

# Mathematik

Von Prof. Dr. Burkhard Kümmerer

Was fällt Ihnen zu Mathematik ein? Aufregend - überall - schön – Schlüsseltechnologie - Freiheit? Dann wissen Sie schon recht gut Bescheid! Das ist natürlich noch lange nicht alles, aber schon viel Wichtiges. Warum sonst kommen ganz vernünftige Leute auf die Idee, sich mit Mathematik zu beschäftigen, womöglich ein Leben lang? Denken macht Spaß, g e n a u e s Denken noch mehr. Mit Phantasie und Freude am Schönen in Gedankengebirgen umher klettern, ohne dabei die Bodenhaftung zu verlieren, das kann süchtig machen. Wenn Sie Lust auf's Denken haben und von einem Problem erst lassen können, wenn Sie es wirklich verstanden haben, dann könnte es gut sein, dass Sie für die Mathematik geeignet sind. Diese Seiten sollen Sie neugierig machen und Ihnen eine erste Orientierung über ein Mathematikstudium an einer Universität geben. Wenn Sie sich überlegen, ob Sie Mathematik studieren wollen, werden Sie eine Reihe von Fragen haben: Warum? Was? Wozu? Wer? Wie? Wo? Weiteres? Auf diese Fragen wollen die folgenden Seiten eingehen.

## Mathematik – eine Übersicht

Was soll ich mir unter Mathematik vorstellen? Besteht Mathematik nicht vor allem aus Rechnen? Und braucht man heute überhaupt noch Mathematik? Dafür gibt es jetzt doch Computer! Mathematik ist doch sehr weltfremd und abstrakt, wie soll man das denn anwenden können? Mathematik ist eine Antwort auf die Fragen einer immer komplexeren Welt. Mathematik bringt Ordnung in komplizierte Gedankengebäude wie auch in unübersichtliche reale Situationen. Das kann sie gerade deshalb so gut, weil sie abstrakt ist. Rechnen können Computer oft schneller als Menschen und natürlich nutzen das auch Mathematikerinnen und Mathematiker; aber erst, nachdem sie vorher nachgedacht haben - normalerweise. Wie jede große Frage kann auch die Frage "Was ist Mathematik" niemand erschöpfend beantworten und d i e Mathematik gibt es gar nicht.

Unter Mathematik stellen sich verschiedene Menschen ganz verschiedene Dinge vor, und sie alle haben recht. Es gibt die Mathematik des Alltags, das Addieren von Preisen, das Bestimmen von Grundstücksgrößen oder von Kubikmetern umbauten Raumes. Diese Mathematik ist alt, sie unterscheidet sich nicht wesentlich von der Mathematik der alten Ägypter oder Babylonier, auch wenn sie damals weniger weit verbreitet war. Es gibt die Schulmathematik - Mathe: Ebene Geometrie, Formeln wie  $a^2 + b^2 = c^2$  (was bedeutet das eigentlich?) oder Kurvendiskussionen kommen ins Gedächtnis. Diese Mathematik besteht aus Formeln, Vorschriften für das Hantieren mit mathematischen Gegenständen, Begründungen. Es gibt die Mathematik der Naturwissenschaftler und Ingenieure: eine Art fortgeschrittener Schulmathematik, ein außerordentlich hilfreiches und nützliches Modell für bestimmte Teile der Wirklichkeit.

Neben den oben genannten Beispielen gibt es schließlich seit etwa zweihundert Jahren die Mathematik, die in einem Mathematikstudium hauptsächlich gelehrt wird. Eine abstrakte Mathematik, eine Mathematik möglicher, gedachter Welten, komplexe Welten aus Strukturen, die jeder von neuem in seiner Vorstellung zum Leben erwecken muss. Der

Unterschied zwischen Schulmathematik und Hochschulmathematik führt oft zu Missverständnissen. Es ist gut, ihn im Auge zu behalten.

Was ist Mathematik? Das ist wie mit der Frage "Was ist Musik?" Man muss sie erfahren. Dann kann man die Frage zwar immer noch nicht beantworten, aber dieses schon etwas besser... Immerhin, einige Eigenschaften von Mathematik kann man festhalten, und das soll im Folgenden geschehen.

## **Angewandte Mathematik**

In einer Diskussion über die Bedeutung der Mathematik steht dieser Aspekt meist im Vordergrund. In der Tat sind die Erfolge der Mathematik in fast allen Bereichen der modernen Gesellschaft beeindruckend: naturwissenschaftliche Theorien bedienen sich mathematischer Erkenntnisse, viele Ingenieurleistungen beruhen auf umfangreicher mathematischer Modellbildung und auch in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften hält die Mathematik zunehmend Einzug. Ein Teil der Mathematik wird unmittelbar im Hinblick auf diese Anwendungen entwickelt, häufig in Zusammenarbeit mit Naturwissenschaftlern und Ingenieuren.

Ein anderer Teil aber, die theoretische Mathematik, wird aus innermathematischer Notwendigkeit weiterentwickelt. Und gerade diese Ergebnisse führen immer wieder zu den überraschenden Anwendungen. Der Grund: abstrakte Mathematik legt sich nicht von vornherein auf eine Bedeutung fest und ist daher offen für immer neue Interpretationen und damit für neue Anwendungen.

Ein Beispiel aus der Geschichte: um 1800 haben C.F. Gauß und andere die nichteuklidische Geometrie entwickelt - eine ziemlich verrückte Geometrie, mit der Wirklichkeit hat sie offenbar nichts zu tun. Aus ihr entstand im 19. Jahrhundert die Riemannsche Geometrie, noch abstrakter. Aber: hätte Albert Einstein nicht eben diese Theorie vorgefunden, hätte er nach eigenem Bekunden seine allgemeine Relativitätstheorie gar nicht formulieren können. Ohne die Korrekturen der allgemeinen Relativitätstheorie aber würde heute kein GPS-System die Position bis auf wenige Meter bestimmen können.

