

## **Industrielle Produktentwicklung in der akademischen Ausbildung – Erfahrungen mit dem ‘Karlsruher Modell’**

Dipl.-Ing.Norbert Burkardt and o.Prof. Dr.-Ing.Albert.Albers

Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau,  
Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe, Deutschland,  
[www-mkl.mach.uni-karlsruhe.de](http://www-mkl.mach.uni-karlsruhe.de)

*Keywords: Engineering Education; Integrated Product development*

### **1. Begründung des Handlungsbedarfs:**

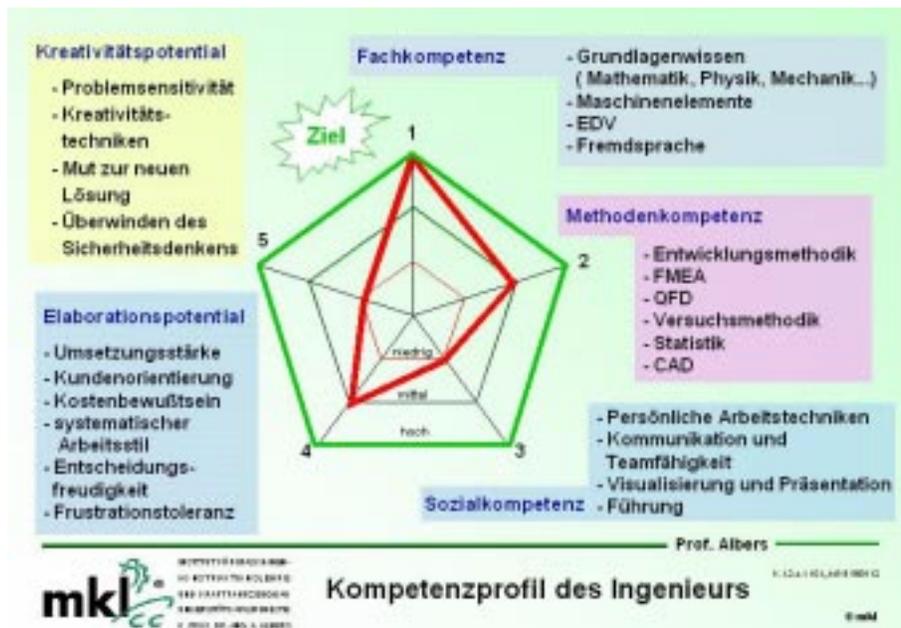
Erfolgreiche Produktentwicklungen führen zu konkurrenzfähigen Produkten und sichern so die aktuelle Marktposition und die Zukunft von Industrieunternehmen. Die aktuelle Marktsituation ist hierbei gekennzeichnet durch

- wachsende Kurzlebigkeit der Produkte
- niedrige Preisvorstellungen bei hohen Qualitätsstandards
- zunehmend differenziertere Produkthanforderungen und
- sich verkürzende Markteinführungszeiten.

Voraussetzung für einen Produkterfolg unter diesen Vorgaben ist eine ganzheitliche Sicht des gesamten Produktentwicklungsprozesses (PEP) ausgehend vom Markt bis hin zum Produkt, umschrieben mit dem Terminus Technicus ‚**Integrierte Produktentwicklung**‘.



Die dieser Entwicklungsphilosophie hinterlegte Umsetzungsmethodik basiert im wesentlichen auf der Bildung bereichsübergreifend zusammengesetzter, selbständig agierender Projektteams mit der Fähigkeit zur schnellen Anpassung an die sprunghaft dynamischen Randbedingungen des Marktes und an die sich u.U. fundamental verändernde technologische Basis der entwicklungsrelevanten Wirtschaftszweige. Dies erfordert eine persönliche Integration aller Entwicklungs-beteiligten in den Prozess sowie die Integration aller prozessrelevanten Informationen verbunden mit einer entsprechenden organisatorischen Integration. Daraus erwachsen neue Anforderungen an die Qualifikationen, vor allem an die Kombination und das Gewicht verschiedener Fähigkeiten bei Entwicklungsingenieuren. Gefordert ist der hochkreative und flexible Spezialist, integrativ denkend und mit Managementfähigkeiten ausgestattet – der Spezialist also mit den Handlungsfähigkeiten eines erfolgreichen Generalisten. Fachkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz sind hier die notwendigen Kernkompetenzen des Entwicklers, die zumindest in dieser Breite durch die traditionellen Curricula der Ingenieurausbildung bisher nicht vermittelt werden.



