



## WERTANALYSE IM RAHMEN DER INGENIEURAUSBILDUNG

von Dipl.-Ing. Wilhelm GLASER  
Arbeitskreis Wertanalyse

### 1. ZIELSETZUNG FÜR DIE INGENIEURAUSBILDUNG

Die technischen Wissenschaften, wie sie durch jenen homo faber, der heute als Ingenieur bezeichnet wird, entwickelt wurden, streben das Nützliche und das Mögliche in den Dienst der Menschheit zu setzen. Dem Ingenieur sind Theorien nur dann hilfreich, wenn sie ihm zu konkreten Lösungen verhelfen. Der Ausspruch: "Die Festigkeit eines Bauwerkes ist umgekehrt proportional der Gelehrsamkeit seines Erbauers" kennzeichnet diese Skepsis des Ingenieurs zur Theorie.

Das muß auch bei der Ingenieurausbildung berücksichtigt werden. Grundsätzlich muß die Ausbildung dem Menschen die Fähigkeiten vermitteln und wecken, die er in seiner späteren beruflichen Anwendung braucht. Theorie ist soweit zu vermitteln, soweit sie zu praktikablen Lösungen führen kann. (Nichts ist praktischer als eine gute Theorie.)

Es ist eine Einschränkung des menschlichen Genius, wenn dieser Ingenieur Reproduktionen und Wiederholungen von Vorgängen durchzuführen hat oder im Sinne hierarchischer Entscheidungsfindung nur Beschlüsse, die auf anderen Unternehmensebenen gefaßt werden, ausführt. Der Ingenieur ist deshalb auf die Verantwortung für die Tragweite seiner Tätigkeit vorzubereiten.

Ein Ingenieur, der sich allein auf technisch operable Möglichkeiten beschränkt, wird in keinem Bereich seines Einsatzgebietes durchführbare Ergebnisse erzielen. Wirtschaftliche Faktoren nehmen je nach Einsatzbereich und Aufgaben-

stellung einen stets wichtigeren Betrachtungsraum zur Lösung technischer Projekte in Anspruch. So finden wirtschaftlich ausgebildete Techniker/Wirtschaftsingenieure einen immer wachsenden Bedarf in der Praxis und vielfältige Aufgabenstellungen vor. Die Ausbildung von Ingenieuren muß sich auf diese Ziele der praktischen Tätigkeiten einstellen. Das hat aber nicht zu bedeuten, daß in der Ausbildung die Lösungen aller in der Praxis auftretenden Probleme vermittelt werden sollen. Dies ist nicht durchführbar und kann auch nicht wünschenswert sein. Die Probleme von heute, sind sicher nicht die Probleme von morgen. Der Ingenieur wird für einen Zeitraum von dreißig bis vierzig Jahren tätig. Wie könnte ein Ingenieur der das Wissen der Vierzigerjahre vermittelt bekam und dieses nicht weiterentwickelt hätte, ihm gestellte Aufgaben der Achzigerjahre lösen?

Ein Zielkatalog für die Ausbildung von Ingenieuren muß deshalb

1. auf die berufliche Praxis aufbauen
2. Fähigkeiten zu gesamthafter Problemsicht wecken
3. geistige Beweglichkeit und Kreativität fördern.

## 2. DIE LERNANSÄTZE

Lernen bewirkt eine Verhaltensänderung. Sie ist eine bewundernswerte Eigenschaft lebender Organismen. Gagné hat "Lernen" folgendermaßen definiert: Lernen ist eine Änderung in menschlichen Dispositionen und Fähigkeiten, die erhalten bleibt und nicht einfach dem Reifungsprozeß zuzuschreiben ist (1).

Der Lernprozeß kann durch zwei vorerst als unterschiedlich erscheinende Ansätze beschrieben und erklärt werden.

1. durch den assoziationspsychologischen Ansatz und
2. den Kognitivansatz

---

(1) Melezinek, Adolf: Ingenieurpädagogik, Grundlagen einer Didaktik des Technik-Unterrichts.

Der assoziationspsychologische Ansatz (nach Iwan P. Pawlow)

Lernen wird als Bildung von Assoziationen zwischen Stimuli (S) und Reflexen (R) beschrieben. Die Konditionierung von S-R-Verbindungen aus vorangegangenen Assoziationen wird für das Grundelement allen Lernens gehalten. Der berühmte Versuch mit dem "Pawlow'schen Hund" soll dies erläutern. Pawlow ließ der Fütterung eines Hundes einen Glockenton vorausgehen. Gleichzeitig wurde die Speichelabsonderung (R) des Hundes gemessen, die der Nahrungsdarbietung (S) folgte. Nach einiger Zeit erfolgte auf den alleinigen Glockenton (Assoziation) bereits die Speichelabsonderung (konditionierter oder bedingter Reflex). Diese Konditionierung von Assoziationen kann vom Menschen über die Sinnesorgane aufgenommen und gleichsam wie Abbildungen gespeichert werden.

