebote erweitert, sodass ungefähr 15-10% mehr Absolventen als im jeweiligen Vorjahr zu erwarten sind. Auch die klassischen Ingenieurdisziplinen wurden um „IT-Zweige“ erweitert (Elektrotechnik- Informationstechnologie, Chemie-Informatik, Elektronik-Informatik, Bautechnik-Netzwerke, Mechatronik, u.a.)

Die **„Virtualisierung“ der Arbeitsrealitäten** kann für Sachbearbeiter einen Verlust an Anschaulichkeit und Entsinlichung bedeuten. Die berufliche Bildung muss darauf reagieren. Oberflächlich betrachtet, sind immer mehr Berufstätige mit Arbeiten an der Schnittstelle zu einem informationsverarbeitenden Gerät (derzeit meist Tastatur und Bildschirm) beschäftigt, die sich bald in Richtung auf virtuelle Wirkungs- und Datenwelten ausdehnen werden. Prognostiker schätzen, dass ca. 75% der Berufstätigen ihre Arbeit in virtuellen Arbeitswelten verbringen werden (Haefner, 1985). Für die Jungen ist Simulation eine zweite Art von Realität – für die inhaltliche Arbeit sind derartige Abstraktionsleistungen meist von Vorteil, für die Einschätzung der Beziehung zur Umwelt können dann Scheinwelten entstehen. Es ist auch Aufgabe einer Ingenieurpädagogik, immer den Realitätsbezug von Modellen herzustellen. Dies ist eines der Argumente, warum Werkstätten und Praktika in der Ingenieurausbildung erhalten werden müssen.

**Standardisiertes, informationsgestütztes Wissen** gerät in starkem Gegensatz zu problem- und projektorientiertem Lernen. Europäische Bestrebungen zum Vergleich von Bildungsleistungen oder zur Vermittlung von Grundkenntnissen für die Nutzung der Informations-

technologien führen trotz ihres „Performance“-Charakters allzu schnell auf einfach auswertbare Multiple-Choice-Testverfahren oder Standardfragen, die automatisiert auswertbar sind. Ein Beispiel ist der aus den nordeuropäischen Ländern kommende Computerführerschein (*European Computer Driving Licence*), die international standardisierten IT-Industriezertifikate oder andere genormte europäische Qualifizierungsprogramme (Sprachzertifikate, Ausbildung in Qualitätsmanagement, Schweißaufsicht). Andererseits gehen europäische (hoch)schulische Entwicklungen immer mehr zur Forcierung von problem-, und projektgestütztem bzw. kontextbezogenem Lernen (z.B. Ansätze der pädagogischen Handlungsforschung). So haben die Höheren Technischen Lehranstalten in Österreich in den letzten 4 Jahren auf einen Abschluss mit Diplomarbeiten, wobei die Fragestellungen direkt aus der Industrie kommen, konzeptive und Teamkompetenz erfordern und professionell präsentiert werden müssen, umgestellt. Mit diesen Zwiespalt muss die Ingenieurausbildung zurecht kommen – durch eine ausgewogene Balance aller dieser Lern- und Arbeitsformen.

**Zusammenfassung:** Ingenieurausbildung ist die Analyse **längerfristiger Trends**, die curricular verarbeitet werden, das Erkennen der pädagogischen Dimension von „virtuellen Arbeitsumgebungen“ und die Herstellung einer Balance zwischen Standardisiertem und problemorientierten Wissensüberprüfungen.

## E-Learning als Standard

Am Beginn einer Analyse sollte man sich auf einen **Begriff des E-Learnings** einigen: Unter E-Learning wird hier ein mittels elektronischer Hilfsmittel gesteuerter Prozess verstanden, um ein bestimmtes Wissen zu erwerben und Lernprozesse zu steuern. Die dabei verwendeten Technologien sind Computer als universelle informationsverarbeitende Maschinen, weitere Geräte für die Informationsaufnahme und -weitergabe („Medien“) und elektronische Netze, die Computer und medial basierte Geräte verbinden.

Die inhaltliche Führung der Lernenden wird durch „Lernplattformen“ gewährleistet, also Softwareprodukten, die über ein PC-Netz oder das Web eine strukturierte Lernumgebung schaffen, wo Lektionen erstellt, strukturiert angeordnet und abgerufen, interaktive Aufgaben im Web erarbeitet und Online-Testaufgaben gelöst werden.

Durch die Interaktivität dieser Plattformen ist ein ständiger Dialog unter den Lernenden und mit dem Lehrer möglich; Botschaften können in Zweiweg-, Mehr-

weg- oder in für alle Teilnehmer zugänglicher Form dargestellt werden. Dabei bildet die Zusammenarbeit auf Online-Basis unter den Lernenden und Schülern ein wesentliches Element, das für den Lernerfolg eine zentrale Bedeutung bekommt (kooperatives E-Learning). Wissen wird nicht nur aufgenommen, sondern in der Gruppe auch gemeinsam aktiv kreiert. Unterstützt werden die Lernenden dabei von professionellen TutorInnen, die für diese spezielle Lernmethode ausgebildet sind und als E-ModeratorInnen agieren.