Ein anderes Beispiel: bis um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts war man sich sicher, dass die Zahlentheorie zwar vielleicht nach Gauß die Königin der Mathematik sei, aber bestimmt nie angewandt werden könne. Jedoch: ohne Zahlentheorie würde heute kein Handy und kein Magnetstreifen auf einer Plastikkarte funktionieren. Solche Beispiele gibt es beliebig viele. Offenbar wird jede Mathematik auch irgendwann nützlich, vielleicht erst in hundert Jahren, aber dann braucht man sie wirklich dringend.

## **Mathematik ist Organisation von Komplexität**

Viele unserer Absolventen arbeiten später in Berufen, in denen sie die erlernten mathematischen Theorien gar nicht mehr brauchen (vgl. den Abschnitt Berufsfelder für Mathematiker). Trotzdem sind sie sinnvoll eingesetzt. Denn Mathematik ist mehr als eine Ansammlung mathematischer Theorien: Mathematik ist Organisation von Komplexität.

Durch die intensive Beschäftigung mit Mathematik wird strukturiertes Denken zur Bewältigung komplexer Probleme erlernt, das offenbar auf andere Weise kaum erworben werden kann. Dazu gehört zum Beispiel:

- Anschauliches Denken zur Verdeutlichung abstrakter komplexer Sachverhalte.
- Die richtige Vereinfachung komplizierter Probleme finden.
- Ein angemessenes Begriffssystem zur Beschreibung komplexer Sachverhalte erstellen.
- Eine gute Intuition für die Komplexität eines Problems entwickeln.
- Genauigkeit im Denken: der Teufel steckt im Detail.

Es ist offensichtlich, wie hilfreich diese Fähigkeiten bei der Bewältigung vieler Probleme sein können, die auf den ersten Blick nicht viel mit Mathematik zu tun haben; gerade dann, wenn es sich um unübersichtliche, also komplexe Fragestellungen handelt. Alle diese Fähigkeiten sind bis zu einem gewissen Grade erlernbar und werden in einem Mathematikstudium gelernt; und zwar durch die Beschäftigung mit Mathematik, genauer: durch die *i n t e n s i v e* Beschäftigung mit Mathematik.

## **Mathematik ist Kultur**

Man wird der Bedeutung der Mathematik nur gerecht, wenn man auch diese Seite kurz beleuchtet. Mathematik ist wohl die älteste aller Wissenschaften: seit mehr als 2500 Jahren gibt es sie als "reine Wissenschaft". Seither steht sie Pate für unseren Begriff von Wissenschaftlichkeit und viele andere Disziplinen haben sich daran orientiert. Die Mathematik ist eine der großen geistigen Errungenschaften der Menschheit, und Mathematiker, bisher leider seltener Mathematikerinnen haben immer auch wichtige Positionen im kulturellen und öffentlichen Leben eingenommen (z.B. Pythagoras, Archimedes, Pascal, Descartes, Kepler, Leibniz, Newton, d'Alembert, Gauß, Klein u.v.a.). So ist die Beschäftigung mit Mathematik auch eine Beschäftigung mit einer großen Kulturleistung. Und da Mathematik zeitloser ist als jede andere Wissenschaft, ist man hier den großen Denkern der Vergangenheit so nahe wie kaum sonst. Mathematik ist lebendiger denn je!

## **Mathematik ist weder Physik noch Informatik**

Aus dem oben Ausgeführten wird schon deutlich: Ein Mathematikstudium unterscheidet sich grundsätzlich von der Mathematikausbildung für Naturwissenschaftler oder Ingenieure, ebenso wie auch von einem Informatikstudium. Natur- und Ingenieurwissenschaften benötigen die mathematische Sprache als Werkzeug zur Formulierung ihrer Modelle der Wirklichkeit. Sie dient der effizienten Beschreibung und Beherrschung verschiedener Bereiche unserer Welt, und dies wird im Studium eingeübt. Inhalt der Mathematik dagegen ist die mathematische Sprache selbst.

Gegenstand der Informatik ist die Welt der Computer. Sie befasst sich zum Beispiel mit Design und Architektur von Prozessoren und Computern, mit Softwareengineering, mit Datenbanken und Programmiersprachen. Im Unterschied dazu sind Computer für

Mathematiker nicht Studienobjekte sondern Arbeitsgeräte. Sie benutzen sie zum Lösen mathematischer Probleme, zur Beschleunigung sich ständig wiederholender Denkvorgänge, so wie die meisten von uns Verkehrsmittel zur beschleunigten Fortbewegung nutzen, ohne sich ausführlich mit deren Innenleben zu befassen. Einige Bereiche der Mathematik befassen sich auch damit, mathematische Probleme so aufzubereiten, dass sie mit Computerhilfe angegangen werden können. Hier gibt es also interessante Berührungspunkte für Kooperationen zwischen Mathematik und Informatik und die Studierenden setzen sich während des Studiums auch mit diesen Seiten der Mathematik auseinander. Mathematik und alle diese Fächer können sich also gut ergänzen, sie sind aber inhaltlich grundverschieden.

