

Universitäre Lehre in der Produktentwicklung

Leitfaden der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP)

1 PRÄAMBEL

Dieser Leitfaden stellt das Ergebnis einer Meinungsbildung und die gemeinsamen Vorstellungen der Mitglieder der Querschnittsgruppe Lehre und Weiterbildung (QLW) der WiGeP dar, aus denen konkrete Maßnahmen und Inhalte für die Lehre auf dem Gebiet der Produktentwicklung abgeleitet werden können. Sie basieren wesentlich auf dem Heiligenberger Manifest, das 1997 von einer Gruppe von Hochschullehrern aus den Bereichen Maschinenelemente, Konstruktionsmethodik und Informationstechnologie erarbeitet wurde¹.

Die Aufgabe der Universität bei der Ausbildung von Maschinenbauingenieuren² ist es, durch ein effektives und abgestimmtes Lehrangebot für die Studierenden die Erlangung der Berufsfähigkeit als wissenschaftlich ausgebildeter Ingenieur in der industriell geprägten Berufswelt zu gewährleisten und gleichzeitig den wissenschaftlichen Nachwuchs zu sichern. Die dynamischen Randbedingungen einer modernen Industriegesellschaft erfordern eine ständige Weiterentwicklung und Anpassung der Lehrinhalte und der Ausbildungsmethodik, um die Qualität der Lehre zu sichern und den Studierenden das Fundament für ihr Studium und den Berufsweg zu vermitteln. Dabei kommt einer evolutionären Entwicklung der Lehre unter Betonung der allgemeingültigen Grundlagen und unter angemessener Berücksichtigung

neuer Methoden und Inhalte eine besondere Bedeutung zu.

Dies gilt besonders für die Lehre auf dem Gebiet der Produktentwicklung, da sie ein zentraler Schwerpunkt in der Ausbildung von Maschinenbauingenieuren ist. Sie integriert das Fach- und Methodenwissen der theoretischen und angewandten Grundlagenfächer bei der Gestaltung und Dimensionierung von Systemen und Komponenten nach vorgegebenen Anforderungen in ein ganzheitliches, ingenieurmäßiges Denken und Handeln.

In den Vorlesungen und Übungen zu den Maschinenelementen bringen die Studierenden das erworbene, theoretische Wissen in die Analyse und Synthese von Bauteilen und Komponenten ein und lernen dabei gleichzeitig, mit der Komplexität von Gestaltungsaufgaben umzugehen.

In den Vorlesungen und Übungen zur methodischen und virtuellen Produktentwicklung werden den Studierenden grundlegende Methoden und Werkzeuge vermittelt, um Analyse- und Syntheseprozesse strukturiert durchführen zu können.

Hiermit wird ein entscheidender Beitrag zur Erlangung von Fach- und Methodenkompetenz geleistet. Mit Hilfe einer entsprechenden Gestaltung der Lehrveranstaltungen, z. B. Projektarbeit im Team, soll auch die Sozialkom-

petenz ausgebildet werden, siehe Abbildung 1. Dadurch wird der spätere Erfolg im Studium und im Beruf maßgeblich beeinflusst. Zusätzlich bedarf es einer Abstimmung aller Grundlagenfächer des Grundstudiums.

Insbesondere in denjenigen Fächern, auf welche die Maschinenelemente-Lehre aufbaut, muss der Bezug zu den Maschinenelementen hergestellt werden. Wichtige Aufgabe der Grundlagenfächer ist es, den Studierenden des Maschinenbaus Wege aufzuzeigen, anhand von Abstraktionsprozessen aus realen Systemen handhabbare Modelle zu bilden.

Um ein einheitliches Verständnis dieses Leitfadens zu gewährleisten, werden im folgenden Abschnitt zunächst einige Begriffsdefinitionen vorgenommen.

Auf Basis dieser Begriffsdefinitionen sind die benötigten Kompetenzen der Ingenieure in der Produktentwicklung, die Lernziele der Produktentwicklungsausbildung, die Lerninhalte und die Lehrkonzepte auszuarbeiten und Methoden zu deren Evaluation zu erarbeiten. Dabei wird großer Wert auf das Zusammenwirken der Lehre auf den Gebieten der Methoden der Produktentwicklung, Maschinenelemente und -systeme sowie der virtuellen Produktentwicklung gelegt. Ebenso ist die Verzahnung mit anderen Studienfächern herzustellen.

¹ Albers, A.; Birkhofer, H.: Workshop „Die Zukunft der Maschinenelemente-Lehre“, Heiligenberger Manifest, Vorträge, Workshopergebnisse. Schloss Heiligenberg, 1997.

² Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.



Abbildung 1: Übersicht zur universitären Ausbildung von Maschinenbauingenieuren im Bereich der Produktentwicklung

2 ELEMENTARE BEGRIFFE IM UMFELD DER PRODUKTENTWICKLUNG

MASCHINENELEMENTE/ KONSTRUKTIONSELEMENTE

Maschinenelemente sind Basiselemente oder einfache Systeme im Maschinenbau, die häufig als Zukaufteile allgemein verfügbar sind, wie z. B. Schrauben, Stifte, Dichtungen, Wälzlager oder Wellenkupplungen. Zu den Maschinenelementen gehören neben mechanischen Elementen auch mechanische, hydraulische, pneumatische, elektrische, elektromagnetische, elektronische, optische und weitere Elemente. Zur Funktionserfüllung müssen sie in übergeordnete Systeme z. B. Maschinen, Anlagen, Geräte konstruktiv eingebunden werden. Damit werden sie zu Konstruktionselementen.

