# Ein Lehrkonzept für die Ingenieurmathematik an Hochschulen

Volker Gensichen, FH Münster, FB Bauingenieurwesen

(*Kritik und Anregungen bitte an* gensichen@fh-muenster.de )

*Zusammenfassung*

Im Folgenden werden die Erfahrungen zusammengetragen, die der Autor in 23 Jahren Lehre im Fach Ingenieurmathematik an der Fachhochschule Münster gesammelt hat. Im Anschluss an diese Bestandsaufnahme werden Vorschläge entwickelt, wie ein effektives Lehrkonzept für dieses Fach, das sowohl für die Ingenieurausbildung als auch die Berufspraxis von grundlegender Bedeutung ist, gestaltet werden kann.

*Inhaltsverzeichnis*



## 1 Bestandsaufnahme zur Ingenieurmathematik an Hochschulen

Im Berichtszeitraum (1983 – 2006) haben bis zu 30 Studierende pro Semester vornehmlich wegen ihrer Probleme im Fach Mathematik von anderen Fachhochschulen und Universitäten an die FH Münster gewechselt. Um die Beweggründe zu analysieren, hat der Autor die Wechsler befragt und zusätzlich zahlreiche Mathematik-Kollegs und Klausuren der betreffenden Hochschulen durchgearbeitet.

Die Ergebnisse sind erschreckend, und zwar unabhängig davon, ob es sich um die Lehrveranstaltungen an Fachhochschulen oder Universitäten handelt und welches Bundesland betroffen ist. In fast allen untersuchten Fällen wird eine Mathematik betrieben, die bestenfalls der Wiederholung eines Leistungskurses an einem Gymnasium entspricht, in vielen Fällen aber aus einer völlig praxis- und ingenieurfernen Vorlesung besteht, wie sie an einem Institut für Theoretische Mathematik an der Universität für angehende Diplom- und Lehramtsmathematiker angeboten wird. Die Belange der Angewandten Mathematik und der Ingenieurmathematik bleiben hierbei völlig auf der Strecke.

Hierzu ein typisches Beispiel von einer Hochschule in NRW: Die Vorlesung heißt zwar "Mathematische Methoden im Bauingenieurwesen", enthält jedoch nicht ein einziges Beispiel aus der Physik oder dem Ingenieurwesen, geschweige denn aus dem Bauingenieurwesen; sie erschöpft sich statt dessen in theoretischen Beweisführungen und der abstrakten Darstellung irgendwelcher mathematischer Formalismen.

<u>Die Ursachen</u> für diese untragbaren Umstände sind darin zu sehen, dass die erforderliche (Ingenieur-) Mathematik fast immer von Mathematikern angeboten wird, die nicht willens und / oder nicht in der Lage sind, sich auf die für den Ingenieur erforderlichen Grundlagen und die weiterführenden Methoden der (sehr umfangreichen und schwierigen) Ingenieurmathematik einzustellen. Außerdem ist die Ausbildung der Mathematiker im allgemeinen so theorielastig, dass sie von erfahrenen Mathematikdozenten selbst in Frage gestellt wird; sinngemäß aus [1] zitiert: "Das falsche Ausbildungssystem in der Mathematik reproduziert sich selbst". „Niemals etwas Nützliches getan oder

Die Liebe zur Sondermarke“, so charakterisiert ein emeritierter Ordinarius der Angewandten Mathematik das Wirken bestimmter Hochschullehrer im Bereich der Theoretischen Mathematik [2]. Die Folgen für die Ausbildung im Fach Mathematik an Schulen und Hochschulen sind unschwer zu erahnen.

Ferner wird – besonders an den Universitäten – für alle Ingenieurdisziplinen häufig eine gemeinsame Lehrveranstaltung durchgeführt. Es ist evident, dass eine solche Veranstaltung allein bereits wegen der hohen Teilnehmerzahl (häufig mehrere hundert Studierende) nicht den gewünschten Erfolg haben kann. Zu bedenken ist ferner, dass sich die Schwerpunkte der mathematischen Methoden z. B. für die Elektrotechnik und für das Bauingenieurwesen stark unterscheiden. Zur Veranschaulichung dieses Sachverhalts: Kein vernünftiger Mensch käme auf die Idee, Studierende der französischen und der spanischen Sprache in einer gemeinsamen Lehrveranstaltung von einem Dozenten für Latein unterrichten zu lassen, mit der Begründung, dass es sich um romanische Sprachen handele, deren Wurzeln ja schließlich im Lateinischen zu suchen seien.

Eine Lehrveranstaltung mit diesen Randbedingungen provoziert den GAU!

## 2 Vorkenntnisse und Motivation der Studierenden

Dass die Studienanfänger auch in den Studiengängen der Ingenieurwissenschaften fast flächendeckend mit unzureichenden Kenntnissen in den Grundlagen des Rechnens (!) und der Mathematik an die Hochschulen kommen, ist seit langem bekannt. Dass diese Defizite in den letzten Jahren noch zugenommen haben, zeigt der vom Autor regelmäßig mit den Studienanfängern durchgeführte Test, in dem einfache Grundkenntnisse des Rechnens und der Mathematik abgefragt werden (Bild 1).

Bei den permanent wiederholten Klagen über die schlechten Grundkenntnisse werden zumeist jedoch drei weitere folgenschwere Defizite übersehen. Zum einen ist Studienanfängern zumeist nicht bewusst, welche gravierenden (wirtschaftlichen und ggf. auch strafrechtlichen) Folgen eine falsche Berechnung haben kann und dass ein Entwurfsverfasser für seine Ergebnisse „den Kopf hinhalten“ muss. Darüber hinaus fehlt Erstsemestern weitgehend die Kenntnis, dass eine Berechnung ein wichtiges (u. U. sogar amtliches) Dokument sein kann, für das bestimmte inhaltliche und formale Regeln gelten (Stichwort „prüffähige Berechnung“). Ferner ist der Glaube an die mit dem Taschenrechner oder dem PC erzielten Ergebnisse geradezu grenzenlos, die Notwendigkeit von Kontrollen häufig unbekannt.

Die Ursachen für die mangelhaften Grundkenntnisse und eine häufig geradezu naive Grundeinstellung, was die erforderliche Sorgfalt im Umgang mit Lernen und Wissen angeht, sind vielfältig und zum Teil auch bereits angesprochen. Forscht man gleichzeitig nach den Gründen dafür, dass sich zu wenige Schulabgänger für ein natur- oder ingenieurwissenschaftliches Studium entscheiden, so ist eine allgemeinere Betrachtungsweise erforderlich.

In einer Welt, in der Realität und Fiktion immer schwieriger zu unterscheiden sind, und in einem gesellschaftlichen Umfeld, in dem Marketing und Verpackung mehr Aufmerksamkeit erlangen als deren Inhalte, wo Ereignisse erst dann Wirklichkeit werden, wenn sie in den Medien erscheinen, Kommunikation als ein Wert an sich gilt und in dem das belanglose Gerede („Das sag ich jetzt mal so.“) in Talkshows sachlichen Diskussionen vorgezogen wird, ist es schwierig, junge Menschen bereits in der Schule für naturwissenschaftliche Fächer und später für ein Studium zu gewinnen, das nur mit intensiver geistiger Anstrengung zu bewältigen ist.

