

Der Maschinenbauingenieur im Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis

VON RAINER HÄBERER

Die Qualität eines Maschinenbaustudiums wird vielfach mit einem hohen Praxisbezug in Verbindung gebracht. Studierende bevorzugen ein praxisorientiertes Studium, Hochschulen und Universitäten fordern entsprechende studienbegleitende Praktika. Man sollte also meinen, dass eine praxisorientierte Ausbildung wichtig ist.



Ich selbst habe an der Technischen Hochschule Karlsruhe „Theoretischen Maschinenbau“ studiert. Auch bei der Promotion stand die Mathematik im Mittelpunkt. Die Möglichkeit, komplexe dynamische Vorgänge über eine Simulation abbilden zu können, faszinierte mich. Die Praxis erlebte ich während meiner langjährigen Entwicklungstätigkeit bei der Robert Bosch GmbH. Aufgrund des Zeitdrucks stand man hier jedoch oft vor dem Problem, die Theorie nicht immer in ausreichender Weise in die tägliche Arbeit einfließen lassen zu können.

Da ich den Praxisbezug in der Lehre sehr schätze, pflege ich eine enge Kooperation mit der Firma SEG, dem ehemaligen Geschäftsbereich „Starter und Generatoren“ der Robert Bosch GmbH. In diesem Semester waren 35 Studierende des 6. und 7. Semesters im Rahmen des Konstruktionsseminars und mehrerer interdisziplinären Arbeiten beteiligt. Es handelt sich dabei um Qualitäts- und Weiterbildungsthemen, die für SEG von großer Bedeutung sind. Da Starter und Generatoren über mehrere Jahrzehnte evolutionär weiterentwickelt wurden, handelt es

sich um sehr komplexe Produkte mit einer sehr großen technischen Tiefe. Dies erfordert eine intensive Zusammenarbeit mit SEG. Die Studierenden gehen bei SEG ein und aus, sie werden eingearbeitet, führen vor Ort Versuche durch und diskutieren die Ergebnisse mit den Experten. SEG besucht immer wieder unsere Hochschule, um mit uns den aktuellen Stand und das weitere Vorgehen abzustimmen. Besonders schätze ich, dass wir zusammen mit erfahrenen Experten und mit einer anspruchsvollen Messtechnik aktuelle komplexe Themen bearbeiten können. Die Studierenden lösen keine Übungsaufgaben, sondern reale, nicht sofort überschaubare Aufgabenstellungen, für die sie sich zu Beginn eine geeignete Lösungsstrategie überlegen. Vorteilhaft ist es, dass ausreichend Hardware zur Verfügung steht. Außerdem erhalten wir Feldteile zur Befundung und verwenden diese Ergebnisse für unsere Weiterentwicklung.

Nach all diesen Erfahrungen stelle ich mir die Frage, wieviel Praxis für ein Maschinenbaustudium eigentlich erforderlich ist. Was können ein Überangebot an Praxis und ein Mangel an Theorie, oder auch umgekehrt, bewirken? Wie ist das Zusammenspiel

zwischen der Praxis und der Theorie? Wie ist dieses Zusammenspiel während des Studiums? Wie im späteren Beruf?

Beim Studium an einer Hochschule (und insbesondere an einer Universität) liegt der Fokus zunächst auf der Theorie. Die Studierenden werden mit Mathematik, Physik, technischer Mechanik und Informatik konfrontiert. Dazu kommen die Methoden der Produktentwicklung, die Fertigung und die methodische Konstruktionslehre, Fächer, die noch einen gewissen Praxisbezug haben. Spätestens zu diesem Zeitpunkt sollten Studierende sich jedoch intensiv mit der Praxis auseinandersetzen. Nur so können die theoretischen Grundlagen hinsichtlich ihrer Wichtigkeit eingeordnet werden. Die abstrakten Fächer bekommen einen realen Bezug, werden intensiver gelebt und somit auch in ihrer Tiefe besser verstanden. In meinen Lehrveranstaltungen ist es mir wichtig, dass technische Sachverhalte nicht bloß auswendig gelernt, sondern wirklich verstanden werden. Nur so besteht die Chance, dass das Erlernte verinnerlicht und erfolgreich auf neue Aufgabenstellungen transferiert werden kann.