Diese differenzierte Definition wird in vielen Lehrbüchern und Veröffentlichungen nicht exakt angewendet. Allerdings ist der Begriff „Maschinenelemente“ – im Gegensatz zu dem Begriff „Konstruktionselemente“ – in der Hochschullehre weit verbreitet und wird oft gleichbedeutend genutzt. Deshalb wird im Folgenden der Begriff Maschinenelemente verwendet.

PRODUKTENTSTEHUNG, PRODUKTENTWICKLUNG, KONSTRUKTION

Das Entwickeln erfolgreicher Produkte stellt einen wesentlichen Wertschöpfungsprozess heutiger Unternehmen dar. In diesem Abschnitt werden die Begriffe *Produktentstehung*, *Produktentwicklung* sowie *Konstruktion* definiert. Dies ist notwendig, da die bisherige Begriffslandschaft verschiedenste Ausprägungen und Interpretationen zulässt, die wiederum zu Missverständnissen und Problemen in der Kommunikation zwischen Beteiligten in Forschung, Lehre und industrieller Praxis führen. Die WiGeP hat sich daher das Ziel gesetzt, ein einheitliches Grundverständnis elementarer Begriffe in diesem Umfeld zu definieren. Zusätzlich werden verschiedene, im Rahmen der Produktentwicklung existierende Berufsbilder beleuchtet und in die verschiedenen Bereiche der Produktentwicklung eingeordnet.

Die *Produktentstehung* ist ein Teil des Produktlebenszyklus. Sie beginnt in der Regel mit der Ermittlung eines Bedarfs, der Entwicklung einer Produktidee und endet meist mit der Produktherstellung.

Unter *Produktentwicklung* wird ein interdisziplinärer Prozess im Unternehmen verstanden. Dieser Prozess baut auf der Produktplanung auf, startet mit der Entwicklung eines initialen Anforderungssystems, das innerhalb des Prozesses kontinuierlich weiterentwickelt wird, und endet mit einem produzierbaren und funktionsfähigen Produkt³. Dabei werden iterative Analyse- und Syntheseschritte durchgeführt, die den in Abbildung 2 dargestellten sieben Tätigkeitsfeldern der Produktentwicklung zugeordnet werden können. Im Rahmen dieses Prozesses ist eine enge Verzahnung mit verschiedenen Fachabteilungen anzustreben.

Der Entwicklungsprozess wird im Kern oft von der Organisationseinheit „Produktentwicklung“ eines Unternehmens durchgeführt, der verschiedene andere Organisationseinheiten wie beispielsweise die Konstruktion, der Versuch, die Berechnung, der Prototypenbau aber auch Stabsstellen wie die Normung oder das Patentwesen zugeordnet sind.

³ Ponn, J.; Lindemann, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2011.

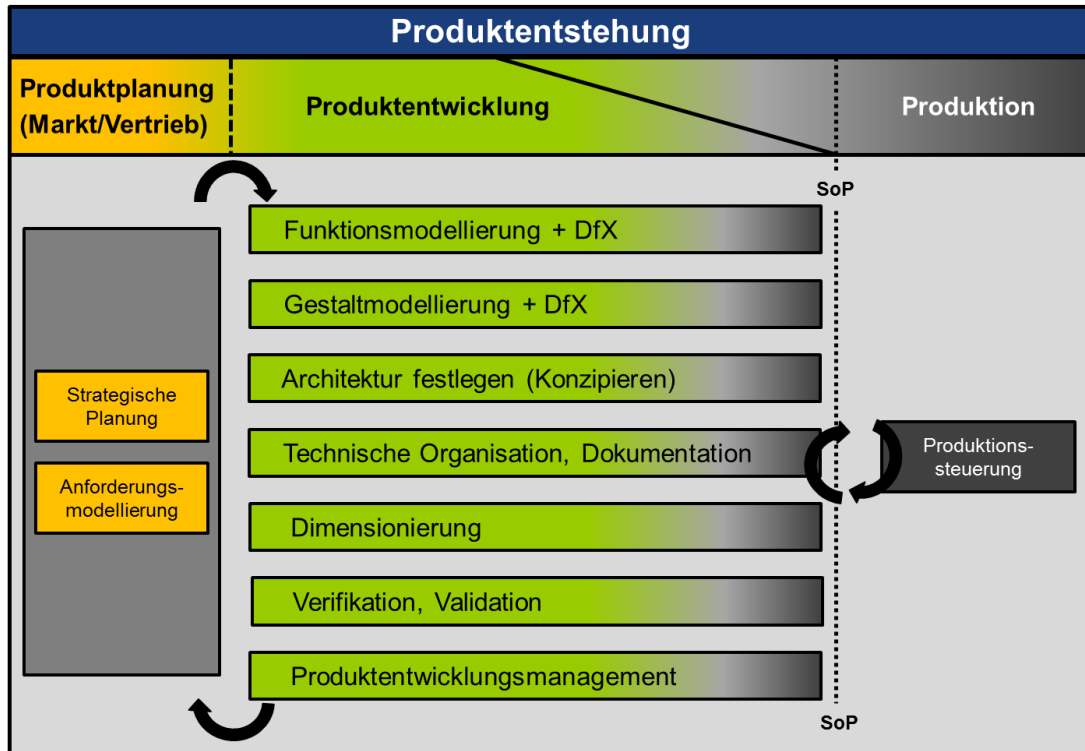


Abbildung 2: Einordnung der Produktentwicklung in die Produktentstehung

Unter dem Begriff *Konstruktion* wird ebenfalls eine Organisationseinheit eines Unternehmens verstanden, die Teil der Produktentwicklung ist. Sie steht damit neben anderen Organisationseinheiten wie beispielsweise dem Versuch⁴. Zudem wird unter der *Konstruktion* auch ein Prozess im Unternehmen verstanden. Dieser iterative Prozess beginnt mit dem Klären der Aufgabenstellung und endet mit der Produktdokumentation.