Infolge der einfachen Verfügbarkeit der grenzenlosen Wissensfülle ist der Umgang mit dieser so wertvollen Ressource sorglos geworden. Ein typisches Beispiel hierfür kann in der Schule in allen Jahrgangsstufen beobachtet werden. Sollen sich die Schüler zu Hause über ein bestimmtes Thema informieren, so legen sie am nächsten Tag einen perfekten Ausdruck aus dem Internet vor. Die Frage des Lehrers nach dem *Inhalt* scheint viele Schüler auf das Höchste zu erstaunen: Sie sind überhaupt nicht auf die Idee gekommen, dieses Papier zu lesen.

Heutzutage wird für jede erbrachte noch so geringe Leistung selbstverständlich eine Belohnung erwartet. Das fängt bei den Kindergeburtstagen an (Kein Spiel ohne Preis für alle!) und setzt sich in der Schule fort (Der Lehrer ermuntert zur Teilnahme an einem Wettbewerb außerhalb des Unterrichts; die Schüler fragen sofort, was sie dafür bekommen.). Im Fernsehen gibt es kaum eine Sportsendung ohne Gewinnspiel mit Fragen, die so dümmlich sind, dass man sich eigentlich schämen müsste, an dem Spiel teilzunehmen. Mit einer noch so unsinnigen Leistung kann man ins Guiness-Buch der Rekorde gelangen; als Belohnung winkt weltweite Aufmerksamkeit.

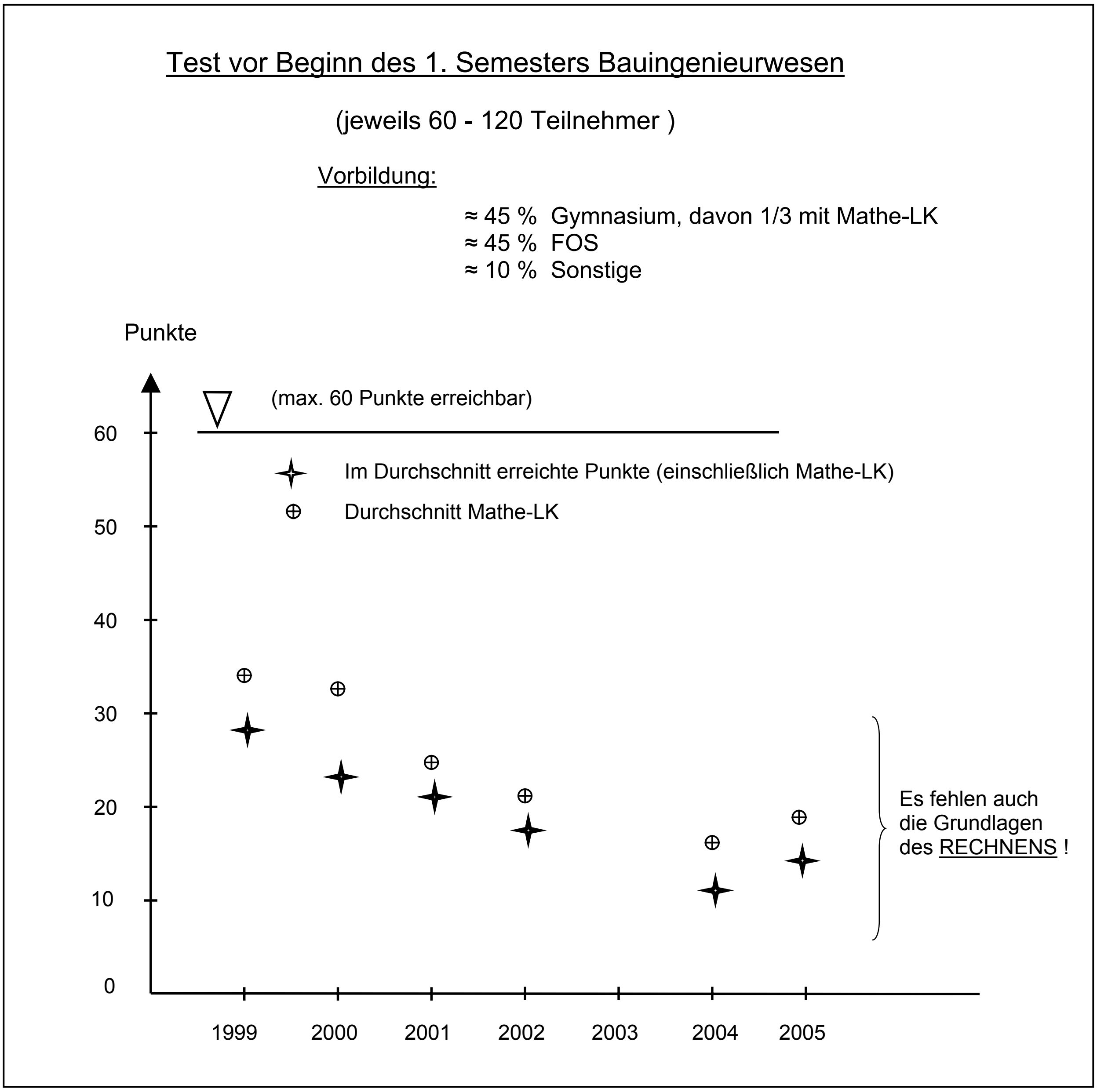



**Bild 1:** Auswertung des Eingangstests zu den vorhandenen Schulkenntnissen

Eine solche „Belohnungsmentalität“ verschüttet das Bewusstsein dafür, dass man sich mit einer erfolgreich gelösten Aufgabe in erster Linie selbst belohnt, sich ein Gefühl der Befriedigung verschafft, sich weiterentwickelt.

Diese Zusammenstellung ist bewusst einseitig und plakativ. Sie zeigt jedoch, dass sich ein (Hochschul-)Lehrer sehr viel einfallen lassen muss, um seine Zuhörer überhaupt zu erreichen und zu einer konstruktiven Mitarbeit zu motivieren. Dies gilt in besonderem Maß für das Fach Mathematik, das von vielen Schülern und überraschender Weise auch von zahlreichen Studierenden der Ingenieurwissenschaften geradezu als „feindlich“ empfunden wird. Diese an sich kaum glaubhafte Tatsache ergibt sich aus den über viele Jahre vom Autor durchgeführten Fragebogenaktionen über die Mathematik-Lehrveranstaltung jeweils nach dem ersten und dritten Semester. Alle abgefragten Teilaspekte wurden von den (im Durchschnitt über 100) Teilnehmern als gut bis sehr gut eingestuft, jedoch mit Ausnahme der Frage, ob die Veranstaltung das Interesse am Fach Mathematik gefördert habe; hier wurden fast ausnahmslos die Noten drei bis vier vergeben. Ingenieurmathematik wird also von den Studierenden eher als lästig und als notwendiges Übel empfunden.

## 3 Folgen und Abhilfe

Aus den beschriebenen Missständen folgt u. a.:

- Es fehlt häufig von vornherein das erforderliche Vermögen, die erste beschwerliche Durststrecke des Grundstudiums durchzuhalten.
- Die Studierenden erlernen nicht das für ihren anspruchsvollen Beruf erforderliche mathematische Handwerk.
- Sie vergeuden ihre Zeit mit einer „mathematischen Dressur”, die ihre Scheinberechtigung nur im Bestehen einer Klausur findet. (Hierbei sollte nachdenklich machen, dass Durchfallquoten von über 90 % in der Ingenieurmathematik keine Seltenheit sind.)
- Sie wechseln nach 6 bis 12 Semestern der vergeblichen Bemühungen im Fach Mathematik an eine andere Hochschule. (Welche Vergeudung von Zeit und Ressourcen!)
- Sie scheitern mit ihrem Ingenieurstudium an einer künstlich errichteten Hürde, deren Überwindung oder Nichtüberwindung keinen Rückschluss auf ihre Begabung für ein Ingenieurstudium zulässt. (Der Autor hat im Lauf der Jahre viele dieser Wechsler bei ihrer Diplomarbeit betreut, die teilweise mit sehr gutem Erfolg abgeschlossen wurde.)

