

Raimond STRAUSS, Rostock

Zur Mathematikausbildung von Ingenieuren

Gute Ingenieure fehlen

Trotz hervorragender Berufsaussichten ging die Zahl der Studienanfänger im Fach Elektrotechnik 2006 um 15% im Vergleich zu 2005 zurück. Das ist eine sich verstärkende Tendenz, denn schon von 1989 bis 1997 musste eine Halbierung der Studienanfängerzahlen im Maschinenbau und in der Elektrotechnik hingenommen werden. Heute gibt es einem Bulletin der Bundesregierung vom Dezember 2006 zufolge etwa 25000 offene Stellen für Ingenieure. Faktoren, die den Mangel verstärken, sind die hohe Zahl von Studienabbrechern, die zu geringe Frauenquote in den technischen Fächern und der demographische Wandel. Durch eine im Vergleich zu den Erfordernissen eines Ingenieurstudiums schlechte mathematisch-naturwissenschaftliche Schulbildung entsteht Versagensangst. Es fehlt an Wissen um die grundlegende Bedeutung der Mathematik für die Hochtechnologie und damit für das Wohl der ganzen Gesellschaft ([3], [4]). Alle sollten verstehen, dass ein Mehr an Mathematik für die Zukunft unerlässlich ist. Mehr Mathematik in der Schule für jeden ist nicht nur aus ökonomischen Gründen sehr nützlich. Aber das ist ein anderes Thema und wird noch weniger verstanden. Die Hochschulen stehen vor der Aufgabe, mehr dringend benötigte Absolventen in den technischen Fächern für die Wirtschaft bereitzustellen. Langfristig wird der Bedarf nur gedeckt werden können, wenn eine Veränderung der gesellschaftlichen Akzeptanz der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung eintritt. Nur unter der Prämisse der Mathematik und Naturwissenschaften wird man die anderen blühenden Wissenszweige, die für den produktiven Sektor keinen Beitrag leisten, erhalten können. Schon jetzt werden die Folgen der Vernachlässigung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung in Verlusten der Innovationskraft der Wirtschaft, die zum massenhaften Verlust von Industriearbeitsplätzen führt, deutlich. Man kann bald weder die höchste Kulturdichte der Welt noch das Sozialsystem finanzieren. Der Abbau von Mathematik in den Schulen vor Jahrzehnten auf ein bis dahin in Deutschland für unmöglich gehaltenes niedriges Niveau zeigt seine Folgen. Auf breiter Front muss umgesteuert werden. Der Grund ist der Wille zur Gestaltung einer lebenswerten

Zukunft, also Überlebenswille. Neben dem Problem der ausreichenden Anzahl von Ingenieuren gibt es ein qualitatives Problem. Die schlechte Vorbildung der Studenten ist, wie Untersuchungen zeigen, an der Hochschule kaum zu beheben ([2]). Sie führt fast zwangsläufig zum Versagen. Dadurch entsteht ein starker Druck auf die Curricula und die Prüfungsanforderungen. Vorschläge zum Abbau von Mathematik und zur Senkung der Prüfungsanforderungen übersehen, dass man für die Technologieentwicklung und die Flexibilität in den technischen Bereichen auf fundamentales Wissen angewiesen ist. Daneben wird auch direkt anwendbares Wissen mit geringer Halbwertszeit gebraucht, das man sich auf Basis einer guten theoretischen Bildung vergleichsweise leicht nach Bedarf aneignen kann. Im Folgenden soll auf Defizite in den Inhalten der Vorlesungen „Mathematik für Ingenieure“ eingegangen werden.

Mathematik für Ingenieure

Zu viel Schulstoff

Die Vorlesungen „Mathematik für Ingenieure“ bestehen üblicherweise zu ungefähr jeweils einem Drittel der verfügbaren Zeit aus den Teilen lineare Algebra und analytische Geometrie, Analysis I und Analysis II. Dabei treten Überschneidungen zwischen in der Schule behandelten Themen und Analysis I sowie der linearen Algebra speziell in der analytischen Geometrie auf. In Mecklenburg-Vorpommern sind die folgenden Begriffe bzw. Themen Schulstoff ([1]): Zahlenfolgen, Zahlenreihen, Grenzwert von Zahlenfolgen und Funktionen, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Ableitung, Kurvendiskussion, elementare Funktionen, Integral, partielle Integration, Substitutionsmethode, Flächenberechnung, Volumen von Rotationskörpern, Newtonverfahren, numerische Integrationsmethoden, Geraden und Ebenen, Kreis und Kugel mit Lagebeziehungen, Skalarprodukt, Gaußscher Algorithmus. Der Einsatz von CAS ist in allen zum Abitur führenden Schulen vorgesehen.