## Das Studium der Mathematik

Wie sieht ein Mathematikstudium aus? So wie der Mathe-Unterricht an der Schule? Und welchen Abschluss soll ich anstreben? In einem Mathematikstudium besuchen Sie zu verschiedenen Themen Vorlesungen und begleitende Übungen, dazu Seminare, manchmal Praktika. Das ist schon ziemlich anders als in der Schule. Vor allem: Sie brauchen viel Zeit zu eigenverantwortlicher Beschäftigung mit Mathematik. Je mehr Sie diese Zeit für intensive Diskussionen mit anderen Studierenden nutzen, desto besser ist es. Den Alltag unserer Mathematikstudenten prägen:

- Vorlesungen, die man besuchen und regelmäßig nacharbeiten sollte,
- Übungen, für die man viele Übungsaufgaben lösen muss,
- Seminare, in denen man selbst einen mathematischen Vortrag vorbereitet und hält.

Daneben gibt es Phasen der Prüfungsvorbereitung und die Zeiten, in denen eine wissenschaftliche Abschlussarbeit entsteht.

### Arbeitsweisen

Mathematik studieren heißt selbstständig arbeiten. Verglichen mit anderen, insbesondere ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sieht der Stundenplan für Mathematik im Semester viele "freie" Zeiten vor für selbstständiges Arbeiten; während der vorlesungsfreien Zeit werden normalerweise gar keine Veranstaltungen angeboten. Für die Vorlesungen gibt es, anders als in der Schule, keine Anwesenheitspflicht. Trotzdem arbeiten die Studierenden viel, sie können sich lediglich ihre Zeit freier einteilen. Sie brauchen Selbstdisziplin und einen langen Atem, denn Mathematik versteht man nicht "auf Anhieb oder nie", sondern eher "mit jedem Mal ein bisschen besser".

Mathematik ist auch eine Sprache, und Sprachen muss man sprechen. Nicht selten findet sich eine lange gesuchte Lösung schon beim ersten Versuch, einem Studienkollegen zu erklären, wo das Problem liegt. In der Gruppe gibt man nicht so schnell auf, beißt sich aber auch nicht so leicht fest. Die Mühe, passende Partner zu suchen und Teamarbeit zu lernen, lohnt sich in jedem Fall, auch im Hinblick auf das spätere Berufsleben.

Es ist nutzlos, Definitionen und Sätze auswendig zu lernen; nur verstandene Mathematik kann man eigenständig wieder benutzen, daneben bleibt sie auch leichter im Gedächtnis. Im Laufe des Studiums soll man sich vertraut machen mit mathematischen Begriffsbildungen, Denkweisen und Methoden und man soll lernen, sein Wissen effektiv und ideenreich auf verschiedene Probleme anzuwenden. Dafür muss man regelmäßig üben, aber wenig auswendig lernen. Jedes Element des Mathematikstudiums trägt auf seine Weise dazu bei, diese Ziele zu erreichen.

## **Vorlesungen**

In einer Vorlesung erklärt ein Dozent, noch immer zu selten eine Dozentin, den Aufbau einer mathematischen Theorie. Vorlesungen sind das Rückgrat eines Mathematikstudiums, anders als in den meisten Geisteswissenschaften. In den Eingangsvorlesungen des Grundstudiums, die alle Studierenden gemeinsam besuchen, werden die beiden "Hauptsäulen" der Mathematik, die Analysis und die lineare Algebra aus wenigen Grundannahmen systematisch aufgebaut.

Im weiteren Verlauf besuchen die Studierenden zunächst Vorlesungen, die in verschiedene Gebiete der Mathematik einführen, später bauen weiterführende Spezialvorlesungen darauf auf und führen in einem Gebiet zu einer wissenschaftlichen Abschlussarbeit. Der Stoff wird an der Universität weniger ausführlich besprochen als in der Schule. Umso wichtiger ist es daher, die Vorlesungen selbstständig nachzuarbeiten.

## **Übungen**

Zu vielen Vorlesungen werden Übungen angeboten. Die Studenten bearbeiten (schriftlich oder mündlich) Übungsaufgaben zum Stoff der Vorlesung und treffen sich jede Woche in kleineren Gruppen mit ihrer Tutorin oder ihrem Tutor. In diesen Übungsgruppen werden die bearbeiteten Aufgaben besprochen, oft werden auch kleinere Aufgaben in den Übungen bearbeitet.

Die Aufgaben lassen sich in den seltensten Fällen mit Routine lösen, anders als bei vielen Hausaufgaben in der Schule. Das kostet viel Zeit und füllt einen beträchtlichen Teil der Lücken, die der Stundenplan zulässt. Bearbeiten der Übungsaufgaben sind die Trainingseinheiten des Mathematikstudiums, ohne sie geht nichts. Oft finden sich die Studentinnen und Studenten hierfür zu kleinen Gruppen zusammen und verbringen ganze Nachmittage über einem Übungsblatt.

## **Seminare**

In einem Seminar wird ein mathematisches Teilgebiet wesentlich tiefer und wesentlich selbstständiger erarbeitet, als es in einer Vorlesung möglich ist. Jeder Teilnehmer erhält ein spezielles Thema zur Bearbeitung. Unter Anleitung arbeitet man sich in dieses Thema ein und bereitet einen ein- bis eineinhalbstündigen Vortrag dazu vor. Diese Arbeit geschieht meist während der vorlesungsfreien Zeit. Während der Vorlesungszeit werden dann die Vorträge

gehalten. In den Seminaren erlebt man die Mathematik gewissermaßen “bei der Arbeit“, erfährt, wie neue Theorien entstehen und offene Fragen beantwortet werden. Oft findet hier der erste Kontakt mit jener aktuellen Mathematik statt, die noch Gegenstand der Forschung ist. Die Studierenden sollen in einem Seminar also lernen, sich selbstständig in ein Gebiet einzuarbeiten und das neu erworbene Wissen in verständlicher Form an Andere weiterzugeben; zwei wichtige Fähigkeiten, die sie später im Berufsleben brauchen werden.