Die Lehre an den Hochschulen muss Wege finden, vom ersten Tag des Studiums an und in der knappen zur Verfügung stehenden Zeit die beschriebenen Defizite zu beheben und den Studierenden das Rüstzeug für den späteren Berufsalltag zu vermitteln.

Die Abhilfemaßnahmen könnten folgende Elemente umfassen:

- Vorlesungen und Übungen im Fach Mathematik dürfen nicht für alle Ingenieurdisziplinen gemeinsam veranstaltet werden, sondern müssen für jede Ingenieurdisziplin getrennt und auf die speziellen Belange dieser Disziplin abgestimmt durchgeführt werden.
- Die Inhalte der Lehrveranstaltung müssen möglichst häufig den Bezug zur späteren Anwendung im Beruf deutlich erkennen lassen (detaillierte Vorschläge s. Abschn. 4).
- Übungen müssen in überschaubaren Gruppen durchgeführt werden. Ihre Betreuung darf nicht allein Assistenten und Tutoren überlassen werden. Der für die Vorlesung verantwortliche Dozent sollte regelmäßig selbst an den Übungen teilnehmen; nur dann ist er in der Lage, Schwachpunkte seiner Vorlesung zu erkennen und zu beseitigen, und nur so kann er einen realistischen Eindruck von den Fähigkeiten und Defiziten der Studierenden erhalten. Zudem kann der durch die Nähe von Dozent und Studierenden erwirkte positive psychologische Effekt gar nicht überschätzt werden.
- Im Bauingenieurwesen sollten die Lehrveranstaltungen Ingenieurmathematik und Technische Mechanik eng gekoppelt werden. Hierzu wird in Abschnitt 4 ein erfolgreich praktiziertes Modell in allen Einzelheiten vorgestellt.
- Der Name der Lehrveranstaltung sollte (bereits in der Stellenausschreibung) unbedingt den Hinweis auf die Ingenieurmathematik enthalten, also z. B. „Grundlagen der Ingenieurmathematik” oder „Mathematische Methoden des Bauingenieurwesens” usw., ein deutlicher Hinweis darauf, dass es sich bei dieser Veranstaltung nicht um die bloße Wiederholung eines Mathematik-Leistungskurses mit einem angehängten Vorbereitungskurs für ein Studium der theoretischen Mathematik handelt. Die Freiheit der Lehre wäre dann im positiven Sinne eingeschränkt und eine gewisse Kontrolle durch die Hochschule / die Studierenden möglich.
- Bei einer Stellenausschreibung für das Fach „Ingenieurmathematik“ sollten grundsätzlich auch Ingenieure aufgefordert werden, sich zu bewerben. Mathematiker hätten den Nachweis zu erbringen, dass sie sich ausführlich mit den Problemen der Angewandten Mathematik im Be-

reich des Ingenieurwesens und / oder der Physikalischen Technik befasst und möglichst auch einen gewissen Zugang zur industriellen Praxis haben.

- Bei der Auswertung von Lehrberichten und Evaluationen sollte der unabhängigen studentischen Kritik mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Zahlen zu Studienabbrechern, Wechslern und Durchfallquoten könnten eine halbwegs objektive Grundlage für das Erkennen und das Abstellen von Missständen bilden.

## 4 Detailliertes Lehrkonzept für die Ingenieurmathematik im Bauingenieurwesen

Der Autor war (als Bauingenieur) 23 Jahre lang in der Ausbildung der Studierenden auch im Fach Ingenieurmathematik tätig. Zunächst einige Kennzahlen:

Mathematik im Diplom-Studiengang Bauingenieurwesen (1983 bis 2006)

| | |
|---|---|
| Umfang der Lehrveranstaltung: | 1. bis 3. Semester |
| Vorlesung: | 1. Semester 4 SWh, 2. und 3. Semester je 2 SWh |
| Übung: | 4 Gruppen, je 2 SWh pro Semester<br>Individuelle Bearbeitung von Aufgaben, die auf Umdrucken unter Angabe der Lösung (ohne Lösungsweg) vorgegeben waren. |
| eingeschriebene Teilnehmer: | 160 bis 220 |
| aktive Teilnehmer: | 140 bis 180 |
| Leistungsnachweis:<br>(„Hausübung“) | 1 LN/Semester mit je 6 bis 8 größeren Aufgaben (gleiche Aufgabenstellung für alle, aber mit individuellen Parametern). |
| Klausur: | Eine Abschlussklausur nach dem 3. Semester; 3½ h Dauer |

Zur Vorlesung wurde ein zu ca. 80% ausformuliertes Skript verteilt. Interessanter Weise wurde von den Studierenden ein vollständiges Skript abgelehnt, wie sich aus den in jedem Jahrgang durchgeführten Fragebogenaktionen (s. Anhang) ergab. Sämtliche alten Klausuren wurden mit Angabe der Lösung (ohne Lösungsweg) ins Internet gestellt [6], so dass den Studierenden der geforderte Leistungsumfang bekannt war.

Um den Studienanfängern von Anfang an klarzumachen, dass sie für die Ergebnisse ihrer Berechnungen künftig die volle Verantwortung übernehmen müssen, wurden zu Beginn der Lehrveranstaltung Fotos von Bauwerksschäden und -einstürzen gezeigt. Auch im weiteren Verlauf der Veranstaltung wurden entsprechende aktuelle Ereignisse eingebracht.

Bei der Konzeption der Lehrveranstaltung wurde größter Wert darauf gelegt, die enge Verbindung der Ingenieurmathematik mit den Problemen der Naturwissenschaften und dem täglichen Leben im Allgemeinen sowie dem Bauingenieurwesens im Besonderen so häufig wie möglich darzustellen, um den weiter oben bereits dargelegten Widerwillen vieler Studierenden gegen die Mathematik abzubauen und ein konstruktives Interesse an diesem schwierigen Fach zu erzeugen. Einige dieser praxisbezogenen Beispiele werden im Folgenden zusammengestellt:

Beispiel 1: Exponentialfunktion

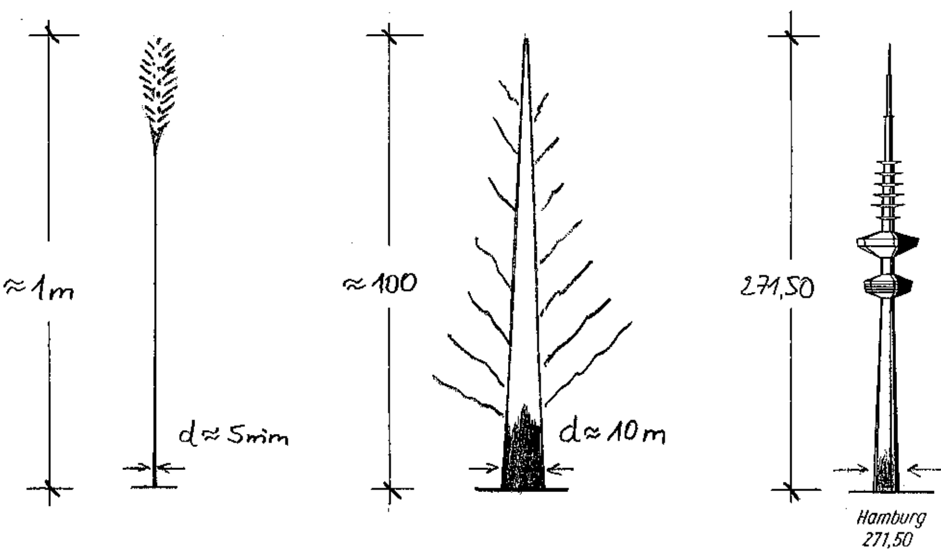
Neben den geläufigen Anwendungen auf die Probleme Wachstum, Zerfall, stetige Verzinsung, Erwärmung, Abkühlung usw. erwies sich ein einfaches, im Hörsaal durchführbares Experiment zur Seilreibung als besonders eindrucksvoll: Das Seil wurde im Hörsaal um eine Säule geschlungen und an einem Ende von einer grazilen Studentin mit einer Hand lässig festgehalten. Am anderen Seilende versuchte ein kräftiger Student vergeblich, die Frau mit dem Seil heranzuziehen. Im Anschluss an dieses Experiment wurden dann Probleme wie Reibungsverlust in Spanngliedern, Befestigung von Schiffen an einem Poller und Lasten in Silozellen erörtert.

Beispiel 2: Geometrie, Modellgesetze, Fehlerfortpflanzung, Extremal-Probleme

Einer der Ausgangspunkte für viele kapitelübergreifende Probleme ist das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Zunächst einmal lässt man schätzen, wie viele Volumeneinheiten eines Tischtennisballs in einen Tennisball passen. Dann folgt die Berechnung. Anschließend werden entsprechende Überlegungen an gleich hohen Zylindern durchgeführt, deren Durchmesserverhältnis jedoch 1:2 ist. Die Ergebnisse dieser Berechnung können sehr einfach durch Auslitern zylindrischer Behälter im Hörsaal überprüft werden. Es wird anschaulich klar, dass nichtlineare Zusammenhänge kaum anschaulich richtig eingeschätzt werden können, ein Ausgangspunkt für viele weitere Probleme (z. B. Berechnung von Steuern, die ebenfalls in einem Kapitel kurz behandelt werden). Mit der Frage, ob eine Eiskugel, die einen 20% größeren Durchmesser hat als die Standard-Eiskugel, aber 40% mehr kostet, günstiger ist, erlangt man die volle Aufmerksamkeit der Zuhörer. Diese Beispiele können dann später in der Differential- und Fehlerrechnung wieder aufgenommen werden.

Anschließend werden für Kugel und Zylinder die Abhängigkeit der Oberflächen vom Durchmesser berechnet und die Ergebnisse mit denen für das Volumen verglichen. Nun können wieder verschiedene praktische Probleme untersucht werden: Extremalprobleme wie die Ermittlung günstiger Formen im Behälterbau, Abfall und Aufwand beim Schälen von großen und kleinen Äpfeln, Kartoffeln („Kugeln") und Möhren („Zylindern"), aber auch die Explosionsgefahr von staubförmigen Gütern in Mehl- und Getreidesilos. Sehr effektvoll ist es, zu den Auswirkungen einer Staubexplosion Fotos von den Gebäudeschäden zu zeigen. Es wird klar, dass das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen sowie auch die absolute Größe eines Gegenstands eine für viele Probleme entscheidende Kenngröße ist. Anmerkungen zur Nanotechnologie (Änderung der mechanischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften beim Übergang zu Nanopartikeln) können ergänzend angefügt werden.

An dieser Stelle könnte eine Einführung in die Modellgesetze angeschlossen werden, z. B. ausgehend vom Vergleich der Abmessungen eines Getreidehalms mit denen eines Mammutbaums und eines Fernsehturms. Zu einem ähnlichen Ergebnis führt der Vergleich der Skelette von Dinosaurier und Eidechse (auf gleiche Größe gebracht; s. Bilder 2, 3). Es ergibt sich die




| | Getreidehalm | Mammutbaum | Fernsehturm |
|---|---|---|---|
| Höhe/ Durchmesser : | 200 | 10 | 20 |

**<u>Bild 2:</u>** Vergleich der Schlankheit „turmartiger Bauwerke"

Erkenntnis, dass die Abmessungen des Traggerüsts von großen Lebewesen und Bauten im Schwerefeld überproportional zu ihrer charakteristischen Längenabmessung zunehmen. Aus diesen Überlegungen folgt auch, dass zur Übertragung einer bestimmten Kraft eine lange dünne Schweißnaht ein geringeres Volumen aufweist als eine kurze dicke Naht, da die übertragbare Kraft linear mit der Nahtdicke zunimmt, das Nahtvolumen jedoch mit der 2. Potenz. Zudem wird klar, warum eine Ameise das 500fache ihres Körpergewichts tragen kann, was dem kräftigen Elefanten verwehrt bleibt, und warum fast jedes Insekt fliegen kann, was größeren Lebewesen nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich ist. Eine ausführliche Darstellung dieser Zusammenhänge wird in dem unbedingt lesenswerten Aufsatz [5] gegeben.

