

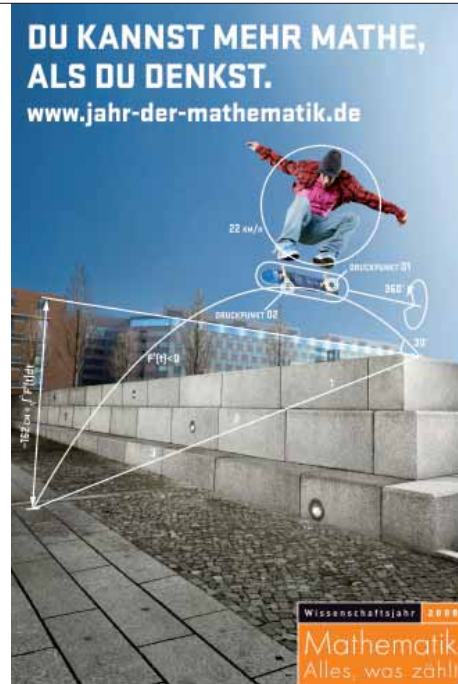
DU KANNST MEHR MATHE

Ideen für den Unterricht



Wissenschaftsjahr 2008

Mathematik
Alles, was zählt





Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

Mathematik bedeutet mehr als das bekannte – und manchmal ungeliebte – Schulfach! Die Mathematik gehört zu unseren ältesten Kulturgütern und hat viel damit zu tun, wie wir uns in unserer Umwelt zurechtfinden und im Alltag orientieren. Spaß an der Mathematik zu finden, ihren Nutzen im eigenen Umfeld und für das eigene Leben zu erkennen, und Mathematik in einem die Disziplinen überspannenden Zusammenhang kennen zu lernen: Dies ist Ziel und Inhalt des fächerübergreifenden Unterrichtsmaterials, das die Stiftung Lesen mit Unterstützung des Bundesministeri-

ums für Bildung und Forschung und der Deutschen Telekom Stiftung im Jahr der Mathematik entwickelt hat. Wir bieten Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern vielfältige und interessante Lektüre mit ergänzenden Arbeitsanregungen.

Die bedeutendste Mathematikerin des 20. Jahrhunderts, Emmy Noether, und ihre Kollegen Felix Hausdorff, Otto Blumenthal und Max Dehn stehen beispielhaft für den wesentlichen Anteil jüdischer Mathematiker an der Blütezeit der mathematischen Forschung in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Einen Einstieg in die Thematik ermöglichen die Biografien dieser Wissenschaftler.

Im Kapitel „Mathematik und Literatur“ lassen sich mathematische Poesie und die Magie der Zaubersprüche entdecken. „Mathematik und Kunst“ illustriert das große Interesse an der Mathematik bereits in der Renaissance bis hin zur Vielfalt der künstlerischen Entwicklungen in der Moderne, in der sich immer wieder mathematische Themen spiegeln. Von Mozarts Würfelmusik bis zu Software für die Musikproduktion lassen sich zahlreiche Beispiele für die Verwandtschaft von „Mathematik und Musik“ finden. Über die Mathematik der Bälle, Feldspieler und Spielfelder: Das Thema „Mathematik und Sport“ ist wahrlich ein weites Feld! „Mathematik und Kommunikation“ beschreibt die Erkenntnisse von Medienwissenschaftlern, die Bedeutung mathematischer Verfahren für Fehlerkorrektursysteme und geheime Kommunikationswege von Agenten.

Die Texte und Arbeitsanregungen bieten Anknüpfungspunkte für die Unterrichtsfächer Mathematik, Deutsch, Geschichte, Gemeinschaftskunde, Musik, Kunst und Sport in den Klassen 8 bis 12. Einige Kapitel eignen sich eher für die Diskussion mit älteren Schülerinnen und Schülern, andere wiederum bieten sich auch für Jüngere oder als Einstieg in das komplexe Thema an. Lesetipps, Links und Hinweise auf interessante Veranstaltungen im Jahr der Mathematik komplettieren die Broschüre.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern spannende Lektüre und interessante Diskussionen!

Ihre Stiftung Lesen

Inhalt

Alles, was zählt – Das Jahr der Mathematik	Seite 3
Mathematik + deutsch-jüdische Geschichte	Seite 4
Mathematik + Literatur	Seite 10
Mathematik + Kunst	Seite 14
Mathematik + Musik	Seite 18
Mathematik + Sport	Seite 22
Mathematik + Kommunikation	Seite 26
Lesetipps	Seite 30
Infopool	Seite 35

„Du kannst mehr Mathe – Ideen für den Unterricht“ wird im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2008 – Jahr der Mathematik, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Deutschen Telekom Stiftung gefördert.

Wir danken herzlich Prof. Dr. Moritz Epple, Historisches Seminar der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main, für seine engagierte Unterstützung!

Das Jahr der Mathematik

Mit dem motivierenden Motto „Du kannst mehr Mathe, als du denkst.“ auf ansprechenden und witzigen Plakatemotiven möchten die Initiatoren des Jahres der Mathematik – das Bundesministerium für Bildung und Forschung, die Initiative Wissenschaft im Dialog, die Deutsche Mathematiker-Vereinigung sowie die Deutsche Telekom Stiftung – Mathemuffeln Lust auf das Spiel mit den Zahlen machen.

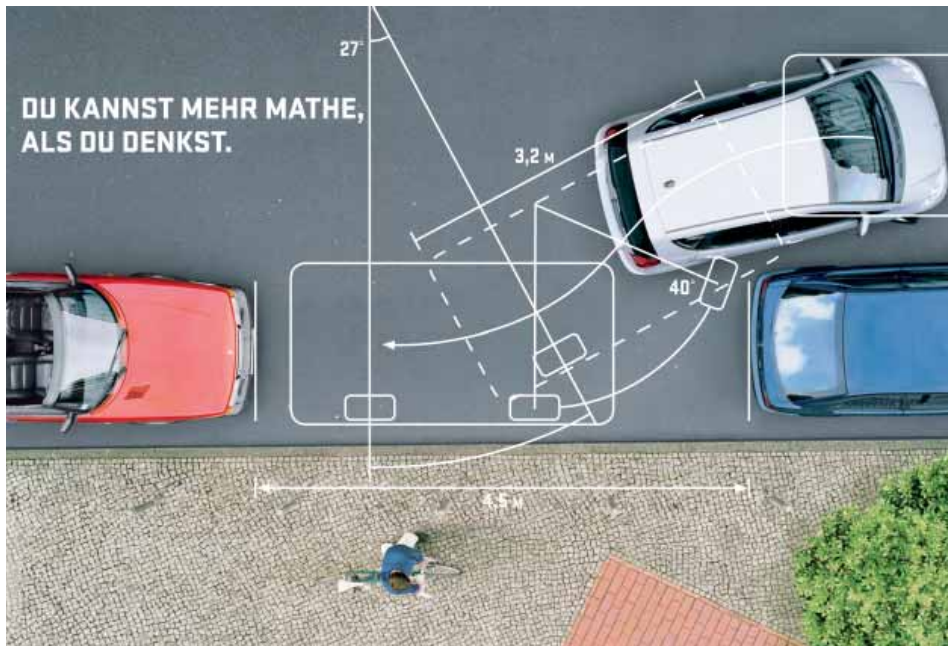
Keine andere Wissenschaft durchdringt und beeinflusst sämtliche Lebens- und Arbeitsbereiche so stark: Vom Automobilbau bis zur Straßenplanung, vom Einkauf im Supermarkt bis zur Architektur, vom Wetterbericht bis zum MP3-Player, vom Bahnverkehr bis zum Internet – alles ist (auch) Mathematik. Die Mathematik ist Basis jeder technischen Entwicklung und aller Naturwissenschaften. Sie spielt eine zentrale Rolle in der Wirtschaft und begleitet uns in Alltag und Beruf. Mathematik hilft, Probleme zu analysieren, zu strukturieren und zu lösen. Mit ihren Methoden lassen sich große Teile unserer Lebenswirklichkeit erfassen und beschreiben und viele Phänomene voraussagen.

Mathematische Anwendungen tragen Tag für Tag – oftmals unbemerkt – dazu bei, das Leben vieler Menschen zu erleichtern. Möglich wird dies, da die Mathematik häufig die Grenzen zu anderen Wissenschaften überschreitet und wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung in zahlreichen Arbeits-, Forschungs- und Wissensgebieten leistet. Von der Kunst über die Medizin bis hin zur Finanzwelt: In vielen Bereichen tragen mathematische Kenntnisse und Erkenntnisse zum

Fortschritt bei. Ob es um die Stimmauszählung am Wahlabend, um die ideale Flanke im Fußball oder um das Fließverhalten von Flüssigkeiten in Babywindeln geht: Mathematik ist Vielfalt! Von Technologie bis Kommunikation, von Gesundheit bis Verkehr, von Politik bis Sport – Mathematik führt mitten hinein ins Leben.

Darüber hinaus sind gute mathematische Kenntnisse unverzichtbar für zahlreiche Berufe und Studiengänge. Vor dem Hintergrund des großen Bedarfs an gut ausgebildeten Fachkräften – gerade in den Zukunftsbranchen – sollen im Jahr der Mathematik vor allem junge Menschen motiviert werden, einen neuen Zugang zur Mathematik zu finden.

Das Jahr der Mathematik rückt die vielen Facetten und die zahlreichen Anwendungen dieser Wissenschaft in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Menschen aller Altersstufen werden angeregt, einen tieferen Blick in das Thema zu wagen und ein neues Interessensgebiet für sich zu entdecken.



„Die Mathematik ist das Instrument, welches die Vermittlung bewirkt

zwischen Theorie und Praxis, zwischen Denken und Beobachten:

Sie baut die verbindende Brücke und gestaltet sie immer tragfähiger.“

David Hilbert, Mathematiker (1862 - 1943)



Jüdische Mathematiker in der deutschsprachigen Kultur

Mathematik ist nicht nur eine exakte, sondern auch – und vielleicht gerade deshalb – eine kulturverbindende Wissenschaft. Das galt schon für die ältesten Kulturen, welche mathematische Verfahren kannten, etwa jene des ägyptischen und mesopotamischen Raumes, wo sich vor mehr als 5000 Jahren zugleich mit der Schrift auch die ersten Rechentechniken konsolidierten. Solche Techniken finden sich in beiden Kulturen, und im Umgang mit Zahlen, Rechnungen und geometrischen Figuren war schon früh ein Austausch möglich.

Dasselbe gilt aber auch für die neuere Geschichte der mathematischen Wissenschaft. Die Mathematik war eines der Wissenschaftsgebiete, an deren

Entwicklung eine im christlichen Europa lange ausgegrenzte religiöse und kulturelle Minderheit, die Juden, ab der Mitte des 19. Jahrhunderts außerordentlich erfolgreich beteiligt waren – gerade im deutschsprachigen Raum.

Während Paris bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts zu Recht als das bedeutendste Zentrum der fortgeschrittenen mathematischen Forschung galt, erwarben dann Berlin und etwas später Göttingen allmählich einen weltweiten Ruf als zwei der wichtigsten Forschungsstätten. An beiden Orten wirkten schon in den Jahren des Aufblühens auch bedeutende jüdische Mathematiker, zählten zu den Schülern der ersten mathematischen Lehrer auch viele jüdische Studierende.

In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts, bis in das Jahr 1933, galt Göttingen als das ‚Mekka‘ der Mathematik, und in vielen weiteren deutschen Städten wirkten international hoch angesehene Mathematiker. Diese Blüte der mathematischen Forschung in deutscher Sprache war auch das Resultat einer bemerkenswerten Zusammenarbeit zwischen jüdischen und nichtjüdischen Mathematikern. Zwischen 1918 und 1933 gab es an den deutschen Hochschulen 94 „Lehrstühle“, wie es damals hieß, d. h. ordentliche Professuren. Von diesen waren 28 zumindest zeitweise durch jüdische Mathematiker besetzt. Ähnlich sah es bei den „außerordentlichen“ Professuren, den Habilitationen und den Promotionen aus. Das sind ganz erstaunliche, heute weitgehend vergessene Zahlen.

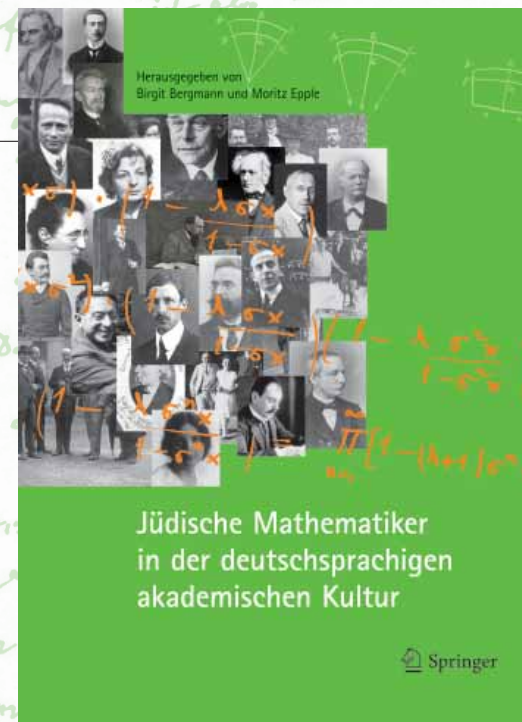
Noch bis in die fünfziger Jahre des 19. Jahrhunderts war es jungen jüdischen Gelehrten allerdings unmöglich, ohne Taufe eine Stellung als Professor an einer deutschen Universität zu erhalten. Der erste nicht getaufte Professor war ein Mathematiker und Astronom: Moritz Abraham Stern erhielt 1859 an der Universität Göttingen sein Amt.

Viele junge jüdische Wissenschaftler wählten bis ins 20. Jahrhundert hinein den Weg der Taufe, um sich über den während der gesamten Blütezeit der deutsch-jüdischen Mathematik weiterbestehenden Antisemitismus an den Universitäten hinwegzusetzen. Trotz des verbreiteten Antisemitismus blieben die Erfolge nicht aus. In vielen Gebieten der Mathematik, in der reinen Zahlentheorie ebenso wie in der Geometrie, in der Mengenlehre wie in der mathematischen Physik oder der angewandten Mathematik für Ingenieure trugen jüdische Mathematiker in den Jahrzehnten vor und nach 1900 bahnbrechende Forschungen und bedeutende Bücher bei. Sie engagierten sich im mathematischen Publikationswesen ebenso wie in der 1890 gegründeten Deutschen Mathematiker-Vereinigung und in den öffentlichen Auseinandersetzungen um die kulturelle Bedeutung der Mathematik, in der Mathematikgeschichte sowie in deren Pädagogik und Didaktik.

Wie in so vielen Bereichen des gesellschaftlichen und kulturellen Lebens, so auch in der Mathematik: Der Beginn des Nationalsozialismus markierte das jähe Ende der deutsch-jüdischen intellektuellen Kultur – jedenfalls innerhalb

der Grenzen des Deutschen Reiches. Die jüdischen Mathematikerinnen und Mathematiker wurden entlassen – ganz gleich ob sie getauft waren oder nicht – und gedemütigt. Wenige Jahre später war ihr Besitz und dann auch ihr Leben bedroht. Vielen gelang die rechtzeitige Flucht aus Deutschland und manchen sogar eine höchst bemerkenswerte Laufbahn im Exil, die viel zur Verbreitung jener mathematischen Forschung beitrug, die in Göttingen, Berlin oder anderswo begonnen hatte. Andere hatten nicht so viel Glück. Sie verloren Familienmitglieder, oder sie kamen in der Vernichtungsindustrie des nationalsozialistischen Staates ums Leben.

Im Folgenden wird sowohl diese Blüte wie ihr jähes Ende anhand der Biografien einer bedeutenden jüdischen Mathematikerin und drei jüdischer Mathematiker näher beleuchtet. Umfassend dargestellt wird das Thema in der Wanderausstellung „Jüdische Mathematiker in der deutschsprachigen akademischen Kultur“, die zum Jahr der Mathematik mit Unterstützung der Deutschen Telekom Stiftung entwickelt wurde.



