

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM  
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"

13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"

25-28.04.1989 ZAKOPANE

Johannes KLOSE

Sektion Grundlagen des Maschinenwesens  
Technische Universität Dresden

MODELL DER KONSTRUKTUEURAUSSBILDUNG

Inhaltsangabe. Die neuen Anforderungen stellen die Lehrkollektive vor nicht geringe Probleme, daß aber andererseits alles unternommen werden muß, die selbständige Tätigkeit und das Ringen des Studenten um Lösungen von vornherein zum grundlegenden Element in der Ausbildung von Ingenieuren zu machen. Die Effektivität der Ausbildung wird an der Qualität der Absolventen gemessen, und ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung effektiver Formen des Lehrens und des Aneignens ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Hochschulpädagogik. Mit dem Modell der Grundlagenausbildung und dem Rahmenlehrprogramm für das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung" ist in Gemeinschaftsarbeit von Vertretern der Ingenieurdisziplinen und der Hochschulpädagogik eine Konzeption entstanden, die voll auf die neuen Bedingungen und Anforderungen eingestellt ist, und es kommt nunmehr darauf an, alle Kräfte auf die Realisierung in hoher Qualität zu konzentrieren.

An der Technischen Universität Dresden wird der neue Grundstudienplan ab September 1989 für alle Fachrichtungen des Maschinenwesens eingeführt werden.

1. Konstruktionstechnik - Grundlage der Konstrukteurausbildung

Die rasante Entwicklung der Technik stellt hohe Anforderungen an die technische Vorbereitung der Produktion, die nur in enger Zusammenarbeit von Konstruktion und Technologie bewältigt werden kann. Vor der Konstruktion stehen dabei zwei wesentliche Aufgaben. Das ist einmal die konstruktive Entwicklung hochwertiger Erzeugnisse und zum anderen die Bereitstellung von Konstruktionsunterlagen für Fertigungsmittel zur Gewährleistung einer hohen Arbeitsproduktivität. Um diese Aufgaben effektiv, d. h. in möglichst kurzer Zeit erfolgreich lösen zu können, ist es unbedingt notwendig, den Konstruktionsprozeß selbst rationell zu gestalten. Die Entwicklung des wiss.-technischen Fort-

schrittes konzentrierte sich in der Vergangenheit fast ausschließlich auf die Erhöhung der Effektivität der Produktion und beeinflusste nur in geringem Maße die produktionsvorbereitenden Arbeiten selbst. Auf diesem Gebiet hatte sich dadurch ein echter Nachholbedarf entwickelt, der dazu veranlaßte, auch den Konstruktionsprozeß selbst zu analysieren und wissenschaftlich zu durchdringen. Die Ergebnisse dieser konstruktionstechnischen Untersuchungen bildeten eine wesentliche Grundlage für die fachinhaltliche Gestaltung der Rechnerunterstützung in der Konstruktionsarbeit und für die Lehrbarkeit des Konstruierens.

Das Konstruieren als solches wurde bisher kaum gelehrt. Die Studierenden erhielten zwar Kenntnisse über die Gestaltung von Details, aber nicht über ein systematisches Herangehen an Aufgaben. Durch die Veranlassung zum Lösen von konstruktiven Problemen, beginnend mit einfachen, übersichtlichen Aufgabenstellungen bis hin zu immer komplexeren Gebilden, hat sich der Student in der Auseinandersetzung mit den gestellten Anforderungen eine Vorgehensweise zum Bearbeiten von Konstruktionsaufgaben angeeignet. Diese, ihm überwiegend unbewußte Methode, ist auch nach Abschluß der Ausbildung Handlungsgrundlage für seine Tätigkeit als Konstrukteur in der Praxis.

Dabei läßt sich aber eindeutig ableiten, daß die empirische Komponente nur aus der eigenen, schöpferisch-produktiven Arbeit gewonnen werden kann. Das ist für die Gestaltung von Konzepten für die Ausbildung in konstruktiven Lehrfächern unbedingt zu beachten.

Die Wirksamkeit der angewandten Methode hat einen starken Einfluß auf die Qualität der Arbeitsergebnisse beim Konstruieren. Es ist deshalb unbedingt notwendig, den Konstruktionsprozeß in lehrbarer Form darzustellen und damit die Grundlage für eine wissenschaftlich begründete, effektive Arbeitsweise zu schaffen, die bewußt angewandt wird, um schöpferische Potenzen voll wirksam werden zu lassen. Die systematische Arbeitsweise muß während der Ausbildung so anerzogen werden, daß sie späterhin zum Bedürfnis wird.