Für eine Hochschulausbildung, die sich an den Anforderungen zukunftsorientiert organisierter Wirtschafts- und Dienstleistungsunternehmen ausrichtet, besteht hier dringender Handlungsbedarf.

Am Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau der Universität Karlsruhe wurde unter der Leitung von Professor Albers diese Herausforderung angenommen und für die Ausbildung der Maschinenbauingenieure im Hauptdiplom das Ausbildungsmodell „Integrierte Produktentwicklung“ erarbeitet und umgesetzt. Über das Modell selbst und erste Umsetzungserfahrungen wird im folgenden berichtet.

## 2. Ausbildungsziele

Die Ausbildungsziele lassen sich nach den zu vermittelnden Kernkompetenzen für Entwickler wie folgt strukturieren:

### *Fachkompetenz*

Die traditionelle Hochschulausbildung vermittelt ein breites fachspezifisches Grundlagenwissen und bietet disziplinäre Spezialisierungen an, deren Grenzen aus der Sicht eines ganzheitlichen Entwicklungsprozesses sicher zu überdenken und – soweit notwendig – zu überwinden sind. Die Komplexität der Produkthanforderungen, die Heterogenität der Produktbausteine (mechanisch, elektronisch, hydraulisch, informationstechnisch etc) und deren Kombinationen zu technologisch hochstehenden Industrieerzeugnissen verlangen vom Entwickler, in technischen, wirtschaftlichen

und organisatorischen Systemen zu denken. Fähigkeiten, Probleme zu analysieren, Lösungen zu entwickeln und Arbeitsplätze und Arbeitsabläufe mitzugestalten, werden dabei zu essentiellen Bestandteilen der Fachkompetenz.

Die ständig zu aktualisierenden Produkt- und Materialkenntnisse unter Beachtung entwicklungsrelevanter Forschungs- und Markttrends setzen ferner die Nutzung einer effizienten Strategie zur Informationsbeschaffung und -verarbeitung sowie die Bereitschaft zu effizientem Life-Long-Learning auch außerhalb der „Komfortzonen“ individueller disziplinärer Spezialisierungen voraus. Der hier zu leistende Spagat zwischen einer notwendigen produktspezifischen Spezialisierung einerseits und einem integrativ gestalteten Entwicklungsprozess andererseits erfordert ein effizientes Management. Firmeninterne Abläufe hinsichtlich Information, Planung, Entscheidung und Ausführung sind zu koordinieren, um Zeitverlust, Missverständnisse und Fehler, die durch die Schnittstellen entstehen können, zu vermeiden. Im Gegensatz zum herkömmlichen Verständnis ist diese Managementaufgabe keine Spezialistentätigkeit eines Projektleiters, sondern hier Arbeitsinhalt eines jeden Mitglieds der über den ganzen Entwicklungsprozess zu definierenden Projektteams.

Aus diesen Kompetenzanforderungen wurden am Institut für Maschinenkonstruktionslehre Ausbildungsziele abgeleitet, die im wesentlichen die im folgenden aufgelisteten Denkweisen und deren Korrelationen als Grundlagen der Bearbeitung aller Phasen des Produktentwicklungsprozesses vermitteln sollen:

- Prozessdenken - Produkterstellung als Prozesskette
- Systemdenken - Produkterstellung als systemtechnischer Prozess
- Innovationsdenken - Produkterstellung als innovativer Prozess
- Problemdenken - Produkterstellung als Problemlösungsprozess
- Integrationsdenken - Produkterstellung als integrativer Prozess
- Organisationsdenken - Produkterstellung als Managementprozess
- Kostendenken - Produkterstellung als kostenoptimaler Prozess
- Zeitdenken - Produkterstellung als zeitoptimaler Prozess
- Kunden-/ Qualitätsdenken - Produkterstellung als kundenorientierter Prozess
- Marktdenken - Produkterstellung als marktorientierter Prozess

## *Sozialkompetenz*

Eine erfolgreiche integrative Produktentwicklung basiert auf einer zielorientierten innovationsfördernden Dialogkultur in den Unternehmen mit den folgenden Ausprägungen:

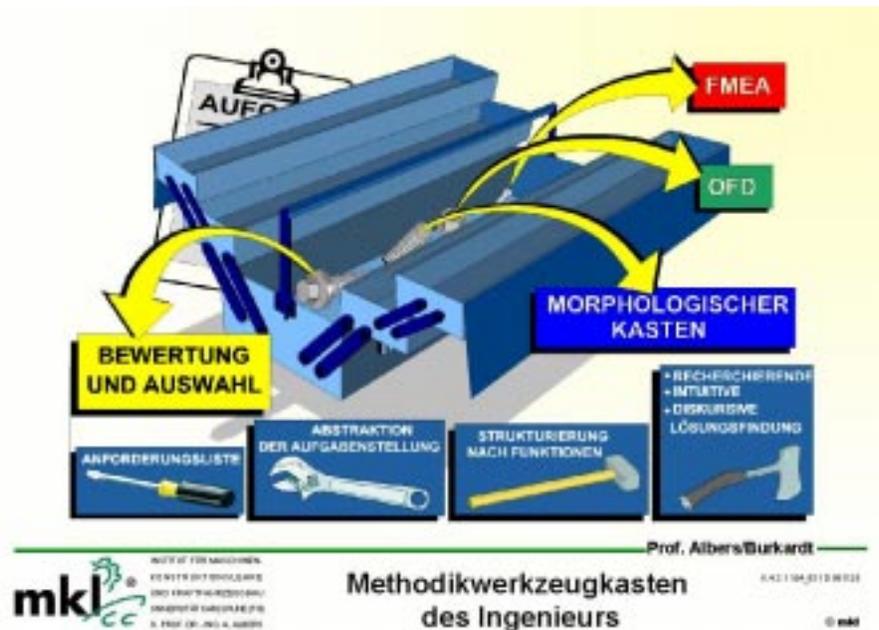
- Problemlösekultur:  
Problem als Chance und Herausforderung sehen, in Möglichkeiten statt in Schwierigkeiten zu denken
- Konstruktive Fehlerkultur:  
Konflikte kooperativ lösen, Ursachen analysieren, Perspektivenwechsel vornehmen
- Kreativkultur:  
Flexibilität im Denken fordern, Grundlagen für Querdenken, Phantasie, Kreativität und schöpferisches Chaos schaffen
- Fraktalkultur:  
Mitarbeiter als verantwortliche selbststeuernde Regelkreise im Produktentwicklungsprozess
- Zivilcouragekultur:  
Förderung von konstruktivem Eigensinn und Mut zum Widerspruch, Ausschalten von Duckmäusertum und vorauseilendem Gehorsam
- Komfortzonenkultur:  
Einsatz der Mitarbeiter entsprechend ihren Talenten und Interessen, Spaß an der Arbeit fördern

Eine solche Dialogkultur setzt ein ausgeprägtes Kommunikationsverhalten der Mitarbeiter voraus. Maßgeblich ist hier das nach außen gerichtete Verhalten des Beteiligten im Zusammenwirken mit anderen am Entwicklungsprozess beteiligten Personen. Die Ausbildungsziele, die daraus erwachsende Anforderungen abdecken, sind die Vermittlung von

- Kommunikationsfähigkeit,
- Kooperationsfähigkeit und
- Konfliktfähigkeit.

## *Methodenkompetenz:*

Das Institut für Maschinenkonstruktionslehre definiert Methoden im hier relevanten Kontext als Werkzeuge für den mit Fach- und Sozialkompetenz ausgestatteten Entwickler zur Umsetzung von Prozessschritten des PEP in konkrete Entwicklungsfortschritte des Zielproduktes.



Für ein effizientes und umsetzungsorientiertes Bearbeiten von Entwicklungsprozessen ist der unterstützende Einsatz dieser Werkzeuge von der Produktidee über das Produktkonzept und den Produktentwurf bis hin zur Produktionsumsetzung und bis zum Produktrecycling eine zwingende Voraussetzung.