Ausstellungskatalog
 Birgit Bergmann/Moritz Eppler (Hg.),
 Jüdische Mathematiker in der deutschsprachigen akademischen Kultur,
 Springer Verlag, Heidelberg 2008.
 Informationen und Termine unter:
www.juedische-mathematiker.de

Emmy Noether (1882 – 1935)

Wenn Männer Frauen begegnen, reiben sie sich oft an Äußerlichkeiten: „Sie war eine ganz eigenartige Persönlichkeit“, erzählt der Mathematiker Bartel van der Waerden 1979 über seine Kollegin Emmy Noether, „grob gebaut mit einer dicken Nase, mit uneleganten Bewegungen. Sie stapfte so vor der Vorlesung, sie zerstampfte manchmal ein Stück Kreide, das sie zerbrochen hatte“. So erschien ihm die „Mutter der modernen Algebra“ damals vor dem Zweiten Weltkrieg in Göttingen, der Metropole der Mathematik. Doch der Holländer sah auch eine Frau „frei von jedem Egoismus, frei von jeder Eitelkeit, frei von Pose, und sie half immer jedem Menschen, wo sie konnte“. Bis zu ihrem frühen Tod bewahrte sich Emmy Noether ihre offene Freundlichkeit, mit der sie die Zeitgenossen bezauberte. Dabei hätte sie verbittert sein können und in sich gekehrt. Es gab genug Gründe in ihrem Leben ...

Am 23. März 1882 wird Amalie Emmy Noether in Erlangen geboren. Ihre jüdische Familie ist wohlhabend. Der Vater lehrt als Professor an der Universität

Die bedeutende Göttinger Mathematikerin Emmy Noether (Mitte) bei einem Ausflug mit Kollegen und Schülern

Mathematik, ihr jüngerer Bruder Fritz wird sich später ebenfalls als Mathematiker einen Namen machen. Abitur auf dem Gymnasium gibt es für Mädchen im Deutschland des Jahres 1903 nicht. Emmy Noether absolviert es als Privatstudierende in Nürnberg. Im selben Jahr werden Frauen erstmals an Bayerischen Universitäten zum Studium zugelassen – und sie ist dabei. 1907 promoviert die junge Frau zu einem Thema der Invariantentheorie. Sie selbst bezeichnet die Dissertation später als „Mist“ und „Formelgestrüpp“, auch wenn sie „summa cum laude“ abschneidet. 1915 holen Felix Klein und David Hilbert die Mathematikerin nach Göttingen; sie stellt einen Antrag auf Habilitation, die Frauen jedoch nicht erlaubt ist. Zwar imponiert sie selbst Albert Einstein, aber offiziell wird sie als Hilberts Assistentin geführt. Nach dem Ersten Weltkrieg darf sie schließlich als Privatdozentin lehren, eine Professur blieb für sie in Deutschland aber unerreichbar. Ihr erstes Gehalt erhält sie erst 1923 mit 41 Jahren.



Nicht nur in der Rückschau gilt Emmy Noether als die bedeutendste Mathematikerin des 20. Jahrhunderts. Schon ihre Kollegen bewundern sie trotz ihrer unkonventionellen Vorlesungspraxis: Noch während sie spricht – und sie spricht schnell –, sucht sie nach einer besseren Formulierung. Wer ihr folgen kann, ist begeistert. Mathematiker aus der ganzen Welt reisen an, um sie zu hören. „Der Noether“, das ist ihr Spitzname in der männlich geprägten Wissenschaftslandschaft. Heute zählt Emmy Noether zu den Begründern der modernen Algebra. In der theoretischen Physik schuf sie mit dem Noether-Theorem Grundlegendes und Unentbehrliches zur neuen Sicht auf Erhaltungsgrößen.

1933 dann der Bruch: Ihr wird die Lehrbefugnis entzogen. Nicht nur als Jüdin ist sie den braunen Machthabern verdächtig, sondern auch wegen einer Gastprofessur in Moskau und wegen ihrer pazifistischen Haltung. Sie geht nach Amerika, wo sie zwei Jahre später, am 14. April 1935, in Bryn Mawr, Pennsylvania, nach einer Unterleibsoperation stirbt.

In seinem Nachruf skizziert van der Waerden die große Maxime der verehrten Kollegin: „Alle Beziehungen zwischen Zahlen, Funktionen und Operationen werden erst dann durchsichtig, verallgemeinerungsfähig und wirklich fruchtbar, wenn sie von ihren besonderen Objekten losgelöst und auf allgemeine begriffliche Zusammenhänge zurückgeführt sind.“

Felix Hausdorff – Paul Mongré (1868 – 1942)

Er gehört zu den herausragenden Mathematikern der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, und er prägte seiner Disziplin buchstäblich den Namen auf: in der Mengenlehre die Hausdorffsche Rekursionsformel, in der Topologie den Hausdorff-Raum, in der Maßtheorie Hausdorff-Dimension und Hausdorff-Maß und in der Algebra die Baker-Campbell-Hausdorff-Formel. Doch das ist nur eine Seite des Felix Hausdorff. Was nur noch wenige wissen: Er machte sich auch als Schriftsteller und Philosoph einen Namen. Paul Mongré nannte er sich, ein Pseudonym, das zugleich Programm war: à mon gré – nach meinem Willen, meinem Geschmack.

Der Vater Louis Hausdorff ist erfolgreicher Kaufmann und ganz in der religiösen Tradition stehender jüdischer Gelehrter. Am 8. November 1868 wird Sohn Felix in Breslau geboren, knapp zwei Jahre später geht es nach Leipzig. Als Paul Mongré wird Hausdorff später einen Aphorismus über die Erziehung im Allgemeinen schreiben: „Aber die Methode heißt heute noch: ausrotten, abdämmen, unterbinden, einschränken, verbieten – es ist eine grundsätzlich negative, privative, prohibitive Methode



Felix Hausdorff, aus einer Leipziger jüdischen Familie stammend und in der Weimarer Republik Professor in Bonn, war eine der herausragenden Persönlichkeiten der mathematischen Kultur der Jahrhundertwende und des frühen 20. Jahrhunderts.

des Erziehens, Besserns, Strafens, ein Abschaffen an Stelle des Schaffens, ein Amputieren an Stelle des Heilens.“ Ob das auf Felix Erziehung im Speziellen zutrifft, ist ungewiss. Er ist ein Muster-schüler. Unter seinen vielen Begabungen reizt ihn die Musik besonders. Doch der Vater drängt zu einem anderen Studium. 1887 ist Felix Hausdorff für Mathematik und Astronomie eingeschrieben. 1891 promoviert er, vier Jahre später ist er Privatdozent an der Uni Leipzig. Er sollte es 15 Jahre lang bleiben – erst 1910 erhält er eine erste (außerordentliche) Professur in Bonn. Im Jahr 1901 hält er eine der ersten Vorlesungen zur Mengenlehre überhaupt.

Doch schon früher, 1897, ein Jahr nach dem Tod des Vaters, meldet sich Paul Mongré zu Wort, ein vielseitiger Schriftsteller und Philosoph, der sich leiden-

schaftlich mit Friedrich Nietzsche auseinander setzt. Einerseits folgt er ihm, wenn es darum geht, Normen in Frage zu stellen, sich Freiheiten zu nehmen. Doch er kritisiert ihn auch. „Seine Moral der Züchtung“ geht er scharf an: „.... das könnte ein weltgeschichtlicher Skandal werden, gegen den Inquisition und Hexenprozess zu harmlosen Verirrungen verblassen.“ Der Philosoph Mongré steht allen Ideologien skeptisch gegenüber. Die Welt ‚an sich‘ sieht er als Chaos, die nur jedes einzelne Individuum zu seinem eigenen Kosmos gestaltet, von einer Metaphysik, einem Jenseits will er nichts wissen. Der Dichter Mongré schreibt eine derbe Satire auf die Unsitte des Duells und auf adelige Ehrbegriffe. Das Bühnenstück „Der Arzt seiner Ehre“ wird zwischen 1904 und 1912 mindestens 300 Mal aufgeführt.

Der Mathematiker Hausdorff leistet derweil Gewaltiges, erst in Leipzig, ab 1910 in Bonn mit einem achtjährigen Intermezzo in Greifswald. Sein Hauptgebiet ist die Theorie der unendlichen Mengen. Sein Hauptwerk „Die Grundzüge der Mengenlehre“ von 1914 ist das erste Lehrbuch, das die Mengenlehre umfassend und systematisch darstellt. Ob Algebra oder Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung oder Versicherungsmathematik – überall finden sich seine Spuren.

Anders

Ja, anders bist du, zweifelsohne!
Das seh’ ich dir im Auge blitzen,
Das strömt aus deinen Fingerspitzen:
Du bist ein Kind der heißen Zone.

Dies „anders“ ist die Dornenkrone,
Sie wird die Stirn dir blutig ritzen.
Denn anders bist du, zweifelsohne!
Das seh’ ich dir im Auge blitzen.

Bespähn aus schiefen Augenschlitzen
Philister dich mit scheelem Hohne:
Laß Molche spei’n, Giftkröten spritzen!
Und sag’ dir selbst zu Lust und Lohne:
Ich bin doch anders, zweifelsohne!

Paul Mongré, Ekstasen,
Leipzig: H. Seemann Nachf., 1900

1933 wird der Antisemitismus zur staatlichen Politik. Hausdorff wird zwar nicht sofort entlassen, doch es gibt Probleme mit seiner Emeritierung. Ein Dank zum Abschied bleibt ihm verwehrt. Die Novemberpogrome 1938 demütigen den alten Professor zutiefst. Als 1942 die Bonner Juden interniert werden sollen, um die Deportation vorzubereiten, nehmen sich Felix Hausdorff, seine Frau und deren Schwester das Leben. In einem letzten Brief an einen jüdischen Freund schreibt er: „Verzeihen Sie auch unsere Desertion!“

Otto Blumenthal (1876 – 1944)

Im Jahr 1905 charakterisiert David Hilbert, der vielleicht bedeutendste deutsche Mathematiker seiner Zeit, seinen allerersten Doktoranden so: „Wenn ich mir unseren Freund Blumenthal, sein ganzes Wesen, Tun und Sinnen vorstelle, so erscheint mir nichts treffender als der eigenste Grundzug seiner Persönlichkeit hingestellt werden zu können als die Lust an der Arbeit, die echte rechte Arbeitsfreude und Schaffenskraft.“ Otto Blumenthal ist ein unermüdlicher Arbeiter, aber auch ein Mensch, dem es immer wieder gelingt, Freundschaften zu schließen. Selbst ganz zum Schluss, in Theresienstadt, bleibt das so.

Am 20. Juli 1876 wird Ludwig Otto Blumenthal in Frankfurt am Main geboren. Dort geht er ins Gymnasium und tritt mit 18 Jahren vom jüdischen zum evangelischen Glauben über. 1894 geht er nach Göttingen, um in die Fußstapfen seines Vaters zu treten und

Medizin zu studieren. Doch nach einem Semester wechselt er zur Mathematik, der Disziplin, für die Göttingen berühmt werden sollte. Zu Hilbert und dem jungen Dozenten Arnold Sommerfeld entwickelt er ein enges Verhältnis. Nach vier Jahren promoviert er bei Hilbert summa cum laude. 1901 habilitiert er sich, bereits 1905 folgt er Sommerfeld nach Aachen, wo der erste Lehrstuhl für Mathematik an der Technischen Hochschule frei geworden ist. Er stürzt sich in die Arbeit, in die Gremien und wird unter anderem mehrmals Dekan. Doch damit nicht genug: Im selben Jahr übernimmt er die geschäftsführende Redaktion der „Mathematischen Annalen“, eine harte Arbeit, die er aber 33 Jahre lang gern erledigt. Die Annalen waren (und sind) eine der führenden internationalen Fachzeitschriften.

1908 heiratet Otto Blumenthal Mali Ebstein, die Tochter des bedeutenden Mediziners Wilhelm Ebstein. Aus der



glücklichen Ehe gehen zwei Kinder hervor. Aus dem Ersten Weltkrieg zurückgekehrt, engagiert sich Blumenthal unter anderem in der Deutschen Liga für Menschenrechte und der Deutschen Friedensgesellschaft. 1924 wird er Vorsitzender der Deutschen Mathematiker-Vereinigung und gibt acht Jahre lang ihren Jahresbericht heraus.

Otto Blumenthal, ein Doktorand David Hilberts, war von 1905 bis zu seiner Entlassung 1933 Professor in Aachen. Die Fotografie zeigt ihn kurz vor seinem Tod.

1933 denunzieren ihn Studenten als Kommunisten – zu unrecht; nach zweiwöchiger Haft kommt er wieder frei. Aber den Nazis wird der engagierte Mann mit jüdischem Hintergrund zur Zielscheibe. Sie nehmen ihm im gleichen Jahr den Lehrstuhl, und 1938 muss er die Arbeit an den „Mathematischen Annalen“ ganz einstellen. 1939 flieht er mit seiner Frau in die Niederlande. Am 10. Mai 1940 fallen dort die deutschen Truppen ein. Wieder beginnen die Schikanen. 1943 wohnen die Blumenthals in Utrecht, als dort alle Juden aufgefordert werden, sich im Auffanglager Vught zu melden. Von dort kommen sie ins Lager Westerbork. Elf Tage später stirbt Mali Blumenthal. Ihr Mann beantragt die Verlegung nach Theresienstadt, wo er seine Schwester weiß, doch die stirbt vor seiner Ankunft. Im so genannten „Ghetto Theresienstadt“ trifft Blumenthal den tschechischen Physiker Bedrich Goldschmied, der einst einen seiner Vorträge hörte und ihm ein wenig helfen kann. Blumenthal bäumt sich noch einmal auf, auch wenn eine Lungenentzündung und die Ruhr ihm lebensgefährlich werden. Er versucht Tschechisch zu lernen. Das wäre dann schon die zehnte Sprache, die er beherrscht. Aber er kann nicht mehr. Otto Blumenthal stirbt am 12. November 1944 in Theresienstadt.

Der Frankfurter Mathematiker Max Dehn mit Studentinnen. Dehn, ein Schüler David Hilberts, prägte das Frankfurter Mathematische Seminar durch vielfältige und ungewöhnliche Aktivitäten.



Max Dehn (1878 – 1952)

Ein Bonner Kollege regte sich gewaltig auf über die Mathematiker in Frankfurt am Main: „Diese Herren haben doch keine Würde!“, wettete er über die Zwanglosigkeit, den freundschaftlichen Umgang zwischen Professoren und Studenten. Tatsächlich hatte sich in der Stadt etwas Einzigartiges entwickelt. Wissenschaftler wie Paul Epstein, Ernst Hellinger, Carl Ludwig Siegel oder Otto Szász brachten das Mathematische Seminar der Frankfurter Universität zu nie gekannter Blüte. Und einer wurde selbst in dieser besonderen Atmosphäre noch als etwas Besonderes betrachtet: Max Dehn, ein Universalgelehrter, der weit über den Tellerrand der Mathematik hinausdachte und zugleich das Mathematische als grundlegende Fähigkeit aller Menschen sah.

Am 13. November 1878 in Hamburg als Sohn eines Arztes geboren, studiert Max Dehn erst in Freiburg, später in Göttingen. Dort promoviert er bei David Hilbert. In Münster verfasst er 1901 seine Habilitationsschrift, in der er als erster eines der berühmten 23 Hilbertschen Probleme löst, die für mindestens ein Jahrhundert die Mathematik bestimmen sollten: Dass die Gleichheit des Inhalts zweier Dreiecke stets elementargeometrisch festge-

stellt werden kann, war bekannt. Galt das aber auch für räumliche Figuren? Die Antwort, so fand Dehn, lautet: nein. Er formulierte es allerdings etwas ausführlicher. In den Jahren nach seiner Habilitation wendet Dehn sich der Topologie zu, einem damals noch jungen und kaum erforschten Zweig der modernen Mathematik. Zu seinen schönsten Resultaten gehört der mathematische Beweis, dass die beiden einfachsten Knoten aus geschlossenen Fäden, die rechtshändige und die linkshändige Kleeblattschlinge, nicht ohne Zerreißen des Fadens ineinander überführt werden können.