BERUFSBILDER DES UNIVERSITÄR AUSGEBILDENEN INGENIEURS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

In der Produktentwicklung sind verschiedene Berufsbilder zu finden, wie z. B. Konstruktionsingenieure, Berechnungsingenieure, Versuchsingenieure, Normeningenieure oder Systemingenieur. Je nach Berufsbild ergeben sich unterschiedliche Tätigkeiten, die mehr Synthese- oder Analyse-orientiert sein können.

Der universitär ausgebildete Ingenieur in der Produktentwicklung, nachfolgend Produktentwickler genannt,

muss nicht in jedem der sieben in Abbildung 2 dargestellten Tätigkeitsfelder ein Spezialist sein, jedoch sämtliche Tätigkeitsfelder kennen und berücksichtigen. Entwicklungsingenieure, deren Hauptaufgaben im Modellieren der Funktionen, dem Festlegen der Gestalt, der Auswahl der Werkstoffe, der Dimensionierung von Produkten samt ihren Komponenten und der Erstellung der Produktdokumentation liegen, werden als Konstrukteure bezeichnet. Ein Konstrukteur führt demnach hauptsächlich Syntheseschritte durch, wohingegen der Schwerpunkt von Berechnungs- oder Versuchsingenieuren in der Analyse zu finden ist.

3 THESEN ZUR UNIVERSITÄREN LEHRE IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

3.1 AUFGABEN UND LERNZIELE

Der universitär ausgebildete Ingenieur in der Produktentwicklung von heute ist ein Entwickler, Treiber und Gestalter im Entstehungsprozess neuer Produkte. Er denkt - unter Berücksichtigung sämtlicher Phasen des Produktlebenszyklus - die neuen Produkte im Unternehmen vor, entwickelt diese

und erstellt einen großen Teil der Produktdokumentation. Damit beeinflusst er in direkter Weise den Unternehmenserfolg produzierender Unternehmen, da er den Großteil der Kosten eines Produktes festlegt und verantwortet. Hierfür braucht es einen kreativen und zielgerichteten Menschen, der sich fortwährend mit neuen Materialien und Technologien auseinandersetzt. Er

muss neben klassischem Konstruktions-Know-how, wie Kenntnissen über Maschinenelemente, Funktionsgruppen und Materialien, Fertigungs- und Montagetechnik, Konstruktionsmethodik, Lösungsfindungssystematik und räumlichem Vorstellungsvermögen, zunehmend auch Informatik- und Programmierkenntnisse sowie Kennt-

⁴ Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. Carl Hanser Verlag: München, Wien, 2003.

nisse über Elektrotechnik und Mechatronik mitbringen. Das Konstruieren von Systemen geschieht unter Verknüpfung all dieser Kenntnisse.

Die Komplexität moderner Produkte erfordert von Konstrukteuren aber auch nicht-maschinenbautypische Tätigkeiten wie Produkt- und Projektmanagement. Dieser Trend wird sich in Zukunft weiter verstärken. Der Konstrukteur von morgen muss daher auch ein Manager sein, der Projekte sowohl im Team als auch selbstständig plant, steuert und kontrolliert. Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit werden seine Arbeit immer mehr bestimmen. Der Konstrukteur von morgen muss stets das Ganze – Produkt, System, Umfeld, neue Lösungsmöglichkeiten, Wettbewerb, Wirtschaft und Gesellschaft – im Blick haben, ein analytischer, systematischer Denker sein und Kreativität, Kommunikations- und Problemlösungsfähigkeit mitbringen. Dieses Ausbildungsprofil fasst eine Acatechstudie⁵ zum Begriff Systemkonstrukteur zusammen. Dieses Berufsprofil ist das an den Universitäten zu vermittelnde Profil.

Folglich wird die Ausprägung folgender Kompetenzen benötigt:

1. Problemidentifikationskompetenz: Auf Basis einer Situationsanalyse Probleme, die es im Rahmen der Konstruktionstätigkeit zu lösen gilt, selbstständig identifizieren und eingrenzen können.
2. Problemlösungskompetenz: In der Lage sein, die identifizierten Probleme mit dem aktuellen Stand der Technik zu lösen.
3. Systemkompetenz: In der Lage sein, Wechselwirkungen zwischen Markt, Maschine und Teilsystem zu erkennen und in der Konstruktion zu berücksichtigen.
4. Funktionskompetenz:
 - a. Funktionen, die durch die Konstruktion erfüllt werden müssen, erkennen und definieren können.

b. Gewünschte Funktionen in eine Gestalt umsetzen können, die diese Funktionen realisiert, und den Zusammenhang zwischen Gestalt und Funktion kennen.