Daraus ergeben sich für das Institut als Ausbildungsziele

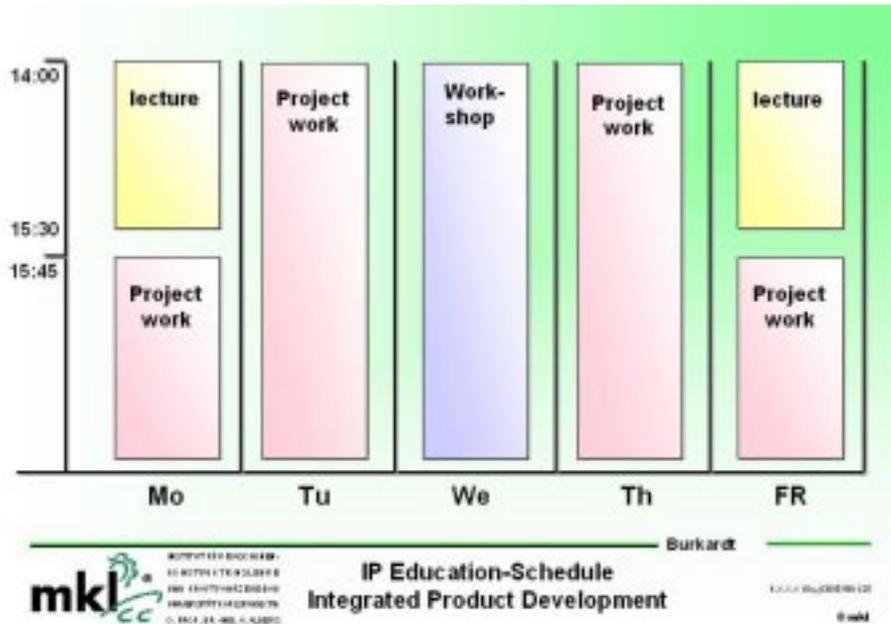
- die Vermittlung von Grundlagen und Inhalten hinreichend bewährter Methoden im Kontext zu den jeweiligen Prozessschritten im PEP
- die Vermittlung von Kriterien zur Methodenauswahl und
- die Vermittlung von Anwendungserfahrung und - damit verbunden - einer grundlegenden Anwendungssicherheit.

### 3. Umsetzung der Ausbildungsziele:

Das Ausbildungsmodell „Integrierte Produktentwicklung“ des Instituts für Maschinenkonstruktionslehre gliedert sich in die drei Lehr- und Lerneinheiten

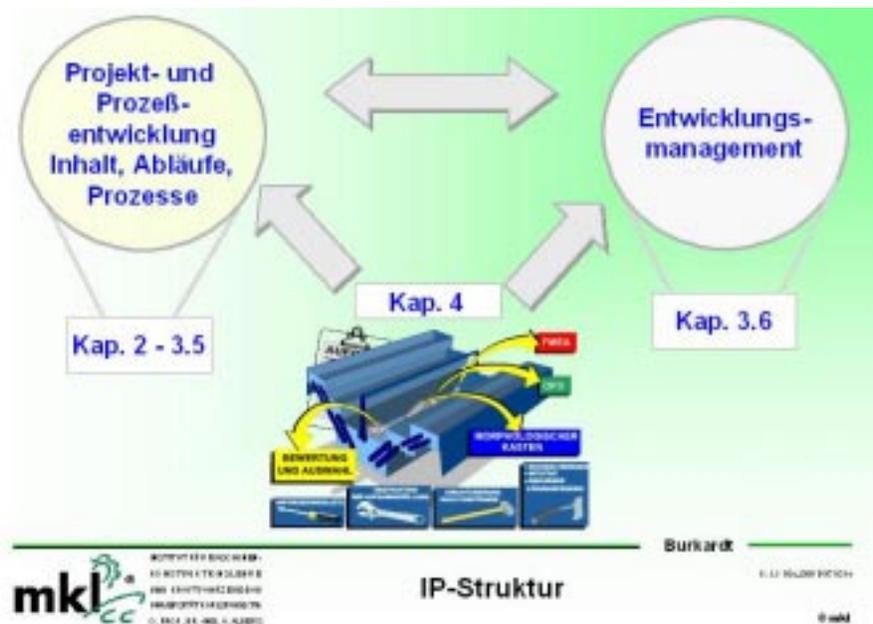
Vorlesung (4 Semesterwochenstunden)  
Workshop (3 Semesterwochenstunden)  
Projektarbeit (ca. 120 Arbeitsstunden / Student)

die parallel jeweils im Wintersemester als Hauptfachkombination für die Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau und Produktentwicklung angeboten werden.