Nach Stationen in Kiel und Breslau kommt der Professor 1921 nach Frankfurt. Dort interessieren ihn nicht nur mathematische Beweise, sondern auch die Rolle, die Mathematik in der menschlichen Kultur spielt. Sie zu erkunden heißt, die Geschichte der Mathematik zu studieren. Der französische Mathematiker André Weil erinnert sich: „Dehn war ein Humanist, der in der Mathematik ein Kapitel des menschlichen Denkens sah – und sicher kein unwesentliches –, und so konnte es gar nicht ausbleiben, dass er einen völlig neuen Beitrag zur Geschichte der Mathematik leistete und seine Kollegen und Schüler daran beteiligte. Dieser Beitrag, oder besser gesagt, diese Schöpfung war das historische Seminar am mathemati-

schen Institut der Frankfurter Universität.“ Weil vergleicht Dehn mit Sokrates, und sein Kollege Siegel sieht ihn als „geistiges Oberhaupt“.

1933 wird die Blüte in Frankfurt zerstört. Die meisten Professoren und Dozenten sind jüdischer Herkunft und werden ihres Amtes enthoben. Dehn darf zwei Jahre länger lehren, weil er sich im Ersten Weltkrieg ausgezeichnet hat. Wenige Tage nach den Novemberpogromen 1938 feiert er seinen 60. Geburtstag. Die Gespräche drehen sich um die Beziehungen zwischen Mathematik und Kunst, um Archäologie und Konfuzius, Tagespolitisches bleibt ausgespart. Doch die Situation wird immer bedrohlicher. Der Mathematiker flüchtet über Dänemark nach Norwegen. Es geht weiter über Sibirien und Japan in die USA. Dort ist es schwer, eine Stelle zu bekommen. 1945 lehrt er als einziger Mathematiker am kleinen College Black Mountain in North Carolina, wo viele avantgardistische Künstler – Maler, Musiker, Tänzer, Schriftsteller – zusam-

Arbeitsvorschläge

Diskutiert nach der Lektüre der vier Biografien vor dem skizzierten historischen Hintergrund folgende Fragestellungen:

- Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten erkennt ihr in den Biografien der vorgestellten jüdischen Mathematiker?
- Diskutiert die im Gedicht von Paul Mongré enthaltenen Aussagen und Anspielungen.
- Findet heraus, welche mathematischen Erkenntnisse deutsch-jüdischer Mathematiker und Mathematikerinnen heute noch eine wichtige Rolle in Forschung und Anwendung spielen.
- Könnt ihr Spuren bedeutender jüdischer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und ihrer mathematischen Arbeit in eurer Stadt finden? Wie verlief ihr Leben?

mentreffen und ausgebildet werden. Sofort nach Kriegsende initiiert Max Dehn eine großzügige Hilfsaktion für die ehemaligen Kollegen, obwohl er selbst kaum genug zum Leben hat. 1948 bedankt er sich für einen Brief der Frankfurter Naturwissenschaftlichen Fakultät und schreibt optimistisch: „Ich freue mich über diesen schönen Beweis dafür, dass die Diskriminierung der Vergangenheit angehört.“ Doch er sollte enttäuscht werden: eine angemessene Wiedergutmachung von deutscher Seite erlebt Dehn nicht mehr, auch Frankfurt sieht er nie wieder. Er stirbt am 27. Juni 1952 an einer Lungenembolie.

„Es ist unmöglich, ein Mathematiker zu sein,
ohne die Seele eines Dichters zu haben.“

Karl Weierstraß (1815 – 1897), Mathematiker



Mathematiker & Poeten – eine „Beziehungskiste“?!

Auf den ersten Blick scheinen sich Mathematiker und Poeten in zwei völlig verschiedenen Denkkulturen zu bewegen:

Mathematik ◀▶ Poesie / Sprache

Lösung, Ergebnis	◀▶	Frage, Prozess
Eindeutigkeit	◀▶	Mehrdeutigkeit
Konzentration	◀▶	Assoziation
Logik	◀▶	Fantasie
Ordnung	◀▶	schöpferisches Chaos
Abstraktion	◀▶	Bild, Metapher
Präzision	◀▶	das Ungefähre
Regelmäßigkeit	◀▶	das Singuläre, Besondere
Reduktion auf das Notwendige	◀▶	Vielfalt, Differenziertheit

Erst auf den zweiten Blick erkennt man Gemeinsamkeiten: die uralte Symbiose von Zahl und Buchstabe, z. B. in der hebräischen Sprache; Aufbau und Struktur literarischer Texte; die existenziellen Fragestellungen.

Hans Magnus Enzensberger, Schriftsteller, Poet (*1929) und Grenzgänger zwischen den beiden Kulturen beschreibt diese „Beziehungskiste“:
„...wer etwas vom Charme und von der Bedeutung, von der Reichweite und von der Schönheit der Mathematik murmelt, wird als Experte bestaunt; wenn er sich als Amateur zu erkennen gibt, gilt er im besten Fall als Sonderling, der sich mit einem ausgefallenen Hobby beschäftigt, so als züchte er Schildkröten oder sammle viktorianische Briefbeschwerer. [...] Es ist ein gutes Zeichen, dass sich in den letzten Jahrzehnten immer mehr Dolmetscher gefunden haben, die darauf spezialisiert sind, die formale Sprache des Faches in natürliche Sprache zu übersetzen. Das ist ein äußerst heikles, aber auch äußerst lohnenswertes Unterfangen.“

Auszug aus seiner Festrede beim internationalen Mathematikerkongress in Berlin 1998, „Zugbrücke außer Betrieb – Die Mathematik im Jenseits der Kultur“, FAZ vom 29.8.1998.



Die Deutsche Mathematiker-Vereinigung ehrt H. M. Enzensberger 2006 durch die Namensgebung einer Fläche im Raum.

Der Blick über den Zaun und das Verstehen spiegeln sich z. B. wider im „Wissenschaftsroman“. So beschreibt etwa Daniel Kehlmann (*1975) in der fiktiven Doppelbiografie „Die Vermessung der Welt“ (2005) das Zusammenspiel des Mathematikers Carl Friedrich Gauß und des Naturforschers Alexander von Humboldt aus ihren jeweils unterschiedlichen Welten heraus.

Weitere bekannte Grenzgänger:

Novalis: Bergbauingenieur
Theodor Fontane: Apotheker
Gottfried Benn, Alfred Döblin: Ärzte
Stanislav Lem: Mediziner, Kybernetiker
Max Bense: Physiker
Heinrich Böll: Architekt

Max Bense (1910-1990)
aus: Bestandteile des Vorüber. Dünnschliffe Mischtexte
Montagen, Verlag Kiepenheuer & Witsch, Köln 1961

Arbeitsvorschläge

- Informiert euch über Leben und Werk der genannten Wissenschaftler bzw. Schriftsteller. Erstellt Kurzbiografien oder Steckbriefe, in denen beide „Seiten“ der Personen deutlich werden. Sucht auch nach weiteren „Grenzgängern“ und präsentiert deren Biografien.
- Sucht im Internet die gesamte Festrede Enzensbergers beim Mathematikerkongress 1998. Analysiert und diskutiert diese.
- Entwerft einen Dialog zwischen „Mathematiker“ und „Poet“.
- Informiert euch über den genauen Inhalt des Buches von Daniel Kehlmann sowie Rezensionen dazu (besser: Ihr lest das Buch). Recherchiert weitere „Wissenschaftsromane“ mit Mathematikbezug und stellt diese sowie ihre Autoren vor.

„Mathematische Poesie“, Fantasie & Logik: kein Widerspruch!

„Die Menge der Gefühle ist
abzählbar unendlich.“

Hans Magnus Enzensberger, aus dem
Gedicht: Von der Algebra der Gefühle

In diesem scheinbaren Widerspruch zwischen „unendlich“ deutbarer Metaphorik und „abzählbarer“, logischer Bauformel bewegen sich die hier aufgeführten literarischen Beispiele: Alles ist irgendwie „mathematisch“. Entdeckungsreisen in die mathematischen Schichten der Poesie sind angesagt!

wolke wolke
wolke wolke wolke wolke
wolke wolke wolke wolke
wolke wolke wolke wolke
wolke wolke
B B
L Lb
I I l t z
T T i
Z Z tz

1 worte sind schatten
schatten werden worte

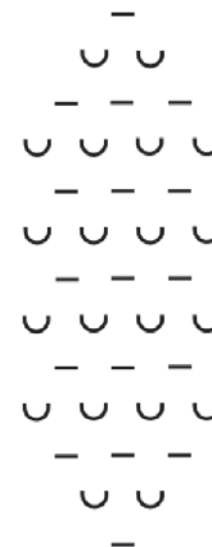
worte sind spiele
spiele werden worte

5 sind schatten worte
werden worte spiele

sind spiele worte
werden worte schatten

sind worte schatten
werden spiele worte
10

sind worte spiele
werden schatten worte



Eugen Gomringer (*1925):
worte sind schatten (1963),
aus: Die Konstellationen
1951-1968, Rowohlt Verlag,
Reinbek 1969

Christian Morgenstern (1871-1914)
Fisches Nachtgesang
aus: Galgenlieder
(hrsg. v. on Joseph Kiemeier-Debre),
Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 1998

Ein Beispiel, generiert durch den Poesie-Automaten
des Kunst- und Kulturprogramms zur FIFA WM 2006™.
Mehr unter www.poesieautomat.zeit.de.

1974 entwarf Hans Magnus Enzensberger den „Poesie-Automaten“,
der zur Fußball-WM 2006 realisiert wurde.

Rubrik Fußball-WM, Themen allgemeiner Art, Standardform

Schau, das Schaulaufen ist schlau.
Fußball auf allen Frequenzen. – Keine Zeit zum Zappen.
Auch Tussen begrüßen Steilpässe.
„Olé, olé!“ johlen sie schon ferngesteuert.
Die Welt zeigt sich neuerdings wie verrückt.
Jeder prophezeit: Wir meistern das!

Bewundernswert ist die Zahl Pi
drei Komma eins vier eins.
Auch alle Folgeziffern sind nur Anfang,
fünf neun zwei, weil sie nie ein Ende findet.
Sie läßt sich nicht einfangen *sechs fünf drei fünf* mit einem Blick,
acht neun mit einer Berechnung,
sieben neun mit der Phantasie,
sogar *drei zwei drei acht* mit einem Scherz, das heißt Vergleich
vier sechs mit irgend etwas
zwei sechs vier drei in der Welt.
Die längste Schlange der Erde reißt nach ein paar Metern ab.
Ähnlich, zwar etwas später, tun's die Fabelschlangen.
Der Zug der Ziffern, aus denen die Zahl Pi besteht,
hält nicht am Rande des Zettels an,
er zieht sich über den Tisch hinaus, durch die Lüfte,
durch Mauern, Blätter, Vogelnester, Wolken, stracks zum Himmel,
durch alle Aufgeblasenheit und Bodenlosigkeit des Himmels.
O wie kurz, wie mauskurz ist der Kometenschweif!
Wie schwach der Strahl des Sterns, daß er sich krümmt im erstbesten Raum
[....]

Wisława Szymborska (*1923): Die Zahl Pi (1976) Auszug,
aus: Die Gedichte (hrsg. von Karl Dedecius),
Suhrkamp Verlag, Frankfurt a. M. 1997

Die große Fracht des Sommers ist verladen,
das Sonnenschiff im Hafen liegt bereit,
wenn hinter dir die Möwe stürzt und schreit.
Die große Fracht des Sommers ist verladen.

Das Sonnenschiff im Hafen liegt bereit,
und auf die Lippen der Gallionsfiguren
tritt unverhüllt das Lächeln der Lemuren.
Das Sonnenschiff im Hafen liegt bereit.

Wenn hinter dir die Möwe stürzt und schreit,
kommt aus dem Westen der Befehl zu sinken;
doch offenen Augs wirst du im Licht ertrinken,
wenn hinter dir die Möwe stürzt und schreit.

Ingeborg Bachmann (1926 - 1973):
Die große Fracht (Rondel, 1953)
aus: Sämtliche Gedichte, Piper Verlag,
München 1978/1983

Arbeitsvorschläge

- Erschließt die poetischen und die mathematischen Strukturen der Textbeispiele.
- Recherchiert die Entwicklungen und Hintergründe der vorgestellten poetischen Formen, auch unter Einbeziehung der „mathematischen“ Gedichtform „Sonett“.
- Untersucht anschließend einzelne Aspekte der Gedichte: Überprüft z. B. die Kombinationsmöglichkeiten bei Gomringer oder übersetzt die mathematischen Aussagen im Gedicht „Die Zahl Pi“ in die Fachsprache.
- Schreibt eigene mathematische Gedichte anhand der Beispiele.
- Stellt selbst poetische Experimente am Computer und mit dem Poesie-Automaten an. Wählt hierzu auch das Thema Mathematik. Diskutiert auch Möglichkeiten und Grenzen solcher „künstlichen Kreativität“.

Zahl & Zufall, Zauber & Magie – alles Mathe?

Zahlensymbolik in Beispielen

- 1 = Urgrund, Einheit, Gottvater
- 2 = Dualität der Schöpfung
- 3 = Synthese, Dreieinigkeit
- 4 = Materie, irdische Zahl (Elemente, Himmelsrichtungen)
- 5 = Zahl des Körpers, Sexualität
- 6 = Harmonie, später Teufelszahl (umgedreht 9)
- 7 = heilige Zahl (7 Planeten i. d. Antike), offenbarende Zahl (Bibel), Brücke zw. Diesseits (4) und Jenseits (3)

„Hokus pokus fidibus – dreimal schwarzer Kater!“

Warum immer wieder die dreimalige Beschwörung oder die 7 Prüfungen, die zu bestehen sind? In der kulturgeschichtlichen Entwicklung sind Zahlen Teil der rationalen wie der kosmisch-religiösen Welterklärung. Zahlen sind „göttlich“ und spiegeln in dieser Mischung das Bedürfnis des Menschen wider, sich die rätselhafte Welt zu erklären, um das Leben zu meistern und mit denselben Mitteln Glück und Schicksal berechenbar zu machen.



Albrecht Dürer (1471-1528):
Magisches Quadrat, Ausschnitt aus
dem Stich Melencolia I (1514)

Der Zauber der Zahlen und die Magie des Wortes sind dabei vielfach eine Symbiose eingegangen: Magische Quadrate aus Zahlen oder Buchstaben als Amulette; Rätsel als intellektuelle Herausforderung; Zaubersprüche in Märchen bis hin zu Harry Potter und einer der berühmtesten sogar vom Altmeister Goethe; der Zufall – eine mathematische Größe und Teil des täglichen Lebens – soll überlistet werden mit dem Versuch, Zukunft und Glück zu beschwören (z. B. durch Lotto, Horoskope). In der Literatur wird die Symbolik der Zahlen vielfältig genutzt. Ein Beispiel von vielen ist Anna Seghers Roman: „Das 7. Kreuz“, in dem die Zahl 7 eine leitmotivische Bedeutung erhält.

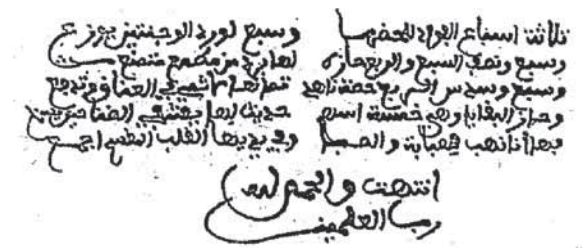
Bei den 4.657 Lotto-Ziehungen von 1955 bis 2008 wurde die „13“ (erste Zahl außerhalb des Zwölfersystems: Apostel, Monate etc.) am seltensten gezogen – wirklich Zufall?

Quelle: www.dielottozahlen.de

J.W. Goethe (1749-1832):
Das Hexeneinmaleins (Faust I, 1790)
aus: Werke in vier Bänden, Zweiter
Band, Carl Hanser Verlag München/
Wien 1982

Du musst versteh'n!
Aus Eins mach' Zehn,
Und Zwei lass geh'n,
Und Drei mach' gleich,
So bist du reich.
Verlier' die Vier!
Aus Fünf und Sechs,
So sagt die Hex'
Mach Sieben und Acht,
So ist's vollbracht:
Und Neun ist Eins
Und Zehn ist keins.

