

# Studien- und Berufsplaner Mathematik

Schlüsselqualifikation für Technik,  
Wirtschaft und IT. Für Studierende und  
Hochschulabsolventen

*5. Auflage*



Springer Spektrum

---

# Studien- und Berufsplaner Mathematik

---

Springer Fachmedien Wiesbaden

# Studien- und Berufsplaner Mathematik

Schlüsselqualifikation für Technik,  
Wirtschaft und IT. Für Studierende  
und Hochschulabsolventen

5., überarbeitete Auflage



**Springer** Spektrum

Springer Fachmedien Wiesbaden  
Wiesbaden, Deutschland

Die 1. bis 4. Auflage dieses Buches erschien unter dem Titel „Berufs- und Karriere-Planer Mathematik“.

ISBN 978-3-658-04128-1

ISBN 978-3-658-04129-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-04129-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2001, 2003, 2006, 2008, 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gesamtredaktion: Regine Kramer

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

## Grußwort der Bundesministerin für Bildung und Forschung



Mathematiker haben beste Berufsaussichten. Daran besteht kein Zweifel. Zweifelsfrei ist auch die Statistik, die belegt: das zugehörige Studium ist nicht einfach zu bewältigen. Das Studium erfolgreich zu absolvieren ist und bleibt auch eine ganz persönliche Herausforderung. Ihr sich zu stellen, wird jedoch belohnt und öffnet vielfältige Zukunftschancen.

Für mich persönlich ist es immer wieder erstaunlich, wie sehr Kenntnisse der Mathematik im Leben helfen. Logisches und strukturiertes Denken ist die Basis zahlloser Entdeckungen und Erkenntnisse. Analytische Fähigkeiten und Fertigkeiten, die das Studium vermittelt, sind vielfältig anwendbar und erfreuen sich zudem einer steigenden Nachfrage am Arbeitsmarkt. Sie geben aber auch Rückenwind bei vielen Entscheidungen im Alltag.

Gesellschaftlicher Fortschritt und Mathematik sind untrennbar miteinander gekoppelt. Wer sich heute für einen mathematisch orientierten Berufsweg entscheidet, kann die Welt von morgen entscheidend mitgestalten. Wirtschaft, Informations- und Kommunikationstechnologie, Maschinenbau, Logistik, aber auch die Luft- und Raumfahrt wären ohne fundierte Mathematik praktisch nicht vorstellbar.

Mathematische Fähigkeiten anschaulich und nachvollziehbar zu vermitteln, wird eine immer wichtigere Aufgabe im Bildungssystem. Wir brauchen gut ausgebildete Lehrerinnen und Lehrer in den Schulen und Hochschulen, die die Freude an diesem Fach wecken und Begeisterung vorleben können. Mathematik ist keine abstrakte Wissenschaft, sondern gestaltet unser Leben entscheidend mit.

Wichtig für eine erfolgreiche Berufs- und Karriereplanung ist eine gute Beratung von Anfang an. Was für Aufgaben erwarten mich im Studium? Was wird von mir verlangt? Welche Interessen sollte ich selber mitbringen? Um diese und andere Fragen fundiert beantworten zu können, hilft sicher auch der Blick in diesen Ratgeber.

Prof. Dr. Johanna Wanka  
Bundesministerin für Bildung und Forschung

## Grußwort des Präsidenten der Deutschen Mathematiker-Vereinigung



Wer Mathematik studiert hat, hat sich für viele spannende Jobs qualifiziert. Neben den klassischen Tätigkeiten als Wissenschaftler(in) in der Forschung oder als Lehrer(in) an der Schule gibt es zahlreiche, zum Teil auch neue Einsatzgebiete für Mathematikerinnen und Mathematiker. Sie arbeiten heute in der Finanz- und Versicherungswirtschaft, in Konstruktion und Simulation in Unternehmen der Fahrzeug- und Flugzeugbranche, in Unternehmensberatungen, in der Medizin, in Schulbuchverlagen oder in der Softwareentwicklung. Letzteres bedeutet nicht nur „Kalkulationsprogramme stricken“, sondern z. B. auch die Entwicklung von 3D-Visualisierungstools für Computerspiele und Filmanimationen. Auch hinter der hoch aktuellen Internetsicherheit und intelligenten Suchmaschinen im Internet stehen oft ein Mathematiker oder eine Mathematikerin.

Mathematik ist eine umfassende Anwendungswissenschaft geworden: Mathematik steckt in allen Bereichen der Hochtechnologie, im Handy, im MP3-Player, im Navigationsgerät, im Bahnfahrplan, in und unter jeder Kühlerhaube. Das wissen kleine, mittlere und große Unternehmen und stellen Mathematikerinnen und Mathematiker ein. An den oben genannten Berufsfeldern wird auch deutlich: Mathematik ist ein sehr kreatives Fach! In der Forschung betreten Sie sowieso Neuland und müssen völlig neue Lösungsansätze entwickeln. Aber auch die Wirtschaft sucht nach Lösungen für immer neue Probleme in Logistik, Produktion, Robotik. Hier sind kreative Köpfe gefragt, die mathematische Methoden und Modelle anpassen oder entwickeln, um die Industrie voranzubringen.

Es ist mir ein wichtiges Anliegen, an dieser Stelle auch das Lehramt anzusprechen, da dieses nicht immer adäquat gewürdigt wird. Dabei ist ein guter Mathematiklehrer, eine gute Mathematiklehrerin das A und O für erfolgreichen Mathematikunterricht und somit für qualifizierten Nachwuchs in Mathematik. Insofern kommt den Lehrerinnen und Lehrern eine große Verantwortung zu. Deshalb unternehmen wir auch große Anstrengungen, Lehrerinnen und Lehrer, deren Mathematikstudium schon länger zurückliegt, weiter zu qualifizieren. Das sage ich auch in meiner Funktion als Direktor des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung Mathematik (DZLM). Vergessen Sie also

bitte nicht: Wir benötigen auch gute Mathematiklehrerinnen und -lehrer. Denn auch der Lehrerberuf ist ein Beruf für die Besten unter Ihnen!

Mein Fazit: Mathematik für Forschung, Wirtschaft oder Lehramt sollte man studieren, wenn einem das Fach Spaß macht, und weil Mathematik ein spannendes Wissens- und Forschungsgebiet ist. Und man kann das in dem Bewusstsein tun, dass Mathematikerinnen und Mathematiker gebraucht werden, dass Absolventen eines Mathematikstudiums Karriere machen können, dass Mathematik in viele Berufe führt, und dass der Erfolg auch ein Stück weit planbar ist. Der Berufs- und Karriereplaner, der nun in einer völlig neuen Version vorliegt, macht das anschaulich und greifbar. Ergreifen Sie diese Möglichkeit und machen Sie etwas daraus! Ich wünsche Ihnen für Ihren beruflichen Werdegang alles Gute!

Prof. Dr. Jürg Kramer  
Präsident der DMV  
[www.dmv.mathematik.de](http://www.dmv.mathematik.de)

# Inhalt

Grußwort: <i>Prof. Dr. Johanna Wanka</i> , Bundesministerin für Bildung und Forschung .....	V
Grußwort <i>Prof. Dr. Jürg Kramer</i> , Präsident der Deutschen Mathematiker-Vereinigung .....	VII
Einleitung .....	1
Aufbau und Inhalt des Buches .....	2
<b>1 Warum Mathematik studieren?</b> .....	5
1.1 Mathematik – Eine Herzensangelegenheit ( <i>Gunter Dueck</i> ) .....	6
1.2 Mathematik – ein geistiges Auge des Menschen ( <i>Eberhard Zeidler</i> ) .....	13
1.3 Das Jahrhundert der Mathematik ( <i>Günter M. Ziegler</i> ) .....	17
1.4 Sehr gute Berufsaussichten für Mathematiker ( <i>Regine Kramer</i> ) .....	24
1.5 Mathematik in der Industrie ( <i>Martin Grötschel</i> ) .....	30
1.6 Mathematik und Schule ( <i>Stephanie Schiemann</i> ) .....	39
1.7 Frauen in der Mathematik ( <i>Regine Kramer</i> ) .....	46
1.8 Wage ich ein Mathematikstudium – ja oder nein? ( <i>Günter Törner</i> ).....	49
1.9 Sind Sie für das Mathematikstudium geeignet? .....	52
1.10 Verschiedene Links zur Mathematik .....	53
<b>2 Das Mathematikstudium</b> ( <i>Christine Haite, Christian Falz, Ivonne Domnick und Regine Kramer</i> ) .....	55
2.1 Universität oder Fachhochschule? .....	56
2.2 Die verschiedenen Studienabschlüsse .....	56
2.3 Wahl des mathematischen Studiengangs .....	57
2.4 Das Mathematikstudium an der Universität .....	60
2.4.1 Universitäre Bachelor- und Masterstudiengänge Mathematik .....	60
2.4.2 Die Bausteine des Mathematikstudiums an der Universität .....	61
2.4.3 Universitäten mit Mathematikstudiengängen .....	63