Für den Lehrenden leiten sich daraus Folgerungen ab:

- Die abzubildenden Sachverhalte (zu konditionierenden Assoziationen) sollen durch möglichst viele Sinnesorgane gleichzeitig aufgenommen werden (Medieneinsatz).
- Mehrmaliges Wiederholen der Assoziationen
- Aufmerksamkeit des Lernenden erhalten (Vortragstechnik)
- Vermeidung von Fehlern während des Konditioniervorganges
- Verstärkung erfährt der Prozeß durch sofortige Belobigung

Der Lernende ist dabei passiv verhalten. Selbständige Handhabungen oder Gedankengänge werden eher als Störfaktoren betrachtet, die den Konditionierungsprozeß beeinträchtigen.

Der Kognitivansatz

Dieser Ansatz geht davon aus, daß der Lernprozeß aus der Kombination von bestehendem Wissen vorgeht. Dabei muß vom Lernenden aktiv und selbständig Wissen verarbeitet und zu neuen Zusammenhängen integriert werden. Durch diesen Prozeß der Integration von Wissen entsteht zugleich eine Differenzierung des gesamten Wissensstandes und somit eine Verfeinerung, Erweiterung und Vertiefung des bisherigen Wissens.

Merkmale dieses Lernprozesses sind:

- Vorkenntnisse, deren Wiederholung und Bezug auf diese ist von großer Bedeutung
- Die Aktivität des Lernenden ist für den Lernprozeß notwendig
- Schrittweise höherer Abstraktionsgrad bietet die Möglichkeit, zu neuen gedanklichen Zusammenhängen zu gelangen. Kreativität erleichtert das Lernen

### 3. WERTANALYSE ALS KOMBINATION VON LERNELEMENTEN

Die beiden Lerntheorien scheinen nur vordergründig widersprüchlich. Die praktische Ausbildung zeigt jedoch, daß das Ausbildungsniveau den Lernprozeß bestimmt. So hängt es vom Ausbildungsniveau ab, ob z.B.:

- o der Student lernt, Texte zu reproduzieren (Niveau I)
- o ob er lernt, eine "Methode" anzuwenden (Niveau II)
- o oder Problemstellungen durch schrittweise Ordnung zu lösen (1) (Niveau III)

Niveau I ist vergleichbar mit dem assoziationspsychologischen Lernprozeß. Hier stehen Erkenntnisse im Vordergrund, die als Lösungen wissenschaftlicher Probleme feststehen. Wissenschaftliches Denken ist dabei nicht notwendig. Niveau III bedarf eines wissenschaftlichen Lernprozesses, der Erkenntnisse systematisch und folgerichtig zu kombinieren versteht. Der Lernprozeß des Kognitivansatzes bietet hierfür die passende Erklärung.

Alle drei im Beispiel angeführten Problemstellungen haben Platz in der Ingenieurausbildung. Es besteht aber die Frage, ob nicht die Praxis von einem Absolventen umfangreichstes Faktenwissen erwartet, ob nicht die universitäre Ausbildung als Vermittlung von Faktenwissen verstanden wird und somit der Student in der "Durststrecke" des Niveaus I verweilt, bevor ihm erlaubt wird, seinen eigenen Verstand zu gebrauchen?

Dieses Zusammenfassen von Lernelementen zu einer gesamthaften Lerneinheit und zu stets höheren Abstraktionsgraden wird als "umgekehrtes Curriculum" be-

---

(1) Pichler O.; Posch, P.: Didaktische Grundlagen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre, Klagenfurt 1978, S. 33.

zeichnet. Während im Curriculum die Lernschritte vom Allgemeinen, Abstrakten zum Beispielhaften führen, geht der Weg des umgekehrten Curriculums vom Einzelement zu steigenden Abstraktionen und größeren Zusammenhängen.

Beispielsweise folgt der Mathematikunterricht dem Weg des umgekehrten Curriculums, indem dem Lernenden über die Grundbegriffe der Grundrechnungsarten als Lernelemente in Schlußrechnungen und Funktionenlehre gesamthafte Anwendungsfälle vermittelt werden.