In der Konstruktionspraxis ist sehr verbreitet, aus Zeitgründen oder aus Gewöhnung die erstbeste Lösung weiter auszuführen. Diese zunächst sehr zielstrebig erscheinende Methode ist zwar in der ersten Phase der Bearbeitung zeitsparend, aber der Konstrukteur hat kaum einen Überblick über technisch-ökonomische Auswirkungen anderer Varianten und ist nicht in der Lage, real einschätzen zu können, inwieweit seine Lösung ein Optimum für das zu bearbeitende Problem darstellt. Die erwähnte Zeitersparnis wird aufgezehrt und überschritten, wenn sich bei der weiteren Bearbeitung der Zufallslösung Mängel herausstellen. Die daraus resultierenden Änderungen oder der evtl. Neubeginn erfordern mit der ersten Lösung zusammen mehr Zeit als eine systematische Vorgehensweise von vornherein. Eine systematische Arbeitsweise gibt dem Konstrukteur außerdem größere Sicherheit durch das Bewußtsein, entsprechend dem jeweiligen wiss.-technischen Erkenntnisstand die Aufgabe und das Lösungsspektrum umfassend untersucht zu haben.

Die systematische Arbeitsweise beim Konstruieren war Gegenstand zahlreicher Untersuchungen.

Die Wirkung dieser Arbeiten auf die Konstruktionspraxis war leider relativ gering. Die Ursachen dafür dürften vor allem darin zu suchen sein, daß die zur theoretischen Untersuchung erforderliche Abstraktion den Konstrukteur zu wenig anspricht. Außerdem entsteht oft der Eindruck, daß er sich eine völlig neue Arbeitsweise aneignen muß, über deren Anwendung noch kaum Erfahrungen vorliegen.

Betrachtet man jedoch diese Frage etwas genauer, dann bleibt zwar die Forderung, an die Lösung von Aufgaben systematischer heranzugehen, unbedingt bestehen, aber auch wesentliche Bestandteile der bisherigen Arbeitsweise können beibehalten werden. Es kann und darf keinesfalls die Absicht der Konstruktionstechnik sein, bewährte Methoden und Konstruktionserfahrungen zu negieren. Die Zielstellung muß vielmehr darin bestehen, im Laufe der Zeit herausgebildete, bewährte Vorgehensweisen und Erfahrungen zu berücksichtigen, sie logisch zu durchdringen und in geeigneter Form dem Lernenden nahe zu bringen.

Dazu müssen im Konstruktionsprozeß wirkende Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge erkannt und analysiert werden, um sie dem Konstrukteur bewußt zu machen. Die sollen ihn nicht einengen, sondern er soll veranlaßt werden, seine Arbeitsweise kritisch zu betrachten, systematisch-methodisch auszubauen und dadurch effektiver zu gestalten.

Der Zwang, für CAD-Lösungen die fachlogischen Zusammenhänge eindeutig determiniert in Algorithmen bereitzustellen, unterstreicht die Forderungen nach systematischer und methodischer Durchdringung des Konstruktionsprozesses nachhaltig.

Es kann heute davon ausgegangen werden, daß die objektiven Gesetzmäßigkeiten des Konstruktionsprozesses prinzipiell erkannt sind und diesbezüglich zwischen verschiedenen Bearbeitern kaum mehr wesentliche Auffassungsunterschiede existieren. Es kommt jedoch jetzt vor allem darauf an, Absolventen heranzubilden, die sich eine systematische und effektive Arbeitsweise zu eigen gemacht haben, damit sie den Anforderungen der Konstruktionspraxis gerecht werden.

## 2. Gliederungen im Konstruktionsprozeß und ihre Berücksichtigung in der Ausbildung

Das Konstruieren ist ein Prozeß des schrittweisen Determinierens einer Lösung von der Aufgabenstellung bis zum konkreten, vollständig determinierten technischen Gebilde. Die technischen Gebilde werden dabei gedanklich soweit entwickelt und in geeigneter Form abgebildet, daß die zu realisierende materielle Ausführung eindeutig vorher bestimmt ist [1]. Es erfordert ein sehr komplexes Herangehen an die Bearbeitung der Aufgabe und die Befähigung zum Konstruieren kann nur schrittweise erworben werden. Für die Ausbildung ist es deshalb notwendig, den Prozeß der Herausbildung konstruktiver Befähigungen zu staffeln. Anzustreben ist dabei eine Übereinstimmung mit den natürlichen und theoretischen Gliederungen des Konstruktionsprozesses.

Gliederungen im Konstruktionsprozeß sind z.B. seine Phasen, denen verschiedene Entwicklungsstadien des zu konstruierenden Erzeugnisses zugeordnet werden können. Es sind dies die Aufbereitungsphase, die Prinzipientwicklungsphase und die Gestaltungsphase mit folgenden Inhalten:

### Aufbereitungsphase

Die Aufbereitungsphase beinhaltet das Beschreiben von Zielanforderungen in Form der präzisierten Aufgabenstellung die gleichzeitig



der Maßstab für alle im Verlauf des Konstruktionsprozesses zu fällenden Entscheidungen ist.

Sie erfordert Kenntnisse der Aufgabenumgebung und ist nur bei komplexeren Aufgabenstellungen sinnvoll ausführbar.

In der Ausbildung eignet sie sich erst in vorgerückteren Stadien.