2.5	Das Mathematikstudium an Fachhochschulen .....	69
2.5.1	Die Bausteine des Mathematikstudiums an der Fachhochschule .....	70
2.5.2	Das Bachelorstudium Mathematik an der Fachhochschule .....	71
2.5.3	Masterstudiengang Mathematik an der Fachhochschule .....	73
2.5.4	Fachhochschulen mit Mathematikstudiengängen .....	74
2.6	Wahl des Studienorts .....	75
<b>3</b>	<b>Anwendungsorientierte Studiengänge und Fächerkombinationen .....</b>	<b>77</b>
3.1	SPECIAL Finanz- und Versicherungsmathematik ( <i>Claudia Klüppelberg und Matthias Scherer</i> ) .....	78
3.1.1	Risikomanagement und Finanzmathematik in und nach der Krise ( <i>Marcus R.W. Martin</i> ) .....	86
3.1.2	Als Aktuarin bei der Versicherung ( <i>Catherine Grobosch</i> ) .....	91
3.1.3	Versicherungsmathematik bei einem Beratungsunternehmen ( <i>Stefanie Crestani</i> ) .....	94
3.1.4	Risikocontrolling in der Bank: Möglichkeiten und Grenzen der Mathematik ( <i>Klaus Böcker</i> ).....	98
3.2	Technomathematik ( <i>Helmut Neunzert</i> ) .....	102
3.2.1	Technomathematik in der industriellen Praxis ( <i>Peter Maaß</i> ).....	109
3.2.2	Technomathematik an der Schnittstelle von Forschung und Anwendung ( <i>Christian Leithäuser</i> ) .....	112
3.3	Wirtschaftsmathematik ( <i>Alexander Martin</i> ) .....	115
3.3.1	Als Consultant in einer Wirtschaftsprüfungs- gesellschaft ( <i>Stefan Schneider</i> ) .....	118
3.4	Statistik ( <i>Göran Kauermann</i> ).....	120
3.5	Mathematik und Biowissenschaften ( <i>Angela Stevens</i> ) .....	124
3.5.1	Biostatistik in Forschung und Anwendung ( <i>Geraldine Rauch</i> ) .....	127
3.6	Mathematik und Informatik: Fächerkombination mit besten Berufsaussichten ( <i>Petra Mutzel</i> ) .....	129

3.7	SPECIAL Modellierung, Simulation, Optimierung ( <i>Peter Gritzmann</i> ) .....	133
3.7.1	Problemlösungskompetenz Mathematische Modellierung ( <i>Nicole Marheineke</i> ).....	140
3.7.2	Modellierung und Simulation zur Verbesserung medizinischer Therapien ( <i>Tobias Preusser</i> ) .....	143
3.7.3	Modellieren und Simulieren im technisch- innovativen Umfeld ( <i>Mathias Lindemann</i> ).....	147
<b>4</b>	<b>Studienstart und Tipps zum Studium</b> ( <i>Christine Haite, Christian Falz, Ivonne Domnick und Regine Kramer</i> ) .....	153
4.1	Der richtige Start .....	153
4.2	Teamarbeit .....	154
4.3	Vorlesungen und Übungen .....	155
4.4	Lernen mit Literatur .....	156
4.5	Mathematisches Formulieren .....	156
4.6	Gezielt studieren .....	157
<b>5</b>	<b>Finanzierung des Studiums</b> ( <i>Regine Kramer</i> ) .....	159
5.1	Wie teuer ist ein Studium? .....	159
5.2	Finanzierungsmöglichkeiten .....	159
5.3	BAFöG .....	160
5.4	Stipendien .....	163
5.5	Bildungskredite .....	166
5.6	Bildungsfonds .....	167
5.7	Studentenjobs .....	167
5.8	Auslandsstudium .....	168
5.9	Versicherungen .....	169
<b>6</b>	<b>Weiterbildung nach dem Studium</b> ( <i>Christine Haite, Christian Falz und Regine Kramer</i> ) .....	173
6.1	Promotion .....	173
6.2	Zusatzstudium .....	175
6.3	Weiterbildungen privater Anbieter .....	176
6.4	Master of Business Administration (MBA) .....	177

<b>7</b>	<b>Der Bewerbungsprozess</b>	
	<i>(Regine Kramer, Christine Haite und Christian Falz)</i> .....	179
7.1	Welche Faktoren spielen bei der Bewerbung eine Rolle? .....	179
7.2	Erste Orientierung und Recherche .....	180
7.3	Telefonische und schriftliche Bewerbung .....	183
7.4	Vorstellungsgespräch .....	187
<b>8</b>	<b>Arbeitsvertrag und Berufsstart</b>	
	<i>(Regine Kramer)</i> .....	189
8.1	Was es beim Arbeitsvertrag zu beachten gilt .....	189
8.2	Vorbereitungen vor dem Berufsstart .....	190
8.3	Berufsstart und Arbeitsbeginn .....	191
<b>9</b>	<b>Branchen und Betätigungsfelder für Mathematiker</b>	
	<i>(Regine Kramer)</i> .....	193
9.1	Anforderungen an Mathematiker .....	193
9.2	Automotive .....	196
9.2.1	Rechnen und Testen rund um Fahrzeugsicherheit und Sensorik <i>(Julia Bräuer)</i> .....	198
9.3	Bank- und Kreditwesen .....	202
9.3.1	Mathematiker im Investmentbanking <i>(Jane Zima)</i> .....	205
9.4	Bildung .....	208
9.4.1	Als Lehrer die Begeisterung für die Mathematik wecken <i>(Corinna Löhr)</i> .....	210
9.5	Chemieindustrie .....	212
9.5.1	Mathematik im Chemieunternehmen: Neuentwicklungen jenseits der Standardmethoden <i>(Joseph Kallrath)</i> .....	214
9.6	Elektroindustrie .....	217
9.6.1	Aus der Praxis einer Industriemathematikerin <i>(Birgit Obst)</i> .....	219
9.7	Energiewirtschaft .....	221
9.7.1	Die Energiebranche: ein breites Feld für Optimierung und Simulation <i>(Uwe Gotzes)</i> .....	223
9.8	Forschung .....	227
9.8.1	Juniorprofessur in Reiner Mathematik <i>(Anna-Maria von Pippich)</i> .....	234
9.9	Ingenieursdienstleistungen und -consulting .....	237
9.9.1	„Für die Simulation bevorzugen wir Mathematiker“ <i>(Franz-Joseph Schulz)</i> .....	239

9.10	Informationstechnologie .....	243
9.10.1	Mathematiker für die Software-Entwicklung ( <i>Heinrich Braun</i> ) .....	244
9.11	Luft- und Raumfahrt .....	246
9.11.1	Technomathematiker und System Engineer in der Raumfahrtindustrie ( <i>Ignacio Gutierrez-Canas</i> ).....	248
9.12	Markt- und Sozialforschung .....	251
9.12.1	Mathematiker in der Marktforschung: Einsatz an der Forschungsfront ( <i>Anette Wolfrath</i> ) .....	253
9.13	Maschinen- und Anlagenbau .....	255
9.13.1	Spaß an der industriellen Praxis ( <i>Michael Hilden</i> ) .....	256
9.14	Medizintechnik .....	260
9.14.1	Von der Mathematik zur Medizintechnik ( <i>Andrea Schenk</i> ) .....	262
9.15	Öffentliche Verwaltung .....	264
9.15.1	Planung und Analyse öffentlicher Erhebungen ( <i>Kai Lorenz</i> ).....	266
9.16	Pharmaindustrie .....	269
9.16.1	Expertenlaufbahn in der Pharmaindustrie ( <i>Andreas Schuppert</i> ) .....	270
9.17	Telekommunikation .....	274
9.17.1	Vom technischen Reporting zur Abteilungsleiterin in der Telekommunikation ( <i>Martina Erdbrügge</i> ).....	275
9.18	Transport und Logistik .....	279
9.18.1	Mathematische Methoden für die Optimierung des Schienenverkehrs ( <i>Christoph Blendinger</i> ) .....	280
9.19	Unternehmensberatung .....	284
9.19.1	Berater für Finanz- und Risikomanagement ( <i>Christina Bender, Christoph Belafi</i> ).....	286
9.20	Versicherungen .....	289
9.20.1	Vielfältige Aufgabenfelder für Mathematiker in der Lebensversicherung ( <i>Markus Faulhaber</i> ) .....	292
9.20.2	Als Versicherungsmathematikerin bei der Rückversicherung ( <i>Tina Marquardt</i> ).....	294
9.20.3	Risikomodellierung in der Schadenversicherung ( <i>Michael Diether</i> ) .....	298

## Einleitung

Der *Studien- und Berufsplaner Mathematik: Schlüsselqualifikation für Technik, Wirtschaft und Informationstechnologie (IT)* befasst sich mit Studium, Beruf und Karriere im Fach Mathematik. Er ist ein Handbuch und Nachschlagewerk und richtet sich an Abiturienten, Studierende, Absolventen und Berufsanfänger der Mathematik aller Studienrichtungen.