Das ist das Hexen-Einmaleins



Drei Siebel des Herzens für ihren Blick
Ein Siebel wird geboten für ihre rosigen Wangen.
Ein Siebel und die Hälfte eines Siebels und das Viertel
Für die Verweigerung eines unbefriedigten Verlangens.
Ein Siebel und ein Sechstel eines Viertels (vom Siebel)
Für den Teil des wohlgerundeten Busens
Der sich der Sünde meiner Umarmung verweigert und
mich zurückgestoßen hat.
Der Rest, das sind fünf Teile, sind für ihre Worte,
Die meinen Durst stillen würden, wenn sie erhört wüden.

Ibn al-Banna aus Marrakesch (1256-1321):
Mathematisches Liebesgedicht,
aus: Ahmed Djebbar: Ethnomathematik,
in „Spektrum der Wissenschaft SPEZIAL“ Heft 2/2006

Arbeitsvorschläge

- Informiert euch über Entstehung und Hintergründe der angesprochenen Werke und erstellt Porträts ihrer Schöpfer.
- Recherchiert weitere Aspekte der Kulturgeschichte der Zahlen und präsentiert eure Ergebnisse auf Wandzeitungen oder als Computer Präsentation.
- Die heilige 7, die böse 13 – nehmt solche besonderen Zahlen als Schreibanlass für eine eigene Geschichte.
- Sammelt Rätselgedichte, Zaubersprüche und magische Quadrate (insbes. mit den „göttlichen Ordnungszahlen“ 3 und 7) und stellt sie mit ihrer Herkunft und Bedeutung auf Wandzeitungen vor. Erfindet eigene.
- Erörtert die Frage: Sind Zufall, Schicksal, Glück, Liebe „berechenbar“?
- Untersucht die Bedeutung von Zahlen in unterschiedlichen literarischen Werken.

Mathematik steckt von Anfang an in der Kunst: Formen wie Dreiecke und Quadrate sind schon seit der Höhlenmalerei Dauerbrenner. Die Jahrtausende alte Ornamentalkunst ist ohne Symmetrien überhaupt nicht vorstellbar.



Der Goldene Schnitt

Doch ein ganz besonderes Interesse an der Mathematik zeigten die Künstler in der Renaissance. Im 15. Jahrhundert entwickelte der Italiener Leon Battista Alberti (1404 - 1472) die Theorie der Zentralperspektive, Kollegen wie Leonardo da Vinci (1452 - 1519) oder Albrecht Dürer (1472 - 1528) schlossen sich mit Studien über Projektionen und Proportionen an. Als Künstler suchten sie nach den Regeln für eine möglichst wirklichkeitsgetreue Abbildung. Mathematisch gesprochen ging es um „darstellende Geometrie“: Verfahren, um geometrisch richtige Abbildungen von dreidimensionalen Körpern in der Ebene (im Bild) zu erzeugen. Die so verbes-



Scheinkuppel – gestaltet von Andrea Pozzo – in der Barockkirche Sant' Ignazio (eigentlich Sant' Ignazio di Loyola a Campo Marzio) in Rom.

serte Maltechnik machte auch optische Spielereien möglich: Scheinkuppeln auf flachen Decken oder vorgetäuschte Reliefs mittels illusionistischer Perspektiven wurden zum Modetrend.

Doch die Künstler dieser Zeit waren auch auf der intensiven Suche nach dem Schönen bzw. nach Schönheitskriterien. Berühmte Maler wie Raffael (1483 - 1520), Dürer oder auch Leonardo da Vinci benutzten in einigen ihrer Werke vermutlich den bereits von dem antiken Mathematiker Euklid (ca. 365 - 330 v. Chr.) beschriebenen „Goldenen Schnitt“ als künstlerisches Konstruktionsprinzip.

Der Goldene Schnitt ist das Paradebeispiel für mathematisch erzeugte Schönheit:

Die Zahl $\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,6180$

gilt als Verhältnis zwischen Länge und Breite eines Rechtecks als besonders ästhetisch. In der Moderne verwendete beispielsweise der Maler Piet Mondrian (1872 - 1944) dieses Verhältnis zur Komposition seiner Bilder. Wir empfinden es als harmonisch, weil diese Proportion oft auch in der Natur vorkommt.

Mathematisch stehen der Goldene Schnitt und die aus ihm ableitbaren „Goldenen“ Rechtecke, Winkel und Spiralen in einem Zusammenhang mit den so genannten Fibonacci-Zahlen, benannt nach dem Mathematiker Leonardo da Pisa, genannt Fibonacci (ca. 1170 - 1240). Dieser beschrieb Anfang des 13. Jahrhunderts die Zahlenfolge, bei der die jeweils nächste Zahl die Summe der beiden vorangegangenen darstellt: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 usw. Der Grenzwert des Quotienten aus zwei aufeinander folgenden Fibonacci-Zahlen geht bei fortschreitenden Zahlen gegen den Goldenen Schnitt.

„Fibonacci-Reihe“ von Mario Merz am Kamin der ehemaligen Lindenbrauerei in Unna

Die Zahlenreihe faszinierte neben Mathematikern über die Jahrhunderte hinweg auch immer wieder Künstler. Im 20. Jahrhundert war es wohl der Italiener Mario Merz (1925 - 2003), der sich am intensivsten mit dem Phänomen auseinandersetzte und Fibonacci-Folgen in vielen Werken, etwa als Lichtkunst aus Neonröhren, darstellte.

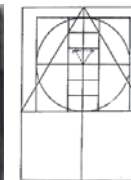


Arbeitsvorschläge

- Recherchiert die Lebensdaten und Werke der genannten Künstler der Renaissance. Erstellt Steckbriefe und bebildert diese mit Abbildungen der Werke aus Zeitschriften oder dem Internet.
- Entdeckt den Goldenen Schnitt in eurer Umgebung, z. B. in Proportionen des menschlichen Körpers oder in der Anordnung von Blättern bei Pflanzen.
- Betrachtet und analysiert die beiden genannten Werke von Dürer. Erläutert dabei die mathematischen Bezüge.
- Recherchiert wichtige Regeln der Zentralperspektive.

Albrecht Dürer als Geometer

Wie man mit Zirkel und Lineal konstruiert – darin war der gelernte Goldschmied Albrecht Dürer ein wahrer Meister. Sonderformen dreidimensionaler Objekte wie die so genannten platonischen und archimedischen Körper weckten sein Interesse, ähnlich wie Spiralen, N-Ecke oder die Gesetze der Zentralperspektive. Sogar angesichts des menschlichen Körpers machte sich Dürer auf die Suche nach bestimmten Zahlenverhältnissen. Selbst in der mathematikbegeisterten Renaissance ragte der Maler und Grafiker heraus, der aus seinen umfangreichen Studien zwei Lehrbücher machte. Sein besonderes Faible fürs Mathematische hielt Dürer auch in seinen Bildern fest: Auf dem Kupfer-



Zur geometrischen Konstruktion von Dürers „Selbstbildnis im Pelzrock“ s. auch <http://kunst.gymszbad.de/portraet/duerer/duerer-05.htm>.

stich „Melencolia I“ aus dem Jahre 1514 bildete er beispielsweise nicht nur einen Zirkel ab, sondern auch einen komplizierten Polyeder sowie ein magisches Quadrat (s. auch S. 13). Dürers „Selbstbildnis im Pelzrock“ von 1500 gilt als Paradebeispiel für ein geometrisch konstruiertes Bild: So hat ein Kunsthistoriker nachgewiesen, dass im Kopf mit der Lockenpracht ein gleichseitiges Dreieck erkennbar ist, das in seiner Spitze den oberen Bildrand in der Mitte teilt und unten auf dem Goldenen Schnitt des Gesamtbildes liegt.

Geometrische Konstruktionen

In der Moderne begannen Künstler dann, sich bewusst von den bis dahin geltenden Darstellungsregeln zu lösen, beispielsweise von den mühsam erarbeiteten Regeln der Perspektive: Pablo Picasso (1881 - 1973) und George Braques (1882 - 1963), die Urväter des Kubismus, zeigten einen Gegenstand zugleich aus vielen unterschiedlichen Perspektiven. Statt die Wirklichkeit abzumalen, machten sich viele Künstler jetzt daran, Kompositionen aus Farben, Formen und Flächen zu schaffen, die nur noch einer eigenen ästhetischen Logik folgten. So mauserte sich das Quadrat zu einem Top-Bildthema im 20. Jahrhundert, angefangen mit Kasimir Malewitsch (1878 - 1935), der als erster ein Bild malte, das nichts als ein Viereck enthielt. Zur Anordnung der einzelnen Elemente in seinen Bildern nutzte auch Malewitsch geometrische Konstruktionsregeln.



M. C. Escher (1898 - 1972):
„Möbiusband II“ (Holzstich 1963)

In der Vielfalt der künstlerischen Entwicklung des 20. Jahrhunderts gab es dann immer wieder Künstler und ganze Kunstrichtungen, die Mathematik nicht nur als Hilfswissenschaft für ihre Werke nutzten, sondern die sich bewusst mit mathematischen Themen auseinandersetzten. Zu den bekanntesten Beispielen gehören M. C. Escher (1898 - 1972) sowie die Bewegung der „Konkreten Kunst“. Richard Paul Lohse (1902 - 1988) beispielsweise variierte in seinem Ölbild „Fünfehn systematische Farbreihen mit vertikaler und horizontaler Verdichtung“ rechteckige Elemente nach mathematischen Regeln.

Sein Schweizer Kollege Max Bill (1908 - 1994) hat in seinen Skulpturen nicht nur jede Menge Kugeln, Würfel und Kreise rings zerschnitten und neu zusammengefügt, er stellte auch das „Möbiusband“ in vielen Variationen dar. Der Leipziger Mathematiker Ferdinand Möbius (1790 - 1868) hatte 1858 dessen Merkwürdigkeit als erster beschrieben: eine zweidimensionale Struktur, die nur eine Kante und eine Fläche hat. Mathematisch gesehen gehört das Möbiusband in das Aufgabenfeld von Topologen, die geometrische Objekte nach bestimmten Kriterien zu ordnen versuchen.

Arbeitsvorschläge

- Recherchiert die Lebensdaten und Werke der genannten Künstler. Erstellt Steckbriefe und bebildert diese mit Abbildungen der Werke aus Zeitschriften oder dem Internet.
- Sucht weitere Kunstbeispiele, in denen das Möbiusband vorkommt (auch in der Architektur).
- Sucht nach mathematischen Bezügen in anderen Kunstwerken.
- Erstellt eigene Kunstwerke nach geometrischen Mustern.

M. C. Escher

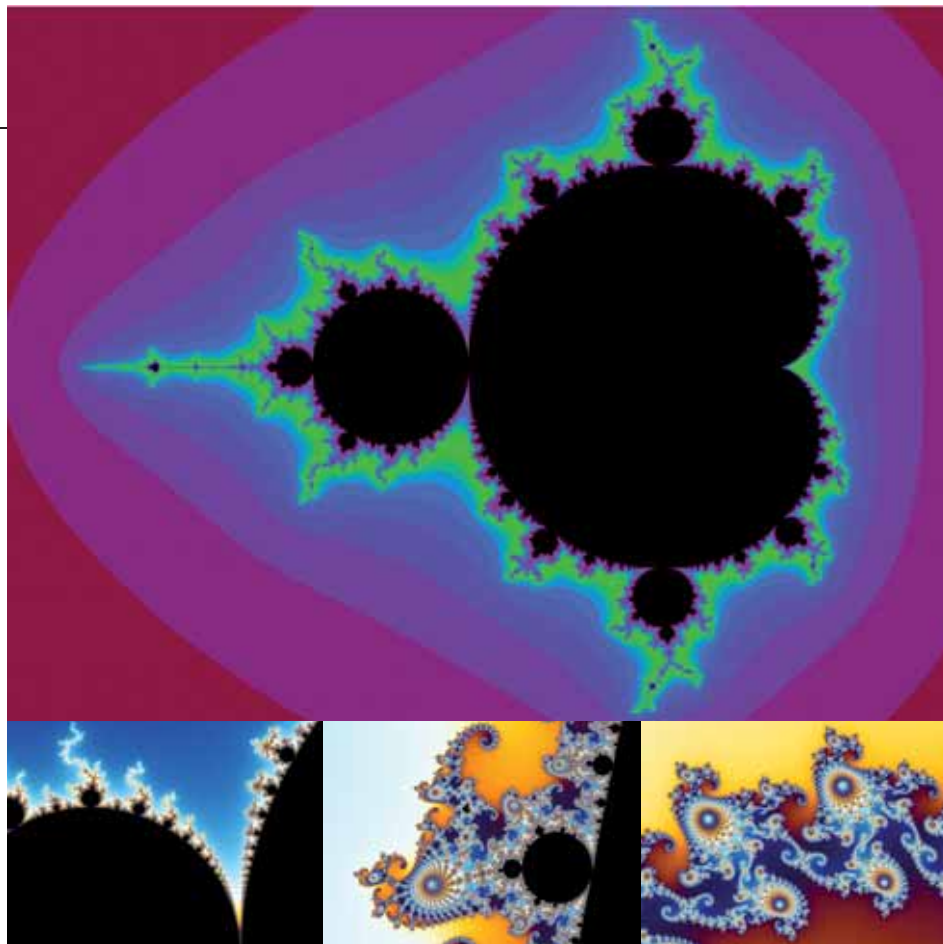
Wohl kaum ein anderer Künstler des 20. Jahrhunderts hat ein solches Interesse an Mathematik in seinen Bildern bekundet wie der Niederländer Maurits Cornelis Escher. Seine Bilder von unmöglichen Räumen, in denen Treppen unendlich nach oben führen oder in denen sich etwas zugleich innerhalb und außerhalb befindet, faszinieren auch Men-

schen ohne viel Mathematikkenntnisse. Vor allem Mathematiker aber können die Ideen hinter den Bildern M. C. Eschers entdecken: Er beherrschte die Regeln der räumlichen Geometrie und Logik so perfekt, dass er zu kunstvollen Täuschungen fähig war. Immer wieder spielte er auch bewusst mit mathematisch interessanten Objekten wie dem Möbiusband oder Polyedern.

Digitale Kunst

Ebenso wie andere Lebensfelder veränderte das Aufkommen von Computern auch Kunst und Mathematik nachhaltig. Heutzutage unternehmen einige professionelle Mathematiker Ausflüge in die Welt der Kunst, indem sie ihre mathematischen Arbeiten visualisieren. Mit Hilfe von Computerprogrammen entstehen Bilder von mathematischen Funktionen, wie sie beispielsweise die Wanderausstellung IMAGINARY des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach im Jahr der Mathematik zeigt (www.imaginary2008.de). Die meisten dieser Bilder visualisieren die Gegenden, in denen die Funktionen den Wert Null annehmen. Die Berechnung dieser Nullstellen ist äußerst komplex, macht aber mathematisch Sinn, um die Funktionen in Klassen zu ordnen. An der Universität Regensburg hat der Mathematikprofessor Jürgen Neukirch gar dreidimensionale Modelle von Formeln erstellen lassen.

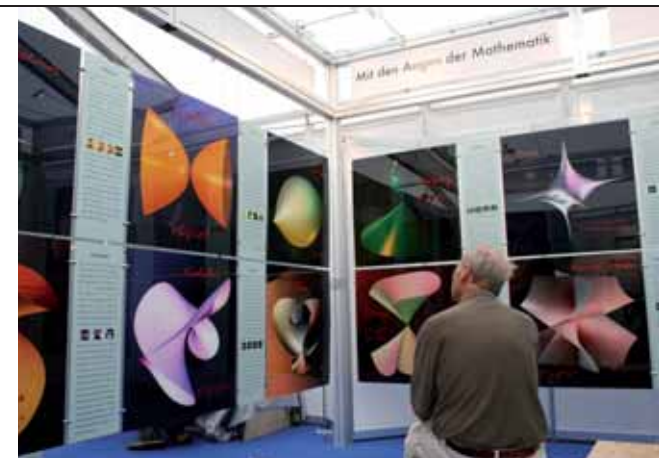
Zu den besonderen Lieblingen unter den digital erzeugten Kunstwerken gehören Fraktale, die der Mathematiker Benoît B. Mandelbrot (geb. 1924) in den



1960er Jahren entdeckte und damit eine kleine Revolution auslöste. Fraktale haben Eigenschaften, die es nach der klassischen Geometrie gar nicht geben kann: So begrenzen zum Beispiel unendlich lange Grenzlinien endlich große Flächen, oder man kann klassisch zweidimensionalen Objekten gebrochene Dimensionen zwischen eins und zwei zuordnen. Mathematisch gesehen leben Fraktale im Grenzgebiet zwischen Geo-

metrie und der Beschreibung dynamischer Systeme: Hier beschäftigt man sich mit der zeitlichen Entwicklung von Systemen, die nach einfachen Grundregeln aufgebaut sind. Mit Hilfe von frei zugänglichen Computerprogrammen im Internet kann heute jeder leicht Fraktale erschaffen. Sie sehen ohne Zweifel kunstvoll aus, aber ob sie wirklich als eigenständige Kunstwerke gelten können, ist umstritten.