### Prinzipentwicklungsphase

Die prinzipielle Lösung einer Aufgabe bildet das Konzept für das nachfolgende Gestalten. Sie kennzeichnet die Wirkungsweise des zu konstruierenden Erzeugnisses und läßt die räumliche Anordnung der Wirkstellen erkennen.

In der Ausbildung ist die Einbeziehung der Prinzipentwicklung bei ersten konstruktiven Aufgaben nicht möglich, weil dazu ein Überblick über Lösungsprinzipie gehört. Für erste konstruktive Aufgaben ist es zweckmäßig, das Lösungsprinzip vorzugeben.

### Gestaltungsphase

Die Gestaltungsphase dient der Dimensionierung der erarbeiteten und ausgewählten prinzipiellen Lösung.

Die **G e s t a l t** des technischen Gebildes ist durch die exakte geometrische Beschreibung festgelegt. Das erste Stadium bildet dabei der **E n t w u r f**. Er läßt in maßstäblicher Darstellung die Einzelteile und deren funktionelles sowie geometrisches Zusammenwirken erkennen. Die verwendeten Abmessungen sind für funktionswichtige Bauteile, wenn erforderlich, hinsichtlich Festigkeit, Verformung oder funktioneller physikalischer Verhaltensweisen zu berechnen. Das Gestalten beinhaltet die Auswahl geeigneter, bereits existierender Bauelemente und deren Anpassung an die jeweiligen Einsatzbedingungen bzw. die Konstruktion noch nicht vorhandener Bauelemente. Aus dem Entwurf entsteht durch **D e t a i l l i e r u n g** eine solche **D o k u m e n t a t i o n** (Zeichnungen, Beschreibungen, Berechnungen usw.) des technischen Gebildes, die hinreichend die erforderlichen Informationen für die nachfolgenden fertigungsvorbereitenden Tätigkeiten, für die Fertigung selbst sowie für den späteren Gebrauch und für die Wartung enthält. Das Gestalten ist der anschaulichste Teil des Konstruktionsprozesses und für den Lernenden am leichtesten erschließbar.

Auf die Phasen des Konstruktionsprozesses bezogen hat sich in der Ausbildung bewährt, von den am Ende stehenden konstruktiven Tätigkeiten auszugehen.

Zuerst werden mit den Regeln der Technischen Darstellung die Beschreibungselemente für technische Gebilde vermittelt bzw. angeeignet. Danach folgen Aufgaben des Gestaltens und Dimensionierens zunächst einfacher und dann komplizierterer Bauteile.

Komplexere Gebilde wie z. B. eine Maschine können erst als Aufgabe gestellt werden, wenn die einfacheren Elemente konstruktiv beherrscht werden. Dann ist es auch möglich und notwendig, die Arbeiten der Aufbereitungsphase und der Prinzipphase mit einzubeziehen.

So betrachtet ergibt sich auch eine Staffelung der Ausbildungsanforderungen im Hinblick auf die zwei Ordnungen des Konstruktionsprozesses, die sich vor allem hinsichtlich ihrer Arbeitsweisen unterscheiden und dem natürlichen Ablauf von Arbeitsfolgen entsprechen.

Beim Bearbeiten von Aufgaben oder Teilaufgaben unterschiedlichster Art wird stets als erster Schritt ein Suchen nach vorhandenen Lösungen

oder Lösungsansätzen vorgenommen. Abhängig vom Ergebnis des Suchprozesses können die gefundenen Lösungen verarbeitet oder müssen neue Lösungen erarbeitet werden.

Lösungen können Vergleichsergebnisse, Wiederholteile, Standardbauelemente, Berechnungsverfahren, Gestaltungsvorschriften, Abmessungen usw. sein.

Werden bei komplexen Gebilden keine Lösungen für das gesamte Konstruktionsobjekt gefunden, so ist die Gesamtaufgabe stufenweise immer in **T e i l a u f g a b e n** zu zerlegen, bis ein Lösungsalgorithmus vorhanden ist bzw. entwickelt werden kann.

Bei der Konstruktion einer Maschine ergeben sich daraus die zwei Ordnungen des Konstruktionsprozesses, auf die Fronius [2] aufmerksam gemacht hat.

So besteht der Konstruktionsprozeß I. Ordnung darin, Bauelemente für die Maschine zu suchen, auszuwählen und so zu kombinieren und anzupassen, daß die geforderte Gesamtfunktion der Maschine erfüllt wird. Dabei wird die objektseitige Betrachtungsebene Maschine nicht verlassen und die Bauelemente werden in ihrer Struktur nur soweit aufgelöst wie dies für die Gesamtfunktion erforderlich ist.

Sind erforderliche Bauelemente nicht vorhanden oder müssen vorhandene verbessert werden, dann kommen andere Arbeitsweisen (Entwickeln statt Suchen) zur Anwendung und die Arbeiten bilden eine andere Prozeßordnung, den Konstruktionsprozeß II. Ordnung.