## **Die wissenschaftliche Arbeit**

Diese Aspekte werden in den wissenschaftlichen Arbeiten intensiviert. Je nach Studiengang schließt das Studium mit einer Diplom- oder Zulassungsarbeit (für das Staatsexamen) ab, oder man erstellt für den Bachelor eine erste kleinere wissenschaftliche Arbeit, für den Master wird die Arbeit dann ein Stück umfangreicher und anspruchsvoller, etwa vergleichbar einer Diplomarbeit.

Wer eine wissenschaftliche Arbeit schreibt, arbeitet sich, betreut von einem Dozenten, auf der Grundlage wissenschaftlicher Veröffentlichungen in eine aktuelle Fragestellung ein. Das Nachvollziehen fremder Gedankengänge und die Entwicklung eigener Ideen können dabei fließend ineinander übergehen. Manchmal wird in solch einer Arbeit auch schon mal ein neuer mathematischer Satz bewiesen.

## **Klassische und neue Abschlüsse**

Bis vor kurzem gab es im wesentlichen zwei Abschlüsse für ein Mathematikstudium an einer deutschen Universität: das Diplom und das Staatsexamen. Das Staatsexamen qualifiziert für eine Tätigkeit als Lehrerin oder Lehrer an einer höheren Schule und wird bis auf weiteres bestehen bleiben. Der klassische Diplomstudiengang gliedert sich in ein etwa zweijähriges Grundstudium und ein drei- bis vierjähriges Hauptstudium. Er wird gegenwärtig in vielen Universitäten durch einen Bachelor-Master-Studiengang ersetzt, um im Gefolge des sogenannten Bologna-Prozesses das Universitätsstudium in Europa zu harmonisieren und durchlässiger zu gestalten. Ein dreijähriges Studium schließt mit einer Bachelor-Prüfung ab und kann dann mit einem etwa zweijährigen Master-Studium fortgesetzt werden.

## **Studierende der Mathematik**

Natürlich muss Ihnen strukturiertes logisches Denken liegen, aber das wissen Sie sicher schon. Daher muss das hier nicht weiter vertieft werden. Mathematik studiert nur, wer Lust auf Mathematik hat. Das gilt eigentlich für jedes Fach, aber für Mathematik noch ein bisschen mehr. Den berühmten Königsweg zur Mathematik, den schon Euklid nicht kannte, hat bis heute niemand gefunden. Daher ist Mathematik immer noch anstrengend und man braucht Lust, um diese Anstrengung zu genießen.

Woher kann diese Lust kommen? Es gibt Lehrerinnen und Lehrer, die Lust auf Mathematik machen können. Sie haben in der Schule vermittelt, dass Mathematik nicht aus dem stumpfsinnigen Abarbeiten von Rechenvorschriften besteht, sondern Tore in eine faszinierende Gedankenwelt öffnet. Und sie haben den Freiraum geschaffen, in welchem jeder selbst erfahren kann, wie befreiend und beglückend es ist, wenn sich durch Gedankenarbeit unvermutet Klarheit einstellt, sich die Schleier lüften, und ein neues Stück mathematischer Landschaft vor dem geistigen Auge klar hervortritt.

Lust auf Mathematik ist oft Lust auf Verstehen, etwas so gut zu verstehen, dass man nicht mehr weiter nach einem Warum fragen muss, Neugierde, auf den Boden der Dinge zu sehen. In jedem Jahrgang gibt es Studierende, die bald zu ihrem eigentlichen Fach noch Mathematik dazu nehmen: Nur so glauben sie, ihr Fach richtig verstehen zu können.

Lust auf Mathematik kann auch Lust auf Genauigkeit im Denken und im Sprechen sein. Denken in klaren Begriffen und Sprechen in eindeutigen Formulierungen. Jede Wissenschaft ist auch Sprache. Den ersten Platz für die genaueste, für die eindeutigste, die unmissverständlichste Sprache kann die Mathematik getrost für sich beanspruchen.

Lust auf Mathematik ist auch Lust auf die Schönheit der Mathematik: Das Baumaterial der Mathematik sind Argumente, schöne Argumente. An manchen Argumenten haben viele große Denker über Jahrhunderte gearbeitet, sie geformt, poliert, passend angeordnet. Sicher, man muss sich oft mühsam hocharbeiten, um einen Blick auf sie werfen zu können und ihre Schönheit genießen zu können; aber welcher Bergsteiger kennt das nicht.

Das vielleicht Erstaunlichste an diesem Gedankengebäude: es hat mit der Welt zu tun, sehr viel sogar. Mathematische Theorien, wie abgehoben sie auch scheinen mögen, irgendwann werden sie doch genutzt, um wieder einen Teil der Natur zu beschreiben, eine neue Technologie zum Funktionieren zu bringen, Unvorhersagbares vorhersagbar zu machen. Vielleicht ist es gerade diese Symbiose zwischen abstraktem Gedankengebäude und Praxis, die viele Mathematikerinnen und Mathematiker am meisten an der Mathematik fasziniert.

## **Schulnote ist kein zuverlässiger Indikator**

In den vorangegangenen Absätzen wurde es schon gesagt: Mathe an der Schule und Mathematik an der Universität sind oft recht verschiedene Dinge. Aus diesem Grund ist auch die Schulnote in Mathematik nur ein unzureichender Indikator für die Studienwahl. Daher stellen in jedem Jahrgang einige Studierende zu Beginn ihres Studiums fest, dass Mathematik doch nicht das Richtige für sie ist; das können wir kaum verhindern. In jedem Jahrgang gibt es aber auch Studierende aus Nachbarfächern, die erst in ihren Mathematik-Veranstaltungen feststellen, dass Mathematik genau das Richtige für sie ist, und die daher zur Mathematik wechseln; das wollen wir nicht verhindern.