Die Mandelbrot-Menge, im allgemeinen Sprachgebrauch oft auch Apfelmännchen genannt, ist ein Fraktal, das in der Chaostheorie eine bedeutende Rolle spielt.



Ein Blick in die Wanderausstellung IMAGINARY – Mit den Augen der Mathematik.

Arbeitsvorschläge

- Erstellt eigene mathematisch-geometrische „Kunstwerke“ mit dem Programm „Surfer“, das für die Ausstellung IMAGINARY entwickelt wurde. (Kostenloser Download unter www.imaginary2008.de)
- Recherchiert über Mandelbrot und seine Entdeckung.
- Sucht im Internet ein Programm zur Erzeugung von Fraktalen und erstellt eigene „Kunstwerke“.

„Musik ist die versteckte arithmetische Tätigkeit
der Seele, die sich nicht bewusst ist, dass sie rechnet.“

Gottfried Wilhelm Leibniz, Philosoph und Mathematiker (1646 - 1716)



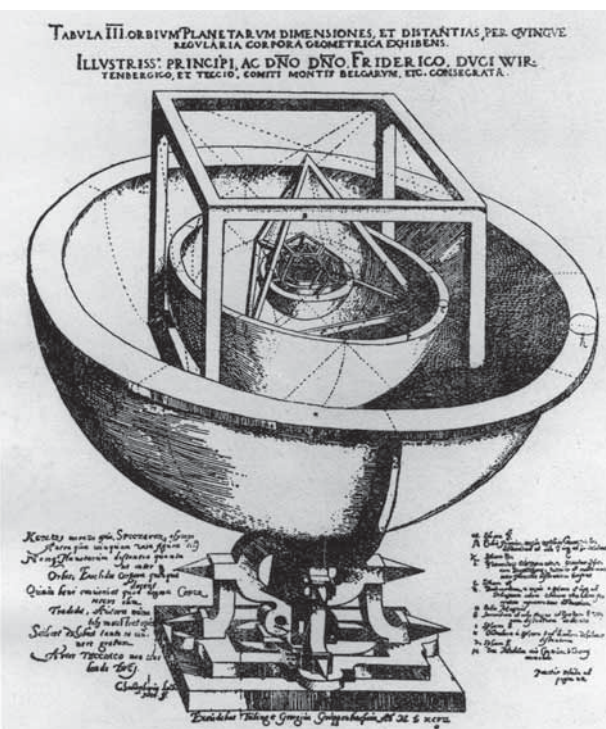
Kombinieren und Komponieren: Die Verwandtschaft von Mathematik und Musik

Seit der Antike stand die Musik im mittelalterlichen Kanon der mathematischen Fächer gleichberechtigt neben Arithmetik, Geometrie und Astronomie. Alle Fächer gaben einer harmonischen, von Gott geschaffenen kosmischen Ordnung Ausdruck. Diese Vorstellung hatte von der Antike über das Mittelalter bis in die Neuzeit Gültigkeit.

Der Mathematiker und Astronom Johannes Kepler, der Anfang des 17. Jahrhunderts die Gesetzmäßigkeiten der Bewegungen der Planeten entdeckt hatte (Keplersche Gesetze), wollte die pythagoräische Vorstellung einer Sphärenharmonie auch mathematisch beweisen und begann nach Harmonien in den Planetenbewegungen zu suchen. Er berechnete die relativen Abstände zwischen den Planeten und ordnete jedem Planeten einen Ton zu, auf Grundlage der Pla-

netenbewegungen berechnete er die Intervalle. Demnach bildeten Saturn und Jupiter eine Oktave (1:2), Mars und Erde bildeten eine Quinte (2:3) ab. Diese – nur geistig wahrnehmbare – Weltharmonik wurde in der Vorstellung Keplers von einer gleichmäßig wirkenden Kraft gesteuert. Der Komponist Paul Hindemith setzte Kepler mit seiner 1957 vollendeten Oper „Die Harmonie der Welt“ ein musikalisches Denkmal.

Über die „geistige Verwandtschaft“ von Musik und Mathematik wird bis heute viel spekuliert. Tatsache ist, dass Musikwissenschaftler und Komponisten Musik zum Teil mit Hilfe mathematischer Verfahren analysieren und konstruieren. Beispiele für Konstruktionsmuster sind die auch in der Bildenden Kunst angewandten logischen Zahlenverhältnisse wie der Goldene Schnitt und Zahlenrei-



In Keplers Kristallkombination werden die Abstandsverhältnisse der Planeten von der Sonne dargestellt.

Harmonie – Die Mathematik des Wohlklangs

Ohne Zahlen kommen wir in der Musik nicht aus. Wenn wir Musik spielen, zählen wir den Takt. Noten werden als ganze Note oder als ihr Bruchteil gezählt, genau wie die Pausen ($1/2$, $1/4$, $1/8$ und $1/16$). Die Namen der Intervalle, also der Abstände zweier Töne, sind aus Zahlen abgeleitet: etwa Oktave, Quinte oder Quarte.

Und es hat sogar mit Zahlen zu tun, welche Töne wir als harmonisch empfinden, wenn sie zusammenklingen. Jeder Ton schwingt in einer bestimmten Frequenz, ein c zum Beispiel mit 264 Hz. Der Ton eine Oktave höher, das c', schwingt mit einer Frequenz von 528 Hz – doppelt so schnell. Die Töne stehen also genau in einem Frequenzverhältnis von 1:2 zueinander. Hört man beide zusammen, klingen sie harmonisch. Je näher die Töne eines Intervalls einem ganzzahligen Frequenzverhältnis

mit möglichst kleinen Verhältniszahlen kommen, desto harmonischer klingen sie – etwa die Quinte mit einem Frequenzverhältnis von 2:3 oder die Quarte mit 3:4. Dagegen wirken die große Septime (15:8) oder die kleine Sekunde (16:15) eher unharmonisch. Aufeinander folgende Töne mit einem harmonischen Zusammenklang können wir uns auch besser merken als dissonante Tonfolgen.

Die Oktavtöne, die jeweils am Anfang bzw. Ende einer Oktave stehen, ergeben sich durch Frequenzverdoppelung (c 264 Hz, c' 528 Hz, c'' 1056 Hz usw.). Deshalb liegen die Frequenzen der Töne derselben Kategorie, also jedes c, d oder e immer weiter auseinander, je weiter die Tonhöhe ansteigt. Mathematisch ausgedrückt steht damit die Tonhöhe in logarithmischer Beziehung zur Frequenz.

Arbeitsvorschläge

- Diskutiert, was die „geistige Verwandtschaft“ von Musik und Mathematik ausmachen könnte.
- Recherchiert Leben und Werk der genannten Musiker und sucht nach Hörbeispielen.
- Hört euch Hindemiths Oper an und versucht, die „Harmonie der Welt“ auf einer Sternenkarte nachzuvollziehen.

hen wie die Fibonacci-Reihe (siehe auch S.14/15). So können z. B. Teilstrecken eines Musikstückes im Verhältnis des Goldenen Schnitts zueinander stehen.

Einen radikalen Weg von der Mathematik zur Musik sind zeitgenössische Komponisten wie der US-Amerikaner Tom Johnson (*1939) oder der Grieche Iannis Xenakis (1922 - 2001) gegangen. Sie übersetzen Zahlenreihen und mathematische Formeln direkt in Musik. 1962 schrieb Xenakis ein Computerprogramm, mit dem er Notenmaterial generierte. Computer simulierte Zufallsprozesse (Wahrscheinlichkeitstheorie) bestimmen hier Höhe, Klangfarbe, Dauer und Dynamik der Töne.

Bereits der antike griechische Philosoph Pythagoras (ca. 560 – 480 v. Chr.) stieß auf den Zusammenhang zwischen Zahlen und Musik. Der Legende nach soll er an einer Schmiede vorbeigekommen sein und bemerkt haben, dass die Harmonie der Töne, die die Schmiedehämmer verursachten, vom Gewicht der Hämmer abhing. Einer anderen Variante zufolge entdeckte er die Harmonielehre beim Experimentieren mit dem Monochord, einem einsaitigen Instrument. Pythagoras unterteilte die Saite (wie beim Greifen von Gitarrensaiten) entsprechend einfacher, ganzzahliger Verhältnisse: 1:2; 3:4; 2:3.

Ihm ging es jedoch weniger darum, musikalischen Klang zu messen, er wollte vielmehr symbolische Beziehungen zwischen Zahlen und Tönen finden. Ebenso wie die Zahlen in der Mathematik waren sie auch in der Musik Maß und Ausdruck einer gottgeschaffenen kosmischen Harmonie.



Franchino Gaffurio: Die Experimente des Pythagoras über die Beziehungen zwischen den Tönen, Theorica Musicae, Mailand 1492

Arbeitsvorschläge

- Untersucht, wie die Bünde einer Gitarre angeordnet sind, und warum sie genau so und nicht anders angeordnet sind. Analysiert den mathematischen Hintergrund.
- Erkundet und diskutiert anhand von Hörbeispielen, ob ein harmonischer Klang immer gleichzusetzen ist mit „schön“. Sind dissonante Klänge immer unangenehm?
- Informiert euch über Pythagoras' Theorien über den Zusammenhang von Mathematik und Musik.

Musik selbstgemacht: Von Mozarts Würfelmusik bis zu Software für die Musikproduktion

Musikalische Würfelspiele waren Ende des 18. Jahrhunderts in gehobenen Kreisen ein beliebter Zeitvertreib. Wolfgang Amadeus Mozart (1756 - 1791) war als Spaßvogel bekannt und soll selbst – ganz sicher ist das nicht – ein solches Spiel geschrieben haben. Es bestand aus zwei Würfeln, einer Tabelle und einem Notenblatt, auf dem einzelne Takte eines Walzers notiert waren. Über jedem Takt stand eine Zahl, die sich auch in der Tabelle wieder fand. Mit

acht Mal Würfeln ermittelte man aus der Tabelle die ersten acht Takte des Walzers und schrieb sie hintereinander auf ein leeres Notenblatt. Man brauchte dann nur noch einen Pianisten, der vom Blatt abspielen konnte. Die Methode funktionierte besonders gut bei gleichförmig aufgebauten Stücken wie Walzern, Polonaisen oder Menuetten. Der Trick bestand darin, vorab Variationen zu komponieren, die in das gleiche harmonische Schema passten.

Im 20. Jahrhundert tauchte die Idee der Würfelmusik wieder auf, jedoch nicht zur Belustigung. Der amerikanische Komponist John Cage (1912 - 1992) nutzte das Zufallsprinzip, um jegliche Form von Absichtlichkeit aus seinen Werken zu verbannen. Diese Musikform, die auch von anderen Komponisten aufgegriffen wurde, heißt Aleatorik. Darin steckt das lateinische Wort für „Würfel“: alea.

Wer heute wie zu Mozarts Zeiten komponieren will, ohne etwas von Musik zu verstehen, braucht keinen Pianisten mehr – wenn er einen Computer hat. Moderne Musikproduktionssoftware wird meist mit einer Sammlung von Musiksnipseln geliefert – Samples – die man beliebig aneinanderreihen und verschieben kann. Sogar auf manchen Handys sind solche „Kompositionsprogramme“ installiert.

Eine Reihe aktueller Musikstile sind harmonisch gleichförmig aufgebaut und haben viele Wiederholungen, von der Pop-Musik über Hip-hop bis zum Techno. Vielleicht hätte Mozart heute selbst mit Samples gearbeitet?

Takt→ Augensumme.↓/	A	B	C	D	E	F	G	H
2	96	22	141	41	105	122	11	30
3	32	6	128	63	146	46	134	81
4	69	95	158	13	153	55	110	24
5	40	17	113	85	161	2	159	100
6	148	74	163	45	80	97	36	107
7	104	157	27	167	154	68	118	91
8	152	60	171	53	99	133	21	127
9	119	84	114	50	140	86	169	94
10	98	142	42	156	75	129	62	123
11	3	87	165	61	135	47	147	33
12	54	130	10	103	28	37	106	5

Notentabelle zu den Würfelwalzern (Mozart?)

Ein Würfelmenuett (nach W. A. Mozart)

Mozarts Würfelspiel:
Zahlentafel für den 1. Walzerteil,
1. Blatt der Notentabelle zu den Würfelwalzern
und ein Würfelmenuett nach W. A. Mozart

Arbeitsvorschläge

- In „Mozarts Würfelspiel“ hat ein Walzerteil acht Takte (A bis H). Für jeden Takt wird mit zwei Würfeln gewürfelt. Wie viele Kombinationen sind in den ersten beiden Takten möglich? Wie viele Kombinationen sind für einen ganzen Walzerteil möglich?
- Erkundigt euch nach den Hintergründen und der „Philosophie“ von John Cages Avantgarde-Musik. Hört Beispiele und diskutiert, was Musik ist.
- Entwickelt selbst eine Würfelkomposition am Computer! Dafür eignen sich einige der gängigen Musikproduktionssoftwares.
- Entwickelt aus 10 Lieblingstexten ein Würfelspiel für einen Liedtext.

„Der Ball ist rund und das Spiel dauert
90 Minuten.“

Sepp Herberger, Fußballtrainer (1897 - 1977)

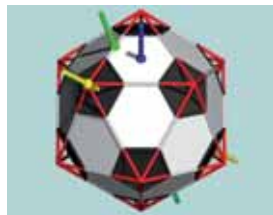
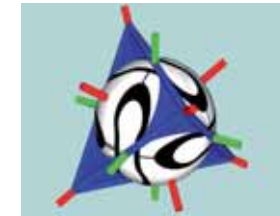
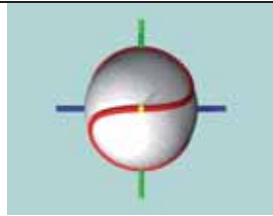
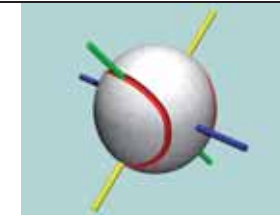


Die Mathematik der Bälle

Der Ball war schon immer das beliebteste Spielgerät der Menschheit. Ein Ball soll natürlich schön rund sein, aber das ist er nicht. Einige Spielbälle wie z. B. ein Tischtennisball sind fast kugelrund, aber wenn man sich einen Fußball oder einen Handball anschaut, so besteht er aus vielen verschiedenen Teilen. Diese Teile müssen symmetrisch angeordnet sein. Selbst bei einem Tennisball oder einem Baseball, die nur aus zwei identischen Teilen bestehen, sind die Teile symmetrisch angeordnet.

1 Betrachten wir den Baseball genauer, so erkennt man, dass er drei Symmetrieachsen besitzt. Diese Symmetrieachsen stehen alle senkrecht aufeinander und haben eine 2-Zähligkeit. D. h. dreht man den Ball um eine der Achsen um 180° , so geht er in sich selbst über. Die „2“ kommt also daher, dass 180° genau zweimal in den Vollwinkel von 360° passt.