Das Buch soll bei der Wahl des Studienfaches, während des Studiums und in der Phase des Berufsstartes ein ständiger Begleiter sein.

Die Berufsaussichten für Mathematiker und Mathematikerinnen sind sehr gut – wie schon seit Jahren. Die Nachfrage nach Mathematikern in Wissenschaft und Wirtschaft wird weiter anhalten, nicht nur in den Branchen, die traditionell Mathematiker einstellen, wie Versicherungen, Banken, Chemie, IT sowie in Großunternehmen. Auch in Branchen wie Energie, Transport und Logistik, ja selbst in den klassischen Ingenieursbranchen finden Mathematiker zunehmend interessante Aufgaben.

Tatsache ist, dass die „Mathematisierung der Arbeitswelt“ in vollem Gange und die Mathematik heute wichtiger Impulsgeber von Innovation und technologischem Fortschritt ist. Die Wirtschaft schätzt und sucht Mathematiker, weil sie wertvolle Schlüsselqualifikationen mitbringen, wie logisches Denken, systematisches Vorgehen und schnelles Durchdringen komplexer Zusammenhänge. Hinzu kommt, dass die Berufswelt in steigendem Maße von interdisziplinärem Arbeiten geprägt ist und mehr Generalisten und Überblicksdenker braucht – auch hier sind Mathematiker durch ihre Ausbildung prädestiniert.

Die Studierendenzahlen im Fach Mathematik bewegen sich in den letzten Jahren langsam nach oben: Insgesamt 70.630 Studierende waren im WS 2012/13 in einem Mathematikstudiengang eingeschrieben. Auf die Gesamtzahl der Studierenden in Deutschland gerechnet, studierten 2,8 % ein Fach aus dem Studienbereich Mathematik.

Mit Blick auf die zurückgehenden Schülerzahlen ist es weiterhin von größter Bedeutung, bereits in der Schule verstärkt die Bedeutung der Mathematik in Wirtschaft und Gesellschaft aufzuzeigen. Dazu will auch dieser Studien- und Berufsplaner seinen Beitrag leisten und informiert umfassend über Wert, Attraktivität und Chancen des Mathematikstudiums.

Für ein erfolgreiches Studium der Mathematik braucht man Begabung, Freude an der Mathematik und Ausdauer. Wer das Studium durchsteht, hat vielfältigste Berufsmöglichkeiten. Mathematik verkörpert wie keine andere Wissenschaft „(...) zwei Seiten einer Medaille: Einmal ist sie die *reinste* Wissen-

schaft – Denken als Kunst –, und andererseits ist sie die denkbar angewandteste und nützlichste“.<sup>1</sup>

Dieses Buch bietet alle wichtigen Informationen rund um Studium und Berufseinstieg und Orientierungshilfe beim Planen des Mathematikstudiums. Zugleich versammelt es wichtiges Erfahrungswissen von Mathematikern in Wirtschaft und Wissenschaft und bietet eine Vielfalt interessanter Kontaktadressen zu Industrie und Wirtschaft.

### Aufbau und Inhalt des Buches

**Kapitel 1** beschäftigt sich u. a. mit den Fragen und Themen: Was ist **Mathematik**? Was motiviert dazu, ein Mathematikstudium aufzunehmen? Wie sind die Perspektiven und Berufsaussichten für Mathematiker? Und schließlich wird auch die Frage nach der Eignung für ein Mathematikstudium gestellt.

Wer Mathematik studieren möchte, steht als erstes vor der Frage nach dem passenden Studiengang und der richtigen Hochschule. In **Kapitel 2** geht es um das **Mathematikstudium an Universitäten und Fachhochschulen** (manchmal auch Hochschule genannt). Hier finden Sie einen Überblick über die verschiedenen Studienabschlüsse und mathematischen Studiengänge sowie die Qualifikationen, die während des Studiums erworben werden. Hinzu kommt die **Darstellung des Mathematikstudiums** mit Grund- und Hauptstudium, Studieninhalten und -bausteinen. Der weiteren Orientierung dienen die Übersichten über Studiengänge für 69 Universitäten und 16 Fachhochschulen sowie Entscheidungshilfen und Bewertungskriterien für die **Wahl der Hochschule und des Studienorts**.

Wer sich genauer über die verschiedenen „Spielarten“ der Mathematik informieren möchte, findet in **Kapitel 3** die **wichtigsten anwendungsorientierten Studienfächer** vorgestellt inklusive der Berufsaussichten, die sich für die Studierenden dieser Studiengänge eröffnen: Technomathematik, Wirtschaftsmathematik, Statistik, Mathematik und Informatik sowie Mathematik und Biowissenschaften. Die Finanz- und Versicherungsmathematik mit ihren Anwendungsbereichen in der Berufspraxis wird im gleichnamigen Special intensiv beleuchtet. Das zweite Special zu Modellierung, Simulation, Optimierung eröffnet den Blick auf die Anwendbarkeit von Mathematik in den verschiedensten Wirtschaftsbereichen.

Für den Studienstart gibt **Kapitel 4** wichtige Informationen und befasst sich mit der **Organisation des Studiums**, Teamarbeit und Lernen mit Literatur sowie dem mathematischen Formulieren und der zielgerichteten Gestaltung der Studienzeite.

---

<sup>1</sup> M. Aigner, E. Behrends (Hrsg.): Alles Mathematik. Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2008.

Ein mehrjähriges Studium zu finanzieren, ist kein Pappenstiel. In **Kapitel 5** finden Sie einen Überblick über die verschiedenen Wege der **Finanzierung** sowie Hinweise auf weiterführende Informationsquellen und Kontaktadressen.

In **Kapitel 6** geht es um **Qualifikationen**, die Sie **nach dem Studium** im Hinblick auf Ihre beruflichen Ziele erwerben können. Dazu gehören auch Promotion und Master of Business Administration.

Wissenswertes rund um die Themen **Bewerbung und Vorstellung** finden Sie in **Kapitel 7**. Neben vielen Tipps zu Jobbörsen und andere Foren für Berufsangebote erfahren Sie hier, auf was es ankommt, angefangen bei der schriftlichen Bewerbung bis zum Ablauf eines Vorstellungsgesprächs.

Der Schritt in die Berufswelt: Vom **Arbeitsvertrag** bis hin zum **Berufsstart** gibt es etliche Fragen zu klären. **Kapitel 8** informiert über Wissenswertes in Sachen Vertragsklauseln, wichtige Vorbereitungen vor dem Berufsstart und die ersten Arbeitstage.

Wie vielfältig die beruflichen Möglichkeiten für Mathematiker sind, zeigt schließlich das **Kapitel 9**. Es bietet nicht nur einen Überblick über die vielen **Branchen und Unternehmensbereiche**, in denen Mathematiker für die verschiedensten Aufgaben gesucht werden. Darüber hinaus benennt es auch die branchenspezifischen Einsatzfelder für Mathematiker. Dazu zählen neben Wirtschaftsbereichen, die traditionell einen großen Bedarf an mathematischem Fachwissen haben, auch solche Branchen, die derzeit oder in naher Zukunft verstärkt Mathematiker brauchen werden.

Die hier ebenfalls versammelten **Praktikerporträts** eröffnen ein breites **Spektrum an Berufswegen von Mathematikern**. In diesen persönlichen Erfahrungsberichten und Tätigkeitsbeschreibungen kommen Berufseinsteiger ebenso zu Wort wie Fachexperten und Manager. Sie geben Tipps zum Berufseinstieg und zur Karriere und verraten, welche Spezialkenntnisse und Qualifikationen in ihrem Metier gefragt sind.