5. Gestaltungskompetenz: Die verschiedenen „Gerechtheiten“ (z. B. anforderungsgerecht, funktionsgerecht, fertigungsgerecht, montagegerecht, servicegerecht, recyclinggerecht, ...) kennen, verstehen und in Konstruktionen umsetzen können.
6. Transferkompetenz: In der Lage sein, Kenntnisse von einem exemplarisch gelernten Maschinenelement auf ein abstraktes Niveau übertragen zu können, um die Anwendbarkeit der Kenntnisse auf unbekannte Maschinenelemente und Problemstellungen zu transferieren.

Im Folgenden wird anhand von 17 Thesen dargestellt, wie diese übergeordneten und andere Kompetenzen in verschiedenen Lehrveranstaltungen vermittelt und unterstützt werden können.

1. THESE

Die Lehrveranstaltungen zu den Maschinenelementen müssen einen Überblick über die Maschinenelemente geben, wichtige Beanspruchungen beschreiben, Methodenwissen zum Dimensionieren und Gestalten vermitteln und das vermittelte Wissen an ausgewählten Beispielen exemplarisch vertiefen. Die Vielfalt der Produkte und Branchen im Maschinenbau macht es unmöglich, produktspezifisches Wissen vollständig zu erwerben. Dies ist Aufgabe weiterführender Lehrveranstaltungen und der betrieblichen und überbetrieblichen Weiterbildung.

Der Anspruch auf Vollständigkeit in der Behandlung der Maschinenelemente ist besonders durch deren Vielfalt, die permanent fortschreitende Entwicklung in technischen Teilgebieten und die begrenzte Anzahl der dafür

vorgesehenen Semesterwochenstunden nicht erfüllbar. Zugunsten der Aufnahme neuer Maschinenelemente in der Lehre muss immer wieder eine Anpassung des Inhalts an die aktuellen Entwicklungen in der Industrie erfolgen.

2. THESE

Die Lehre im Fachgebiet Maschinenelemente und im Fachgebiet Konstruktionsmethodik haben eigenständige Aufgaben und Schwerpunkte in der Ausbildung.

Im Grund- bzw. Bachelorstudium werden Grundlagen der Methodik genutzt, um strukturiertes Vorgehen zu lehren, siehe Abbildung 3. Dies beinhaltet die Methodische Produktentwicklung auf einfacher Ebene, das systematische Vorgehen bei der Dimensionierung und Gestaltung einschließlich CAD und andere rechnerunterstützte Werkzeuge sowie die Ordnung der Elemente und den Transfer auf andere Maschinenelemente.

Die wissenschaftliche Vertiefung des methodischen Vorgehens beim Lösen konstruktiver Probleme und das Vermitteln der dafür einzusetzenden Methoden ist Schwerpunkt der Lehre in der methodischen Produktentwicklung in den höheren Semestern.

3. THESE

Die Synthese von technischen Systemen als Konstruktionstätigkeit ist der Schwerpunkt der Lehre auf dem Gebiet der Maschinenelemente/Konstruktionslehre. Diese hat zum Ziel, Fach- und Methodenkompetenz aufzubauen, die Faszination des Innovations- und Gestaltungsprozesses zu vermitteln und Kreativität erlebbar zu machen.

Die Synthese von technischen Systemen hat eine besondere Bedeutung in der Ausbildung. Das Gestalten von Einzelteilen und Komponenten bis hin zum Konstruieren von Maschinen konfrontiert die Studierenden mit der Komplexität der Konstruktionsarbeit

⁵ Albers, A.; Denkena, B.; Matthiesen, S.: Faszination Konstruktion – Berufsbild und Tätigkeitsfeld im Wandel. Acatech, 2012.



Abbildung 3: Überblick über die Lehrbereiche der Produktentwicklung

und vermittelt die Notwendigkeit, ständig geeignete Kompromisse zu finden. Der iterative Charakter mit wiederholten Analyse- und Syntheseschritten ist Ausbildungsinhalt.

Die Aufgabenstellungen sollten dabei den erworbenen Fähigkeiten angepasst sein, die Kreativität fördern und über Erfolgserlebnisse die Motivation steigern. Eine **ganzheitliche Sicht** - vom Markt und der Produktidee über die Konstruktion und den Prototypenbau bis hin zur Prozessplanung und Kostenbetrachtung inklusive der Projektplanung - sollte in fortgeschrittenen Übungen und in Projektarbeiten im Team vertieft werden. Eine interdisziplinäre Einbindung von Fachkollegen - z. B. aus den Bereichen Produktionstechnik und Wirtschaftswissenschaften - kann hierfür zweckmäßig sein.

3.2 FUNDAMENT

4. THESE

Die theoretischen Grundlagen des Maschinenbaus sind unabdingbares Fundament einer erfolgreichen Lehre auf dem Gebiet der Maschinenelemente und der im Studium insgesamt erworbenen Fachkompetenz.

Wenn eine umfassende Lehre der Maschinenelemente vermittelt werden soll, ist der Bezug der zu vermittelnden Inhalte auf die Grundlagen des Maschinenbaus unverzichtbar. Hier sind insbesondere Mathematik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde, Fertigungstechnik (siehe auch These 5) sowie Elektro- und Informationstechnik als Grundlagenfächer zu nennen. Mess- und Regelungstechnik sowie Thermodynamik ergänzen die notwendigen Grundkenntnisse zum Erlangen der Berufsfähigkeit. Unverzichtbar ist auch eine Ausbildung in den Darstellungen und Regeln des Technischen Zeichnens im Sinne einer Fachsprache.