2 Betrachten wir dazu den offiziellen Fußball der FIFA Fussball-Weltmeisterschaft 2006™, so fällt auf, dass dieser wesentlich mehr Symmetrieachsen besitzt. Es sind drei 2-zählige Achsen (grün) wie beim Baseball, doch es kommen noch vier 3-zählige Achsen (rot)



hinzu. Dieser Ball besitzt übrigens die gleiche Symmetrie wie ein handelsüblicher Volleyball. Man mag es auf den ersten Blick nicht glauben, wenn man sich aber die Farben wegdenkt, so passt das genau. Man spricht hier auch von einer Tetraedersymmetrie.

3 Betrachten wir den klassischen Fußball, welcher lange Jahre unseren Bildschirm dominiert hat, so erhalten wir eine noch umfangreichere Symmetrie. Dieser Ball besitzt so viele Symmetrieachsen, dass wegen der Übersichtlichkeit nur noch jeweils ein Vertreter eingezeichnet wurde.

Der Spielerkreis hat einen Radius von 15m.

1 Der Baseball aus zwei verschiedenen Ansichten, welche die 2-Zähligkeit der Symmetrieachsen zeigen.

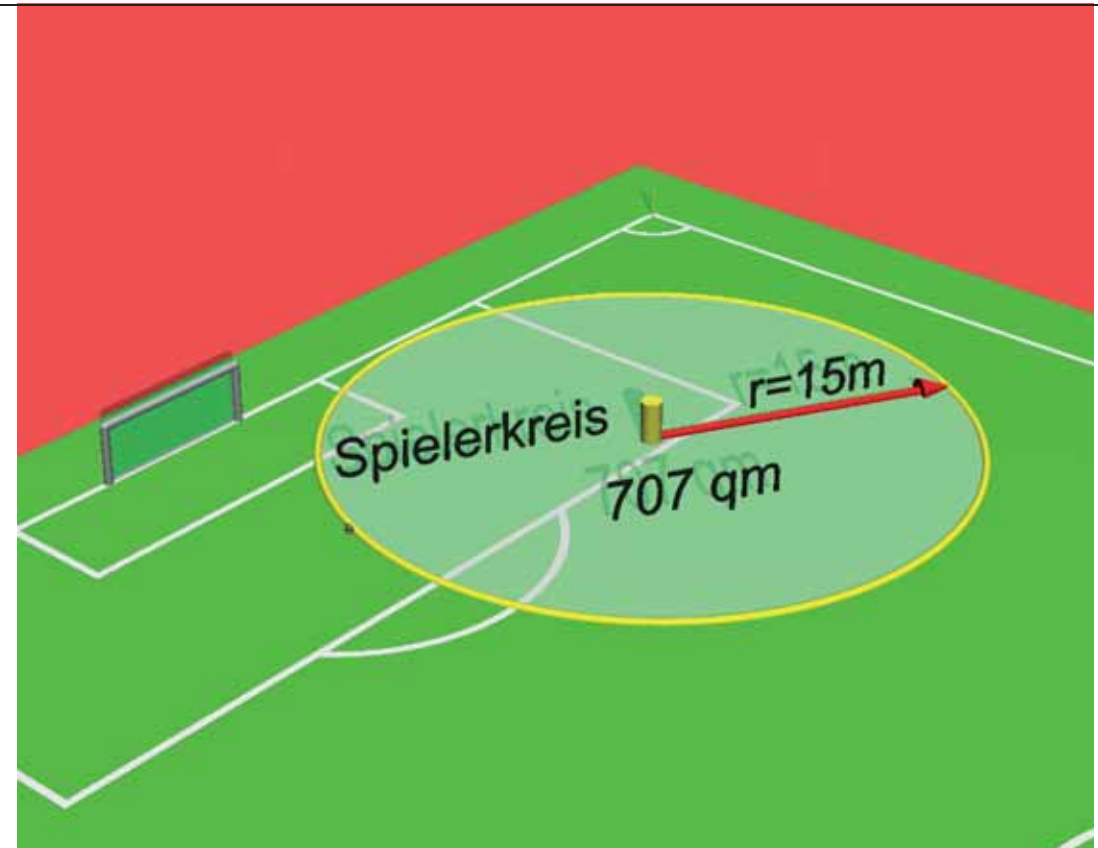
2 Links: Der Teamgeist gefangen in einem Tetraeder
Rechts: Ein Volleyball

3 Links: der Klassiker der früheren WM-Spielbälle
Rechts: Das mathematische Modell des klassischen Fußballs

Die Mathematik der Feldspieler

Warum spielen eigentlich 10 Feldspieler beim Fußball?

Dieser Wert hat Tradition. Seit 1870 dürfen nur noch 11 Spieler einer Mannschaft auf dem Platz sein, 10 Feldspieler und ein Torwart. Ist das ein vernünftiger Wert? Scheinbar schon, sonst hätte dieser Wert heute sicherlich keinen Bestand mehr. Wir können sogar zeigen, dass der Wert zehn für die Anzahl der Feldspieler mathematisch vernünftig ist. Wenn wir ein schönes Spiel beobachten, so erkennen wir, dass es um die 20 Ballkontakte pro Spielminute gibt, also alle 3 Sekunden einen Ballkontakt. Ist diese Zeit zwischen zwei Kontakten kürzer, ist das Spiel sehr schnell, so ähnlich wie ein Flipperspiel. Ist die Zeitspanne zwischen zwei Ballkontakten zu lang, dann wirkt das Spiel langweilig.



Der Gegenspieler hat also diese 3 Sekunden Zeit den Ball zu erreichen. Die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Spielers beträgt ungefähr 5 m/s, das bedeutet, dass er in den drei Sekunden 15 m weit rennen kann. Da er dies in jede Richtung machen kann, deckt also ein Spieler einen Kreis mit Radius 15 m auf dem Spielfeld ab.

Arbeitsvorschlag

Überlegt euch, welche Arten von Symmetrieachsen beim Fußball zu finden sind und wie viele von jeder Art es gibt. Vielleicht hilft euch dabei ein echter Fußball?

(Lösung, siehe unter Punkt 1 auf Seite 25)

Arbeitsvorschlag

Nun könnt ihr leicht die Anzahl der Spieler abschätzen, welche das gesamte Spielfeld von 68 m Breite und 105 m Länge überdecken würden.

(Lösung, siehe unter Punkt 2 auf Seite 25)

Sportart	Länge	Breite	Besondere Maße	Tormaße
Hockey	91,5m	55 m	Schusskreisradius 14,63 m	3,66 m x 2,14 m
Tennis	11,89 m	8,23 m (Einzel)	Aufschlaglinien 6,40 m	
Badminton	13,40 m	6,10 m (Einzel)	Netzhöhe (Mitte) 1,524 m	
Fußball (Int.)	100-110 m	64-75 m	Strafraum 16,5 m Elfmeter 10,97 m Torraum 5,5 m Anstoßkreis 9,15 m	7,32 m x 2,44 m
Tischtennis	2,74 m	1,525 m	Netzhöhe (Mitte) 15,25 cm	

Die Geraden der 400-m-Bahn sind aber nicht 100 m lang sondern laut Norm nur 84,39 m. Der Radius der Innenbahn beträgt 36,50 m. Berechnen wir daraus die Bahnlänge, so erhalten wir nicht die gewünschten 400 m, sondern nur
 $2 \cdot 84,93 \text{ m} + 2 \cdot 36,50 \text{ m} \cdot \pi \approx 398,116 \text{ m}$

Das sind fast 2 m zu wenig. Das liegt daran, dass es den Sportlern gar nicht möglich ist, genau auf der Innenseite der Innenbahn zu laufen, da diese in der Regel durch Begrenzungssteine erhöht ist. Man nimmt daher an, dass die Sportler in einem Abstand von 30 cm von der Begrenzung laufen. Diese Lauflinie bezeichnet man als Normlinie.

Arbeitsvorschlag

Überprüft nun selber, ob die Normlinie auch wirklich 400 m lang ist.
 (Lösung, siehe rechts unter Punkt 5)

In einigen Laufwettbewerben laufen die Athleten auf den ihnen zugelassenen Bahnen durch die Kurven z. B. 200 m (eine Kurve), 400 m (zwei Kurven), 800 m (1 Kurve), 4 x 400 m Staffel (3 Kurven). Nun muss man kein Mathematiker sein, um zu wissen, dass der Weg auf den Bahnen 2 bis 8 durch die

Die Mathematik der Spielfelder

Die Maße der Spielfelder verschiedener Sportarten, sei es Hockey, Tennis oder Fußball, sind irgendwie immer krumme Zahlen. Dies liegt daran, dass die Sportregeln meist zuerst in England aufgestellt wurden. Nun wisst ihr, dass die Engländer nicht unser metrisches System für die Längen verwenden, sondern ihr eigenes Maßsystem besitzen.

Das so genannte „Imperiale System“ geht auf römische Maße zurück, die im Zuge der römischen Eroberung Englands eingeführt wurden. Offiziell findet es heute fast nur noch in den USA Anwendung. Das erste metrische System wurde 1793 in Frankreich unter der Herrschaft der Jakobiner eingeführt „für alle Zeit, für alle Völker“. Erstmals wurde damit ein künstlich entwickeltes Maßsystem benutzt. Dieses setzte sich in Europa allerdings erst langsam durch. So existierten auf dem Gebiet des späte-

ren Deutschen Reiches bis 1870 noch etwa 300 unterschiedliche Flächenmaße. Erst 1875 wurde ein internationaler Vertrag, die Meterkonvention, von siebzehn Staaten unterzeichnet. Auch in Großbritannien wurde das System mittlerweile offiziell umgestellt bzw. dürfen beide Maßsysteme parallel verwendet werden. Allerdings ist im normalen Gebrauch bis heute das Imperiale System üblich. So entspricht 1 Yard ungefähr 91,47 m, ein Fuß sind 30,49 cm, ein Inch passt 12-mal in einen Fuß und hat somit eine Länge von 2,54 cm.

Arbeitsvorschlag

Mit diesen Werten könnt ihr die Tabelle mit den krummen Zahlen für die Spielfeldlängen in ganz glatte Zahlen umwandeln.

(Lösung, siehe unter Punkt 3 auf Seite 25)

Die Mathematik der Stadionrunde

Damit die 400-m-Bahn einen gerechten und fairen Wettkampf gewährleistet, muss man viel Mathematik hineinstecken. Wir wollen einmal einen genauen Blick auf die Bahn werfen. Zunächst ist es erstaunlich, dass bei einer 400-m-Bahn die Geraden und Kurven nicht jeweils 100 m lang sind. Wäre das so, wären die Kurven sehr eng und die Bahn sehr lang gezogen.

Arbeitsvorschlag

Könnt ihr berechnen, welchen Durchmesser die Innenbahn hätte, wenn die Geraden 100 m lang wären?

(Lösung, siehe unter Punkt 4 auf Seite 25)

Die Gegengerade und der Laufweg von Bahn 8 auf Bahn 1 dargestellt als Strecke d.
Die Zeichnung ist nicht maßstäblich.

Kurven länger ist als der auf Bahn 1. Um dies auszugleichen, gibt es beim Start die so genannten Kurvenvorgaben. Wie groß sind aber diese Kurvenvorgaben für die einzelnen Bahnen bei den jeweiligen Wettbewerben?

Wir wissen, dass eine Bahn eine Breite von 1,22 m hat. So können wir recht bequem die Kurvenvorgabe Z bezogen auf eine zu durchlaufende Kurve berechnen. Aber Vorsicht: Ab Bahn 2 ist die Normlinie nicht mehr 30 cm von der Begrenzungslinie entfernt, sondern nur noch 20 cm. Zusätzlich müssen wir wissen, wie viele Kurven absolviert werden und auf welcher Bahn wir uns befinden.

In unserer Formel gibt k die Anzahl der in Bahnen zu laufenden Kurven und n die Nummer der Laufbahn an. K_n ist die Länge von Bahn n. Es ergibt sich:

$$Z(k, n) = k \cdot (K_n - K_1) \quad (3-1)$$

$$Z(k, n) = k \cdot [(36,70 \text{ m} + (n - 1) \cdot 1,22 \text{ m}) \cdot \pi - 36,80 \text{ m} \cdot \pi] \quad (3-2)$$

$$Z(k, n) = k \cdot [(n - 1) \cdot 1,22 \text{ m} - 0,1 \text{ m}] \cdot \pi \quad (3-3)$$

Komplizierter ist es beim 800-m-Lauf. Hier wird nämlich nur die erste Kurve in Bahnen gelaufen, anschließend darf der Läufer auf die Innenbahn wechseln. Das bedeutet aber, dass ein Läufer auf Bahn 8 schräg laufen muss (s. Abb. oben). Dieser längere Weg z wird auch bei der Kurvenvorgabe berücksichtigt.

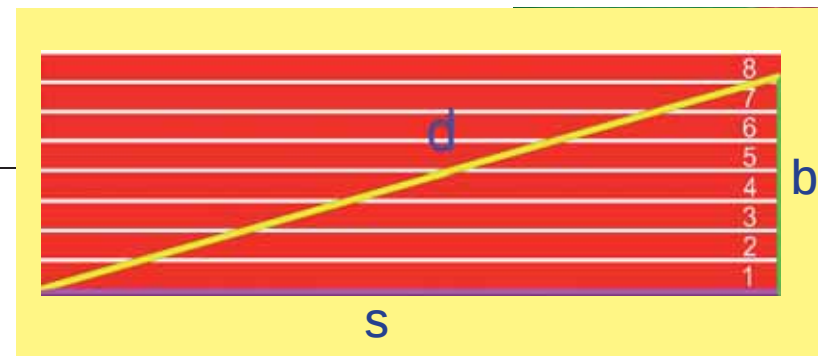
Arbeitsvorschlag

Berechnet mit Hilfe des Satzes von Pythagoras die zusätzlichen Vorgaben z für die Bahnen 2 bis 8. Denkt daran, dass die Normlinie auf Bahn 1 30 cm von der Einfassung entfernt ist, aber bei den Bahnen 2 bis 8 nur 20 cm von der Linie.

(Lösung, siehe rechts unter Punkt 7)

Arbeitsvorschlag

Könnt ihr nun die Vorgaben für einen 400-Meter-Läufer in Bahn 8 berechnen? (Lösung, siehe rechts unter Punkt 6)



Zusätzliche Vorgaben bei den Disziplinen 800 m und 4 x 400 m Staffel. Angaben in cm:

Zusätzliche Vorgabe	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8
z	0,7	3,2	7,5	13,5	21,3	30,8	42

Lösungen

1 | Lösung:

Es gibt sechs 5-zählige Achsen (gelb), zehn 3-zählige Achsen (blau), 15 2-zählige Achsen.

2 | Lösung:

$$A_{\text{Spielfeld}} = 105 \text{ m} \cdot 68 \text{ m} = 7140 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Spieler}} = (15 \text{ m})^2 \cdot \pi = 707 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Spielfeld}} / A_{\text{Spieler}} = 10,1 \dots$$

3 | Lösungstabelle

Sportart	Länge	Breite	Besondere Maße	Tormaße
Hockey	100 yd	60 yd	Schusskreisradius 16 yd	12 Fuß x 7 Fuß
Tennis	13 yd	9 yd	Aufschlaglinien 7 yd	
Badminton	44 Fuß	20 Fuß	Netzhöhe (Mitte) 60 Inch/ 5 Fuß	
Fußball (Int.)	110-120 yd	70-80 yd	Strafraum 18 yd Elfmeter 12 yd Torraum 6 yd Anstoßkreis 10 yd	8 Yard x 8 Fuß
Tischtennis	9 Fuß	5 Fuß	Netzhöhe (Mitte) 6 Inch	

4 | Lösung:

Die Länge der beiden Kurven (welche dann einen Vollkreis ergeben) beträgt 200 m. Deswegen erhalten wir für den Durchmesser 200 m: $\pi = 63,66 \text{ m}$ und für den Radius dann 31,83 m.