Auf einen kurzen Nenner gebracht: Die **Herausforderung** in der **Ingenieurausbildung** heißt „Lernplattform + Simulation oder „virtuelle Labors“ (einschließlich Konstruktion und „Produktion“) + kollaborative Arbeitsstruktur.

Die E-Learning-Konzepte an Österreichs Schulen (meist für Berufstätige) kommen von einer ca. 10-jährigen Beschäftigung mit Fernunterrichtsmodellen. Um die obige Kurzform etwas deutlicher zu machen, ist die Beschäftigung mit Standards für E-Learning-Umgebungen nützlich.

**Technische Mindeststandards:** Die Verwendung von Mails alleine genügt nicht, um einen Lernprozess elektronisch zu unterstützen. Mindestvoraussetzung dafür ist eine elektronische Plattform oder ein „Portal“, wo die Mitwirkenden Botschaften an alle, eine selektierte Anzahl oder auch nur einen Mitbenutzer „versenden“ oder „anbringen“ können. Erst der elektronisch unterstützte Dialog im „Chatroom“ oder im elektronischen Forum gestattet die Art der gedanklichen Austauschprozesse, die einen vielfältigen Lernprozess ermöglicht. Spezialsoftware für die Fachbereiche muss in die Lernplattformen eingebunden werden können.

**Lernorganisatorische Mindeststandards:** Ein interaktiver Lernprozess lebt vom Austausch, also einer (virtuellen) Begegnung zwischen Lernenden (mit gestellten Aufgaben) oder von Lehrenden und Lernenden. Materialien „ins Netz zu stellen“, ist ein notwendiges, aber nicht hinreichendes Kriterium für den Lernerfolg. Nur wenige Menschen schauen aus eigenem Antrieb regelmäßig auf Webseiten, um Neuigkeiten zu sehen (und durchzuarbeiten; die Quote der „Aktiven“ wird auf 15-20% der Informierten geschätzt). Sie müssen dazu aufgefordert werden.

- Daher ist eine aktive Aufforderung, ein regelmäßiger „Newsletter“ (u.a.) erforderlich, um die Lernenden wieder „anzustößen“, neue Aufgaben etc. anzugehen. E-Learning liegt also nur dann vor, wenn das „virtuelle Unterrichtsmanagement“ Platz greift: Eine Aufforderung zum „Weiterlernen“ an eine persönliche (E-Mail)-Adresse oder eine sonstige „Ansprache“ (z.B. mit *Voice over IP*-Vorrichtungen, also Sprachsequenzen über das Internet).
- Gute Lernmanagementsysteme gestatten auch „Teletutoring“ während der Lernphasen, also eine Hilfestellung, wenn der Lernende nicht mehr weiter weiß. Entsprechende regelmäßige Aufforderungen, gelöste Aufgaben zurück zu senden oder in einem Rhythmus „Einsendeaufgaben“ zu

lösen, können bei E-Learning-Modellen mit Präsenzphasen entfallen.

- Zu den lernorganisatorischen Standards muss auch gehören, einen Lehrstoff sequenziell oder verzweigt, aber nach einem definiertem Plan, abarbeiten zu können und dabei von der Lernplattform geführt zu werden.

**Didaktische Mindeststandards:** Eine wichtige Komponente beim E-Learning betrifft die Abdeckung des Lernstoffes mit elektronisch be- und verarbeitbarem Material in vielen Fachgegenständen. Eine möglichst flächendeckende Gestaltung von Gegenständen mit guter Lernsoftware oder guten Lernmaterialien bedeutet sehr viel Arbeit und ist in der fachdidaktischen Diskussion oft nicht einfach zu lösen.

Trotzdem sollte ein E-Learning-Modell Kurssequenzen mit Lehrmaterialien für etwas 50% des Lehrplans auf folgenden Ebenen abdecken können:

- Interaktive Lernsoftware von einer CD-ROM oder aus dem Internet mit dem Anspruch, sequentiell Lernschritte bearbeiten und den Lernertrag sichern zu können (Selbsttests, Selbstprüfung, etc.). Lernsoftware ist meist übersichtlich geführt und in Lektionen und Lernschritte mit genauen Lernzielen aufgeteilt.
- Operative Softwareprodukte, mit denen man den Kern des fachlichen Lernens durch aktives Tun beherrschen lernen kann. Beispiele wären „Computeralgebrasysteme (CAS)“, mit denen man die Lösung mathematischer Aufgabenstellungen betreiben kann oder Simulationspakete wie Mathlab/Simulink, Arena, PSpice u.a., die für unterschiedliche Fachrichtungen Zugänge zu konkreten Planungs-, Entwurfs und Testaufgaben bedeuten.