Generell sind im Fach Maschinenelemente die aktuellen Richtlinien und Normen und deren Bedeutung zu berücksichtigen.

5. THESE

Grundkenntnisse der Fertigungstechnik sind unabdingbare Voraussetzung für die Maschinenelemente-Lehre, daher ist auch ein industrielles Vorpraktikum von großer Bedeutung.

Das Basiswissen über die mit den jeweiligen Fertigungsverfahren herstellbaren Größen, Formen und bearbeitbaren Werkstoffe ist Bedingung für das Verständnis der Maschinenelemente sowie ein fertigungsgerechtes und damit kostengünstiges Konstruieren. Den Studierenden müssen schon sehr früh die Möglichkeiten und Grenzen heutiger Fertigungsverfahren aufgezeigt werden. Ein industrielles Pflichtpraktikum ist hierbei ebenso von Bedeutung wie die Vermittlung theoretischer Grundlagen schon vor Beginn der eigentlichen Maschinenelemente-Ausbildung.

3.3 EINORDNUNG IN DEN MASCHINENBAU

6. THESE

Die Lehre der Maschinenelemente erfordert als integratives Fach die Abstimmung der Lehrinhalte mit anderen Grundlagenfächern. Diese Abstimmung ist dabei auch ein wesentlicher Beitrag zur effizienten und effektiven Wissensvermittlung im gesamten Studium.

Eine zukunftsorientierte, erfolgreiche Lehre auf dem Gebiet der Maschinenelemente/Konstruktionslehre im Ba-



chelorstudium integriert beim Dimensionieren und Gestalten von Bauteilen und Komponenten nach vorgegebenen Anforderungen das Fach- und Methodenwissen der Grundlagenfächer in ein ganzheitliches, ingenieurmäßiges Vorgehen. Die **Integration des Fach- und Methodenwissens der einzelnen Disziplinen ist ein wichtiges Lehr- und Lernziel der Lehrveranstaltungen zu den Maschinenelementen/zur Konstruktionslehre.** In den höheren Bachelorsemestern sowie im Masterstudium setzen viele Fächer auf dem Wissen und den im Fach Maschinenelemente/ Konstruktionslehre erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf, entwickeln sie weiter und vertiefen sie. Eine mehrfache Behandlung von Lehrinhalten im Studium ist als didaktisches Element zweckmäßig, sollte aber auf das erforderliche Maß beschränkt werden. So können Freiräume für die Behandlung wichtiger neuer Stoffgebiete und die Umsetzung neuer didaktischer Konzepte gewonnen werden. Den Unterschieden in den Ausbildungs- und Forschungsschwerpunkten einzelner Fakultäten und Hochschulen kann dabei im Sinne einer Profilbildung Rechnung getragen werden.

7. THESE

Der großen Bedeutung der Produktentwicklung für die Fachkompetenz und Innovationsfähigkeit der Maschinenbauingenieure entsprechend ist eine angemessene Berücksichtigung in der Gesamtstundenverteilung bzw. der Verteilung der Leistungspunkte des Studiums für Vorlesungen und insbesondere Übungen sicherzustellen.

Eine Forderung nach Verkürzung des Studiums darf nicht zu einer Verringerung der Stundenumfänge bei den Lehrveranstaltungen im Bereich Produktentwicklung führen. Die dort realisierte Kombination theoretischen Wissenserwerbs mit der aktiven **praktischen Umsetzung in Konstruktionsarbeiten** ermöglicht den Erwerb entsprechender Fachkompetenz und bildet so eine wichtige Voraussetzung

für ein effektives Studium. Es ist Aufgabe der Fakultäten und der politischen Entscheidungsgremien, die notwendigen Kapazitäten auch in der Zeit knapper Ressourcen sicherzustellen.

3.4 INHALTE

8. THESE

Die Inhalte der Lehre auf dem Gebiet der Maschinenelemente sind kontinuierlich zu aktualisieren und den Entwicklungen in der industriellen Praxis anzupassen.

Über die klassischen mechanischen Maschinenelemente hinaus ist der Vielfalt an pneumatischen, hydraulischen, elektrischen, elektromagnetischen, elektronischen, optischen und weiteren Elementen angemessen Rechnung zu tragen.

Die Behandlung der mechanischen Maschinenelemente wie beispielsweise Verbindungen, Federn, Lagerungen, Kupplungen und Getriebe ist auch künftig zentraler Inhalt der Maschinenelemente-Lehre. Hinsichtlich des jeweiligen Umfangs ist dabei den Lehr- und Lernzielen einer Maschinenelementeausbildung und den veränderten Anwendungsspektren der Maschinenelemente im industriellen Einsatz Rechnung zu tragen.