### 3.1 Vorlesung:

In der Vorlesung werden die Studenten gezielt in den Produktentwicklungsprozess von Industrieunternehmen eingeführt - insbesondere unter Berücksichtigung der Belange kleiner und mittlerer Unternehmen. Auf der Basis praktischer Erfahrungen und von Beispielen aus der Industrie werden ausgehend von der Sicht der Produkterstellung als Problemlösungsprozess die Theorie der systematischen Planung, Kontrolle und Steuerung des Entwicklungs- und Innovationsprozesses und des teamorientierten Einsatzes wirkungsvoller Methoden anschaulich dargestellt. Strategien des Entwicklungs- und Innovationsmanagements, der technischen Systemanalyse und der Teamführung werden vorgestellt und diskutiert. Die Vorlesung ist angelegt für einen begrenzten Hörerkreis (ca. 20 Studenten), was eine Abkehr vom traditionellen Frontalunterricht und eine Wissenserarbeitung in Diskussionsform unter Nutzung multimedialer Hilfsmittel zur Visualisierung der Lehrinhalte ermöglicht. Das übliche starre Zeitfenster für eine Vorlesung kann hier nach Bedarf geöffnet werden, open-end Diskussionen sind möglich.



### 3.2 Workshops:

In den Workshops wird – ergänzend und vertiefend zu den Vorlesungen – Wissen aktiv aufgebaut und mit ersten Anwendungserfahrungen belegt. Erreicht wird dies durch eine direkte und praxisnah am Entwicklungsprozeß orientierte Umsetzung der gelernten Methoden und der Simulation gruppenspezifischer Prozesse anhand von Planspielen. Dies erfordert für den Workshop einen flexiblen Zeitrahmen, denn die Methodik und deren Anwendungsumfeld bestimmen hier den Zeitbedarf.

Insgesamt 13 Workshops behandeln derzeit folgende Themen:

- Teamfindungsprozesse
- Moderations- und Kommunikationstechniken
- Produktprofilfindung, Anforderungslisten, Projektplanung
- Anwendungsorientierte Kreativitätstechniken
- Online – Recherchen
- 3D – Freihandzeichnen
- TRIZ, ARIS, Invention-Machine
- Einführung in das Patentrecht
- Grundlagen der unternehmerischen Kostenrechnung
- Einführung in das Design technischer Produkte

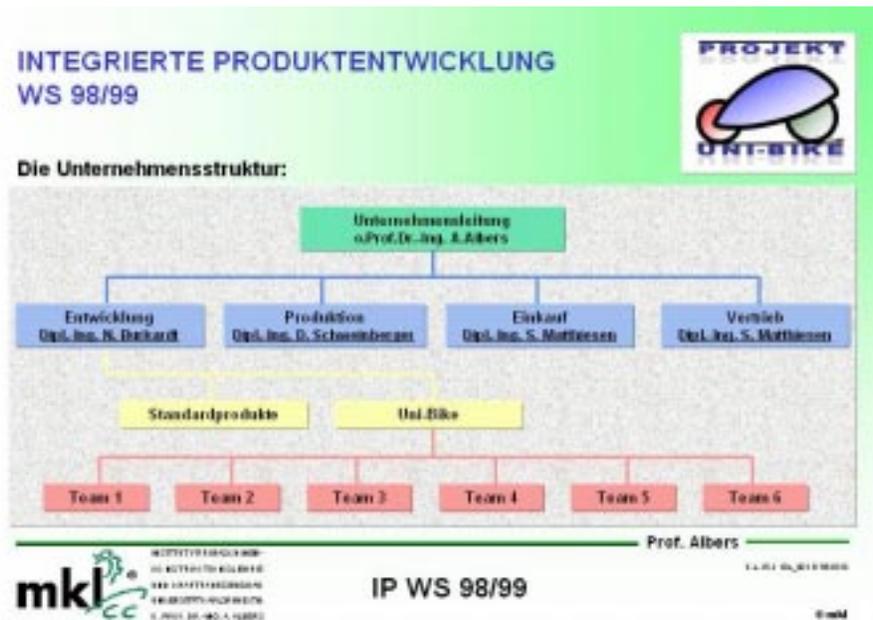
Zu den einzelnen Workshops werden nach Bedarf auch Mitarbeiter aus Industrieunternehmen als Betreuer mit herangezogen (z.B. SAP, CAD-Dienstleister, STN u.a.) Eine 3D-CAD Ausbildung erfolgt in Ergänzung zu

den Workshops in einem 5-tägigen Intensivkurs als ganztägige Blockveranstaltung.