In der Ausbildung ist es der Konstruktionsprozeß II. Ordnung, der traditionsgemäß der Maschinenelementeausbildung entspricht und zum Grundstudium gehört.

Die prozeßseitigen und methodischen Zusammenhänge des Konstruktionsprozesses I. Ordnung bilden den Fachinhalt der Konstruktionstechnik und sind Bestandteil des Fachstudiums.

### 3. Grundlagenausbildung für Maschinenbaukonstrukteure

#### 3.1. Modell der Grundlagenausbildung im Maschinenwesen [3]

Auf der Grundlage zentraler Konzeptionen zur Weiterentwicklung der Ausbildung infolge der gewachsenen Anforderungen an die Absolventen ist ein Modell für die Gestaltung des Ingenieurstudiums entwickelt worden.

Das Modell geht von der Grundposition aus, daß die Studenten zum bewußten Handeln, zu hoher Einsatzbereitschaft und zu ausgeprägtem Verantwortungsgefühl zu motivieren sind.

In Verbindung damit müssen solide Fachkenntnisse, methodische Fähigkeiten, hohe Kreativität und geistige Produktivität sowie die Fähigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit entwickelt werden.

Gleichzeitig wird davon ausgegangen, daß der künftige Absolvent die Informatik und Mikroelektronik als Arbeitsmittel bzw. Arbeitsgegenstand in seine Tätigkeit mit einbeziehen muß. Damit verknüpft sich gleichzeitig die Notwendigkeit des Verbindens von Aspekten und die Anwendung von Lösungsmethoden. Die für konstruktive Tätigkeiten typische, integrierte Anwendung von Wissen verschiedener Fachdisziplinen wird unter diesen Bedingungen immer zwingender notwendig. Die Querverbindungen zwischen den einzelnen Lehrfächern müssen deshalb gut organisiert und für den Lernenden deutlich sichtbar werden.

Da Ingenieurtätigkeit die Grundbefähigung zum Entwickeln von Lösungen voraussetzt und diese sich nur in der eigenen schöpferischen Tätigkeit herausbildet, ist die produktive Tätigkeit der Studenten ein Schwerpunkt in dem Ausbildungsmodell.

Die immer kürzer werdenden Innovationsraten und die dadurch steigenden Anforderungen an die Disponibilität der Absolventen vertieft die Bedeutung der methodisch orientierten Ausbildung. Demzufolge nimmt auch das Grundstudium einen breiten Raum ein. Es umfaßt etwa 2/3 des Gesamtumfanges an Lehrstunden während des Studiums. Der Übergang zum Fachstudium ist gleitend.

Die Grundlagenausbildung besteht aus drei Komplexen:

- Lehrveranstaltungen in gesellschaftswissenschaftlichen Grundlagen, Sprachen und Sport
- Lehrveranstaltungen in mathematisch-naturwissenschaftlichen und Informatikgrundlagen
- Lehrveranstaltungen in ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen  
Zum letzten Anstrich gehören die Lehrfächer
  - Technische Mechanik
  - Thermodynamik / Strömungsmechanik
  - Elektrotechnik / Elektronik
  - Meß- und Automatisierungstechnik
  - Konstruktion und Fertigung
  - Werkstofftechnik.

Um die integrierte Wissensaneignung und den Erwerb von Fähigkeiten in Verbindung mit eigenständiger Tätigkeit des Studenten besonders wirksam auszuprägen, werden ausgewählte Lehrfächer zu komplexen Lehr- und Arbeitsgebieten ausgebaut.

Das zentrierende, komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet der Konstrukteur- ausbildung im Maschinenbau ist "Konstruktion und Fertigung", das aus den bisherigen separaten Lehrfächern Konstruktionslehre und Fertigungslehre gebildet wird.

### 3.2. Komplexes Lehr- und Arbeitsgebiet Konstruktion und Fertigung [4]

Konstruktion und Fertigung sind zwei wesentliche Säulen der Ingenieurarbeit, die vor allem die Befähigung zur Entwicklungstätigkeit prägen.

In dialektischer Einheit bilden sie den fachlichen Inhalt des komplexen Lehr- und Arbeitsgebietes.

Ausgehend von der pädagogischen und fachinhaltlichen Zielstellungen werden bewährte Ausbildungsbestandteile didaktisch umgestaltet und so geordnet, daß eine Folge von Belegaufgaben mit steigenden Anforderungen als Aufgabenlinie zentrierend für das gesamte Lehrgebiet zur Wirkung kommt. In einem Komplexbeleg werden die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten integriert angewandt und abgefordert.

Das Anforderungsbild für einen Maschinenbauingenieur ist vor allem die Befähigung zur Entwicklungstätigkeit gekennzeichnet, d. h. er muß in der Lage sein, technische Objekte zu konstruieren und Methoden zu deren Herstellung zu entwickeln. Mit den dazu erforderlichen zwei grundsätzlichen Seiten der Ingenieurarbeit, der Konstruktion und der Fertigung, wird der Student im Komplexen Lehr- und



Arbeitsgebiet vertraut gemacht. Als Ziel steht die Befähigung zum konstruktiven Entwickeln von Baugruppen einer Maschine in Einheit mit der Beachtung und Bewertung deren Herstellbarkeit. Dabei lernt der Student Methoden und Verfahren des Gestaltens und Darstellens, des Dimensionierens und des Fertigen kennen.