Die Vielfalt moderner Maschinenelemente erfordert ein abgestimmtes Lehr- und Lernkonzept. Nicht-mechanische Maschinenelemente können aus Zeit- und Kapazitätsgründen nicht in gleicher Breite und Tiefe wie mechanische Maschinenelemente vermittelt werden. Hier bieten sich die Möglichkeiten an, Lehrinhalte auf andere Fächer des Bachelor- und Masterstudiums in gegenseitiger Absprache zu verlagern, sich auf Querschnittsübersichten mit eingegrenzter Zielstellung (z. B. nur Elemente der Antriebstechnik) zu beschränken oder sich nach fachlich-pädagogischen Gesichtspunkten auf ausgewählte Gruppen zu konzentrieren. **Aufgabe der Lehre im Fachgebiet Maschinenelemente** ist es, **Querverweise** auf die jeweiligen **vertiefenden Fächer** zu geben. Die Auswahl der Inhalte muss sich an den

Voraussetzungen und Zielstellungen der jeweiligen Universität orientieren und soll den Lehrenden ein **hohes Maß an Flexibilität** zugestehen. Die Vermittlung nicht-mechanischer Maschinenelemente kann sich z. B. an der Zielstellung „Konstruieren mit Maschinenelementen“ orientieren, bei dem vordefinierte Komponenten mit bekanntem Verhalten zu komplexeren Systemen konfiguriert werden. Hier sind Schwerpunkte zu setzen, die einen Überblick über den Aufbau und das Verhalten technischer Systeme und Komponenten im Black-Box-Modell geben, um sich dann auf die Dimensionierung und Gestaltung mechanischer Bauteile und Komponenten zu konzentrieren. Der Überblick schafft Verständnis für die Randbedingungen, denen mechanische Komponenten beim Dimensionieren und Gestalten entsprechen müssen. Bei der Systemsynthese sollten der Rechnereinsatz mit Konfigurations- und Simulationswerkzeugen sowie Engineering Datenbanken berücksichtigt werden.

9. THESE

Die Berücksichtigung wirtschaftlicher Zusammenhänge - insbesondere der kostenorientierten Produktentwicklung, Maschinenelementauswahl und Maschinenelementgestaltung - muss entsprechend ihrer herausragenden Bedeutung ein wesentliches Element der Lehre auf dem Gebiet der Produktentwicklung sein.

Die kostengerechte Gestaltung von technischen Systemen ist eine vorrangige Aufgabe im Produktentwicklungsprozess. Daher müssen bereits bei der Behandlung der Maschinenelemente wirtschaftliche Auswahlkriterien vermittelt werden. Design to cost als Grundlage einer erfolgreichen Konstruktion ist methodisch zu vermitteln. Wichtig ist es, den zukünftigen Maschinenbauingenieuren von Anfang an die **Bedeutung von Kostengesichtspunkten** aufzuzeigen und ihre selbstverständliche Beachtung bei der eigenen Arbeit zu verinnerlichen. Eine aus-



schließliche Vermittlung von technischen Ideallösungen entspricht nicht der beruflichen Wirklichkeit. Die Diskussion möglicher Alternativlösungen unter Kostengesichtspunkten unter Hinweis auf die dabei auftretenden Schwächen und Risiken muss im Sinne einer praxisorientierten Ausbildung gefordert werden.

10. THESE

Der Ingenieur ist verpflichtet stets gemäß dem Stand der Technik zu handeln. In der Beschreibung des Stands der Technik haben Richtlinien und Normen eine zentrale Bedeutung. Dementsprechend muss der Umgang mit diesen Dokumenten vermittelt werden.

Im Bereich der Produktentwicklung existiert eine Vielzahl von Richtlinien und Normen. Die Richtlinien und Normen zur Auslegung und Dimensionierung von Maschinenelementen sollen aufbauend auf den physikalischen Grundlagen als Ergebnis wissenschaftlicher Forschung vermittelt werden. Selbstverständlich kann und soll nicht jede Norm im Rahmen der Lehrveranstaltungen der Produktentwicklung im Detail behandelt werden. Jedoch sollte die Anwendung von Normen anhand ausgewählter Beispiele exemplarisch dargestellt werden. Dabei ist auch auf die juristische Bedeutung dieser Richtlinien und Normen hinzuweisen.

3.5 FÄHIGKEITEN UND FERTIGKEITEN

11. THESE

Die Studierenden sollen die wesentlichen Grundlagen der konstruktiven Gestaltung von technischen Systemen kennen und problemorientiert umsetzen können, die wichtigen Maschinenelemente kennen sowie die Methoden zur Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen beherrschen.

Durch Vorlesungen und Übungen auf dem Gebiet der Maschinenelemente müssen die Studierenden das Grundverständnis für die Prozesse und die Arbeitsinhalte in der Konstruktion und

Produktentwicklung erlangen. Arbeitsweisen müssen durch Übungen trainiert werden, um so eigene Erfahrungen aufzubauen. Die Anwendung der theoretischen Grundlagen auf die Auslegung und Konstruktion einer konkreten Maschine soll beherrscht werden. Kenntnisse der wesentlichen Maschinenelemente und der Kriterien zu ihrer Auswahl im Konstruktionsprozess stellen die Grundkompetenz für die weitere Ausbildung in der Produktentwicklung dar.

12. THESE

Konzeptionelles Skizzieren ist als Grundfertigkeit des Maschinenbauingenieurs zu vermitteln.

Eine besondere Bedeutung für die individuelle Gestaltungstätigkeit und die interdisziplinäre Kommunikation zwischen Ingenieuren und den weiteren Teilnehmern am industriellen Produktentwicklungs- und Produktionsprozess haben Fertigkeiten zum Skizzieren. 2D- und 3D-Skizzen sind schnell anzufertigen, überall einsetzbar und vermitteln anschaulich die jeweils wichtigen Sachverhalte. Das **Üben des Skizzierens** in Ansichten, Schnitten und räumlichen Darstellungen ist nach wie vor trotz des weit verbreiteten Einsatzes von CAD wichtig. Die **Skizze** ist bedeutendes Kommunikationselement für die Diskussion von Lösungsalternativen im Team und **Ausgangspunkt** für die **weitere CAD-Modellierung**.