## Zeichenerklärung



Informationsquelle, z. B. Buch- oder Web-Info



Wichtiger Hinweis



Checkliste



Achtung

In diesem Buch hat der Verlag eine „Allianz“ aus Mathematikerinnen und Mathematikern an Hochschulen und Forschungsinstituten, aus Industrie und Wirtschaft, Mathematiklehrern und Journalisten zusammengeführt.

### **Bemerkung zur männlichen und weiblichen Form**

Nur aus Gründen der einfacheren, besseren Lesbarkeit verwenden wir vielfach die männliche Form. Selbstverständlich sind immer gleichermaßen Frauen und Männer gemeint.

### **Was will dieses Buch vermitteln?**

**Das Selbstverständnis der Mathematik:** Das Image der Mathematik als einer Wissenschaft im Elfenbeinturm ist längst passé. Mathematik steckt heute in jeder Wissenschaft und in jeder modernen Technologie. Sie gibt wichtige Impulse für technische Innovationen und ist für sich selbst genommen eine *Schlüsseltechnologie*. Und so sind insbesondere auch einige neue Mathematikstudiengänge sehr anwendungs- und berufsbezogen.

**Mathematik ist gefragter denn je:** Telekommunikation, Versicherungen, Banken, Automobiltechnik, Medizintechnik, Unternehmensberatungen. Das sind nur einige wenige Beispiele für ihren Einsatz. Tatsache ist, dass *Mathematiker durch ihre im Studium erworbenen Fähigkeiten universell einsetzbar* sind. Und diese Fähigkeit, jedes neue Fachgebiet schnell zu durchdringen und zum Kern eines Problems vorzudringen, ist heute gesuchter denn je.

**Die Faszination für Mathematik:** Diese Faszination gilt es, bei jungen Menschen verstärkt zu wecken. Wer Schüler und Schülerinnen für das Mathematikstudium motivieren will, muss auch ausreichend Information über interessante Studienangebote und über die vielfältigen Berufsmöglichkeiten für Mathematiker in Wirtschaft und Wissenschaft bieten. Schließlich geht es darum, den Nachwuchs für morgen zu sichern.

*Ohne Mathematik tappt man doch immer im Dunkeln.*

Werner von Siemens

## 1 Warum Mathematik studieren?

01

Man sieht es überall: Die Mathematik durchdringt sämtliche Lebensbereiche und wirkt in Wissenschaft und Wirtschaft als Motor und Katalysator von Innovationen. Dennoch kann man die Frage stellen: Warum Mathematik studieren? Reicht es nicht aus, über ein begrenztes, rein anwendungsbezogenes, mathematisches Methodenwissen zu verfügen? Die folgenden Beiträge sind einerseits leidenschaftliche Plädoyers für die Mathematik und das Mathematikstudium und andererseits eindrucksvolle Demonstrationen der Omnipräsenz von Mathematik. Ihre Autoren: Mathematiker und Mathematikerinnen mit Leib und Seele. Die Mühen und Freuden beim Erlernen des mathematischen Denkens sind Thema des ersten Beitrags. Von der Mathematik als „Organ der Erkenntnis“ und ihrem breiten Wirkungsspektrum handelt der zweite, von der Schönheit, Eleganz und Bedeutung mathematischer Beweise der darauf folgende Text.

Das überaus breite Berufsspektrum für Mathematiker – auch in Verbindung mit den ergänzenden Fächern Technik, Wirtschaft, Informatik und Biowissenschaften – beleuchten die Beiträge vier, fünf und sechs, wobei neben den traditionellen Tätigkeitsbereichen in Wirtschaft wie im Schuldienst auch neue und zukünftige Einsatzfelder vorgestellt und die spezifischen Anforderungen an Mathematiker beschrieben werden.

Es folgt ein kurzer Beitrag über Frauen in der Mathematik, bevor die Abschnitte „Wage ich ein Mathematikstudium – ja oder nein?“ und „Sind Sie für das Mathematikstudium geeignet?“ Auskunft über die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Mathematikstudium geben. Hinweise zu nützlichen Links im Internet schließen dieses Kapitel ab.

## 1.1 Mathematik – Eine Herzensangelegenheit



**Prof. Dr. Gunter Dueck**, geboren 1951, lebt mit seiner Familie in Waldhilsbach bei Heidelberg. Er studierte von 1971–75 Mathematik und Betriebswirtschaft, promovierte 1977 an der Universität Bielefeld in Mathematik. 10 Jahre forschte er gemeinsam mit seinem wissenschaftlichen Vater Rudolf Ahlswede und gewann mit ihm 1990 den Prize Paper Award der IEEE Information Theory Society für eine neue Theorie der Nachrichtenidentifikation. Nach der Habilitation 1981 war er fünf Jahre Professor für Mathematik an der Universität Bielefeld und wechselte 1987 an das Wissenschaftliche Zentrum der IBM in Heidelberg. Dort widmete er sich Lösungen von industriellen Optimierungsproblemen und war maßgeblich am Aufbau des Data-Warehouse-Service-Geschäftes der IBM Deutschland beteiligt. Heute ist er als IBM-Chef-Technologe für technologische Ausrichtung, Strategiefragen und Cultural Change zuständig. Er ist Mitglied der Präsidiiums der Deutschen Mathematikervereinigung, des Strategiekreises Informationsgesellschaft der BITKOM und der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen (korrespondierend). Seit 2000 publiziert er heiter-satirische Bücher über das Leben, die Menschen und die Manager, z. B. „Wild Duck“, „Lean Brain Management“ (Managementbuch 2006) oder ganz philosophisch „Dueck’s Trilogie“. Er schrieb einen mathematischen Roman „Das Sintflutprinzip und „Ankhaba“, einen Vampirroman. 2013 erschien sein neuester Titel „Das Neue und seine Feinde: Wie Ideen verhindert werden und wie sie sich trotzdem durchsetzen“.

Mathe ist überall. Mathematik ist Liebe. Mathematik ist Schönheit, Symbol des Exakten und Systematischen. Mathematik ist Wahrheit. Mathematik schafft Nutzen und Regeln. Mathematik ist eine eigene Sprache.

Wer sie versteht, kommt ins Staunen.

Wer sie beherrscht, ist Mathematiker.

Wer es liebt, wie ein Poet persönlich Neues in dieser Sprache zu erschaffen, ist glücklich. Er hat nebenbei das Denken erlernt. (Denken! Nicht nur: Mitdenken! Nicht nur: Verstehen!)

Klingt das nicht gut? Sie sollten das im Ohr behalten. Es sollte Ihnen wirklich daran gelegen sein, denken zu lernen, wenn Sie Mathematik studieren wollen. Man sagt, Mathematiker seien in gewisser Weise universell ausgebildet, weil ihre Mathematik „im Zentrum“ sei. Das ist wohl ein Missverständnis: Eher dann, wenn Sie das Denken erlernt haben, sind Sie in gewisser Weise universell vorbereitet! Und auch das stimmt nicht: Zum Denken muss noch das Handeln dazu! Das Handeln ist ganz und gar nicht automatisch dabei. Es muss *zusätzlich* mühsam gelernt werden. Hören Sie? *Mühsam!* Ich weiß es, ich bin Manager. Wenn Sie dieses Buch hier lesen, werden Sie sicher mehr Freude am Denken als am Handeln haben. Deshalb habe ich dieses warnende Wort hingestellt: *Mühsam*. Sie werden später im Beruf noch merken, dass Mathematik nicht alles war.

Wahre Mathematiker lieben ihre Wissenschaft. Es wird oft behauptet, besonders von ihnen selbst, sie seien glückliche Menschen. Es gibt beeindruckende Statistiken, wie lange sie mit ihrem unermüdlichen Gehirn leben, besonders wenn sie dazu noch verheiratet, evangelisch und kindergesegnet sind (bin ich alles!). Mathematik hält jung. Ich habe zum Beispiel zwei Kinder, meine Frau drei.

Leider erscheint es so, dass die Mathematik nicht jeden „hineinlässt“. Mathe sei zu schwer, jammern hohe Prozentzahlen von Studienabbrechern. Mathe sei trocken, sagt eine Radio-Reklame in diesen Tagen, dagegen helfe nur das Hinunterstürzen eines bekannten Mineralwassers. Das macht mir oft Kummer. Wenn „die alle“ so reden ...

Ich habe lange darüber nachgedacht, warum gerade Mathematik so erscheint. Es liegt für mich an der relativen Unzugänglichkeit ihrer höchsten Leistungen. Angehende Köche wissen nach einem Gala-Menu in einem mehrsternigen Restaurant, wohin sie sich entwickeln müssen. Angehende Musiker können sich ein paar CDs anhören, Sportler im Stadion sehen, was die Meister leisten. Kunst, Literatur, Ingenieurwesen, Informatik können am Eingang zu ihrer Wissenschaft mit ihren offen daliegenden Glanzergebnissen prunken. Der eintretende Schüler vermag staunend zu ahnen, wohin es ihn ziehen wird. Wie aber lieben wir geniale reine *Gedanken*? Nicht das Ergebnis, meine ich, sondern das geniale *Denken*? Die reine Fähigkeit zu *verstehen*?