Im Beruf steht die Praxis im Vordergrund. Man versucht zunächst intuitiv, mit einem großen Erfahrungsschatz und gezieltem Ausprobieren rasch ans Ziel zu kommen.

Im Beruf verändert sich die Situation völlig. Der Entwicklungsingenieur ist nun von einem meist ungeduldigen Kunden abhängig. Dazu gesellt sich ein hoch motiviertes Projektmanagement, das die Termineinhaltung verfolgt und die Nichteinhaltung sofort eskaliert, was zusätzliche Kapazität bindet. Die Vorgesetzten sehen sich eher als Manager und weniger für die Technik zuständig. Aufgrund der kurzen Entwicklungszeiten, der permanenten Verfolgung und dem parallel laufenden administrativen Tagesgeschäft arbeitet der Entwicklungsingenieur oft am Zeitlimit. Man entwickelt im „Fire Fighting – oder Task Force – Modus“. Es bleibt keine Zeit für eine tiefgründige theoretische Betrachtungsweise. Man verfällt in den Probiertmodus, was für junge, noch unerfahrene Ingenieure nicht gut ist. Jetzt, mit dem Rücken zur Wand, kann man nur noch reagieren statt überlegt agieren. Insbesondere bei einem Serienanlauf oder bei Qualitätsbeanstandungen kann da erheblicher Stress aufkommen.

Im Beruf steht die Praxis im Vordergrund. Man versucht zunächst intuitiv, mit einem großen Erfahrungsschatz und gezieltem Ausprobieren rasch ans Ziel zu kommen. Eine stärkere Berücksichtigung der Theorie wäre zu diesem Zeitpunkt sicher vorteilhaft. Somit würde man die technischen Wirkzusammenhänge eines Produktes besser verstehen, was gleichzeitig die Robustheit der Produkte steigern und die

Gesamtentwicklungszeit sogar verkürzen könnte. Dem stehen natürlich der Kunde und das Projektmanagement entgegen, die in ihrer Terminplanung immer vom Best Case ausgehen und keine Rekursionen einplanen.

Im Rahmen mehrerer gemeinsamer Projekte mit SEG konnte ich, was das Zusammenspiel von Praxis und Theorie anbelangt, interessante Beobachtungen machen. Aufgrund meiner Lehrtätigkeit habe ich mittlerweile viele Produkte in ihrer gesamten physikalischen Tiefe verstanden. Immer mehr wird mir bewusst, dass komplexe technische Systeme abstrahiert und in einfache physikalische Modelle überführt werden müssen. Diese Modelle beinhalten physikalische Parameter, die gleichsam die Stell-schrauben sind, um Abhilfeloösungen zu finden.

Hans Hofmann, ein Künstler des abstrakten Expressionismus, formulierte es so: „Die Möglichkeit, etwas zu vereinfachen, bedeutet, das Unwesentliche wegzulassen, sodass das Wesentliche zum Ausdruck kommt.“ Da stellt sich die Frage, was wesentlich ist. Anders als der Künstler

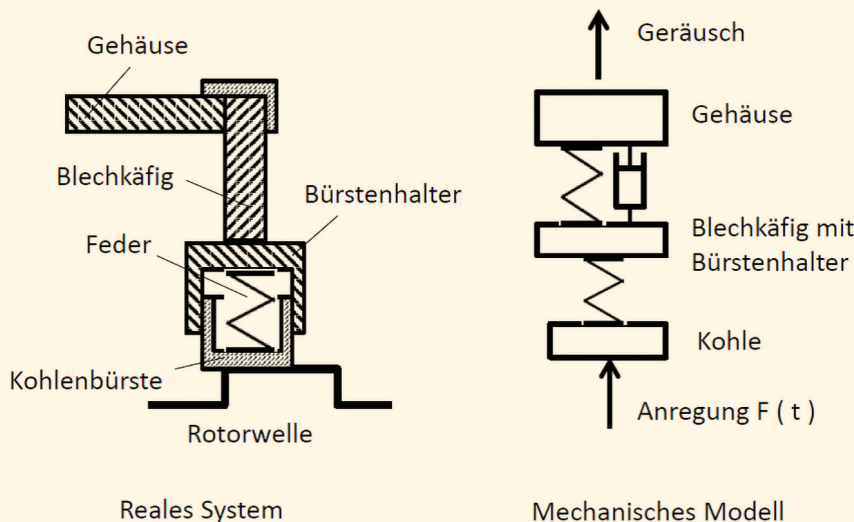
muss der Ingenieur immer wieder zwischen einer globalen und einer detaillierten Betrachtungsweise wechseln. Er darf also nicht nur in großen Dimensionen denken, sondern muss auch das Detail beachten. Oft steckt der Teufel im Detail, wodurch das Detail plötzlich wesentlich wird. Bei komplexen technischen Systemen steht man vor der Herausforderung, das Wesentliche erkennen zu müssen. Dies erfordert ein sehr gutes Verständnis der physikalischen Wirkzusammenhänge.