Eine zumindest teilweise Überdeckung des gesamten Lehrstoffes mit derartigen Materialien sollte man ebenfalls als Standard für E-Learning ansehen. Wenn diese wesentlichen Bedingungen erfüllt sind, sollte ein virtueller Unterrichtsprozess als „E-Learning“ anerkannt werden.

### Arbeitsumgebungen

In der zukünftigen Arbeitswelt werden „**Kommunikationsmaschinen**“ (Verbindung von weltweit agierenden „Breitband-Handys“ und tragbaren Computern) eine zentrale Rolle spielen und wie der Computer als „**Schlüsseltechnologie**“ in alle Berufsbereiche Einzug halten. In der Ingenieurausbildung werden sie ab einem gewissen Zeitpunkt unumgänglich notwendig sein.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, diesen **elektronisch unterstützten Arbeits- und Kommunikationsprozess** in die Ausbildungsinstitutionen zu holen: Durch viele, frei zugängliche PC-Arbeitsplätze im Schulbereich (hohe Finanzanfordernisse), durch Auslagerung und Delegation dieser Schlüsseltechnologie an private Institutionen (widerspricht egalitären Ansätzen) oder durch Unterstützung individueller Initiativen, mit einer persönlichen, portablen „Kommunikationsmaschine“ im Eigentum des Lernalters auch an der Schule agieren und arbeiten zu

können (Akzeptanzprobleme). Nicht nur in Hinblick auf die Entwicklungen in den Berufssparten und den Einfluss der Schlüsseltechnologie in alle Lebensbereiche sowie der „zweiten Kommunikationsrevolution“ (Verbindung von Sprach-, Bild- und Datenübermittlung mit einer automatischen Informationsstrukturierung und Datenverarbeitung, also von Computer und „Breitband-Handy“), ist das letztgenannte das zukunfts-trächtigste Konzept.

1. Aus den angeführten Beweggründen wurde versucht, ein **Modellprojekt** im allgemein- und berufsbildenden Oberstufenschulwesen in Österreich anzuregen, mit Hilfe dessen an ca. 30 Standorten mit technischen Ausbildungen (und anderen beruflichen Bildungsbereichen) ein dezentral verwaltetes Schulentwicklungsprogramm zum *E-Learning* und *E-Teaching* etabliert werden soll.

Die studentenverwaltete Kommunikationsmaschine (derzeit ein einfacher Consumer-Notebook-PC) kann folgende Funktionen übernehmen:

- Funktion als **universelles Schreibgerät** für normale Texte und Texte mit einfachen Formeln. Die Funktion als „*E-Book*“ (elektronisches Schreibheft) begünstigt eher nondirektive Unterrichtsformen und Phasen-Unterrichtskonzepte.
- Funktion als **universelles Rechenwerkzeug** für Anwendungen, wo einfache Rechenhilfen und Taschenrechner deutlich zu kurz greifen. Besondere Qualitätsmerkmale sind alle Formen der Tabellenkalkulation, die sofort im Unterricht umgesetzt werden können und die Nutzung von Softwareprodukten für symbolisches Rechnen (Computeralgebra-Software). Die Schüler können direkt im Unterricht Softwarewerkzeuge für jegliche Form der Berechnung, Darstellung und Auswertung einsetzen und realitätsbezogene Arbeitsvorgänge nachbilden.
- Funktion als **zeitgemäßes Präsentationstool** der schriftlichen und mündlichen **Präsentation**. Die Erstellung von abwechslungsreichen Folien und animierten Darstellungen ist ein Standard für eine moderne Präsentation von Lehrinhalten und stofflichen Darstellungen geworden. Die mit dieser Funktion zusammenhängenden Softwareprodukte sind auch das Eingangstor zur multimedialen Präsentation, wo mit hoch stehenden Werkzeugen Effekte mit Bildern, Tönen und bewegten Bildern erzeugt werden können.
- Funktion als **Gliederungs- und Ordnungsinstrument**. Das Ordnungssystem am Notebook-PC integriert Inhalte aller Mitschriften und zunehmend auch von technischer Literatur. Wenn die Struktur der Dateiablage einmal verbindlich geklärt ist, lassen sich unterschiedliche Fachbereiche in gleicher oder ähnlicher Form anordnen und bearbeiten. Erst in Zusammenarbeit mit einer zentralen Serverstruktur können allerdings bemerkenswerte Inhalte über Generationen hinweg gesichert bleiben.
- Funktion zum **Darstellung komplexer technischer Vorgänge**, die der Unter-