*Wer Mathematiker werden will, muss wollen, im Denken geschult zu sein.*

Mathematiker meinen oft mit dem Denken, dass sie sogenannte „Probleme lösen“ können. Ein Problem ist eigentlich eine Aufgabe, die es zu lösen gilt. „Zeigen Sie, dass es unendlich viele Primzahlzwillinge gibt.“ So lautet eines der berühmtesten Probleme. Es ist seit Menschengedenken ungelöst. Ich probiere kurz: 11 und 13 ist ein Primzahlzwilling, 59 und 61, 101 und 103. Ja, da gibt es viele. Werden sie seltener, wenn man in größeren und größeren Zahlen sucht? Ich werfe meinen Computer an. Ja, sie werden seltener, aber nicht so arg. Wenn aber ihre Häufigkeit nicht so beunruhigend sinkt, warum sollte es etwa mit den Primzahlzwillingen plötzlich aufhören? *Warum* sollten sie aufhören? „Intuitiv“ weiß ich, dass es unendlich viele Primzahlzwillinge gibt. Kann ich es aber beweisen? In der Sprache der Mathematik? So kann das Leben eines Mathematikers beginnen. Er stürzt sich in eine Problemstellung und versenkt sich in einen Strudel des Denkens.

Als ich in Göttingen mit dem Studium der Mathematik begann (bei Heinz und Lyra), wunderte ich mich erst einmal über die geringe Stundenzahl der Vorlesungen. Zweimal vier Stunden Lineare Algebra und Analysis. MO, DI, DO, FR! Jeweils um 11–13 Uhr sollte ich kommen, dazu je zwei Stunden Übungen irgendwann am Nachmittag. „Und macht zusätzlich etwas im Ne-

benfach!“, hieß es lapidar. Ich fragte entgeistert: „Das ist alles?“ Fragen Sie das einmal, wenn Sie anfangen. Sie bekommen ein rätselhaftes Lächeln zurück. „Das ist viel. Das ist genug.“ Ich zuckte mit den Achseln und bereitete mich auf ein wenig anstrengendes Leben vor. Um halb zehn aufstehen und dann langsam zur Bunsenstraße. Was mache ich am Mittwoch? Einführung in die BWL. Um 11 Uhr begannen die Vorlesungen. Da saßen dann lauter müde Menschen, das waren die, die auch noch Physik studierten. Physik war täglich von acht bis neun. Das muss prägend auf solche armen Menschen wirken, habe ich immer gedacht. Wegen des frühen Termins bekamen sie erkennbar das Gefühl, echte Arbeit zu leisten.

Im Laufe der Vorlesung hieß es, die Vorlesung als solche sei nicht so arg wichtig, weil sie „nur Stoff“ vermittele. Aha?! Es komme fast allein darauf an, die Übungsaufgaben „zu lösen“. Die gab man uns auf einem Blatt. Acht Stück. „Wenn Sie überhaupt *alle* Aufgaben herausbekommen, werden Sie unfehlbar gut. Sonst eher nicht. Die ersten Aufgaben eines Blattes sind leicht. Sie dienen dazu, Rezepte anzuwenden. Die weiter unten sind schwerer. Die vor allem müssen Sie lösen, damit Sie denken lernen.“ Es klang so, als liege hier der Schlüssel zur Tür der Wissenschaft Mathematik. Ich ging nach Hause und wollte Mathematiker werden. Die ersten Aufgaben auf dem Blatt waren wirklich „Baby“, wie mein Sohn es formuliert, dann „Hammer“. Ich wusste oft kaum, was überhaupt das Problem war. Ich schwamm. Ich wurde böse. Ich schwor, sie zu lösen. Ich schwor mir heilig, sie *allesamt* zu lösen, *ohne Ausnahme*. Es war wohl einer der wichtigsten Entschlüsse meines Lebens.

*Und ich habe wirklich durchgehalten. Das war mein Glück.*

Ich bin weiter wie geplant jeden Morgen um halb zehn aufgestanden, aber ich habe trotzdem oft kurze Nächte gehabt. Ich habe Probleme gejagt. Es war erst Ehrgeiz, wenig später kam wirkliches Interesse dazu, schließlich bald Leidenschaft. Es ist so ein wundervolles Gefühl, wenn sich das Problem in meinem Kopf „knackt“. „Es knackt“. Etwas fügt sich dort zusammen, wächst ineinander, verschmilzt, ich kann alles sehen. Das Undurchschaubare ist nun „trivial“. Das größte Erfolgserlebnis vor dem Vordiplom war das Lesen aller Programmierbefehle der Sprache ALGOL. Ich war total verwirrt von all den Einzelbefehlen. Ich wollte mehrere Tage alles hinwerfen. Ich begriff nichts. Die gelernten Befehle lagen in meinem Hirn herum wie umgestürzte Mikadostäbchen. Ich war selbst ganz ratlos. Plötzlich verstand ich innerhalb von wenigen Sekunden *die Wirkweise eines Computers*. Dadurch ordnete sich der Wust von Befehlen in ein sinnvolles System. Es fühlte sich damals an wie eine Minute Blitzlicht, dann eine Stunde wie „Alles-Verstehen“. Dann Ruhe. Eine Minute von Nichtverstehen bis Ganzverstehen! Es ist wie am Ende eines Films, wo der Held gerade noch blutig geschnitzelt und gleichzeitig gedemütigt wird, während eine Blondine sinnlos fuchtelnd schreit. Eine Minute später sagt sie dann nur noch JA. Trommeln werden zu hohen Geigen.

*So ist das: Denken lernen.*

Sie müssen dieses „Knacken“, dieses Zusammenfließen spüren, es ist so, wie wenn der Meisterkoch auf der Zunge spürt: „Diese Soße ist vollkommen.“ Dann können Sie bald kochen oder denken. Wie oft, glauben Sie, müsste es „knacken“, damit Sie schließlich denken können? Was schätzen Sie? Tausend Mal? Ist das plausibel? (Zu jeder Vorlesung gibt es etwa acht Aufgaben pro Woche, im Semester 12 oder 13 Wochen, also 100. Sehen Sie? Es werden im ganzen Studium ungefähr 1.000 bis 2.000 Bewährungsstufen. Fünf Jahre studieren sind knapp 2.000 Tage. Also einmal pro Tag! „Knacks.“)

*Können Sie mir glauben, dass man ohne tausend Mal „Heureka! Ich hab's!“ eben nicht denken kann?*

Ich habe nach drei Semestern nur noch etwa vier bis fünf Stunden für alle Aufgaben eines Übungszettels gebraucht. Kaum jemals forderte eine noch Stunden oder Tage von mir. Ich gewöhnte mich an das Problemlösen. Ich begann, es zu können. Ich hatte dadurch viel weniger zu tun als am Anfang des Studiums. (Das war auch ganz gut, weil ich eine Studentin kennen gelernt hatte, mit der ich demnächst 40 Jahre verheiratet bin.)

Das Drama vieler Mathe-Studenten ist ihr Unverständnis dieser notwendigen Vorgänge in ihrem Kopf (das „Knacken“). Viele verzagen schon nach Stunden an den Aufgaben. Sie denken, es wäre schon einiges, sich die Lösungen der Aufgaben kurz von Star-Studenten erklären zu lassen und sie dann selbst auszuarbeiten. „Hey, hab gehört, du hast schon die Aufgaben raus – gib mir mal einen Tipp!“ Wenn Sie das tun, vollziehen sie Gedanken *anderer* nach, nichts weiter. Sie schauen einem Geiger zu und glauben, Sie würden Geige spielen lernen. Sie schauen beim Tennis oder dem Maler zu und glauben, Sie würden Champion oder Künstler. Dieses bloße Zuschauen beim Denken anderer und das anschließende „Abschreiben“ der Lösungen führt direkt in den Abgrund. Hören Sie? Abgrund. Statt eines Malers werden Sie allenfalls Kritiker, statt eines Sportlers allenfalls Sportreporter. Sie *lernen* Mathematik, werden aber kein Schöpfer.

Das Lernen des Problemlösens erfordert Willen. Oder Disziplin. Oder Leidenschaft. Eine dieser drei Attitüden sollten Sie mitbringen! Wahre Mathematiker finden, *Leidenschaft* sei das Wahre. Diese Leidenschaft hatte ich selbst im Studium. Sie äußerte sich bald in Ungeduld: Ich wollte forschen!