Zu wenig höhere Mathematik für Ingenieure

Da zahlreiche von Ingenieuren benötigte mathematische Begriffe und Verfahren nicht ausreichend gelehrt werden, muss man nach dem Sinn der Elementarmathematik in den Vorlesungen fragen. Für die Behandlung vieler

praxisrelevanter Themen der höheren Mathematik fehlt dann die Zeit. Ingenieure aus Praxis und Wissenschaft kritisieren die Mathematikausbildung in folgender Weise: *Was man in der Vorlesung lernt, wird nicht gebraucht und was gebraucht wird, wird nicht behandelt.* Das ist so allgemein formuliert falsch. Aber man findet in den traditionellen Vorlesungen zur Ingenieurmathematik Verfahren, die unter den heutigen technologischen Möglichkeiten und Erfordernissen für praxisnahe Beispiele unbrauchbar sind. Sie sind nicht effektiv oder führen sogar zu Fehlern. Ein Beispiel ist die Berechnung der Eigenwerte einer Matrix als Nullstellen des charakteristischen Polynoms. Die Eigenwerte einer $(100, 100)$ -Matrix können die Ingenieure nach dem Studium wenn überhaupt, dann nur mit einem Standardbefehl eines Computeralgebrasystems berechnen. Eine Unterscheidung des Problems in vollständiges oder partielles Eigenwertproblem ist ihnen meist nicht bekannt. Über jeweils geeignete Näherungsverfahren und deren Eigenschaften wissen sie nichts.

Grundaufgaben

Modellgleichungen werden diskretisiert und linearisiert und so zu einem Rechnermodell. Matrizen sind die Datenstruktur, mit der konkrete Probleme auf dem Rechner gelöst werden. Dabei werden Methoden und Verfahren der linearen Algebra und der numerischen Mathematik verwendet. Man kann in der Ingenieurpraxis mathematische Grundaufgaben finden, die unabhängig vom konkreten Problem immer wieder auftreten: *(numerische) Lösung von Differentialgleichungen, große lineare Gleichungssysteme, große Eigenwertaufgaben, kleinste-Quadrate-Näherung, nichtlineare Gleichungssysteme.* Daneben gibt es viele andere mathematische Themen, die für die Praxis immer wichtiger werden und deshalb von eigenen Lehrveranstaltungen abgedeckt werden: *Diskrete Mathematik, Lineare Optimierung, Stochastische Verfahren.*

Für jede der Grundaufgaben werden Methoden aus der linearen Algebra verwendet. Will man die Vorlesungen modernisieren und die Möglichkeiten, die Computeralgebrasysteme bieten, nutzen, so wird wesentlich mehr Zeit für die Mathematik in der Ingenieurausbildung benötigt.

Ergänzungskurs

Als persönliche Lösung des beschriebenen Problems habe ich einen fakultativen Ergänzungskurs zur Ingenieurmathematik eingerichtet. Inhaltlich orientiert er sich an den Grundaufgaben. Im Mittelpunkt stehen deshalb Ergänzungen zur linearen Algebra. Konkrete Themen sind Matrizen (Faktorisierung, Normen, Fehler, Kondition, Stabilität), lineare Gleichungssysteme und Ungleichungssysteme, kleinste-Quadrate-Methode (QR-Zerlegung), Vektorräume, lineare Abbildungen, Eigenwertprobleme, DGL-Systeme, Polynominterpolation, Polynome und Funktionen von Matrizen, Systeme von Differenzgleichungen, Iterationsverfahren, Skalarprodukt, Winkel, Orthogonalität, Normen, Euklidische und unitäre Räume, Hilbertraum, Orthonormierungsverfahren, Projektion, Orthogonalentwicklungen, Fourierreihen und Anwendungen, trigonometrische Interpolation, Fouriertransformation, Laplace-Transformation. Das Konzept des Kurses setzt auf die Eigenverantwortung der Studierenden. Obwohl der vergebene Schein vergleichsweise wertlos ist, wird der Ergänzungskurs von den Hörern meiner Vorlesung „Mathematik für WIW“ sehr gut angenommen.

Literatur

- [1] Kerncurriculum Mathematik für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe. <http://www.bildung-mv.de>.
- [2] **Polaczek, C.:** *Studie zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Studienvoraussetzungen und Studienerfolg an der Fachhochschule Aachen*. <http://www.fh-aachen.de/6806.html>.
- [3] **Grünwald, N.; Kossow, A.; Schott, D.:** *WMY2000 - World Mathematical Year 2000; Mathematik - eine Schlüsselqualifikation in der Ingenieurausbildung*. Global J. Engng. Educ., 4, 2, 129-134(2000).
- [4] **Strauß, R.:** *Bemerkungen zur Vorlesung „Mathematik für Ingenieure“*. Global J. Engng. Educ., 10, 3, 299-313(2006).