Diese methodischen Elemente der Entwicklungstätigkeit in ihrer dialektischen Einheit lehrbar und bewußt anwendbar zu machen, war, wie vorn aufgezeigt, bzgl. des konstruktiven Entwicklungsprozesses bereits in den 60er und 70er Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Durchdringungen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, aus denen sich die Konstruktionstechnik als wissenschaftliche Disziplin entwickelt hat, erlauben es uns heute, die erforderlichen Lehrinhalte für das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet zielgerichtet aus der Ingenieurstätigkeit abzuleiten.

Es kommt nun darauf an, diese Lehrinhalte so an den Ingenieurstudenten heranzubringen, daß eine Befähigung zur selbständigen Lösung von Entwicklungsaufgaben erreicht wird. Dazu formieren sich im Komplexen Lehr- und Arbeitsgebiet Konstruktion und Fertigung die einzelnen Bildungselemente in drei Linien (Bild 1):

Zentrierende Wirkung hat die "Aufgabenlinie" mit der Folge von größeren Belegaufgaben, deren Bearbeitung sich jeweils über ein Semester erstreckt und deren Anforderungsniveau hinsichtlich Schwierigkeit und der zu bewältigenden Komplexität ständig ansteigt.

Die dadurch angestrebte Befähigung wird methodisch durch die "Wissenslinie" vorbereitet und unterstützt. Diese beinhaltet Methoden der Darstellung technischer Gebilde, den Austauschbau, die Gestaltung und Fertigung sowie das Dimensionieren im Zusammenhang mit funktionellen Anforderungen. Vorausgesetzt werden Kenntnisse und Befähigungen des technischen Zeichnens, der Werkstofftechnik und der Technischen Mechanik.

Der praxis- und anwendungsorientierte Charakter dieses komplexen Lehr- und Arbeitsgebietes erfordert, daß die für den Ingenieur typischen Arbeitsmittel in vollem Umfang in die Ausbildung mit einbezogen werden. Ein Ingenieur muß beim Ausüben seiner Tätigkeit eine Vielzahl von Informationen und Fakten auswerten und verarbeiten, so daß technische Hilfsmittel unumgänglich notwendig sind. Typische Ingenieurarbeitsmittel sind z. B. Standards, Berechnungsvorschriften, Tafelwerke, Fachbücher, aber auch graphische und alphanumerische Geräte der Rechentechnik. Ihre schrittweise Anwendung und Einbeziehung bildet die "instrumentelle Linie".

Im abschließenden Komplexbeleg wird die erworbene Befähigung integriert angewandt und gefestigt. Er bildet die inhaltliche und organisatorische Klammer für das gesamte Lehrgebiet. Das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet schließt mit einer Verteidigung des Komplexbeleges ab. Die Abschlußnote hat den Charakter einer Belegnote und ist Bestandteil der Hauptprüfung.

Der Fachinhalt des Komplexen Lehr- und Arbeitsgebietes "Konstruktion und Fertigung" besteht aus bewährten Elementen des Grundwissens eines Ingenieurs, verkörpert das aktuellste Niveau der Standardisierung und berücksichtigt moderne Verfahren und Entwicklungstrends.

Die wesentlichen Unterschiede zu der bisherigen Ausbildung liegen vor allem im didaktisch-methodischen Herangehen.

Schwerpunkt bildet die selbständige wissenschaftliche Arbeit der Studenten, die sich vorrangig bei der Anfertigung der Semesterbelege und des Komplexbeleges vollzieht. Die Vorlesungen und Übungen haben dazu vorbereitende und problemklärende Funktion. Verstärkt wird auf die Aneignung von Wissen aus der Literatur orientiert.