13. THESE

Die Potenziale der virtuellen Produktentwicklung müssen zukünftigen Maschinenbauingenieuren vermittelt werden.

Die CAD-Technologie ist heute weit fortgeschritten und bietet leistungsfähige Funktionen zur 2D-Zeichnungserstellung und insbesondere zur 3D-Produktmodellierung. Sie stellt damit auch Produktdaten bereit, die in den Prozessketten der Produktentwicklung (z. B. CAD \Leftrightarrow PDM, CAD \Leftrightarrow FEM, CAD \Leftrightarrow Simulation, CAD \Leftrightarrow Rapid-Prototyping, CAD \Leftrightarrow PPS, CAD \Leftrightarrow CAM) weiterverarbeitet werden. CAD-Technologien werden heute in der Industrie als

Standardwerkzeug in der Produktentwicklung eingesetzt. Die CAD-Technologie muss daher bereits in den Lehrveranstaltungen zur Produktentwicklung eingebunden werden, siehe auch Abbildung 3. Die Veränderungen der Vorgehensweisen und auch der Abläufe im Produktentwicklungsprozess durch neue virtuelle Produktentwicklungstechnologien müssen dabei berücksichtigt werden. Zusätzliche Veranstaltungen oder eine Erweiterung des Lehrumfangs müssen sicherstellen, dass die Lehr- und Lernziele der Ausbildung in der Produktentwicklung erreicht und auch die CAD-Technologien vermittelt werden. Umfang und Inhalt sowie die eingesetzten Systeme müssen den Kapazitäten und Möglichkeiten der jeweiligen Universität vorbehalten bleiben.

14. THESE

Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Sozial- und Methodenkompetenz in der Maschinenelemente-Lehre sind zu fördern.

Der Studierende muss im Studium auch übergeordnete Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben. Dazu gehören soziale und kommunikative Fähigkeiten (z. B. Teamfähigkeit, Verantwortungsbewusstsein, Durchsetzungsvermögen, Entscheidungsfähigkeit, Präsentationsfähigkeit), Fähigkeiten zum Problemlösen, zum Nutzen und Anwenden von rechnerunterstützten Werkzeugen und zum Beschaffen von Informationen, siehe auch Abbildung 4. Das Vermitteln dieser Fähigkeiten kann nicht isoliert in einzelnen Lehrveranstaltungen erfolgen, sondern muss als Grundelement des gesamten Lehrkonzepts einer Fakultät umgesetzt werden.

Die Lehre im Fach Maschinenelemente kann dazu durch ihre besondere Struktur - Kombination von Stoffvortrag mit intensiven Übungen in Gruppen - mit geeigneten Lehr- und Lernformen wie Teamarbeit, Projektarbeit und Kolloquien einen wichtigen Beitrag leisten.