Die Workshops sind zur Vertiefung und Erweiterung des Vorlesungswissens angelegt und dienen nicht zur direkten begleitenden Betreuung der gleichzeitig laufenden studentischen Projektarbeit.

### 3.3 Projektarbeit:

Inhalt der Projektarbeit ist die selbständige Entwicklung eines technischen Produktes von der Idee bis hin zum virtuellen Prototypen (3D-CAD Modell) durch ein studentisches Entwicklungsteam. Im Produktentwicklungszentrum des Institutes wird hierzu ein mittelständisches Unternehmen abgebildet, das sich aus einer vom Institutsleiter und wiss. Mitarbeitern gebildeten Geschäftsleitung und den jeweiligen Entwicklungsteams zusammensetzt .



Die Teams arbeiten in Konkurrenz zueinander an der gleichen Entwicklungsaufgabe, die Ihnen von der Geschäftsleitung gestellt wird. Gleichzeitig erhalten die Studenten Informationen über die aktuelle Geschäftslage ihrer Firma. Die Kommunikation mit der Geschäftsleitung erfolgt über e-mail und in gesonderten Geschäftsleitungssitzungen, in denen auch über den Entwicklungsfortschritt berichtet und über weiterzuführende Projekte entschieden wird (ca. 3 Sitzungen / Projekt).



Entwickeln Sie ein autarkes Fensterreinigungsg r t für den Haushaltsgebrauch. Mit Abbringen an die zu reinigende Fensterfläche soll das Gerät selbständig und unabhängig von menschlichen Eingriffen ein hervorragendes Reinigungsergebnis erzielen. Neben einer innovativen Funktionserfüllung stehen Bedienungsfreundlichkeit und sowohl optische als auch preisliche Attraktivität im Vordergrund.



IP-Entwicklungsaufgabe 99/00

Prof. Aibers

K. 413 413 413 413

© mkl

Praxisnah gestaltete Arbeitsinseln mit entsprechender Hard- und Softwareausstattung (MS-Project, Pro/Engineer, InventionMachine, IM-Phenomenon, Zugang zu Internet und kommerzielle Datenbanken) werden bereit gestellt.



Arbeitsinsel  
IP Projektteams

Prof. Aibers/Burkardt

K. 413 413 413 413

© mkl

Am Ende des Projektes erfolgt eine Präsentation des entwickelten Produktes vor der Geschäftsleitung die sich u.U. die Vergabe eines Preises für die beste Lösung vorbehält. In einem Feed-Back Ihrer Gruppenleistung müssen

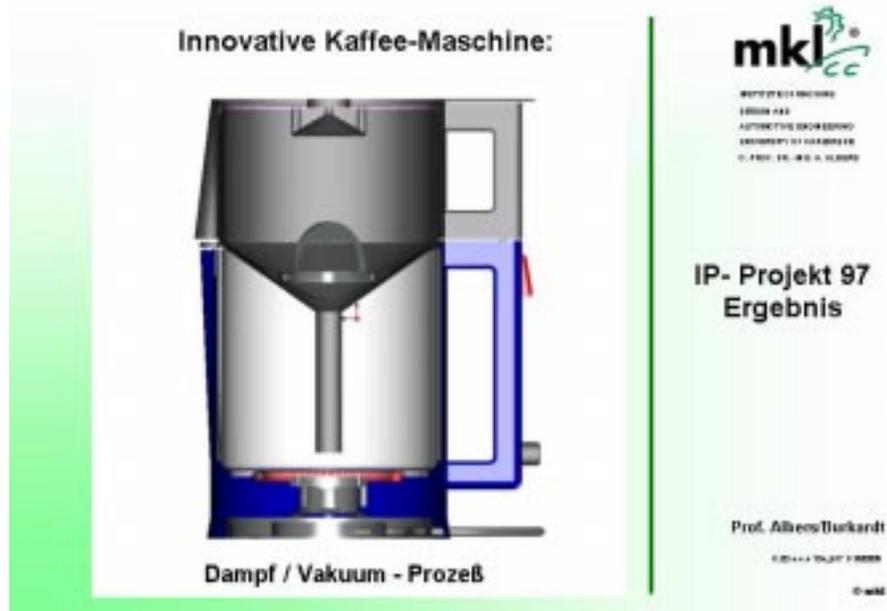
in den Teams die Leistungen der Teammitglieder bewerten und der Geschäftsleitung darüber berichten.