Wertanalyseausbildung kann entweder im Curriculum erfolgen, und zwar als reine Methodenlehre oder im umgekehrten Curriculum. Im umgekehrten Curriculum bietet die Wertanalyseausbildung die Chance, in höheren Studiensemestern technisches und organisatorisches Grundwissen wieder aufzuarbeiten und die Methode "Wertanalyse" auf höherem Ausbildungsniveau anzuwenden.

Wird die Wertanalyse-Anwendung nach dem Grundstudium der technischen Fächer geübt, bietet sie eine ideale Kombination erworbener Kenntnisse aus verschiedensten technischen, wirtschaftlichen und sozialen Wissenszweigen dar. Durch diesen Weg des umgekehrten Curriculums erlebt der Student jenen Synthetik- und Differenzierungseffekt, wie er für die Vertiefung und Erweiterung von Wissen notwendig ist.

Der von Hermann Ebbinghaus gefundene Zusammenhang (siehe Abb. 1) bestätigt diese Erkenntnis. Die Wertanalyseausbildung in höheren Semestern ist somit vorteilhaft, weil der Student veranlaßt wird, dadurch Lerneinheiten niederer Semester zu kombinieren. Diese Kombination von Lernelementen wird leichter im Gedächtnis behalten (siehe Abb. 2)

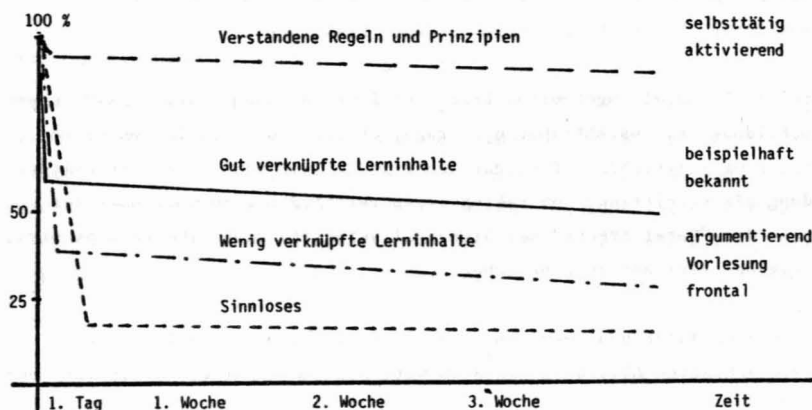


Abb. 1: Gedächtnisleistung (Hermann Ebbinghaus)

WERTANALYSE		
Technisches Wissen	Sozio-psychologisches Wissen	Wirtschaftliches Wissen
Fertigungstechnik Materialkunde Werkstoffkunde Technologien: Schweißen, Gießen, Pressen Maschinenelemente Normung	Gruppenarbeit Motivation Kommunikation Kooperation	ABC-Analyse Projektabwicklung Kostenrechnung

Abb. 2: Wertanalyse als Kombinationsmethode

Wertanalyse ist eine interdisziplinäre Methodenlehre, deren Problemlösungsprozeß aus einer technischen Systemgestaltungs-komponente sowie einer organisatorischen Projektgestaltungs-komponente besteht.

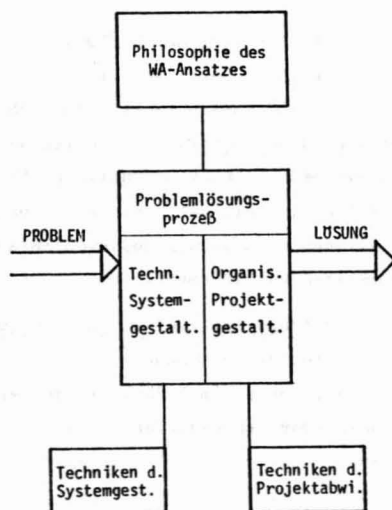


Abb. 3: Der Wertanalyseprozeß (1) nach Daenzer "Systems-Engineering"

(1) Wohinz, UProf. Josef. W.; Glaser, Wilhelm: Wertanalyse Induscript 12/80, Techn. Univ. Graz.

Wertanalytische Lösungssuchen sind für die Ingenieurausbildung von großem Wert. Die Lösungen, welche vom Studenten selbständig und in Gruppen aufgefunden werden, sind unmittelbar an den Zielsetzungen kontrollierbar. Eine sofortige Kontrolle dient als rasche Verstärkung des Lernprozesses bei richtigen Lösungen und als rasche Löschung bei falschen Lösungen. Einerseits führt die Bestätigung zu einer Stabilisierung der erworbenen Kenntnisse, andererseits führt die Analyse von Fehlern zu einer Orientierung beim Aufbau fehlenden Wissens. Dieses Prinzip des "Trial and Error" (Versuch und Irrtum) findet als moderne und zielführende Lehrmethode erfolgreichen Eingang in schulische und außerschulische Ausbildung.