Heute weiß ich, wie viel Glück ich hatte. Ich fand eine Art Familie von Forschern in der Lotzstraße in Göttingen, bei den „Statistikern/Stochastikern“. Das Institut wurde damals von Ulrich Krengel geleitet. Es gab eine Kaffeemaschine inmitten von Zeitschriften und Schachbrettern mit Uhren. Und wir Studenten, soweit wir es wollten, waren gern gesehener (!) Teil der Familie, tranken Kaffee, spielten Blitzschach, diskutierten, stritten in Seminaren, aßen

zusammen mit allen Forschern nebenan im Restaurant gemeinsam das preiswerte Stammessen. Ich fand Diplom- und Doktorvater (Sigmund, dann Ahlswede), die mir großartige Lehrer wurden.

In meinem sechsten Semester versprach Rudolf Ahlswede einen Geldpreis und einen Dokortitel für eine Problemlösung. (Er mischte immer wieder ungelöste Probleme in seine normale Vorlesung, wir fühlten uns mitten im Tornado der Forschung! Suchen Sie vor allem solche Vorlesungen! Folgen Sie Kaffeegeruch!) Ich hatte nach einer Woche die Lösung. Pfauenstolz trug ich meine neue Idee vor. Sie war leider ganz falsch. Aber in Rudolf Ahlswede blitzte es („knack“) und in derselben Stunde hatte er die Lösung! Auf Basis meiner Idee. Ich bekam keinen Doktor und nur den halben Preis. Ich schrieb meine erste gemeinsame Publikation und mutierte in diesen Tagen endgültig zum Wissenschaftler. Ich hatte in der Forschung etwas gefunden, was ich dauerhaft lieben würde.

Mathe ist Leidenschaft und Liebe. Diese treiben an. Halten Sie sich die Ohren zu, wenn Leute von Intelligenz oder Genie plappern. Das gibt es auch, ja. Intelligenz hilft, ja. Aber das Wahre ist Drang. Den müssen Sie in sich entwickeln. Gehen Sie los! Mit leuchtenden Augen und Zuversicht, mit Energie und Freude. (Ich werde oft gefragt, wen ich bei IBM einstelle: das war eben ein größerer Teil einer Antwort!)

Ich hatte bestimmt Glück. Ich habe alle Aufgaben gelöst und inspirierende Forscher gefunden. Ich gebe Ihnen den Rat: Suchen Sie sich inspirierende Menschen! Halten Sie am Anfang durch! Das gilt für alle anderen Studiengänge auch. Alle Älteren liegen vor Ihnen als Student auf den Knien und predigen: „Halten Sie durch!“ – „Es ist schon so viel Wissenschaft da, es braucht Zeit, einen Grundstock anzulegen! Geduld! Geduld!“

*Bitte, haben Sie ein wenig Geduld, bis sich Ihnen das Ganze erschließt.*

Ich meine: Sie müssen aber auch aktiv nach dem Ganzen suchen! Leider ist die ganze Wissenschaft zu sehr in Fachgebiete zerstückelt, so dass das Ganze kaum noch starke Umriss hat. Die Mathematik speziell wird heute fast überall gebraucht. Wirklich überall. Mir selbst geht es schon zu weit, wenn bald schon die Philosophen ihre Thesen über den Sinn des Lebens durch Umfragestatistiken mathematisch erhärten. Besonders in meinen Büchern zanke ich seit Jahren herum, dass man heute das normale menschliche Denken zu zwanghaft durch „mathematische Objektivität“ ersetzen will. Im Management wird bald durch *Computer* entschieden, nicht mehr durch „Führung“. Ich bin erschrocken, wie weit man mit Mathematik geht: Viel zu weit. Das Leben hat viel mit Vertrauen und persönlichen Beziehungen zu tun, mit Freundschaft unter Geschäftspartnern und Verlässlichkeit. All das leidet, wenn Herr Computer „ohne Emotionen“ optimiert.

Jetzt schreibe ich am Ende als Mathematiker Aufrufe, Mathematik da zu lassen, wo man objektiv sein darf oder sein sollte! Aber Sie können aus meiner wachsenden Empörung über Mathematik zwischen Menschen (im Management, in der Erziehung nach Punktesystemen) erahnen, wie sehr die Mathematik inzwischen unser Leben durchdringt.

Die Wirtschaft, die Sozialwissenschaften, die Naturwissenschaften sowieso bedienen sich der Mathematik als universales Hilfsmittel und als allgemeiner Sprache. In allen Wissenschaften wird an neuen Werkzeugen der Mathematik geforscht. Diese Sonderentwicklungen entstehen gar nicht mehr in der Mathematik selbst, sondern vor Ort, da, wo das Werkzeug gebraucht wird. Die Mathematik verteilt sich also in die ganze Wissenschaftswelt hinein. Dort dient die Mathematik als Anwendungswissenschaft bestimmten Zwecken. Dort wird sie wie ein Werkzeugkasten gesehen. Wissenschaftler müssen die nützlichsten Werkzeuge der Mathematik kennen, sie anwenden können, mit ihnen spielen, herumprobieren. Dort ist Mathematik Kunsthandwerk. Dort ist Mathematik „Schlüsseltechnologie“, wie Mathematiker gerne sagen. (Das müssen Sie nicht so sehr ernst nehmen. Die Informatiker sagen, „ohne Computer läuft in der Welt gar nichts“, die Juristen behaupten, ohne Gesetze wäre die Welt nie entstanden und Biologen haben erforscht, dass es ohne Biologie keine Menschen gäbe. Im Prinzip sind ziemlich viele Wissenschaften am wichtigsten!)

Wenn es Ihnen reicht, Mathematik anzuwenden, lernen Sie sie ohnehin in den meisten Studiengängen, mindestens als Statistik.

*Aber wenn Sie denken können wollen? Dann studieren Sie am besten gleich richtig. Mathe.*

Ich dachte früher, als ich mein Abitur ablegte, ich sollte Dichter werden. Das war mein eigentlicher Traum! Ich habe mich nicht getraut. Ich hatte Angst vor dem Ungewissen des Broterwerbs und vor dem Gesicht meiner Eltern. So studierte ich, was ich ganz sicher am besten konnte. Mathe. Vor etlichen Jahren (15, heute) sollte ich etwas schreiben. Der Verlag bekam auf einige Artikel euphorische Leserbriefe. Ich begann dann tatsächlich zu schreiben. Ich habe jetzt mehr als zehn Bücher beendet und die nächsten als Inhaltsverzeichnis hier im Computer. Ich habe es unternommen, den Sinn des Lebens mit mathematisch angehauchter Logik und dem normalen schwachen Sarkasmus des Mathematikers zu erklären. Es wird eine wilde Mischung aus Philosophie, Psychologie und Mathematik von neuronalen Netzen. Ich zer-martere mir das Gehirn, wie ich gut lesbar, am besten noch lustig und pointiert und für alle verständlich, das Schwierigste aufschreibe, was ich je in mir drinnen sah.

Als ich neulich so dachte und dachte und verzweifelt dachte, erleuchtete mich plötzlich der Gedanke, dass das philosophische Problemlösen im Kopf sich

ganz genau so anfühlt wie das Grübeln über mathematischen Beweisen! Ganz genau so! Ich weiß nicht, wie ich es besser erklären soll: Wirklich ganz genau so. Man könnte fast auf den Einfall kommen, dass das Erlernen des Denkens auch im Philosophiestudium möglich sei!

Na, jedenfalls ist Mathematik nützlicher, auch wenn es manchmal den Studenten nicht sofort einleuchtet. Ich würde gerne mal in der Öffentlichkeit diskutieren, ob man nicht erst einmal klären sollte, wie man wirklich denken lernt, also ganz zweckfrei – egal ob mathematisch oder philosophisch. Ich würde Ihnen dann erst das Denken beibringen und dann Mathe und Sinn als Übung. Heute nehmen die Professoren an, dass man das Denken automatisch mitlernt, wenn man nur alle Aufgaben löst. Kann ja sein, aber ist das die beste Art, es zu lernen?

Muss ich denn wirklich erst das ganze abstrakte Gerüst der Mathematik lernen, wie man etwa alle Vokabeln einer Sprache nebst Grammatik einpaukt? Eine Sprache lernt man so, ganz gewiss, obwohl jedermann weiß, dass es mit einem Besuch des fremden Landes zehn Mal schneller geht, keine Mühe macht und Spaß bringt. Wenn Sie bei mir studieren würden, würde ich mir Mühe geben, dass Sie gleich neben dem Lernen „losforschen“. Ich würde Ihnen Beine machen, aber echt, ich meine, ich würde versuchen, Leidenschaft in Ihnen zu entzünden. Ja, so müsste ich das machen ...