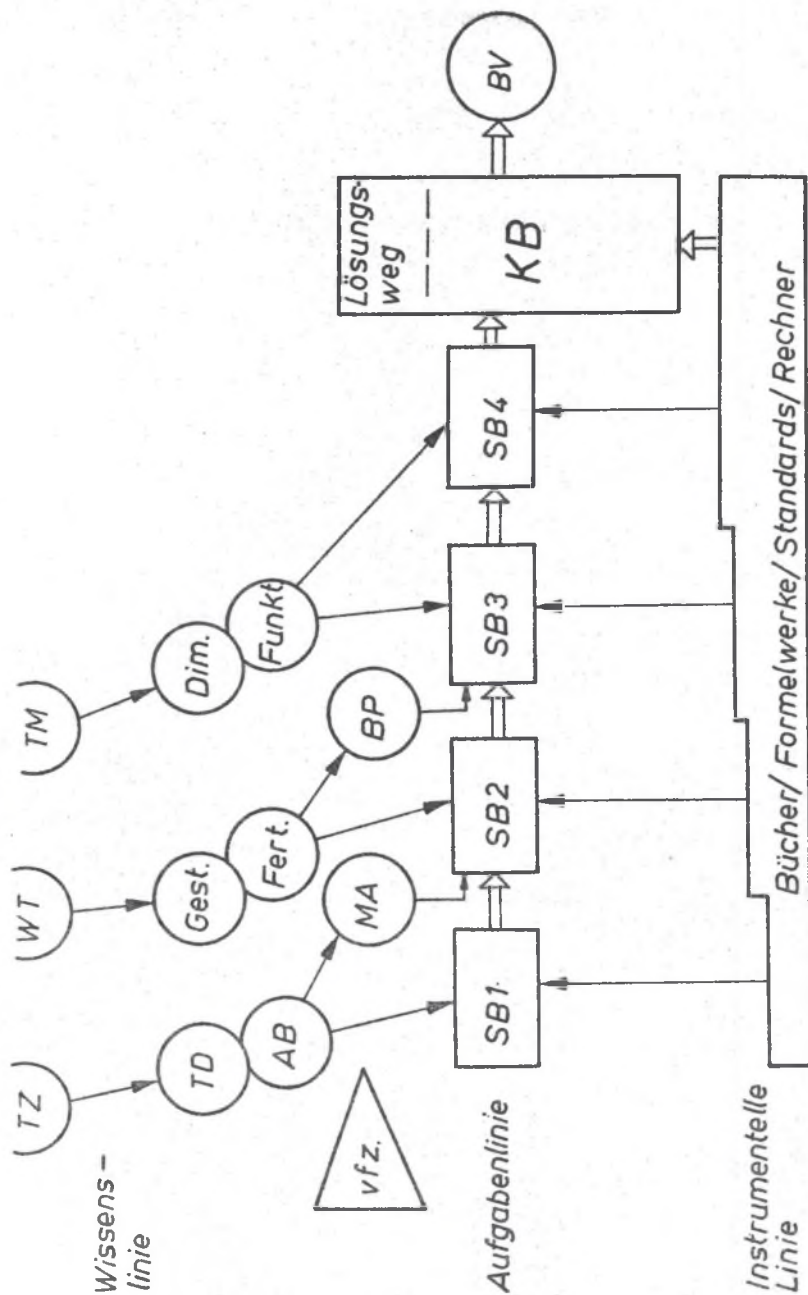


Bild 1. Linien und Teilkomplexe im Komplexen Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung"  
 AB Austauschbau, BP Betriebspraktikum, BV Belegverteidigung, Dim Dimensionierung, Fert Fertigung, Funkt Funktion, Gest Gestaltung, KB Komplexbeleg, MA Modellaufnahme, SB Semesterbeleg, TD Technische Darstellung, TZ Technisches Zeichnen, VFZ Vorlesungsfreie Zeit



Die Einheit von konstruktiver Entwicklung und Fertigung erstreckt sich über das gesamte Lehrgebiet und wird für die Studenten erlebbar. Die Semesterbelege und insbesondere der Komplexbeleg beinhalten neben der konstruktiven Entwicklungstätigkeit Anforderungen bzgl. Einschätzung und Bewertung der Herstellbarkeit. Im Themenkomplex Fertigung und Gestaltung ist auch die Wissenslinie in Aufbau und Betreuung interdisziplinär konzipiert.

Das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet bildet für die Studenten konstruktiver und fertigungstechnischer Fachrichtungen den Schwerpunkt der ingenieurspezifischen Grundlagenausbildung. Die Mitwirkung und Einflußnahme der immatrikulierenden Fachrichtung in dem Komplexen Lehr- und Arbeitsgebiet im Rahmen der selbständigen wissenschaftlichen Arbeit der Studenten wirkt sich motivierend für die Studenten aus. Sie sehen dadurch Grundlagenfächer stärker im Zusammenhang mit ihrem Berufsziel.

Nicht zu unterschätzen ist die Auswirkung auf die Effektivität der Ausbildung. Bei einer gemeinsamen Betreuung des Komplexbeleges, der grundsätzlich fachrichtungsspezifisch angelegt sein sollte, wird der lückenlose Übergang von der Grundlagenausbildung zur konstruktiven Fachausbildung möglich.