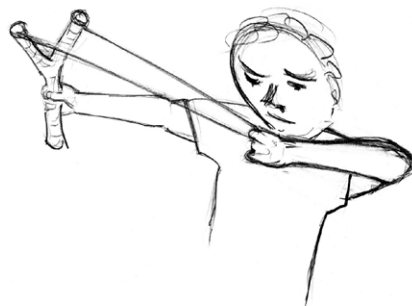
Gerade was die Zusammenarbeit mit SEG anbelangt, mache ich mir verstärkt Gedanken über das Zusammenspiel von Theorie und Praxis. Beispielfähig möchte ich auf ein Projekt näher eingehen. Die Mitspieler sind die Experten von SEG, unsere Studierenden – jeweils mit ihren spezifischen Ausprägungen in Theorie und/oder Praxis – und ich als betreuender Professor.

Bei Startern kann es bei bestimmten Drehzahlen vereinzelt zu einer Geräuschentwicklung kommen. Was ist die Ursache? Wie kann das Geräusch reduziert werden? Soweit zur Aufgabe.

In der Systemtheorie geht man davon aus, dass ein technisches System durch ein Eingangssignal angeregt wird und daraufhin wieder ein Signal ausgibt. Das Geräusch ist offensichtlich das Ausgangssignal. Nun stellt sich die Frage nach der Anregung und dem eigentlichen technischen System mit seinem Übertragungsverhalten.

Zur Bestromung der Wicklungen gleiten Kohlebürsten federbelastet über Stege, die durch Nuten voneinander getrennt sind. Diese „Schlechtwegstrecke“ führt zu einem intermittierenden Kraftsignal auf die Kohlebürsten. Dies ist das Eingangssignal. Das Resultat bzw. Ausgangssignal ist ein hochfrequentes Schwingen des Startergehäuses. Diese Schwingung überträgt sich vom Gehäuse auf die Umgebung und ist als Geräusch zu hören. Wie sieht nun das technische System zwischen Ein- und Ausgang aus? Wie





pflanzt sich die Erregung von der Kohlebürste bis zum Gehäuse fort? Die Kohle sitzt in einem Bürstenhalter und wird von einer zwischen Bürstenhalter und Kohle positionierten Druckfeder gegen die Rotorwelle gedrückt. Die Bürstenhalter werden von einem Blechkäfig, der am Außendurchmesser axial gegen das Gehäuse verspannt wird, aufgenommen. Das technische System, das den Eingangsimpuls an die Umgebung weiter gibt, ist somit definiert. Der Signalfluss ist identifiziert. Dieses reale technische System kann durch Abstraktion in ein mechanisches Modell überführt werden.

Das reale System ist vergleichbar mit einem Specht, der auf einen hohlen Baumstamm einhämmert. Man könnte das Geräusch unterbinden, wenn man zwischen dem Specht und dem Baumstamm, der einen Resonanzkörper darstellt, ein weiches Kissen platzieren würde. Man muss also die Anregung und den Resonanzkörper voneinander entkoppeln. Genau dieses Prinzip kann auch auf unser Geräuschproblem übertragen werden. Die Kohlenbürsten müssen durch zusätzliche elastische und dämpfende Elemente vom Gehäuse abgekoppelt werden. Fazit: Durch eine Abstraktion wird das Übertragungsverhalten des realen technischen Systems identifiziert. Die maßgeblichen Parameter werden erkannt und führen unmittelbar zu einem Lösungsansatz.