Einmal erworbenes Wissen muß in der praktischen Anwendung eingesetzt werden. Dieser Transfer besteht in der Fähigkeit, einmal gelernte Kenntnisse, Regeln, Fertigkeiten, Handlungsabläufe usw. in solchen Situationen anzuwenden, die sich von der ursprünglichen Lernsituation unterscheiden. Ist die Lernsituation jener Situation der praktischen Anwendung ähnlich, so gelingt der Transfer des Wissens leichter. Deshalb ist in der Wertanalyseausbildung eine situationsbezogene Lehrmethode durch Gruppenarbeit, Anwendungsbeispiele usw. anzuwenden.

Wichtige anwendungsorientierte Methoden der Wertanalyse sind Kreativtechniken. Ausgangspunkt dafür ist die Funktionsanalyse. Die Funktionsanalyse bedeutet für die nachfolgende Phase der Lösungssuche eine Abstrahierung des Problems vom Objekt auf die Funktion. Dadurch wird das Problem aus einem geänderten Blickwinkel beleuchtet, was eine "unkonventionellere" Lösungsfindung und somit den kreativen Prozeß einleitet. Durch die Funktionsanalyse wird somit ein Wechsel der ursprünglichen Einstellung zum Problem bewirkt. Dieser Vorgang ist mit dem Lernverhalten vergleichbar:

- Wissen wird durch "In-Frage-stellen" aufgeweicht (unfreezing)
- Neue Erkenntnisse greifen Platz (change)
- Die neuen Erkenntnisse werden im Gedächtnis gespeichert und ins Langzeitgedächtnis übergeführt (refreezing)

#### 4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Wertanalyseausbildung bietet in der Anwendung des umgekehrten Curriculums nach dem Grundstudium der Ingenieurfächer eine anwendungsorientierte Vertiefung.
- Querverbindungen zu technischen, soziologischen und wirtschaftlichen Methoden und Grundwissen sind in der Ausbildung unabdingbar.
- Gruppenarbeit und aktive Erarbeitung der Lösungen durch den Studenten simulieren Realsituationen.
- Die Kontrolle der Zielerfüllung und Rückkopplung des Ergebnisses muß zur Verstärkung sowie zur eventuellen Fehleranalyse mit dem Auszubildenden unmittelbar erfolgen.
- Gründliche Funktionsanalyse und Bewertung, mit der sich jeder Gruppenteilnehmer identifizieren kann, bewirken einen höheren Abstraktionsgrad und lassen unkonventionellere Rückgriffe auf erworbenes Wissen zu.
- Seminare mit beschränkter Teilnehmerzahl bieten die Gewähr, gruppensoziologische Probleme für den einzelnen Teilnehmer behandeln zu lassen.

#### LITERATURHINWEIS:

GUTOWSKY, K.: Die Wertanalyse als pädagogische Aufgabe, in: Industrielle Organisation, Zürich 1969, Nr. 10.

HÄNDEL, S.: Wertanalyse, Managementtechniken und der Ingenieur - eine Konfrontation. Düsseldorf, VDI-Verlag 1971, VDI-Bericht Nr. 171.

HAUKE, G.: Die Konfrontation der Wertanalyse-Theorie mit der Praxis, VDI-Bericht Nr. 163/1970.

HITTMAIR, O.: Die Physik und ihre Beziehung zu den Ingenieurwissenschaften an Technischen Hochschulen, in: Ergebnisse und Perspektiven der Ingenieurpädagogik, Hrsg.: Adolf Melezinek, Klagenfurt 1972.

MELEZINEK, A.: Ingenieurpädagogik, Grundlagen einer Didaktik des Technik-Unterrichtes Wien, New York 1977.



PICHLER, O.; POSCH, P.: Didaktische Grundlagen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre, Klagenfurt 1978.

RÜHL, G.: Zusammenarbeit in der Wertanalyse zwischen Lehrinstituten und Industrie, VDI-Bericht 163/1970.

V.V.: Studienplan für Wirtschaftsingenieurwesen 1980, Technische Universität Graz.

WOHINZ, J.; GLASER, W.: Wertanalyse, Induscript-Reihe 12/80

WÜRZL, A.: Wertanalyse und Organisationsentwicklung, unveröffentlichte Vorlage, Wien 1980.