5 | Lösung:

Die zusätzliche Länge berechnet sich einfach über die Radiusvergrößerung von 30 cm:
 $2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot \pi \approx 188,5 \text{ cm} \approx 1,89 \text{ m}$
 $1,885 \text{ m} + 398,116 \text{ m} = 400,001 \text{ m}$

7 | Lösung:

$$z = d - s \text{ und} \quad (3-4)$$

$$d^2 = s^2 + b^2 \quad (3-5)$$

$$z = \sqrt{s^2 + b^2} - s \quad (3-6)$$

$$z(n) = \sqrt{s^2 + b_n^2} - s \quad (3-7)$$

$$z(n) = \sqrt{[84,39 \text{ m}]^2 + [(n - 1) \cdot 1,22 \text{ m} - 0,1 \text{ m}]^2} - 84,39 \text{ m} \quad (3-8)$$

6 | Lösung: 53,03 m

„Man kann nicht nicht kommunizieren.“

Paul Watzlawick, u. a. Kommunikationswissenschaftler
und Philosoph (1921 -2007)

Mathematik in der Öffentlichkeit

Mathematik findet erst seit etwa 10 bis 15 Jahren ihren Platz in den Medien – mit dem aktuellen Höhepunkt im Jahr der Mathematik.

Das erste große Medienecho gab es Ende der 1980er Jahre durch die Forschungen zum Thema Chaos und Fraktale, vor allem die ästhetischen computergrafischen Darstellungen des „Apfelmännchens“ durch Benoît B. Mandelbrot. Ein Team um den Mathematiker Heinz-Otto Peitgen hatte dies zum Anlass genommen, durch Workshops, Interviews sowie populärwissenschaftlichen Publikationen ein breites Publikum für moderne Mathematik zu begeistern.

Das Thema „Fraktale“ bediente viele Nachrichtenfaktoren, die aus einem wissenschaftlichen Thema ein attraktives Thema für die Medien machen: starke Bilder, Bezüge zu Alltag und Natur, charismatische Fachleute und die Personalisierbarkeit des Themas durch eigene Möglichkeiten zum Knobeln und Programmieren. Kein Wunder, dass in den ersten beiden Jurassic-Park-Filmen auch ein Spezialist für Chaostheorie nicht fehlen durfte.

Heute entdecken Medienmacher beim Thema Mathematik noch weitere Aspekte: Das Thema Bildung ist durch die politischen Diskussionen auch in den Medien ein großes Thema geworden. In diesem Zusammenhang wird Mathematik (wie auch andere Wissenschaften) gerne für Wissensseiten und Wissenschaftsshow genutzt. Und das Jahr der Mathematik ist natürlich an sich ein Anlass, über Mathematik zu berichten und eine breite Öffentlichkeit anzusprechen.

Aber Mathematik gilt auch als schwierig zu vermitteln. Das ist der Hauptgrund für das in der Vergangenheit meist geringere Medienecho als etwa bei der Astronomie oder Medizin. Gerade dadurch kann sie jetzt aber Medienkonsumenten als überraschendes, frisches Thema präsentiert werden. Um dabei der „Übersetzungsproblematik“ zu entgehen, werden die Beiträge über Mathematik in der Regel über Persönlichkeiten und Alltagsbezüge vermittelt. Medienschaffende porträtieren wichtige Mathematikerinnen und Mathematiker oder heben die für den „normalen“ Mediennutzer nachvollziehbaren mathematischen Anwendungen im alltäglichen Leben hervor.





Die Medienwissenschaftler Johan Galtung und Mari Holmboe Ruge ermittelten in den 1960er Jahren unter anderem folgende „Nachrichtenfaktoren“:

- Frequenz: Der Ablauf eines Ereignisses passt zur Erscheinungsperiodik des Mediums
- Eindeutigkeit und Einfachheit eines Themas
- Bedeutsamkeit: Tragweite für die Zuschauer, Zuhörer oder Leser
- Konsonanz: Übereinstimmung mit den Erwartungen
- Überraschung – aber im Rahmen der Erwartungen
- Bezug auf „wichtige“ Länder und Personen
- Personalisierbarkeit und persönliches Schicksal
- Negativismus: „Only bad news are good news“

Der Medienwissenschaftler Denis McQuail beschäftigte sich in den 1980er Jahren mit den Bedürfnissen von Medienkonsumenten:

- das Informationsbedürfnis – zum Beispiel die Suche nach Rat zu praktischen Fragen oder das Interesse an Neuigkeiten
- die Suche nach persönlicher Identität – etwa bei der Identifikation mit anderen Menschen in den Medien
- das Bedürfnis nach sozialer Interaktion – etwa, wenn Menschen einen Ersatz für Geselligkeit oder Partnerschaft finden wollen
- das Unterhaltungsbedürfnis, also die Suche nach Entspannung oder Ablenkung von Problemen

Arbeitsvorschläge

- Analysiert Printartikel, Postings in Blogs, Radio- oder Fernsehbeiträge zum Thema Mathematik unter folgenden Gesichtspunkten:
 - Welche Nachrichtenfaktoren treffen hier zu?
 - Welche Bedürfnisse will die Redaktion damit befriedigen?
 - Liegen dem Text inszenierte Anlässe zu Grunde? Wer hat ein Interesse daran, dass dieses Thema veröffentlicht wurde?
- Findet heraus, welche Themen in der öffentlichen Diskussion derzeit von aktuellem Interesse sind.
 - Wählt ein aktuelles Thema, beobachtet und diskutiert die Trends in der Berichterstattung über einen Zeitraum von vier Wochen.
 - Welche Erkenntnisse habt ihr gewonnen?
- Diskutiert, wie Redaktionen auf die Informationsbedürfnisse ihrer Leserschaft oder Zuschauer eingehen, insbesondere am Beispiel der Berichterstattung zum Jahr der Mathematik.

Mathematik gegen Kommunikationsstörungen

Der Indische Ozean scheint ruhig am 26. Dezember 2004. Urlauber wie einheimische Fischer und Küstenbewohner wännen sich in Sicherheit – doch ein Seebeben mit einer Stärke von 9,3 auf der Richterskala und einer Energie von rund 32 Gigatonnen TNT zerstört die Idylle, kostet über 230.000 Menschen das Leben und raubt 2,7 Millionen Menschen Heim, Hab und Gut. Das Beben vor Sumatra gilt als das drittstärkste aufgezeichnete Beben in der Geschichte.

In 3.000 Meter Tiefe sind Erdbeben – wenn auch nicht in diesem Ausmaß – an der Tagesordnung. Mit Tsunami-Frühwarnsystemen wird versucht, die katastrophalen Auswirkungen auf die Menschen in Zukunft zu verhindern.

Im Jahr 2005 sind mit dem deutschen Forschungsschiff „Sonne“ zwei Sonden auf dem Meeresboden ausgelegt worden. Diese messen Temperatur und Wasserdruck und schicken die Daten

durch das Wasser zu Bojen an der Wasseroberfläche – mit Hilfe von Modems als Schall übertragen. Das klingt ähnlich wie das Zwitschern von Faxgeräten. Doch im Wasser selbst ist die Situation komplizierter: Das Signal kommt mehrfach und gestört bei den Bojen an der Wasseroberfläche an.

Ohne Mathematik ginge da nichts. Die Techniker verwenden unter anderem den Viterbi-Algorithmus, ein Fehlerkorrekturverfahren, benannt nach dem Kodierungstheoretiker Andrew J. Viterbi. Es beruht auf Wahrscheinlichkeitstheorie: Die Bojen können annehmen, dass bestimmte Bitfolgen im Signal wahrscheinlicher sind als andere.

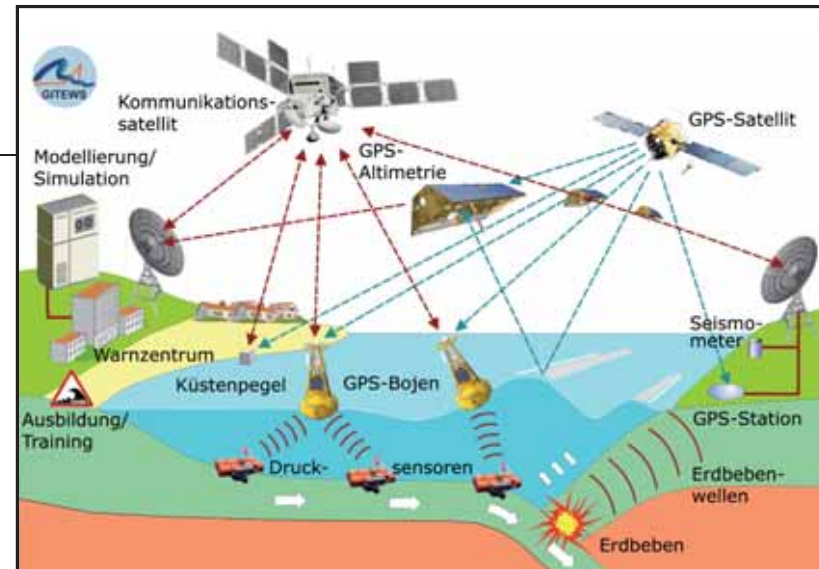
Das Tsunami-Frühwarnsystem umfasst ein Netz von Messstationen zu Land, zu Wasser und auf dem Meeresgrund. Satelliten sorgen dafür, dass sämtliche Daten zügig weitergeleitet werden.

Ähnlich arbeiten WLAN-Modems oder GSM-Handys; ohne Viterbi Idee wäre Mobiltelefonie unmöglich.

Nicht nur auf der Erde, auch im Weltall funktionieren Fehlerkorrektur-Verfahren bestens: Anfang 2008 funkte die amerikanische Raumsonde Messenger erste Nahaufnahmen vom Merkur zur Erde, aus mehr als 2,2 Milliarden Kilometern Entfernung. Trotz schwachen Signals und Sonnenwinden waren die Bilder gestochen scharf – aufgrund der Viterbi- und der Reed-Solomon-Fehlerkorrektur.

Shannon-Weaver-Modell der Kommunikation

1948, also vor genau 60 Jahren, entwickelten die amerikanischen Mathematiker Claude E. Shannon und Warren Weaver ein Kommunikationsmodell, das heute zu den Grundlagen der Kommunikationswissenschaft und der Informationstheorie gehört. Das Modell passt auf jeden Kommunikationsprozess: Die Information wird von einem Sender kodiert, auf einem Informationskanal übertragen, dabei mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (zum Beispiel durch Rauschen) gestört, und schließlich vom Empfänger dekodiert. Shannon und Weaver haben mathematisch exakt formuliert, was Information ist – und, was es mathematisch bedeutet, wenn sie gestört wird.



Arbeitsvorschläge

- Welche Kommunikationswege spielen außerdem beim Tsunami-Frühwarnsystem eine Rolle? Wie wird dabei Mathematik eingesetzt?
- In Deutschland fehlt mittlerweile ein Katastrophenwarnsystem, das alle Menschen schnell erreicht. Früher gab es rund 100.000 Sirenen, gelegentlich wurde Probealarm ausgelöst. Die meisten Städte und Gemeinden haben die Sirenen aus Kostengründen abgebaut.
 - Findet heraus, wie in eurer Stadt über Katastrophen informiert wird. Folgende Artikel können euch bei der Recherche helfen:
 - a) www.stern.de/computer-technik/technik/Katastrophenschutz-Das-Schweigen-Sirenen/602513.html
 - b) www.zeit.de/2007/45/T-Warnsysteme
 - Diskutiert alternative Möglichkeiten für das Katastrophenwarnsystem in eurer Stadt, eurem Bundesland und bundesweit. Welche Rolle spielt jeweils die Mathematik dabei?
- Recherchiert weitere Fehlerkorrektur-Verfahren und deren Einsatzgebiete, z. B. die erwähnte Reed-Solomon-Fehlerkorrektur, und bestimmt, auf welche mathematischen Verfahren dabei zurückgegriffen wird.

Der Irisscanner ist ein Bestandteil von biometrischer Identifikation, einer Technologie, die u. a. an Passkontrollen und Sicherheits-schleusen eingesetzt werden kann.



Bedienung der deutschen Chiffriermaschine „Enigma“ bei einem Kommandostab im Mittelabschnitt der deutschen Ostfront im Herbst 1941.

Geheime Zugänge: Wenn Agenten kommunizieren

Die geheimen Akten sind nur ein paar Schritte entfernt – aber hinter einer dicken Stahltür. An der Kamera neben der Tür blinkt ein rotes Licht. Davor steht die Agentin. Geheime Zugangs-codes nützen ihr nichts: Die Tür ist mit einem Irisscanner gesichert, einer Infrarotkamera für das Auge. Die Iris ist ein fälschungssicherer Ausweis, ähnlich wie der Fingerabdruck.

Bei einem Irisscan wird das Foto der Iris mathematisch analysiert; der Computer hinter der Kamera transformiert es mit Hilfe von so genannten Wavelets, kurzen wellenförmigen Funktionen. Der Computer ordnet jedem Irisbild eine Zahl zu – allerdings nicht ganz eindeutig: Jedes Foto fällt ein wenig anders aus. Da ist die Stochastik gefragt, ein mathematisches Teilgebiet, das sich mit der mathematischen Modellierung des Zufalls befasst. Stochastiker können sagen, ab welcher Ähnlichkeit ein Irismuster als identisch gelten kann. Die wichtigsten Beiträge zur Wavelet-Forschung stammen übrigens von einer Frau: Die belgische Mathematikerin und Physikerin Ingrid Daubechies (*1954) hat die Theorie entscheidend vorangebracht.

Die Agentin hat es geschafft, die Datenbank der Iris-Kennzahlen zu knacken und der Computer öffnet ihr die Tür. Der Mathe-Thriller geht weiter: Sie steht vor verschlüsselten Geheimdaten.

Für professionelle Geheimniskrämer ist das Alltag, seit Jahrtausenden. Der römische Imperator Gaius Julius Cäsar (100 - 44 v. Chr.) würfelte bereits das Alphabet durcheinander, um Botschaften zu chiffrieren. Weil Buchstaben aber in Texten unterschiedlich oft vorkommen – im Deutschen ist zum Beispiel statistisch fast jeder fünfte Buchstabe ein E –, lässt sich bei Cäsars Methode der Klartext erraten.

Modernere Verschlüsselungsmethoden sind schwieriger zu brechen, wie etwa der Code der Enigma, der deutschen Verschlüsselungsmaschine aus dem Zweiten Weltkrieg. Im Prinzip macht die

Maschine dasselbe wie Cäsar: Sie permutiert das Alphabet – allerdings bei jedem Buchstaben neu. Erst als polnische, französische und britische Spione ihr Wissen über die Maschine geteilt hatten, gelang es dem britischen Mathematiker Alan Turing, den Code zu knacken.

Heute werden Verschlüsselungsmethoden von Mathematikern – so genannten Kryptologen – entwickelt. Ein Beispiel ist der RSA-Code zur Internet-Verschlüsselung, benannt nach seinen Erfindern Ronald L. Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman. Deren Idee war einfach: Salz und Zucker kann jedes Kind zusammen schütten, doch die Körnchen wieder zu trennen, ist langwierige Arbeit. Die Mathematiker wählten zum Verschlüsseln eine Operation, die nur in eine Richtung leicht durchzuführen ist: die Primfaktorzerlegung.

Arbeitsvorschläge

- Recherchiert das Prinzip der Permutation. Informiert euch darüber, wie mit der Enigma-Maschine Texte verschlüsselt wurden. Könnt ihr das Verfahren selbst programmieren?
- Findet heraus, wie das RSA-Verfahren funktioniert und wo es angewendet wird.
- Recherchiert weitere mathematische Verfahren, die bei der Arbeit von Agenten eine Rolle spielen könnten und schreibt euren eigenen Mathekrimi.
- Diskutiert, was es für die Gesellschaft bedeutet, wenn Computer, Handys und andere Geräte Fingerabdrücke oder Irisfotos erkennen können.

Zwei Primzahlen miteinander mal zu nehmen ist einfach, doch bis man die Primfaktoren einer großen Zahl kennt, kann es sehr lange dauern. Schon bei mehreren hundert Stellen Länge braucht man mit Mathe-Tricks Monate – und ohne Tricks länger, als das Universum alt ist.

Die Agentin packt die CDs mit den geheimen Daten zusammen. Das wird eine Menge Arbeit für die Kryptologen im Team.