## **Englischkenntnisse**

Streng genommen setzt das Mathematikstudium kein Schulwissen voraus, denn an der Universität wird die Mathematik systematisch von unten neu aufgebaut. Das stimmt natürlich nicht ganz, denn die Grundrechenarten sollten Sie schon beherrschen. Aber ein Leistungskurs in Mathematik ist keine notwendige Voraussetzung für ein Mathematikstudium. Umgekehrt

kann auch ein Leistungskurs in Physik, Musik oder Latein eine gute Voraussetzung für ein Mathematikstudium sein. Außerdem: ohne Englisch kommt man in Mathematik nicht weit. Viele gute Mathematik-Bücher erscheinen nur in Englisch. Nun ist mathematisches Englisch nicht schwer. Es ist sehr viel leichter, ein englisches Mathematikbuch zu lesen, als eine englische Zeitung, aber trauen muss man sich schon.

## **Lust am Denken**

Es wurde eingangs schon festgehalten: Die wichtigste Voraussetzung für ein Mathematikstudium ist die Freude am Denken. Wenn Sie sich von einem Problem fesseln lassen, wenn sie nicht mehr davon lassen können, bis sie es verstanden und gelöst haben, und zwar ganz gelöst haben, dann sollten Sie über ein Mathematikstudium nachdenken. Hierbei spielt es keine Rolle, ob es sich um mathematische Probleme, um Knobelaufgaben oder um ganz andere Dinge handelt, die durch Denken vorwärts gebracht werden können. Mathematik ist Hochleistungssport fürs Gehirn. Entsprechend hart ist manchmal das Training, das ist wie bei jedem Hochleistungssport. Sie brauchen Geduld, sogar Hartnäckigkeit, und Konzentrationsfähigkeit. Die Freude am Denken und am Verstehen wird Ihnen helfen, auf Ihren intellektuellen Abenteuerreisen die eine oder andere Durststrecke zu überstehen.

## **Hang zur Genauigkeit**

Sie sollten Freude an Genauigkeit haben: Noch mehr als in allen Nachbarwissenschaften ist mathematisches Denken genau, sucht jede Ecke nach möglichen Ausnahmefällen ab. Am besten kann das ein gerne erzählter Witz illustrieren: ein Ingenieur, ein Physiker und ein Mathematiker reisen im Zug durch Schottland. Draußen sehen sie ein schwarzes Schaf. "Das ist ja interessant", ruft der Ingenieur, "In Schottland sind die Schafe schwarz!" "Aber Herr Kollege", widerspricht der Physiker, "Sie können nur behaupten, dass es in Schottland wenigstens ein schwarzes Schaf gibt". Meldet sich der Mathematiker nachdenklich zu Wort: "Auch das ist noch nicht bewiesen: Wir können höchstens schließen, dass es in Schottland mindestens ein Schaf gibt, das auf wenigstens einer Seite schwarz ist." Wenn Sie jetzt anfangen nachzudenken, ob man nicht den Mathematiker noch durch einen übergenaue Mathematiker übertrumpfen kann, dann ist das ein weiteres Indiz, dass Sie ernsthaft über ein Mathematikstudium nachdenken sollten.

Genauigkeit im Denken ist am Ende auch eine der Qualifikationen, die Sie für so viele unterschiedliche Berufe qualifizieren wird. Übrigens: dieser Text ist von einem Mathematiker geschrieben. Das erkennen Sie unter anderem daran, dass viele Sätze ein "meistens", ein "fast immer" oder ein "in der Regel" enthalten. Den Mut, die eine tatsächliche oder mögliche Ausnahme zu übergehen, bringt man als Mathematiker nur sehr schwer auf, selbst wenn es nicht gut für die Lesbarkeit ist.



## **Phantasie und Kreativität**

Phantasie und Kreativität sind wichtige Voraussetzungen für eine tiefergehende Beschäftigung mit Mathematik: Phantasie, um Ihre eigene mathematische Gedankenwelt zu erschaffen, in der Sie sich bewegen können, in der Sie Mathematik sehen können. Kreativität, um Probleme zu lösen: die Probleme, die Sie in der Mathematik und später als ausgebildete Mathematikerin lösen, sind gerade die Probleme, die sich nicht nach vorgefertigten Schablonen lösen lassen, hier ist Kreativität gefragt.

## **Ein Wort an die Frauen**

Bei meiner eigenen Tochter habe ich erlebt: auch heute noch werden Schülerinnen nicht immer zur Mathematik ermutigt, selbst wenn sie Freude daran haben - nicht von jedem Lehrer und, was mich noch mehr überrascht hat, auch nicht immer von den Mitschülerinnen. Zum Glück nähert sich das Geschlechterverhältnis unter den Mathematikstudierenden zunehmend dem Gleichgewicht an, bei den Lehrenden sind wir leider noch nicht so weit. Also: Liebe Schülerinnen, wenn Sie Lust auf Mathematik haben, dann hören Sie auf Ihre innere Stimme, schließlich geht es um die Mathematik.

## **Wahl des Studienortes und des Hochschultyps**

Wo kann und wo soll ich Mathematik studieren? An einer Fachhochschule oder an einer Universität? Welcher ist der passende Studienort? Ein Studium an einer Fachhochschule ist kürzer, eher praxisorientiert, persönlicher betreut als ein Studium an der Universität. Das Studium an der Universität ist anspruchsvoller, lässt mehr Wahlmöglichkeiten zu und ist eher wissenschaftlich orientiert.