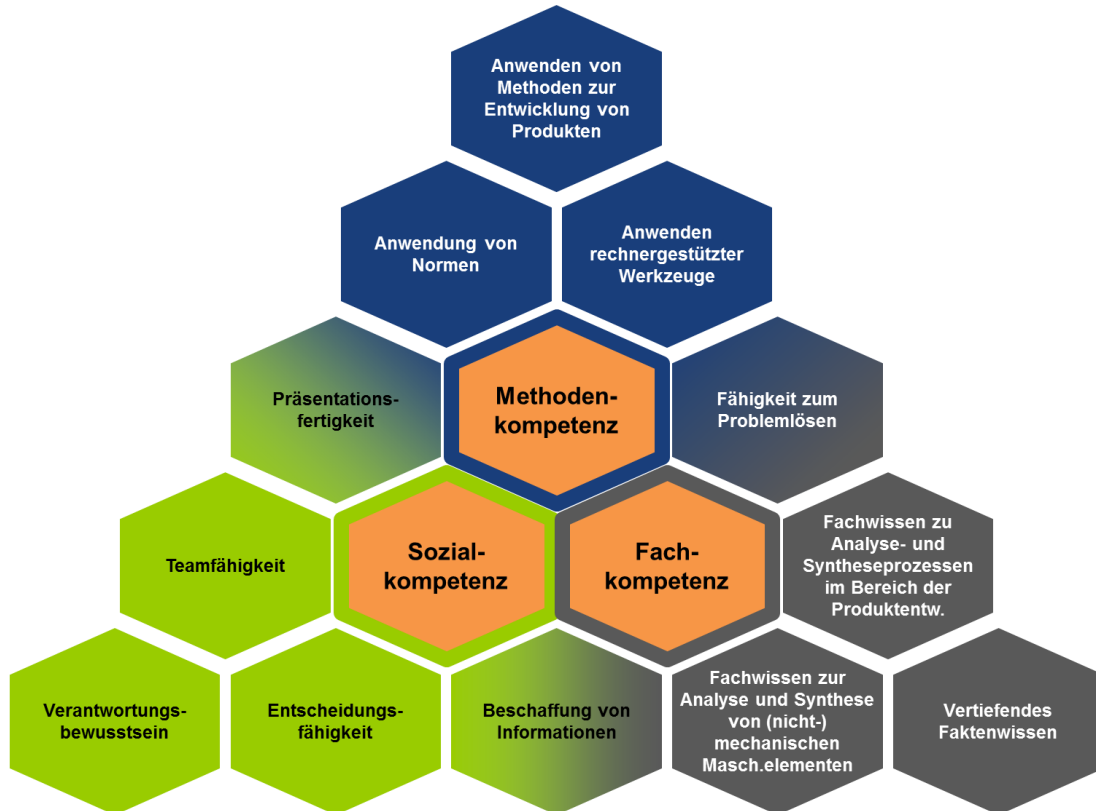


Abbildung 4: Kompetenzübersicht der Ausbildung im Bereich der Produktentwicklung

3.6 DIDAKTIK

15. THESE

Die Konstruktionsmethodik sollte als „roter Faden“ bei der Strukturierung der Lehrinhalte im Fach Maschinenelemente und ihrer didaktischen Aufbereitung genutzt werden, um so eine Einordnung des Stoffs in den Gesamtzusammenhang der Maschinenkonstruktionslehre zu ermöglichen.

Die Fülle an Fachwissen über mechanische und nicht-mechanische Maschinenelemente kann unter Berücksichtigung der vorhandenen Zeiten und Kapazitäten erkenntnisfördernd vermittelt werden, wenn die Gemeinsamkeiten hinsichtlich Aufbau, Dimensionierung und Gestaltung der Elemente herausgearbeitet werden.

Dazu sind die konstruktionsmethodischen Gesichtspunkte des Funktions-, Wirk- und Bauzusammenhangs als grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale heranzuziehen und die konkrete

Ausführungsform eines Maschinenelements als geometrisch-stofflich gestaltete Variante allgemeingültiger Wirkprinzipien darzustellen. Damit leistet die konstruktionsmethodische Strukturierung von Maschinenelementen einen wichtigen Beitrag zum Denken in Varianten und Systemen.

16. THESE

Das Arbeiten mit Anschauungsobjekten ist in die Produktentwicklungsausbildung zu integrieren.

Die Präsentation von Anschauungsobjekten in den Lehrveranstaltungen unterstützt das Erkennen und Begreifen des Aufbaus und der Eigenschaften von Maschinenelementen und technischen Systemen.

Die „aktive Analyse“ von technischen Systemen - durch Demontage und Funktionsermittlung an realen Beispielen und anschließende verallgemeinernde Funktionsabstraktion - sollte in die Lehrveranstaltungen integriert werden. Hierfür sind den Studierenden

geeignete technische Systeme zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen eines Syntheseprozesses sollte ihnen die Möglichkeit gegeben werden, mit einfachen Halbzeugen und Bauteilen oder Rapid Prototyping sowie Additiven Fertigungsverfahren Modelle herzustellen.

Die Bedeutung dieser didaktischen Elemente steigt mit den sinkenden praktischen Vorkenntnissen und Fähigkeiten heutiger Studierender.

17. THESE

Der Wissenserwerb bei den Studierenden ist durch aktive Eigenarbeit (Übungen) zu verstärken.

Einfachere Stoffumfänge und Faktenwissen müssen zum Teil in das Selbststudium verlagert werden, um in den Lehrveranstaltungen Kapazität zur Diskussion des Stoffs im größeren Zusammenhang der Produktentwicklung zu bekommen.

Das Fach- und Methodenwissen sowie zugehörige Fertigkeiten werden durch selbständiges Bearbeiten konstruktiver Aufgaben in Übungen und Projekten gefestigt und vertieft. **Übungen, vorzugsweise in kleinen Gruppen, sind deshalb unverzichtbarer Bestandteil der Lehre auf dem Gebiet der Produktentwicklung.** Die aktive Teilnahme der Studierenden muss durch geeignete Übungskonzepte gewährleistet werden. So steigert insbesondere eine Projekt- oder Kleingruppenarbeit die Motivation und damit den Lernerfolg der Studierenden.

Dem **Selbststudium** kommt bei der universitären Ausbildung eine große Bedeutung zu. Durch Verlagerung des Erwerbs von vertiefendem Faktenwissen - das in den einschlägigen Lehrbüchern ausführlich behandelt wird - in das Selbststudium kann die Vorlesung verstärkt genutzt werden, das Gelernte vor dem Erfahrungshintergrund des Hochschullehrers zu spiegeln, zu erschließen und zu diskutieren. Dieses Verständnis der Vorlesungen entspricht dem ursprünglichen Humboldt'schen Verständnis von universitärer Ausbildung und erlaubt es, die

Fachkompetenz der Studierenden gerade durch die Vermittlung solchen Erfahrungswissens wesentlich zu erhöhen. Dabei wird die individuelle Ausprägung der Lehre selbstverständlich vom industriellen und wissenschaftlichen Hintergrund der Lehrenden geprägt.

IMPRESSUM^[1]

Ansprechpartner	Univ. Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Herausgeber	Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung WiGeP e.V. c/o Institut für Produktentwicklung und Gerätebau An der Universität 1, 30823 Garbsen www.wigep.de

Dieser Leitfaden zur universitären Lehre in der Produktentwicklung, welcher auf dem Beschluss der Mitglieder der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP) vom 26. September 2013 besteht, wurde planmäßig nach fünf Jahren auf inhaltliche Aktualität überprüft und erweitert. Der in dieser Form dargestellte Leitfaden wurde in der Herbsttagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung 2018 vorgestellt und verabschiedet.