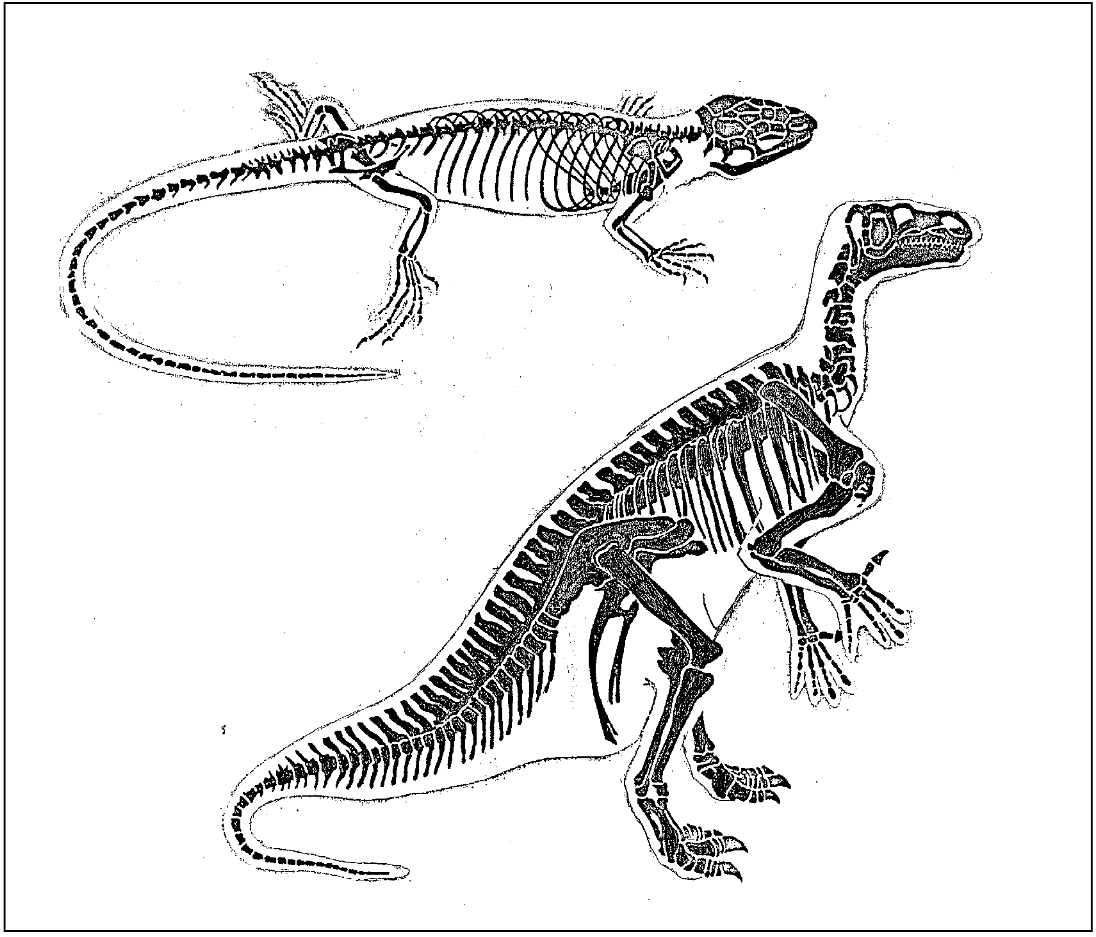


**Bild 3:** Skelett von Eidechse und Dinosaurier nach [5]

Beispiel 3: Rechnen mit Logarithmen / Genauigkeit der Zahlendarstellung

Schüler neigen dazu, bei Kettenrechnungen aus Unsicherheit stets sämtliche vom Taschenrechner angezeigte Stellen weiterzuverwenden und auch bei den Endergebnissen anzugeben. C. F. Gauß hat hierzu treffend angemerkt:

„In nichts zeigt sich der Mangel an mathematischer Bildung mehr als in einer übertrieben genauen Rechnung."

Deshalb wurde die „3-Ziffern-Regel" eingeführt, die besagt, dass es im Ingenieurwesen im Allgemeinen völlig ausreicht, die Berechnungen mit drei (maximal 4) führenden Ziffern durchzuführen. Die Fehlerfortpflanzung und die Ausnahmen von dieser Regel wurden an zahlreichen Beispielen besprochen, insbesondere auch die Einschätzung der Ergebnisse von Kontrollen für Berechnungen, die mit derart gerundeten Zahlen durchgeführt wurden.

Es ist kaum vorstellbar, wie mühsam es ist, die Studierenden zur Anwendung der 3-Ziffern-Regel zu bringen. Ein wirkungsvolles Argument bei der Überzeugungsarbeit ist es, in diesem Zusammenhang die Unsicherheiten in den Lastannahmen bei der Berechnung von Bauwerken zu thematisieren. Ein weiteres überzeugendes Beispiel betrifft die bis in die 1970er Jahre üblichen Berechnungen mit Hilfe des Rechenschiebers, bei dem die Ablesegenauigkeit auf 3 bis 4 führende Ziffern begrenzt ist. Da der Rechenschieber heute den Studierenden unbekannt ist, wurden ihnen zwei Pappstreifen mit logarithmischen Skalen ausgehändigt, mit denen nun Multiplikationen und Divisionen durchzuführen waren. An diesem kleinen Experiment können drei Dinge gezeigt werden: ein Blick in die Historie der Rechentechnik, das Rechnen mit gerundeten Zahlen und mit Größenordnungen sowie die praktische Anwendung der Regeln für das Rechnen mit Logarithmen.

Beispiel 4: Ausnutzung des Interesses für alles, was mit dem Auto zu tun hat

Es ist immer wieder festzustellen, dass viele Studierende selbst mit einem der anschaulichsten Gebiete der Mathematik, der Kurvendiskussion, größte Schwierigkeiten haben. Hier leistet der Vergleich des Kurvenverlaufs mit einer Straße im Vertikalschnitt (Minima, Maxima, Steigung) sowie in der Draufsicht (Links- und Rechtskurve, Krümmung = Lenkradeinschlag, Wendepunkt = Lenkrad von Links- zu Rechtseinschlag, Asymptote = Kantstein beim Vorwärts-Einparken) gute Dienste. (An dieser Stelle kann auch der Unterschied zwischen einem Mathematiker der theoretischen und der praktischen Richtung erläutert werden: Wegen des asymptotischen Verlaufs (Kantstein = Asymptote) wird der Theoretiker das Vorwärts-Einparken als nicht praktikabel verwerfen.)

Bei der Einführung in die elementare Fehlerrechnung, ein für die Studierenden besonders abschreckendes Thema, konnte die folgende Aufgabenstellung stets ein lebhaftes Interesse hervorrufen. Es sollte geklärt werden, wie schnell man laut Tacho fahren darf, wenn der wahre relative Fehler der Tachoanzeige 8% beträgt, 130 km/h laut Verkehrsschild erlaubt sind, die Radarmessung einen wahren Fehler von 3 km/h aufweist, der Messwert um 5% abgemindert wird und die Polizei ein Strafmandat erteilt, wenn dieser abgeminderte Wert den auf dem Verkehrsschild angegebenen Wert um mehr als 10 km/h überschreitet. Der Autor hat selten eine lebhaftere Diskussion unter den Studierenden in einer Übungsstunde erlebt.

Besonders wichtig ist es, solche anschaulichen, praxisbezogenen Aufgabenstellungen gerade bei der Behandlung schwieriger, theoriebetonter Kapitel einzustreuen. Die Studierenden sind dann viel eher bereit und in der Lage, den Ausführungen des Dozenten zu folgen.

Eine weitere Herausforderung für den Dozenten liegt darin, Studienanfänger mit völlig verschiedenen Vorkenntnissen in der Lehrveranstaltung zu erreichen. Wie weiter oben bereits gesagt, kamen jeweils ungefähr 45% der Schulabgänger von der Fachoberschule und vom Gymnasium (davon ca. ⅓ mit einem Mathematik-Leistungskurs (LK)), die restlichen 10% von Studienkollegs, Abendgymnasien usw. Der Kenntnisstand war jedoch noch viel heterogener, als sich nach diesen Zahlen vermuten lässt. So fehlten z. T. auch bei LK-Absolventen die Grundlagen des *Rechnens*! Deshalb wird in allen Jahrgängen vor Studienbeginn ein Mathematik-Vorkurs mit Schwerpunkt auf der Wiederholung der elementaren Rechentechniken (Klammer- und Bruchrechnung, Termumformung usw.) angeboten. Es erweist sich jedoch stets aufs Neue, dass die Versäumnisse der Schulmathematik hierdurch keineswegs beseitigt werden können. Deshalb wurden in der Lehrveranstaltung über alle drei Semester hinweg bei jeder Gelegenheit Grundtechniken des Rechnens wiederholt und die Studierenden intensiv an ihre Eigenverantwortung für das Beseitigen ihrer Unkenntnisse erinnert.

Zur weiteren Verbesserung der Lehrveranstaltung wurde in Zusammenarbeit mit den Kollegen ein Konzept entwickelt, das insbesondere die Fächer Ingenieurmathematik und Technische Mechanik eng aneinander koppelt. Nachfolgend werden über die bereits beschriebenen Grundsätze und Anregungen hinaus weitere Details zusammengestellt, die sich als sehr nützlich erwiesen haben.