Mathematik studieren können Sie an den meisten deutschen Universitäten und an gegenwärtig 14 Fachhochschulen. Sie haben also eine große Auswahl. Welches der für Sie geeignete Studienort ist, hängt zu einem großen Teil von persönlichen Präferenzen ab. Über diese Gesichtspunkte hinaus gibt es natürlich eine Reihe weiterer persönlicher Vorlieben, welche die Wahl des Studienortes beeinflussen werden, z.B. große oder kleine Stadt, große oder kleine Universität, Flair, Freizeitmöglichkeiten, Zimmerpreise, Verkehrsanbindung, Entfernung vom Heimatort, und vieles mehr. Wenn Sie also eine Vorauswahl getroffen haben: fahren Sie hin, schauen Sie sich die Gegebenheiten an. Meist merkt man recht schnell, ob man sich wohl fühlt. Die folgenden Gesichtspunkte könnten Ihnen helfen, wichtige Fragen zu stellen.

## **Fachhochschule oder Universität?**

Das Studium an einer Fachhochschule unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht vom Studium an einer Universität. Ziel einer Fachhochschulausbildung ist eine praxisnahe Ausbildung in überschaubarer Zeit (meist 6 bis 7 Semester). Der Studienverlauf ist im allgemeinen recht genau vorgegeben, die Anbindung an die Praxis spielt schon während des Studiums eine große Rolle. Meist sind längere Praktika vorgeschrieben und die Dozenten bringen in der Regel mehrjährige Berufserfahrungen von außerhalb der Hochschule mit. Kleine Studierendenzahlen ermöglichen eine persönliche Betreuung.

Ziel eines Studiums an einer Universität ist die wissenschaftliche mathematische Ausbildung in Breite und Tiefe. Für ein Studium sind üblicherweise 9 bis 10 Semester vorgesehen, meist dauert es aber etwas länger. Viele Wahlmöglichkeiten geben einen großen Spielraum für die individuelle Studiengestaltung, das Studium stellt aber auch höhere Anforderungen an die Selbstständigkeit. Je nach Studiengang und Schwerpunktsetzung werden in unterschiedlicher Gewichtung praxisrelevantes Wissen und mathematisches Denken vermittelt. Insbesondere spielt auch in einem anwendungsorientiert angelegten Studium die theoretische Mathematik als Grundlage eine wichtige Rolle.

## **Klassische Universität oder technisch orientierte Universität?**

Universitäten haben eine Geschichte und ein Profil. Beides prägt auch die Mathematikausbildung. Klassische Universitäten sind meist viele hundert Jahre alt und haben traditionelle Schwerpunkte in den Geistes- und Naturwissenschaften, selten sind hier Ingenieurwissenschaften in größerem Umfang vertreten. Technisch orientierte Universitäten waren früher meist technische Hochschulen (oder sind es noch), hier nehmen die Ingenieur- und Naturwissenschaften einen breiten Raum ein. Auch sie pflegen, wie der Name "Universität" besagt, die Geisteswissenschaften, aber nur selten in gleichem Umfang wie eine klassische Universität.

## **Nebenfächer und Studiengänge**

In einem Mathematikstudium studieren Sie nicht nur Mathematik sondern auch ein Nebenfach. Hier können Sie weiteren Neigungen nachgehen oder im Hinblick auf eine angestrebte Berufstätigkeit schon Schwerpunkte setzen. Die angebotenen Fächerkombinationen können sich von Universität zu Universität beträchtlich voneinander unterscheiden; es lohnt es sich also, diese Überlegung in in die Wahl des Studienortes einzubeziehen.

Es ist noch nicht lange her, da hat man an einer Universität einfach Mathematik studiert. Das können Sie heute auch noch, und die Mehrzahl unserer Studierenden tut das auch. Aber darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von speziellen Studiengängen im Angebot, die auf einen bestimmten Schwerpunkt hin ausgerichtet sind, z.B. Finanzmathematik, Wirtschaftsmathematik, Technomathematik, Computerscience, Biomathematik oder Statistik. In den ersten beiden Studienjahren unterscheiden sich diese Studiengänge in der Regel nicht

wesentlich von einem allgemeinen Mathematikstudium, danach aber fokussieren sie zunehmend auf den angestrebten Schwerpunkt.

Im Zuge der Globalisierung bieten einige Fachbereiche auch Studiengänge an, die wenigstens in Teilen fremdsprachlich, meist englisch, angeboten werden. Sie sollen ausländischen Studierenden den Einstieg in ein Studium in Deutschland ermöglichen. Diese Studiengänge sind in der Regel natürlich auch für deutschsprachige Studierende offen, das kann eine interessante Alternative sein.

## Qualitätskriterien

Natürlich wollen Sie an einer guten Fakultät studieren. Aber was ist "gut"? Im Zeitalter der Rankings wird häufig auch die Qualität einer Fakultät in ein eindimensionales Korsett gezwängt. Seriöse Rankings können einen ungefähren Eindruck von der Position einer Fakultät in der deutschen Hochschullandschaft vermitteln, aber auch nur im Hinblick auf die abgefragten Parameter. Die oben genannten Gesichtspunkte können oft nicht abgebildet werden, andere Parameter sind interpretationsbedürftig. So kann man aus dem häufig abgefragten Betreuungsverhältnis (Zahl der Studierenden je Dozent) durchaus verschiedene Schlüsse ziehen.