Die typischen Merkmale des Komplexen Lehr- und Arbeitsgebietes "Konstruktion und Fertigung" sind nachfolgend noch einmal deutlich herausgestellt:

- Ein komplexes Lehr- und Arbeitsgebiet muß mindestens zwei Lehrfächer mit klar abgrenzbaren Themenkomplexen enthalten. Das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung" besteht nicht aus einer einfachen Addition der Themenkomplexe, sondern ist durch einen hohen Grad der inhaltlichen Verflechtung gekennzeichnet. Es ist durchaus möglich, die methodischen Elemente und spezielle Fakten getrennt darzubieten, aber das integrierte Anwenden und das integrierte Abfordern sind unumgänglich. Im konkreten Fall ist die Einheit von Konstruktion und Fertigung dem Studenten erlebbar zu machen.
- Die eigenständige Arbeit des Studenten, das ihn in Anforderungen versetzen, muß in einem komplexen Lehr- und Arbeitsgebiet dominieren, andere Formen sollten lediglich als komplexe Lehrgebiete bezeichnet werden. Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiete erfordern einen hohen Anteil der Selbststudienzeit und das Einbeziehen der vorlesungsfreien Zeiten. Die eigenständige Arbeit bezieht sich auch auf die Arbeit mit der Literatur. Sie schult die "Methodik und Aneignung von Methodenwissen", aber auch den effektiven Umgang mit Fakten und wirkt insgesamt motivierend auf die Studienhaltung.
- Das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung" ist ein dominierendes Lehrgebiet der fachspezifischen Grundlagenausbildung, deshalb ist es richtig, daß die Fachrichtungen mitwirken. Das gemeinsame Auftreten bei der Betreuung der Studenten erzwingt den höchsten Grad der inhaltlichen und methodischen Abstimmung. Dadurch werden Redundanzen abgebaut, die immer wieder einmal Gegenstand der Kritik sind und ein effektives aufeinander Aufbauen von Fachinhalten des Fachstudiums auf denen des Grundlagenstudiums wird besser ermöglicht.
- Die neuen Wege der Ausbildung erfordern neue Wege der Leistungsbewertung. Im Komplexen Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung" erfolgt die Leistungseinschätzung überwiegend kontinuierlich und abschließend in Form einer Belegverteidigung. Das

Fach schließt mit einer Belegnote ab, die Bestandteil der Hauptprüfung ist.

- Die Themenkomplexe des Komplexen Lehr- und Arbeitsgebietes "Konstruktion und Fertigung" bauen aufeinander auf und können in ihrer Reihenfolge nicht vertauscht werden. Die Flexibilität bringt der Komplexbeleg, weil die erworbene Befähigung an fachrichtungsspezifischen Objekten nachgewiesen und gefestigt werden kann.

Die Umsetzung dieser neuen Anforderungen erfordert ein effektives Lehren und Lernen und das wiederum die zielgerichtete Anwendung der wissenschaftlichen Ergebnisse hochschulpädagogischer Forschung. Die enge Zusammenarbeit zwischen den Hochschullehrern der Fachdisziplinen und der Hochschulpädagogik hat sich bei der Erarbeitung des Rahmenlehrprogrammes für das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet sehr gut bewährt. Das Rahmenlehrprogramm ist das Ergebnis einer interdisziplinären Zusammenarbeit und eine Konzeption, die auf hohes Leistungsniveau orientiert.

#### 4. Fachstudium der Fachrichtung Konstruktionstechnik

Das Fachstudium hat die Aufgabe, den Studenten mit den Spezifika seiner Fachrichtung vertraut zu machen. Es nimmt etwa 1/3 des Lehrumfanges der Ausbildung ein bei gleichzeitig stark reduzierten Zahlen der geplanten Wochenstunden. Dem Selbststudium und der Arbeit an Belegaufgaben wird deshalb in dieser Phase des Studiums eine hohe Bedeutung beigemessen.

Das Fachstudium unterteilt sich noch in eine fachspezifische Grundlagenausbildung und die Spezialisierungsausbildung. Die fachspezifische Grundlagenausbildung umfaßt, z. B. für die Fachrichtung Konstruktionstechnik solche allgemeingültigen Lehrfächer wie Konstruktionstechnik, CAD-Grundlagen, Getriebetechnik, Antriebstechnik, Leichtbau, Maschinendynamik, Werkstoffermüdung und Betriebsfestigkeit, Elektroantriebe und Ölhydraulik.

Die Spezialisierungsausbildung ermöglicht eine weitere Differenzierung der Ausbildung. Z. B. im Hinblick auf die Informatik ist davon auszugehen, daß grundsätzlich jeder Konstrukteur in der Lage sein muß, Rechentechnik im Rahmen seiner Arbeitsaufgaben effektiv einzubeziehen und zu nutzen, d. h. vorhandene Programmsysteme anzuwenden und sich Programme zur Rationalisierung der eigenen Arbeit selbst zu schaffen.

Dazu ist die Informatikausbildung und -anwendung in alle Lehrveranstaltungen einzubeziehen, indem geeignete Problemstellungen unter Rechneranwendung gelöst werden. Insbesondere trifft das für die umfangreicheren Belege des Fachstudiums und die Diplomaufgaben zu.