## Detailregelungen

In der Mathematik sollten soweit wie möglich Aufgaben gestellt werden, die Probleme aus dem Ingenieurwesen und dem täglichen Leben behandeln, bei denen also, wie auch in der Technischen Mechanik und anderen Ingenieurfächern, mit einheitenbehafteten Größen gerechnet werden muss. Für die Darstellung der Aufgaben und Lösungswege gelten in der Mathematik und der Technischen Mechanik die gleichen Grundsätze wie später auch im Beruf.

| | |
|---|---|
| Fachhochschule Münster<br>Fachbereich Bauingenieurwesen<br>Prof. Dr.-Ing. V. Gensichen | **Ingenieurmathematik**<br>Leistungsnachweis Teil 2<br>Rückgabe: spätestens am |

nicht anerk. ☐ anerkannt ☐

Parameter:

**LÖSUNGEN**

**Formaler Aufbau des LN (insgesamt):** nicht ausr. ☐ ausreichend ☐

**Ⓧ bedeutet: korrigieren, verbessern**

**O Heft- und Kopierrand**

**O Gliederung**

**O Inhaltsverzeichnis**

**O Seitenzahlen**

**O Werte-/Einh.-Kontrollen**

**O Kurz-DOKU (TR)**

**O Eindeutige Ziffern u. Buchstaben**

**O *Prüffähige* Berechnung**

O **3-Ziffern-Regel!**

⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ **O Jeweilige Aufg.-Stellung prüffähig darstellen, bevor mit der Lösung begonnen wird!**

**Aufg. 1**: Asympt.: . . . . . . . . . . . . Nullstellen: . . . . . . . . . . . a = . . . . . . . . y (a) = . . . . . . . . .

Funktionstyp (genaue Bezeichnung): . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Bild der Funktion (vorn abheften!) : nicht ausreichend ☐ ausreichend ☐

| | | |
|---|---|---|
| Fachhochschule Münster<br>Fachbereich Bauingenieurwesen<br>Prof. Dr.-Ing. P. Baumann | **Technische Mechanik I**<br>**Hausübung (LN)**<br>Ausgabe: 20.11.2008<br>Rückgabe: 18.12.2008 | **Testat:** |
| Name: | Matr.-Nr.: | anerkannt: |

**Parameter:**

**Formaler Aufbau insges.:** **ausreichend** ☐ **nicht ausr.** ☒

**O Gliederung**

**O Inhaltsverz./Seitenz.**

**O Heft- u. Kopierrand**

**O Eindeutige Ziffern u. Buchst.**

**O Prüffähige Berechnung**

**O Zeichnung/Zeichengerät**

Hinweise zu den Aufgaben und allgemeine Vorbemerkungen siehe Rückseite!

Die Lösungen bitte hier eintragen:

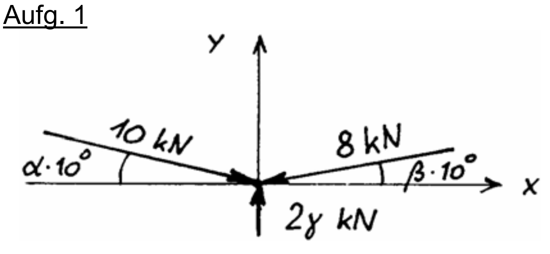
| Aufg. 1 | | |
|---|---|---|
|  | Welche Kraft $\vec{F}_G$ bildet mit dem dargestellten Kräftesystem ein Gleichgewichtssystem? | $F_{Gx}$ =<br>$F_{Gy}$ =<br>$F_G$ =<br>$\alpha_x$ = |

**Bild 4a:** Abgestimmte Aufgabenblätter in den Fächern Ingenieurmathematik und Technische Mechanik

**<u>Für alle Aufgaben und Leistungsnachweise gilt:</u>**

Bei fristgerechter Abgabe wird der LN anerkannt, wenn die Aufgaben zu ≈ 80 % richtig gelöst sind und die äußere Form des LN sowie die Darstellung des Berechnungsganges den Vorgaben entsprechen,

*<u>die allgemein für Berechnungen im Ingenieurwesen gelten (vgl. Mathematik-Vorlesung Kap. 1.12).</u>*

Bei nicht fristgerechter Abgabe müssen dann alle Aufgaben zu 100 % richtig gelöst werden. Rechtzeitig abgegebene, aber nicht vollständig gelöste LN werden nicht korrigiert und wie nicht fristgerecht abgegebene LN behandelt:

Berechnungen sind vollständig, nachvollziehbar darzulegen und gegebenenfalls zu erläutern

Im Ingenieurwesen gilt: **Berechnungen müssen prüffähig sein!**

**Vorlage beachten !**

Die Lösungen (auch die Zwischenergebnisse) sind möglichst unabhängig vom Lösungsweg zu kontrollieren, ggf. auch zeichnerisch oder überschläglich. Falls dies nicht möglich ist, sind zumindest signifikante Einsetzproben durchzuführen.

Aus den abgegebenen Berechnungen müssen der Lösungsweg und die durchgeführten Kontrollen bzw. Einsetzproben eindeutig zu erkennen sein. Die Lösungen sind zusätzlich in den vorbereiteten Lösungsteil auf Seite 1 des Aufgabenblatts einzutragen.

Die Anzahl der Ziffern und der Nachkommastellen von Zwischen- und Endergebnissen ist sinnvoll zu begrenzen („Drei-Ziffernregel“ beachten!), wenn nicht ausdrücklich anderes in der Aufgabenstellung gefordert wird. Abweichungen von den Computerlösungen in der Größenordnung von 3 % haben keine negativen Folgen!

Als Schreibgerät sollte Bleistift verwendet werden; Kugelschreiber ist (vor allem für Skizzen und Zeichnungen) verboten. Seitenränder rundum freihalten (Heft- und Kopierrand)!

Grafische Lösungen und Zeichnungen können nur anerkannt werden, wenn sie mit geeignetem Zeichengerät (spitzer Bleistift, Lineal/Geodreieck, Zirkel, Kurvenlineal, usw. auf weißem bzw. kariertem Papier) angefertigt wurden.

Zeichnungen müssen so gestaltet und beschriftet werden, dass sie weitgehend „selbsterklärend“ sind, d. h. dass sich ihr wesentlicher Inhalt auch ohne Studium des begleitenden Textes erschließt. Koordinatenachsen sind „glatt“ zu skalieren; die Größen und ihre Einheiten sind anzugeben.

Die Aufgaben sind parametrisiert, so dass jeder selbst rechnen muss. Da die Aufgabenstellungen für alle prinzipiell gleich sind, kann mit Vorteil in Gruppen gearbeitet werden. Sie können die Aufgaben auch in den Mathe-Übungen bearbeiten und mich zu den auftauchenden Problemen befragen. Wenn Sie in Gruppen arbeiten oder Vorlagen benutzen, achten Sie unbedingt darauf, dass Sie den Sinngehalt des Lösungsweges erfassen; anderenfalls gibt es ein böses Erwachen in der Klausur!

Erläutern Sie die Berechnungen so, dass Sie die Gedankengänge und Lösungswege auch später noch ohne Schwierigkeiten nachvollziehen können. Bedenken Sie bitte, dass Sie den LN nicht für den Dozenten, sondern für sich selbst anfertigen. Dann können Sie den LN auch gut in der Klausur als Vorlage verwenden.