## Berufsfelder für Mathematiker

Welche Perspektiven eröffnet die Mathematik? Außer meinen Mathematiklehrerinnen kenne ich eigentlich keine Mathematiker. Was kann man denn mit einem Mathematikstudium anfangen, und wie sind die Berufschancen? In kaum einem Fach sind die Berufschancen so vielfältig und so gut wie in der Mathematik. Mathematikerinnen und Mathematiker sind universell einsetzbar und füllen daher oft Stellen aus, die nach außen gar nicht als Mathematiker-Stellen erkennbar sind.

Mathematikerinnen und Mathematiker sind wie die Mathematik: unverzichtbar, aber schwer auszumachen. Juristen, Mediziner, Theologen und viele andere sind klar als solche erkennbar, oft schon aus dem Telefonbuch oder auf dem Namensschild. Wo nun sind die Mathematiker? Überall da, wo Mathematik ist und noch in vielen anderen Bereichen. Denn Mathematiker können Mathematik und noch viel mehr: sie können gedankliche Ordnung in unübersichtliche und komplexe Situationen bringen, z.B. indem sie analysieren, auf angemessene Weise vereinfachen, auf den Punkt bringen, intuitiv verstehen und dabei präzise bleiben. Letzteres zeichnet Mathematiker besonders aus: Mathematik erzieht zum genauen Denken: wenn es um hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit geht, müssen alle, wirklich alle, Möglichkeiten durchdacht und berücksichtigt werden, nicht nur die Regelfälle, sondern auch die Ausnahmesituationen. Für alle diese Fähigkeiten werden Mathematikerinnen und Mathematiker gebraucht und eingestellt.

## **Technologie**

Mathematik ist eine Schlüsselwissenschaft. Wo Hochtechnologie ist, ist auch Mathematik. Nehmen wir ein Auto: es beginnt bei der Gestaltung des Reifenprofils: griffig, aber leise sollen die Reifen sein. Die Karosserie soll windschlüpfrig sein, aber auch formschön; beides kann man mathematisch erfassen. Die Form der Karosserie muss mathematisch beschrieben werden, sonst wissen die Pressen nicht, was sie tun sollen. Das optimale Design der Vorgänge bei der Verbrennung im Zylinder führt mitten hinein in das hochaktuelle mathematische Gebiet der Turbulenz. Wenn neuerdings viele Crashtests zur Erhöhung der Sicherheit im Rechner durchgeführt werden können, dann ist das ein Verdienst der Mathematik: nur ausgeklügelte mathematische Verfahren erlauben es, solch komplizierte Vorgänge in kurzer Zeit zu rechnen, selbst auf schnellen Computern - Sie wissen ja, wie ein Auto nach einem Crash aussehen kann...

Wo immer es digital wird, z.B. beim GPS, wird es auch mathematisch. Digitale Information wird gegen Fehler gesichert, komprimiert, verschlüsselt, von anderer Information getrennt; dies alles mit mathematischen Algorithmen. Diese Liste ist jedoch noch längst nicht vollständig. Was für ein Auto gilt, gilt genauso für jedes anderes Produkt der modernen Technologie, für Flugzeuge und Züge, für Handys und Geldautomaten, für optische Geräte und moderne Werkstoffe, von der IT-Branche gar nicht zu reden. Natürlich werden diese Produkte nicht alleine von Mathematikern entwickelt, aber sie sind überall beteiligt, immer in einem Team, in welches sie ihre Fähigkeiten einbringen.

## **Finanzwelt**

Ein klassisches Berufsfeld für Mathematikerinnen und Mathematiker sind Versicherungen und Banken. Produkte für den Finanzmarkt zu entwickeln, ist eine anspruchsvolle Angelegenheit, man spricht von Financial Engineering. Hier ist viel anspruchsvolle Mathematik im Spiel, spätestens seit F. Black, R.C. Merton und M. Scholes um 1973 mit ihren mathematischen Überlegungen zur fairen Optionspreisbewertung die Finanzmärkte revolutionierten (die beiden letztgenannten erhielten dafür 1997 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften, F. Black starb 1995). Alle diese Produkte müssen natürlich auch überprüft werden: Controlling-Abteilungen sind ein mittlerweile klassisches Betätigungsfeld für Mathematiker: sie schauen genau hin.

## **Unternehmensberatung, Management, Logistik**

Und dann gibt es noch die unzähligen Berufe, denen man den Bezug zur Mathematik gar nicht mehr ansieht. Hier bringen Mathematiker vor allem ihre analytischen Fähigkeiten und ihr strukturierendes Denken ein. Das gilt zunächst für alle Bereiche des mittleren und höheren Managements. Als weiteres typisches Beispiel seien hier Unternehmensberatungen genannt. In manchen großen Unternehmensberatungsfirmen haben etwa die Hälfte der Mitarbeiter ein abgeschlossenes Mathematikstudium in der Tasche. In naher Zukunft wird im Bereich der

Verkehrssysteme ein großer Bedarf an Mathematikern entstehen. Schon jetzt sind Mathematiker in die Organisation von Nahverkehrssystemen und Fahrplänen eingebunden, manchmal leider auch nicht. Mathematikerinnen und Mathematiker werden gerne eingesetzt, wo immer komplizierte logistische Aufgaben zu bewältigen sind: Mathematik ist Organisation von Komplexität und genau hier wird sie gebraucht.