Wenn Sie aber nun Mathematik studieren, sehen Sie zu, dass Sie diese Leidenschaft bekommen, die Liebe zum Fach, die Bewunderung des Schönen. Lernen Sie denken! Und später, im Beruf, wenn jemals die Menschen zu Ihnen sagen: „Besserwisser!“, dann sind Sie zu weit gegangen, dann haben Sie vor dem vielen Wissen und Denken das Tun vergessen. Dann, bitte, packen Sie an! Mathematik ist auch Anwendungswerkzeug, und das Denken allein hilft im Leben nicht viel.

Sie hören es ja oft, dass Mathematiker unpraktische Menschen sein sollen. Ich kenne eine Menge davon, von diesen rein Theoretischen. Es sind solche, die das Handeln „trivial“ finden, weil ihnen das Wissen um vieles höher steht als das Tun. Aber: Diejenigen, die handeln, verdienen mindestens mehr Geld. Und ich weiß heute nach Jahren im Management, dass sie nicht nur mehr Geld, sondern auch viel mehr Achtung verdienen, als ihnen die Denker zugestehen möchten. Im Leben muss der Mathematiker eine Persönlichkeit werden, die das Leben tatkräftig bewegt. Denken Sie später daran: Denken ohne Handeln ist genauso fruchtlos wie Handeln ohne Denken, was die Hauptsünde vieler anderer Menschen ist. Fruchtlos ist fruchtlos und Sünde ist Sünde. Denken ohne Handeln wie jede andere auch.

Also los! Das Studium fängt mit Linearer Algebra und Analysis an. Ich bin gespannt, wie Sie sich machen werden.

## 1.2 Mathematik – ein geistiges Auge des Menschen



**Prof. Dr. Eberhard Zeidler** wurde 1940 in Leipzig geboren und studierte dort Mathematik und Physik. Nach Promotion im Jahre 1967 und Habilitation im Jahre 1970 wurde er 1974 zum ordentlichen Professor für Analysis an die Universität Leipzig berufen. Im Herbstsemester 1979/80 war er Gastprofessor an der University of Wisconsin, Madison (USA). Im Jahre 1995 berief ihn die Max-Planck-Gesellschaft zum Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig, dessen geschäftsführender Direktor er bis 2003 war. Prof. Zeidler ist Mitglied der Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Im Jahr 1798 zog Napoleon mit einem Expeditionskorps von achtunddreißigtausend Mann nach Ägypten. Angesichts der schweigenden Ewigkeit der Pyramiden von Gizeh soll er gesagt haben: „Soldaten! Vierzig Jahrhunderte blicken auf Euch herab!“ Von den in Frankreich und Spanien gefundenen Höhlenmalereien, die bereits von einem erstaunlichen Formensinn zeugen, bis zum allgegenwärtigen Computer unserer Tage sind es 150 Jahrhunderte! Die Mathematik hat ihren Ursprung in Zahlen und einfachen geometrischen Figuren. Seit der Blütezeit der antiken griechischen Mathematik, verbunden mit Namen wie Platon, Euklid, Archimedes und Diophantos, war die Mathematik einer Sphinx gleichend stets beides: eine sehr esoterische und eine höchst praktische Wissenschaft.

*Mathematik ist eine Herausforderung des menschlichen Geistes und zugleich eine Schlüsseltechnologie.*

In anderen Worten: Mathematik ist abstrakt und zugleich praktisch. Der Einsatz der Mathematik reicht von der Lösung anspruchsvoller ingenieurtechnischer Probleme, wie dem Entwurf einer Boeing 777 am Computer, bis zur Logik und Erkenntnistheorie in der Philosophie.

Der in Oxford und Cambridge wirkende englische Mathematiker Godefrey Harold Hardy (1877–1947) schrieb: „A mathematician, like a painter or poet, is a maker of patterns. If his patterns are more permanent than theirs, it is because they are made with ideas.“ Der mit Hardy befreundete englische Mathematiker und Philosoph Bertrand Russel (1872–1970) betonte: „Mathematics takes us still further from what is human, into the region of absolute necessity, to which not only the actual world, but every possible world must conform.“

*Worin besteht die Bedeutung der Mathematik? Die wohl tiefste Antwort auf diese Frage lautet:*

*Die Mathematik ist ein Organ der Erkenntnis, ein geistiges Auge des Menschen, das es ihm gestattet in Erkenntnisbereiche vorzustoßen, die außerordentlich weit von seiner täglichen Erfahrungswelt entfernt sind.*

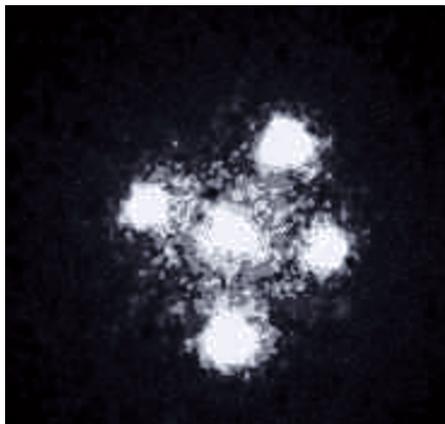
Das betrifft sowohl die Weiten des Kosmos als auch die Prozesse im atomaren und subatomaren Bereich, für die völlig andere Gesetze gelten, als wir sie im täglichen Leben gewohnt sind, und die nur mit Mathematik erfasst werden können. Je weiter wir uns in der Hochtechnologie von unserer täglichen Erfahrungswelt entfernen, desto bedeutungsvoller wird der Einsatz mathematischer Methoden. Beispielsweise hat die Miniaturisierung der Schaltkreise in Computern einen solchen Grad erreicht, dass bereits 10 % der Wärmeentwicklung durch den Casimir-Effekt verursacht werden, der auf den komplizierten Eigenschaften des Grundzustands eines Quantenfeldes beruht. Der Casimir-Effekt kann nur mit den abstrakten Methoden der Quantenfeldtheorie mathematisch verstanden werden. Immer wieder wird die höchst erstaunliche Tatsache beobachtet, dass die gleiche mathematische Methode auf sehr unterschiedliche Fragestellungen angewandt werden kann.

*Das unterstreicht den Charakter der Mathematik als einer Querschnittswissenschaft.*

Beispielsweise kann man die gleiche mathematische Methode zur Analyse chaotischer Prozesse benutzen, um vorherzusagen, ob ein menschliches Herz, ein Automotor oder ein Stern von einem Infarkt bedroht sind. Entwickelt wurde diese Methode in der Astrophysik. Der junge Einstein (1879–1955) schuf im Jahre 1905 eine Theorie der zufälligen Brownschen Zitterbewegung von Partikeln in Flüssigkeiten; dieses Phänomen war erstmalig im Jahre 1827 von dem englischen Botaniker Robert Brown unter dem Mikroskop beobachtet worden. Daraus entwickelte sich eine mathematische Theorie der zufälligen Prozesse, die heutzutage in vielen Bereichen eingesetzt wird, unter anderem auch zur Bestimmung der Werte von Derivaten auf Finanzmärkten. Dafür erhielten Robert Merton und Myron Scholes im Jahre 1997 den Nobelpreis für Ökonomie.

Im Jahr 1918 beschäftigte sich Johann Radon mit der innermathematischen Aufgabe, die Gestalt einer geometrischen Figur aus ihren Ebenenschnitten zu rekonstruieren. Diese so genannte Radontransformation wird heute wesentlich in der Computertomographie eingesetzt, für deren Entwicklung Alan Cormack und Godefrey Hounsfield 1975 den Nobelpreis für Medizin erhielten. Im Unterschied zum schmerzhaften Einführen von Kontrastmitteln bei

der Darstellung des menschlichen Gehirns in früheren Tagen arbeitet die Computertomographie völlig schmerzfrei. Damit wird die Mathematik zum Segen für den Menschen. Die geniale Entschlüsselung der Doppelhelixstruktur der DNA auf der Basis von Röntgenstrukturanalysen durch Francis Crick und James Watson, die dafür im Jahre 1962 den Nobelpreis für Medizin erhielten, wäre ohne ein Zusammenspiel von Biologie, Chemie, Mathematik und Physik nicht denkbar gewesen.