**<u>Bild 4b:</u>** Inhaltliche und formale Vorgaben für die Bearbeitung der Hausaufgaben in den Fächern Ingenieurmathematik und Technische Mechanik

**Diese Seite ist für das technisch-mathematische (Über-) Leben von fundamentaler Bedeutung !**

Die 3 Grundgesetze für Gln ( und die wichtigste Kontrolle ! ) :

1. **Einheit der linken Seite = Einheit der rechten Seite** einer Gl
2. **Jeder Summand muss die gleiche Einheit aufweisen**
3. **Exponenten sowie Argumente und Ergebnisse transzendenter Funktionen haben die Dimension 1** (sind „dimensionslos“, „einheitenfrei“)

(1.52 a – c)

Vereinfachter Auszug aus DIN 1313: Größen (12/98):

## Einige Grundbegriffe

Dimensionen und Dimensionszeichen: (Dimensionszeichen: gerader Großbuchstabe; festgelegt)

| Länge L | Dauer T | Kraft K | Masse M | elektr. Stromstärke I . . . |
|---|---|---|---|---|

Einheiten und Einheitenzeichen: (Einheitenzeichen: gerade, Groß- oder Kleinbuchstaben; festgelegt)

| m (Meter) | s (Sekunde) | N (Newton) | g (Gramm) | A (Ampere) . . . |
|---|---|---|---|---|

Dimension Eins (dim 1):
(Eine Größe der Dimension Eins wird häufig auch als „dimensionslos“ oder „einheitenfrei“ bezeichnet)

Die reellen Zahlen sowie der Quotient zweier Größen mit der gleichen Dimension haben die Dimension Eins

(Physikalische) Größen:

(Formelzeichen = *kursive* Groß- oder Kleinbuchstaben; teils festgelegt, teils frei wählbar)

z. B. eine Kraft $F$ , eine Geschwindigkeit $v$ , eine Stützweite $\ell$ , eine Arbeit $W$ , . . .

## Beschreibung einer (physikalischen) Größe durch Größenwert, Zahlenwert, Einheit und Dimension

$$\boxed{\text{Größenwert} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit}} \qquad (1.51)$$

Beispiel 1: geg. ist eine Größe $a$ (hier: $a$ ist eine Strecke von der Länge 3,00 m)

Diese Größe $a$ wird durch folgende Merkmale beschrieben:

$a$ Formelzeichen (hier: frei gewählt)
dim $a$ Dimension der Größe $a$ ( = Länge ; kurz: dim $a$ = L )
[ $a$ ] Einheit der Größe $a$ ( = Meter...; kurz: $\underbrace{[\,a\,]}_{\text{lies: „Einheit von } a\text{“}}$ = m )

$\Rightarrow$ $a = 3{,}00\ \text{m}$

Beispiel 2: geg. ist eine Arbeit : $\underbrace{W_1}_{\text{Formelzeichen der (physikalischen) Größe}} = \underbrace{\underbrace{210}_{\text{Zahlenwert}}\ \underbrace{\text{kN m}}_{\text{Einheit}}}_{\text{Größenwert}}$

dim $W_1$ = KL
[$W_1$] = kNm = kJ

**Bild 5:** Umdruck zum Rechnen mit Einheiten (Vorlesung „Mathematik für Bauingenieure“)

Es sind stets prüffähige Berechnungen anzufertigen. Hierzu gehört die Zusammenstellung der Voraussetzungen und Annahmen, der Vorschriften und der Literatur. Alle Berechnungsabschnitte und die Berechnung insgesamt sind zumindest stichwortartig zu erläutern und durch möglichst unabhängige Kontrollen zu überprüfen. (Der plakative Merksatz: „Jede nicht kontrollierte Berechnung ist falsch!“ bleibt im Gedächtnis eines jeden Studierenden langfristig haften.) Formelzeichen für Größen und deren Indizes müssen eindeutig definiert werden. Die Einheiten der Größen sind zeilenweise mitzuführen; Einheitenkontrollen sind unverzichtbar. Die Grundlagen der (bei Mathematikern und leider auch bei vielen Ingenieuren offensichtlich unbekannten) DIN 1313 [3, 4] werden ausführlich besprochen; das Rechnen mit Einheiten begleitet die Lehrveranstaltung Ingenieurmathematik permanent (Bild 5).

Darüber hinaus wird großer Wert auf die Beachtung der formalen Anforderungen an ein Berechnungsdokument gelegt. Den Studienanfängern ist zumeist nicht präsent, dass bei einem solchen Dokument ein Inhaltsverzeichnis erforderlich ist und somit Seitenzahlen anzugeben sind, die dann auch auf einer Kopie des Dokuments noch lesbar sein müssen. Heft- und Kopierrand sind auf jeder Seite einzuhalten. Ergänzte und ausgetauschte Seiten und die auf diesen Seiten vorgenommenen Änderungen (z. B. nach einer Korrektur einer Hausaufgabe) müssen deutlich gekennzeichnet werden. Diagramme und Zeichnungen müssen so gestaltet und beschriftet werden, dass sie so weit wie möglich „selbsterklärend“ sind und sich ihr Inhalt im Wesentlichen ohne das Studium des begleitenden Textes erschließt.

Um eine Berechnung nachvollziehbar und kontrollierbar zu gestalten, wird bei der Auswertung von Formeln gefordert, dreistufig vorzugehen: Zunächst ist die Formel allgemein mit den Formelzeichen, anschließend mit den für *jede einzelne* Größe geltenden Zahlenwerten darzustellen, und erst dann wird das Ergebnis mit Zahlenwert und Einheit angegeben.

Zeitlich versetzt hierzu werden die Studierenden an den Gebrauch von programmierbaren Taschenrechnern und kleineren EDV-Programmen herangeführt, wobei die Kontrolle der Eingabe und die Überprüfung von Ergebnissen einen besonderen Stellenwert haben. Die Mühen des vom ersten Studientag an durchgeführten Lehrkonzepts zeigen zu diesem Zeitpunkt deutliche Erfolge: Das Problembewusstsein der Studierenden ist geschärft; der Umgang mit Zahlen, Größenordnungen und Einheiten ist eingeübt, die Bereitschaft zu einer kritischen Hinterfragung der Grundlagen von EDV-Programmen und deren Ergebnissen deutlich gestiegen. Ein besonderer Schwerpunkt in der Ausbildung liegt darüber hinaus bei der wirklichkeitsnahen Modellbildung.

Weitere Früchte dieses zwar arbeitsaufwendigen, aber erfolgreichen Lehrkonzepts können dann im Fachstudium geerntet werden. So sind z. B. die in den Konstruktiven Fächern anzufertigenden statischen Berechnungen und Zeichnungen bereits von Anfang an von professioneller Qualität. Auch die Nutzung komplexer EDV-Programme im Haupt- und Vertieferstudium profitiert von dem beschriebenen Konzept in hohem Maß, was dann später den Ingenieurbüros, den Baufirmen, den Behörden, aber auch den Herstellern von EDV-Programmen bei der Einstellung derart geschulter Hochschulabgänger zugute kommt.

## 5 Schlussbemerkung

Es liegt auf der Hand, dass die Durchführung eines solchen Lehrkonzepts nicht nur äußerst zeitaufwendig ist, sondern dem Lehrenden auch ein hohes Durchhaltevermögen abverlangt. Man muss sich klarmachen, dass die Einhaltung der oben beschriebenen detaillierten Vorgaben für die Berechnungen der Studierenden konsequent kontrolliert werden müssen. Eine weitere grundlegende Voraussetzung für den Erfolg des Konzepts ist eine gut abgestimmte Zusammenarbeit zwischen dem (oft fachfremden) Dozenten der Mathematik und den Bauingenieur-Kollegen. Hier herrscht leider häufig eine gewisse Sprachlosigkeit, die es zu überwinden gilt.