## **Lehre und Forschung**

Die oben angesprochenen Berufsfelder belegen auch, wie wichtig die Mathematik für das Funktionieren unserer Welt ist. Diese Rolle kann sie in Zukunft nur ausfüllen, wenn einerseits in den Schulen ein breites Grundverständnis für Mathematik vermittelt wird und wenn andererseits die Mathematik ständig weiterentwickelt wird, um vorbereitet zu sein für neue Aufgaben. Lehrerinnen und Lehrer für Mathematik erfüllen daher eine wichtige Aufgabe für die Gesellschaft, sie sind immer gefragt. Die meisten Universitäten bieten auch Studiengänge für das gymnasiale Lehramt an, Mathematik in Kombination mit wenigstens einem weiteren Unterrichtsfach für die Schule. Mathematische Forschung findet hauptsächlich an den Universitäten, Max-Planck-Instituten und Forschungszentren großer Firmen statt. Die Stellen in der Forschung sind allerdings dünn gesät. Daher kann man sich eine Forschungslaufbahn vornehmen, aber darauf verlassen sollte man sich nicht.

## **Firmen brauchen Mathematiker**

Die Berufsaussichten für Mathematikerinnen und Mathematiker sind also hervorragend. Alle Statistiken weisen einheitlich aus: jüngere Mathematiker gibt es unter den Langzeitarbeitslosen praktisch nicht. Die meisten Stellen werden nicht spezifisch für Mathematiker ausgeschrieben. Ein Blick auf die geforderten Qualifikationen zeigt aber oft: hier haben Mathematiker gute Chancen, und häufig setzen sie sich im Bewerbungsverfahren durch, denn die spezifischen Fähigkeiten und die flexiblen Einsatzmöglichkeiten von Mathematikern werden zunehmend geschätzt. Die Liste der angesprochenen Berufsfelder ist bei weitem nicht vollständig, sie kann nur einen ersten Eindruck von der universellen Einsatzfähigkeit von Mathematikerinnen und Mathematikern geben. Viele weitere Informationen finden Sie in dem unten zitierten Berufs- und Karriereplaner Mathematik 2006.

## **Mathematiker arbeiten im Team**

Noch ein Wort zur Arbeitsumgebung: Ein Mathematiker arbeitet in aller Regel nicht alleine an einem Schreibtisch in der Ecke. Im Gegenteil sind Kommunikationsfähigkeit und Teamfähigkeit wichtige Qualifikationen für Mathematiker: Häufig werden Sie sich als einziger Mathematikerin in einem bunt zusammengewürfelten Team wiederfinden. Sie werden Anlaufstelle sein für alle Probleme, die auch nur im entferntesten nach Mathematik riechen. In vielen Fällen werden Sie erst einmal das eigentliche Problem herauschälen müssen, um es

dann möglichst zu lösen und anschließend die Lösung Ihren nichtmathematischen Kollegen in brauchbarer Form weiterzureichen.

## Weitere Informationen zur Mathematik

Die vorangestellten Seiten sind bei weitem nicht alles, was zur Mathematik gesagt werden kann. Aber mit dem Wort "alles" muss man ja in der Mathematik behutsam umgehen. Die Texte sollen helfen, die richtigen Fragen zu stellen, denn die Antworten auf die wirklich wichtigen Fragen werden Sie am Ende für sich selbst finden müssen. Für weitere Informationen steht Ihnen zunächst das Internetportal der DMV, der Deutschen Mathematikervereinigung, unter der Adresse [www.mathematik.de](http://www.mathematik.de) zur Verfügung.

### Literaturempfehlungen

Noch viele weitere nützliche und interessante Informationen rund um das Mathematikstudium sowie einen umfangreichen Einblick in Berufsfelder für Mathematikerinnen und Mathematiker finden Sie in dem Buch:

Berufs- und Karriereplaner Mathematik 2006 Für Studierende und Hochschulabsolventen; Vieweg 2006; ISBN 3-8348-0137-2

Oft werde ich als Mathematiker gefragt: "Gibt es denn in der Mathematik noch Neues?" Die Antwort ist einfach: "Ja, jeden Monat mehrere Meter Zeitschriften mit neuer Mathematik." Jedes gelöste Problem wirft neue Fragen auf, da die Gesellschaft die sichere Beherrschung immer komplexerer Systeme verlangt. Auf die Lösung von sieben großen mathematischen Problemen wurden im Jahr 2000 je eine Million Dollar Preisgeld ausgesetzt.

Mehr Informationen finden Sie unter:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Millennium-Probleme> oder auch in Pierre Basieux: Die Top Seven der mathematischen Vermutungen, rororo, ISBN 978-3-499-61932-8

Das Thema "Was ist Mathematik" ist unerschöpflich. In der folgenden kleinen Literaturlauswahl finden Sie weitere Informationen.

- Philip J. Davis, Reuben Hersh: Erfahrung Mathematik. Birkhäuser 1994.
- Albrecht Beutelspacher: In Mathe war ich immer schlecht. Vieweg 2001.
- Helmut Neunzert, Bernd Rosenberger: Schlüssel zur Mathematik. Econ Verlag 1991.
- Martin Aigner, Ehrhard Behrends (Hrg.): Alles Mathematik. Vieweg 2000.
- Artikel in Spektrum der Wissenschaft

Auf den Homepages verschiedener Mathematischer Fakultäten und Fachbereiche werden Sie ebenfalls weitere Informationen erhalten (übrigens: Mathematische Fachbereiche und

Mathematische Fakultäten sind dasselbe. Die Namensgebung ist durch das jeweilige Landeshochschulgesetz vorgegeben).

Doch schließlich: “Grau, mein Freund, ist alle Theorie und grün des Lebens goldner Baum“: Kein noch so wohlgemeinter Text kann das Gespräch mit Studierenden, Lehrenden und Mathematikern im Berufsleben ersetzen. Suchen Sie das persönliche Gespräch, denn eine wichtige Eigenschaft von Mathematikerinnen und Mathematikern habe ich bisher verschwiegen: Sie sind stolz auf ihr Fach und freuen sich über Gelegenheiten, darüber zu berichten.