Ein Teil der Konstrukteure jedoch muß mit vertieften Kenntnissen und Fertigkeiten in Informatik soweit ausgebildet sein, daß er eine Pionierrolle beim Einsatz und Durchsetzen von CAD im Konstruktionsbereich spielen kann. Absolventen dieser Vertiefungsrichtung müssen beim Entwickeln und Implementieren komplexer Lösungen mit Informationsverarbeitern sehr eng zusammenarbeiten können. In dem arbeitsteiligen Prozeß realisieren sie vorzugsweise die fachspezifischen Aufgaben. Deshalb sind neben den vertieften Kenntnissen in Informatik auf dem Fachgebiet der Konstruktionstechnik erforderlich, welche es ermöglichen, die nachfolgenden Tätigkeiten auszuüben:

- Bearbeitung von Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben für Maschinen und Geräte aus allen Bereichen der Volkswirtschaft unter effektiver Einbeziehung der Rechnerunterstützung und systematischer Arbeitsweisen.  
Dabei wird ausgehend von der Aufgabenstellung nach fertigungstechnisch günstigen und materialökonomischen Lösungen gesucht. Es werden Varianten gebildet und bewertet. Kreativitätsfördernde Methoden tragen dazu bei, neue, patentfähige Lösungen zu erarbeiten.
- Konzipierung und Aufbau von CAD/CAM-Lösungen als nachnutzbare Fachsoftware

Partielle Lösungen werden selbständig entworfen, implementiert, getestet und dokumentiert. Bei der Entwicklung komplexerer Aufgaben erfolgt die Problemlösung in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Der Absolvent verfügt über Kenntnisse zu betriebssystemnaher Software, zu Datenbanken, zur Systemarchitektur und zur Nutzung von Softwarewerkzeugen.

In den Ausbildungsprogrammen für die Studenten der Vertiefungsrichtung Konstruktionstechnik / Informatik sind folgende Lehrfächer zur weiterführenden Ausbildung in Informatik aufgenommen worden:

- Systemtechnik
- Konstruktionslogik für CAD
- Software-Technologie
- Mathematische Methoden
- CAD-CAM-Technik
- Datenbanken
- Rechnerunterstützte Dimensionierung

Neben dem Vertrautmachen mit Grundlagen der Informationsverarbeitung liegt der Schwerpunkt in der Ausbildung vor allem auf der Schnittstelle zwischen Konstruktion und Informatik. Besondere Bedeutung wird der praktischen Arbeit mit dem Rechner zugemessen.

#### LITERATUR

- [1] KLOSE, J.: Konstruktionsprozeß. In: Taschenbuch Maschinenbau in 8 Bänden, Bd. 4.- Berlin: Verlag Technik, 1988.- S. 349.
- [2] FRONIUS, St.: Wissenschaftliche Untersuchungen des konstruktiven Entwicklungsprozesses als Voraussetzung für seine Rationalisierung und Automatisierung. In: Wiss. Zeitschrift TU Dresden 21 (1972)2.
- [3] Modell der künftigen Grundlagenausbildung für alle Fachrichtungen im Maschinenwesen.- 1987.- Dresden, Karl-Marx-Stadt und Magdeburg, Technische Universitäten.
- [4] Rahmenlehrprogramm für das Komplexe Lehr- und Arbeitsgebiet "Konstruktion und Fertigung" in der Ingenieurausbildung aller Fachrichtungen des Maschinenwesens.- 1988.- Dresden, Technische Universität, Fakultät Maschinenwesen.



## MODEL KSZTAŁCENIA KONSTRUKTORÓW

## S t r e s z c z e n i e

Nowe wymagania stawiają nauczycieli akademickich przed niemałymi problemami. Muszą one być jednak podjęte tak, aby samodzielność działania i "zmaganie się" studentów z zadaniami stały się od samego początku podstawowym elementem kształcenia inżynierów. Efektywność kształcenia mierzona jest "jakością" absolwentów. Istotnym czynnikiem rozwoju efektywnych form nauczania jest interdyscyplinarna współpraca z badaczami pedagogiki akademickiej. Opracowany został przez przedstawicieli dyscyplin inżynierskich i pedagogicznych model kształcenia podstaw i ramowy program nauczania kompleksu specjalizacji w obszarze "Konstrukcja i wytwarzanie". Uwzględnia on w pełni nowe warunki i wymagania.

W Dreźnieńskim Uniwersytecie Technicznym będzie wprowadzony od września 1989 roku nowy plan studiów w zakresie nauczania podstaw dla wszystkich specjalizacji maszynowych (mechanicznych).

## A MODEL OF CONSTRUCTORS EDUCATION

## S u m m a r y

New goals which academic teachers are faced with create new problems. They have to be solved to make self-dependence of the students and their "coping" with their tasks the main element of educating engineers. The "quality" of graduates shows the effectiveness of their education. Interdisciplinary cooperation with scientists working on academic pedagogy is required. A model of educating constructors and framework programme on the complexity within the specialization "Construction and Production" has been worked out which takes new conditions and new requirements into consideration.

In Dresden Technical University a new programme of studies is to be introduced since September 1989 for all the machine specializations (mechanical ones).

Prof. dr inż. J. Dietrych

Wpłynęło do Redakcji 9.XI.1988 r.