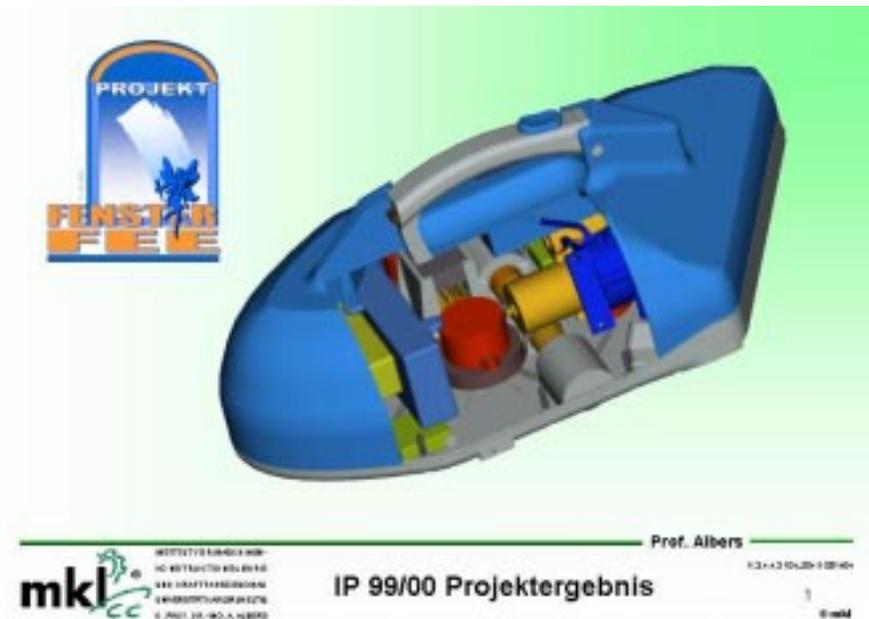
#### 4. Organisation:

Die Zahl der Teilnehmer an diesem Ausbildungsmodell ist auf 20 Studenten begrenzt. Die Auswahl erfolgt in einem Assessment mit dem Institutsleiter und den zuständigen wiss. Mitarbeitern. Die Teilnahme an allen Lehr- und Lerneinheiten ist Pflicht. Abgeschlossen wird die Teilnahme an diesem Ausbildungsmodell mit einer mündlichen Prüfung, die als Hauptfach innerhalb des Studienganges gewertet wird.

#### 5. Erfahrungen:

Trotz des erkennbar hohen Arbeitsaufwandes ist das studentische Interesse an diesem Ausbildungsmodell sehr groß, so daß eine Auswahl bisher immer getroffen werden mußte. Die Studenten zeigten sich hoch motiviert und leistungsbereit. Die Projektarbeit ergab patentfähige Produktentwicklungen, die Produktpräsentation erfolgte in professionellen Standarts mit zum Teil funktionsfähigen Prototypen. Überrascht haben die meist innovativen und unkonventionellen Lösungsansätze, die in konkrete Produktvorstellungen umgesetzt wurden.





Absolventen dieses Ausbildungsganges, die Ihre Diplomarbeit in Industriefirmen durchführen, können Ihr Wissen direkt und erfolgreich umsetzen, wie entsprechende Rückmeldungen zeigen. Auch erste Bewerbungsgespräche von Studienabgängern nach diesem Ausbildungsmodell zeigen eine große Akzeptanz durch Industriebetriebe der verschiedensten Größenordnungen, so dass sicher festgestellt werden kann, dass mit diesem Karlsruher Ausbildungsmodell die Industriefähigkeit der Studienabgänger entscheidend gefördert wird.