Die Explosion der Leistungsfähigkeit der Computertechnik vor etwa 30 Jahren wurde ermöglicht durch die Entwicklung neuartiger mathematischer Methoden zur Berechnung riesiger Schaltkreise, die auf Differentialgleichungssysteme führen, welche die unangenehme mathematische Eigenschaft der Steifheit besitzen. Die Abbildung zeigt eine Aufnahme des Hubble-Weltraumteleskops, die man als Einsteinkreuz bezeichnet.

Es handelt sich um einen einzigen, weit entfernten Quasar, dessen Licht aus der Frühzeit des Universums kommend eine Galaxis durchläuft und gemäß Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie durch die Gravitation der Galaxissterne so gebrochen wird, dass man ein mehrfaches Bild des Quasars im Teleskop sieht. Die Mathematik zur Beschreibung derartiger Gravitationslinsen ist die gleiche, wie man sie in der von Fermat (1601–1665) und Huygens (1629–1695) begründeten und später weiterentwickelten geometrischen Optik für irdische Linsensysteme benutzt. Der französische Mathematiker Henri Poincaré (1854–1912), einer der Großen der Mathematik, der die Theorie der dynamischen Systeme schuf, hat die Mathematik wie folgt definiert:

*„La mathématique est l'art de donner le même nom à des choses différentes.“*



Mathematik hat eine Vielzahl von Bezügen zur uns umgebenden realen Welt:

- Algorithmen auf Computern und wissenschaftliches Rechnen
- Arbeit des menschlichen Gehirns
- Arbeit des menschlichen Herzens und des Blutsystems
- Astrophysik und Kosmologie
- automatische Kontrolle von technischen Regelungssystemen
- Bau und Programmierung leistungsfähiger Computer
- Berechnung neuer Materialien
- Berechnung von riesigen Schaltkreisen in Computern
- Computertomographie und Bildverarbeitung in der Medizin
- elastische Medien
- Elementarteilchen
- Finanzmärkte
- Flüssigkeiten und Turbulenz
- Gase und Schockwellen
- Lebensversicherungen und andere Risikoversicherungen
- Mathematik in der Unterhaltungsindustrie
- Modellierung des Internets
- molekulare Genetik
- Planung von Leberoperationen
- Proteinfaltung
- Quantencomputer
- Simulation von real ablaufenden Prozessen auf Computern
- statistische Bearbeitung großer Datenmengen
- Struktur der DNA
- Verschlüsselung von Daten
- Wetter- und Klimaberechnung

## 1.3 Das Jahrhundert der Mathematik



**Prof. Dr. Günter M. Ziegler**, Jahrgang 1963, ist Professor für Mathematik an der FU Berlin. Er studierte an der LMU München und promovierte 1987 am MIT in Cambridge, USA. Nach vier Jahren in Augsburg und einem Winter in Stockholm kam er 1992 nach Berlin. Mit einem Hess-Preis der DFG baute er eine eigene Arbeitsgruppe auf, die sich mit Kombinatorik, mit der Geometrie von Polyedern und mit Optimierungsverfahren beschäftigt. 2001 wurde er für seine Forschung mit einem Leibniz-Preis ausgezeichnet, 2010 mit einer ERC Advanced Grant. Mit Martin Aigner schrieb er „Das BUCH der Beweise“ (Springer), das inzwischen in 14 Sprachen vorliegt. 2010 erschien „Darf ich Zahlen? Ge-

schichten aus der Mathematik“ und 2013 „Mathematik – Das ist doch keine Kunst!“. 2006–2008 war er Präsident der Deutschen Mathematiker-Vereinigung; in dieser Funktion initiierte und koordinierte er das „Jahr der Mathematik 2008“. Er engagiert sich für ein vielfältiges und lebendiges Bild der Mathematik in der Öffentlichkeit und leitet jetzt das Medienbüro Mathematik der DMV. 2008 erhielt er den Communicator-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

*„Woher kommt es, dass die Mathematik in unserer Zivilisation so etwas wie ein blinder Fleck geblieben ist, ein exterritoriales Gebiet, in dem sich nur wenige Eingeweihte verschanzt haben?“*

Hans Magnus Enzensberger

Es gilt als nicht einfach, in der Öffentlichkeit und für die Öffentlichkeit über Mathematik zu reden. Denn einerseits sind viele schon vorbelastet und geschädigt durch ein sehr enges und sehr langweiliges Bild darüber, was die Mathematik ist und soll, das Bild einer toten und sehr knöchernen Mathematik, die nichts Interessanteres zu tun hat, als immer längere Zahlen zu multiplizieren oder zu dividieren oder die Kongruenz von Dreiecken mithilfe von Winkel- und Seitensätzen zu beweisen. Ich möchte und kann Sie beruhigen: Diese Art von „Mathematik“ interessiert mich auch nicht.

Andererseits ist aus der Perspektive des (Universitäts-)Mathematikers die Mathematik etwas Vielfältiges aber Kompliziertes, etwas oft sehr Technisches, und dementsprechend ist sie der (nicht besonders interessierten) Öffentlichkeit nicht leicht zu vermitteln.

Dabei ist die Mathematik aber wichtig, und sie wird immer wichtiger, und dies ist weder aufzuhalten noch wegzuleugnen. Ein Schlagwort dafür ist die „zunehmende Mathematisierung der Ingenieurwissenschaften“: Unser tägliches Leben wird gesteuert und bestimmt von mathematischen Techniken, mathematischen Technologien, mathematischen Verfahren. Nur als Stichworte seien hier die mathematischen Verschlüsselungs- und Entschlüsse-

lungsverfahren genannt, die die moderne Telekommunikation, den CD-Player und die Kreditkarte erst möglich machen; mathematische Transformations- und Rekonstruktionsverfahren in allen Arten von Bildgebung und Bildverarbeitung, bis hin zur Computertomographie und Neuerem; der mathematische Entwurf von Kurven, Flächen und Werkstücken im Computer-Aided Design (CAD) und dem Computer-Aided Manufacturing (CAM). Ein im Computer entworfener Kotflügel, ein Chipdesign oder ein optimierter Fahrplan sind zunächst einmal mathematische Objekte – die dann in irgendeinem Sinne „realisiert“ werden, oder aber auch nicht.

Die Diagnose lautet also: Mathematische Technologie ist Schlüsseltechnologie. Die Computer greifen um sich, beanspruchen Zeit und Raum, sind in kürzester Zeit ein fester und nicht-mehr-wegzudenkender Bestandteil von Arbeit, Alltag und Freizeit geworden – das war und ist nicht aufzuhalten, und erst recht nicht zu übersehen. Übersehen wurde aber, dass im *gleichen Maße* genuin mathematische Konzepte, Ideen und Fähigkeiten an Bedeutung gewonnen haben: die Sammlung und Speicherung von Informationen, Ent- und Verschlüsselung, Kompression, sichere und schnelle Übertragung von Daten, Texten und Bildern usw. – all dies sind keine im alltäglichen Sinne „konkreten“ Tätigkeiten, sondern dies sind mathematische Konzepte, Strategien und Verfahren *an der Arbeit*, mathematische Theorien und Konstruktionen umgesetzt *in die Praxis*, längst gewohnt und bewährt.

Das heißt aber auch: die Omnipräsenz von Internet und neuen Kommunikationsmedien hat schon jetzt dazu geführt, dass von jedem von uns zusätzliche, neue mathematische Fähigkeiten gefordert, verlangt *und geleistet* werden.

Man riskiert also nicht viel, wenn man angesichts dieser Entwicklung ein Jahrhundert der Mathematik prophezeit: das hat schon begonnen! Dies bedeutet, dass die Mathematik ungemein wichtig ist für unser tägliches Leben in einer technisierten und mathematisch-technisierten Welt; aber damit ist nicht gesagt, *was Mathematik eigentlich ist* oder dass irgendwer in der Öffentlichkeit wüsste, was da „dahintersteckt“.

Es klafft also eine riesige Lücke zwischen der vielfältigen Anwendbarkeit mathematischer Methoden und ihrer Wichtigkeit in der modernen Welt einerseits, und andererseits dem sehr engen und eindimensionalen Bild der Mathematik, das so oft verkündet, von den Medien gepflegt und leider auch vielfach im Schulunterricht vermittelt wird. Und dies liegt meiner Erfahrung nach gar nicht an den Lehrern oder den Büchern – einige Geometrie-Schulbücher, die ich mir kürzlich angesehen habe, haben mir durchaus gefallen –, sondern in dem Stoffrahmen und -ausschnitt, den Lehrpläne tradieren und zementieren. Darin spiegelt sich allerdings ein fundamentales Problem: Was man in der Schule *erklären* kann, ist wichtiges (einfaches) Handwerkszeug für „Mathematik im Alltag“, aber es bildet nicht die Komplexität der