Als Lohn für diese Mühen kann die Erkenntnis dienen, dass sich die Studierenden auch um schwierige Probleme der Mathematik mit großem Eifer bemühen, wenn der Bezug zu ihrem Studium und der späteren beruflichen Praxis zumindest in Ansätzen zu erkennen ist. Diese (eigentlich seit langem bekannte) Tatsache sollte bei den Bemühungen um eine effektivere Gestaltung des Studiums genutzt werden.

Darüber hinaus sollte nicht übersehen werden, dass die Studierenden ein wohldurchdachtes Konzept und das persönliche Engagement des Dozenten zu schätzen wissen. Die hieraus folgenden guten persönlichen Beziehungen zwischen Lehrenden und Lernenden sind für alle ein Gewinn.

Literatur

1 Neuzert, Rosenberg: Stichwort Mathematik

2 Korte, B.: Niemals etwas Nützliches getan oder Die Liebe zur Sondermarke. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 30.1.2001, Nr. 25, S. 10

3 DIN 1313 Größen (Dez. 1998)
(frühere Ausgaben: „Physikalische Größen und Gleichungen; Begriffe, Schreibweisen”)

4 Gensichen, V.: Zur Einheitenanalyse und geometrischen Deutung mathematischer und physikalische Gleichungen. Internet-Veröffentlichung 2008.
https://www.fh-muenster.de/fb6/downloads/personen/gensichen/lehre/Einheitenanalyse.pdf

5 Über die Modellgesetze. Mathematisches Kabinett, Bild der Wissenschaft, Juni 1966, S. 492-500

6 Klausuren, Skript und weitere Unterlagen zur Lehrveranstaltung des Autors unter dem Link
https://www.fh-muenster.de/fb6/personen/lehrende/gensichen/index.php

## Anhang:

## Evaluation der Lehrveranstaltung „Mathematik für Bauingenieure“

Der folgende Fragebogen wurde nach dem 1. Semester sowie am Ende der gesamten Lehrveranstaltung nach dem 3. Semester von bis zu 130 Studierenden ausgefüllt.

Der Aufbau des Fragebogens wurde so gestaltet, dass seine Auswertung auch ohne EDV vom Lehrenden selbst ohne größeren Zeitaufwand durchgeführt werden kann. Die einzelnen Fragenblöcke sind so gestaltet, dass der Mittelwert und die Ausreißer in beide Richtungen (sehr gut / mangelhaft bzw. 0% / 100% usw.) mit der Methode des Daumenkinos sofort erkannt werden können. Diese Art der Auswertung liefert dem Dozenten besonders unmittelbare und plastische Informationen über die Qualität seiner Lehrveranstaltung. Darüber hinaus müssen die individuellen Kommentare der Studierenden selbstverständlich einzeln gelesen und bewertet werden.

Die Wahl des fein aufgegliederten und allgemein geläufigen Schulnotensystems statt der bei Fragebögen häufig üblichen nur dreifach abgestuften qualitativen Merkmale wie „gering / angemessen / hoch“ usw. erleichtert den Studierenden die Beurteilung und erhöht die Teilnahmequote.

Eine Förderung der Teilnahmequote an Fragebogenaktionen kann auch dadurch erreicht werden, dass die Ergebnisse offen mit den Studierenden besprochen und allgemein negativ kritisierte Punkte (selbstverständlich) verbessert werden. Auch hier sollten die Dozenten des Fachbereichs möglichst eng zusammenarbeiten.

# Fragebogen zur Lehrveranstaltung „Mathematik für Bauingenieure“ ....../ 200...

**Schulische Vorbildung** (bitte ankreuzen) :

weibl. ☐ männl. ☐

Abitur mit Leistungskurs Mathematik ☐

Abitur mit Grundkurs Mathematik
bis einschl. Jahrg.-Stufe 13 ☐
bis einschl. Jahrg.-Stufe 12 ☐

Wechsler von .................................................Fachsem.: ....

FOS ☐

Gymnasium bis Jahrg.-Stufe 12 ☐

Studienkolleg ☐

Sonstige ......................................................

Gesellen- ☐ Meisterbrief ☐

**Vorlesung:** (Noten: 1 = sehr gut 5 = ungenügend)

(1) Gesamtbeurteilung: Fassen Sie Ihren Gesamteindruck in einer Note zusammen
(Note ankreuzen)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (2) War der Stoff der Veranstaltung systematisch gegliedert? | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (3) Wurden Verbindungen zu anderen Fächern deutlich? | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (4) Wurden Bezüge zum Bauingenieurwesen deutlich? | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (5) Wurden auch schwierige Probleme gut verständlich dargestellt? | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (6) Art der Darstellung des Stoffes (insgesamt) | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (7) Engagement des Lehrenden | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (8) Vorbereitung des Lehrenden | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |
| (9) Bot sich ausreichend Gelegenheit, Fragen zu stellen? | Note | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,0 | 4,3 | 5,0 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (10) Zu wieviel Prozent sollte die Vor-: lesung als Skript verteilt werden? | 100% | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0% |
| (11) Ihre Teilnahmehäufigkeit: (gemittelt über 3 Semester) | 100% | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0% |

Wenn < 80 % : Warum so selten? ..........................................................................................

..........................................................................................................................................

| | (sehr gering) | | | (angemessen) | | | | | (sehr hoch) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (12) Schwierigkeitsgrad des behandelten Stoffes: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| (13) Schwierigkeitsgrad der Leistungsnachweise: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

*Rückseite!*

(14) Mein Interesse am Fach war zu Beginn der Lehrveranstaltung: Sehr gering gering mäßig groß sehr groß

(15) Die Veranstaltung hat mein Interesse am Fach gefördert: gar nicht kaum mäßig stark sehr stark

(16) An der Vorlesung fand ich besonders schlecht / besonders gut, dass ... / Ich habe folgende Vorschläge:

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

Weitere Anmerkungen, Vorschläge usw. können Sie auf einem weiteren Blatt abgeben.

**Übung:**

(1) Gesamtbeurteilung: Fassen Sie Ihren Gesamteindruck in einer Note zusammen
(Note ankreuzen)

Note 1,0 1,3 1,7 2,0 2,3 2,7 3,0 3,3 3,7 4,0 4,3 5,0

(2) Ihre Teilnahmehäufigkeit:
(gemittelt über 3 Semester) 100% 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0%

Wenn < 50 % : Warum so selten? ...............................................................

(3) Schwierigkeitsgrad der Übungsaufgaben:

| (sehr gering) | | | | (angemessen) | | | | (sehr hoch) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

(4) Verbesserungsvorschläge für die Übungs**aufgaben**:

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

(5) Zu wieviel Prozent der Zeit sollten in der Übung Aufg. vorgerechnet werden? 100% 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0%

(6) Wie gut war die Betreuung in der Übung durch

den Lehrenden? Note 1,0 1,3 1,7 2,0 2,3 2,7 3,0 3,3 3,7 4,0 4,3 5,0

die Tutoren? Note 1,0 1,3 1,7 2,0 2,3 2,7 3,0 3,3 3,7 4,0 4,3 5,0

(7) An der Übung fand ich besonders schlecht / besonders gut, daß ... / Ich habe folgende Vorschläge:

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

Weitere Anmerkungen, Vorschläge usw. können Sie auf einem weiteren Blatt abgeben.