Eine gesunde Mischung aus Theorie und Praxis

Der Maschinenbauingenieur arbeitet stets im Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis. Das richtige Zusammenspiel ist der Garant für den Erfolg. Insbesondere bei komplexen technischen Systemen ist die Abstraktion des realen Systems das wesentliche Bindeglied zwischen der Theorie und der Praxis. Da reale technische Systeme weite Bereiche der Physik beinhalten, ist die Abstraktion ein sehr anspruchsvoller Schritt, der nicht jedem Ingenieur gelingt.

- Erfahrene Praktiker können auch ohne theoretische physikalische Kenntnisse Erfolg haben. Doch sie gehen intuitiv vor und eröffnen sich nicht alle möglichen Lösungsansätze.
- Unerfahrene Praktiker werden ohne Theorie und ohne Erfahrung wenig Erfolg haben. Sie suchen die Nadel im Heuhaufen und werden bei komplexen technischen Systemen scheitern.
- Reine Theoretiker werden bei abstrakten Aufgabenstellungen Erfolg haben. Bei den typischen anwendungsbezogenen Ingenieuraufgaben kann der fehlende unmittelbare Bezug zum Produkt ein Problem sein. Die von ihnen theoretisch erarbeiteten Lösungsvorschläge können mitunter nicht direkt in die Praxis umgesetzt werden, da man bei der rein theoretischen Lösungsfindung zunächst keinen Fokus auf die Realisierbarkeit oder Kosten hat.
- Eine ausgewogene Mischung aus Theorie und Praxis bringt offensichtlich den Erfolg. Entweder gibt es Generalisten, die aufgrund ihrer Erfahrung diese Voraussetzungen mitbringen, oder es bedarf eines Teams, bei dem dieses Know How auf mehrere Köpfe verteilt ist. Vielfach ist es üblich, dass ausgewiesene Wissensträger, sogenannte „Senior Experten“, in diese Teams mit eingebunden werden. Bei Toyota habe ich erlebt, dass Mitarbeiter, die ein umfangreiches Projekt abgeschlossen hatten, für ein halbes Jahr freigestellt wurden, um das Projekt mit seinen speziellen Herausforderungen nochmals in aller Ruhe reflektieren zu können. Man spiegelte so die Praxis an der Theorie.
- Toyota formulierte im Rahmen von Kaizen auch den Leitsatz „Go to Gemba“. Dies heißt, dass alle, auch die Theoretiker oder Vorgesetzten, bei technischen Problemen vor Ort sind und so die Praxis selbst erleben.
- Was das Maschinenbaustudium anbelangt, ist das Zusammenspiel von Theorie und Praxis von großer Bedeutung. Die Praxis unterfüttert die Theorie. Die Theorie wird umso verständlicher, je mehr der praktische Anwendungsfall bekannt ist. Der Lehrinhalt wird verinnerlicht, die Motivation steigt. Deshalb sollten Lehrveranstaltungen einerseits einen entsprechenden Praxisbezug aufweisen, andererseits die Studierenden gezielt an die Theorie heranzuführen und sie zu abstraktem analytischen Denken anregen. So lernen die Studierenden, mit den Bällen „Theorie“ und „Praxis“ sicher zu jonglieren.

Die Arbeit im Spannungsfeld von Theorie und Praxis erfordert von den Ingenieuren besondere Fähigkeiten, vor allem eine hohe Kreativität, positives Denken, kritisches Hinterfragen, ausgeprägte Flexibilität, hohe Toleranz und interkulturelle Teamfähigkeit. Dies ist fundamental, da bei vielen Betrieben Forschung, Entwicklung und Fertigung über mehrere Länder und Kulturen verteilt sind.

DR.-ING. RAINER HÄBERER
ist Professor im Studiengang
Maschinenbau.

»Die Möglichkeit, etwas zu vereinfachen, bedeutet, das Unwesentliche wegzulassen, sodass das Wesentliche zum Ausdruck kommt.«