Mathematik + Geschichte

Keith Devlin

Das Mathe-Gen oder Wie sich das mathematische Denken entwickelt + Warum Sie Zahlen ruhig vergessen können

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2006, 373 S., 2 10,-

Die Menschheit zerfällt in zwei Hälften: die, die Mathe können, und die, die kein Mathe können. So wird es gerne gesehen, und jene, die zur zweiten Gruppe gehören, behaupten oft, ihnen fehle halt das „Mathe-Gen“. Alles Quatsch, sagt Devlin: Die Fähigkeit zu mathematischem Denken sei jedem Menschen evolutionär angeboren und basiere auf denselben Grundlagen der Gehirnentwicklung wie die Ausbildung der Sprache! Erkenntnisreicher Spaziergang durch Evolutionstheorie, Hirnforschung und Mathematik.

Donal O'Shea

**Poincarés Vermutung
Die Geschichte eines mathematischen Abenteuers**

S. Fischer Verlag,
Frankfurt 2007, 320 S., 2 19,90

Wie berechnet man die Form des Universums, also eines Körpers, den man nicht verlassen kann? Diese Frage, deren Ursprünge bis zur Geometrie des Euklid zu-

rückreichen, verdichtete sich in der Vermutung des Poincaré von 1904, die seitdem als eines der größten Probleme der Mathematik galt. O'Shea umreißt absolut lesenswert die dem Problem zugrunde liegende Geschichte der Geometrie.

Marcus du Sautoy

**Die Musik der Primzahlen
Auf den Spuren des größten Rätsels der Mathematik**

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2007, 300 S., 2 12,50

Die verflixten Primzahlen – gibt es eine verborgene Ordnung hinter ihrer so beliebig wirkenden Abfolge? Diese Frage gilt als eines der bedeutendsten Probleme der gesamten Mathematik. Der Oxforder Mathematikprofessor du Sautoy vollzieht äußerst lebendig und bestens verständlich die – bis heute vergeblichen! – Versuche ganzer Mathematikergenerationen nach, die berühmte „Riemann'sche Vermutung“ zu beweisen. Sehr spannend!

Charles Seife

**Zwilling der Unendlichkeit
Eine Biographie der Zahl Null**

Goldmann Verlag,
München 2002, 272 S., 2 10,-

Ohne die Null zerfiele die Mathematik zu Staub. Und doch ist diese Zahl jünger als ihre Artgenossen: Jahrtausendlang kamen die Menschen, obwohl sie schon

zählten, ohne Null aus. Dieses originelle populärwissenschaftliche Sachbuch erzählt die Geschichte der Null von ihrer „Erfindung“ im Altertum über ihr Ringen um Anerkennung bis zu ihrer heutigen Machtposition, in der sie an Stärke wohl nur von der Eins übertroffen wird. Mit erhellenden Ausflügen in Philosophie, Theologie und Kunstgeschichte!

Mathematik + Literatur

Denis Guedj

Das Theorem des Papageis

BLT Verlag, Bergisch Gladbach 2008,
745 S., 2 9,95

Was „Sofies Welt“ für die Philosophie, will dieser Roman des algerischen Mathematikprofessors Guedj für die Mathematik sein: eine Geschichte des Fachs in Romanform. Es geht um einen Buchhändler, der den rätselhaften Tod eines brasilianischen Freundes aufklären will und sich dabei mit detektivischem Spürsinn durch eine ganze mathematische Bibliothek arbeiten muss. Die Darstellung der Mathematikgeschichte ist kurzweilig und richtig gut gelungen.

Eva-Maria Kabisch/Karlheinz Schaedler
Denkkulturen – Goethe trifft Einstein

Klett Verlag, Stuttgart 2008, 80 S., 2 9,95

Goethe und Einstein stehen für zwei Denkkulturen: Auf der einen Seite die Mathematiker und Naturwissenschaftler mit ihrem Hang zu abstrakten Formeln, eindeutigen Lösungen und präziser Ordnung. Auf der anderen Seite die Sprach- und Literaturbegeisterten, die Künstler und Schriftsteller, denen die Fantasie, das schöpferische Chaos, das Bild und die Metapher wichtig sind. Fächerübergreifendes Schülerheft für die Klassen 11 bis 13.

Daniel Kehlmann

Die Vermessung der Welt

Rowohlt Taschenbuch Verlag,
Reinbek 2005, 301 S., 2 19,90

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts machen sich Alexander von Humboldt und Carl Friedrich Gauß, Mathematiker und Astronom, an die Vermessung der Welt. Alt, berühmt und ein wenig sonderbar geworden, treffen sich die beiden 1828 in Berlin, wo sie sich in die politischen Wirren Deutschlands nach dem Sturz Napoleons verstricken. Mit Fantasie und viel Humor beschreibt Daniel Kehlmann das Leben zweier Genies, ihre Sehnsüchte und Schwächen, ihre Gratwanderung zwischen Einsamkeit und Liebe, Lächerlichkeit und Größe, Scheitern und Erfolg.

Alexander Mehlmann

Mathematische Seitensprünge: Ein unbeschwerter Ausflug in das Niemandsland zwischen Mathematik und Literatur

Vieweg+Teubner Verlag,
Wiesbaden 2007, 200 S., 2 24,90

Ein faszinierender Spaziergang zwischen Mathematik und Literatur: Von den Modellen zur Geometrie der Hölle (Dantes La Divina Commedia) über Petrarcas Systematik des Canzoniere, der Mathematik der Teufelswette (Goethes Faust) bis zu den spieltheoretischen Mustern der Mythologie spannt sich der Bogen dieser populärwissenschaftlichen Einführung in die poetische Mathematik.

Alfred Schreiber (Hg.)

Lob des Fünfecks

Books on demand GmbH,
Norderstedt 2008, 144 S., 2 12,90

Eine Anthologie von 77 Gedichten mit beziehungsreichen Anspielungen auf Mathematik. Unter den Autoren finden sich illustre Namen wie John Donne, Sully Prudhomme, Federico García Lorca und Jorge Luis Borges. Weit davon entfernt, sich in fachliche Details zu verirren, sind die Texte einem allgemeinen, an Literatur interessierten Publikum zugänglich. Dichtung und Mathematik: Zwei, die scheinbar gegensätzlich sind und sich selten begegnen.

Mathematik + Kunst & Musik

Albrecht Beutelspacher/Markus Wagner
Wie man durch eine Postkarte steigt ... und andere spannende mathematische Experimente

Herder Verlag, Freiburg 2008, 160 S., 2 14,90

Das ist ein wirklich erstaunliches Buch: Nicht mit dem Taschenrechner und dem Kugelschreiber, sondern mit Schere, Kleber und Papier werden zahlreiche fundamentale Erkenntnisse der Mathematik vermittelt – Mathe zum Basteln, fast ohne Zahlen! Was man alleine durch das Falten eines gewöhnlichen Blattes Papier an geometrischen Grundregeln verstehen kann, ist schon verblüffend, doch es geht noch viel weiter: etwa zum „Quadreieck“, zu den „Gleichdicks“ oder zum „Pop-up-Dodekaeder“. Toll für Schülerinnen und Schüler ab 14 Jahren!

Elke Blauert/Karin Rhein (Hg.)

Ausstellungskatalog „Maß, Zahl und Gewicht“

Sandstein Verlag, Dresden 2008, 132 S., 2 29,90

Die Mathematik ist seit Jahrtausenden nicht nur eine bedeutende Inspirationsquelle für die Architektur, sondern auch deren Grundlage. Maß, Zahl und Gewicht bestimmen das baukünstlerische Schaffen von der Idee über den Entwurf und die Planung bis hin zur Ausführung. Die Aus-

stellung wirft erstmals einen „mathematischen Blick“ auf Meisterwerke der Sammlung der Kunstbibliothek und bislang noch nie gezeigte Bestände.

Wolfgang Drechsler (Hg.)

Ausstellungskatalog „Genau und anders“

Verlag für Moderne Kunst, Nürnberg 2008,
160 S., 2 29,-

Mathematik ist allgegenwärtig: Der Ausstellungskatalog „Genau und anders“ analysiert und kommentiert die Verknüpfungen der Kunst mit einer von Zahlen, Berechnungen, Statistiken und geometrischen Konstruktionen bestimmten Wirklichkeit. Anhand von 120 künstlerischen Positionen wird demonstriert, wie mathematische Fragestellungen die Avantgarde des 20. Jahrhunderts beeinflusst haben.

Dietrich Paul

**Pisa, Bach, Pythagoras
(mit Audio-CD)**

Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden 2008,
212 S., 2 24,90

Dr. Dietrich Paul, Mathematiker, Musiker und Kabarettist, greift ein wirkliches Problem unserer Zeit auf und geht die Ursachen da an, wo es wirklich weh tut: bei unserer Neigung, neueste Technik gerne zu

benutzen, aber die Naturwissenschaften in Schule und Öffentlichkeit möglichst an den Rand zu drängen. Dieses höchst überraschende und vergnügliche Kabarett mit musikalischen Kostproben ist gleichzeitig eine amüsante Werbung für die verblüffenden Freuden mathematischen Denkens und für die verblüffenden Schönheiten gediegener klassischer Musik.

Mathematik + Sport

Matthias Ludwig

Mathematik + Sport – Olympische Disziplinen im mathematischen Blick

Vieweg+Teubner Verlag,
Wiesbaden 2008, 165 S., 2 22,90

Dieses Buch verbindet auf besondere Weise zwei Ereignisse im Jahr 2008: Das Jahr der Mathematik und die Olympischen Spiele in Peking! Mit Fragen wie „Warum laufen Frauen schneller als Männer?“, „Warum ist das Elfmeterschiessen beim Fußball reine Nervensache?“ oder „Gibt es den perfekten Wurf beim Basketball?“ wird auf spannende Art gezeigt, dass Mathe eine Menge mit Sport zu tun hat und dass mathematisches Wissen für einen erfolgreichen Sportler/Trainer unentbehrlich ist! Sportliche Lektüre für Schüler und Schülerinnen ab 16 Jahren.

Metin Tolan/Joachim Stolze

Geschüttelt, nicht gerührt – James Bond und die Physik

Piper Verlag, München 2008,
240 S., 2 16,90

Noch nie war die Vermittlung physikalischen Wissens aufregender! Seit 13 Jahren geht Professor Tolan den technischen Spielereien aus den Bond-Klassikern auf den Grund und fühlt den Kompetenzen des Supertüftlers Q auf den Zahn: Ist es wirklich möglich mit einem Raketenrucksack durch die Luft fliegen? Dass sich 007 bei seinen atemberaubenden Stunts nie den Hals bricht, ist nämlich nicht Glück, sondern angewandte Physik. Die Autoren berechnen Geschwindigkeiten von Verfolgungsjagden und Flugkurven rasender Autos und beantworten schließlich auch die Frage: Warum muss der Wodka-Martini geschüttelt sein und nicht gerührt?

John Wesson

Fußball – Wissenschaft mit Kick

Spektrum Akademischer Verlag,
Heidelberg 2006, 232 S., 2 15,-

Was hat Fußball mit Mathe zu tun? Viel! Welche Winkelabweichung hat eine „Bananenflanke“? Wie viel Reaktionszeit hat der Torwart beim Elfmeter? Wie hoch ist die Torerfolgswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Entfernung des

Schützen zum Tor? Der Autor wendet die Gesetze der Physik und Mathematik auf den Fußball an und beantwortet die genannten und viele weitere Fragen ganz seriös, mit unterhaltsamen, hochinteressanten, zum Teil verblüffenden Ergebnissen. Sportlich-mathematischer Hochgenuss!

Mathematik + Kommunikation

Albrecht Beutelspacher

**Christian und die Zahlenkünstler
Ein Mathe-Krimi**

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2008, 224 S., 2 7,95

Eigentlich ist Christian ein Mathemuffel, doch als seine coole Patentante Ursula ihn in den Ferien zu einer mathematischen Schülerakademie nach Italien einlädt, sagt er nicht nein. Dort geht es um Codes und ihre Entschlüsselung, und während Christian sich zunehmend für die Welt der Zahlen begeistert, wird er in ein echtes Abenteuer um ein geheimnisvolles Manuskript verwickelt. Ein tolles Buch für 12- bis 14-Jährige, die Spaß an Mathe haben – oder bekommen möchten!

**Hans-Hermann Dubben/
Hans-Peter Beck-Bornholdt**
**Mit an Wahrscheinlichkeit
grenzender Sicherheit
Logisches Denken und Zufall**

Rowohlt Taschenbuch Verlag,
Reinbek 2006, 219 S., 2 8,90

Wie selbstverständlich wir große Wahrscheinlichkeit mit Sicherheit gleichsetzen, zeigt sich in zahllosen Alltagssituationen, bis hin zum Vaterschaftstest oder Indizienprozess. Dass angeblich sichere Wahrscheinlichkeitsaussagen aber voller Fallstricke stecken und man mit ihnen locker auch das Gegenteil „beweisen“ kann, führt dieses Buch anhand ebenso vertrackter wie vergnüglicher Beispiele vor.

Walter Krämer

So lügt man mit Statistik

Piper Taschenbuch Verlag,
München 2008, 206 S., 2 7,95

Kaum etwas klingt für uns so glaubwürdig wie eine Aussage, die auf einer Statistik basiert, im Idealfall noch schön verbildlicht durch ein buntes Tortendiagramm. Doch es gibt gigantische Möglichkeiten, durch Statistiken Unwahrheiten zu suggerieren: etwa durch Prozentangaben von absoluten Zahlen ablenken oder eine Kurve durch unzulässige Skalierung verfälschen. Hochgradig unterhaltsames und leicht lesbares Buch, das zeigt, was man mit der angeblich unbestechlichen Mathematik alles anstellen kann.

Guillermo Martinez

Die Pythagoras-Morde

Heyne Taschenbuch Verlag,
München 2007, 206 S., 2 7,95

In Oxford geschieht eine Reihe von Morden, die einem logischen Muster zu folgen scheinen und alle in irgendeiner Form mit dem Mathematikprofessor Arthur Seldom zusammenhängen. Gemeinsam mit einem argentinischen Studenten, dem Ich-Erzähler, macht sich Seldom auf die Spur des Mörders, wobei die Tätersuche zunehmend die Form eines theoretisch-mathematischen Rätsels annimmt. Ausgeklügelter mathematisch-philosophischer Krimi über die Tiefen der Logik.

Simon Singh

Codes

Die Kunst der Verschlüsselung

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2007, 300 S., 2 9,-

Die Kryptographie, die Wissenschaft von der Ver- und Entschlüsselung von Botschaften, ist weniger ein Fachgebiet von Detektiven als von Mathematikern: Seit den ersten Geheimschriften bemühen sich Tüftler eifrig, Informationen unentschlüsselbar zu übermitteln – und die Gegenseite arbeitet genauso fieberhaft daran, diese Botschaften zu enträtseln. Fantastisches Jugendsachbuch (ab 13 Jahren) über Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Verschlüsselung und der Suche nach dem unknackbaren Code.

Mathematik im Alltag/ Mathe praktisch

Martin Aigner/Erhard Behrends (Hg.)

Alles Mathematik

Von Pythagoras bis zum CD- Player

Vieweg+Teubner Verlag,

Wiesbaden 2008, 380 Seiten. 2 29,90

Mathematik als Teil der Kultur: Der Band dokumentiert eine Auswahl von Vorträgen aus der Berliner Urania von renommierten Referenten, die mit den gängigen Vorurteilen „Mathematik ist zu schwer, zu trocken, zu abstrakt, zu abgehoben“ aufräumen. Das Buch stellt in umfassender Weise die Bedeutung der Mathematik in Technik, Kunst, Philosophie und im Alltagsleben dar. Denn Mathematik ist überall in den Anwendungen gefragt, weil sie oft das einzige Mittel ist, praktische Probleme zu analysieren und zu verstehen.

Ehrhard Behrends

Fünf Minuten Mathematik

100 Beiträge der Mathematik-Kolumne der Zeitung DIE WELT

Vieweg+Teubner Verlag,

Wiesbaden 2008, 254 S., 2 22,90

Mathe steckt überall: In seiner Kolumne in DIE WELT, deren erste 100 Beiträge hier versammelt sind, wirft der Autor faszinierende Schlaglichter auf höchst unterschiedliche Probleme, Rätsel, Phänomene und Forschungsgebiete der Mathematik.

Ein hervorragendes Buch für zwischen- durch sowohl für Mathefans, die sich an der Schönheit und Vielfalt der Mathematik erfreuen, als auch für Mathemuffel, die anhand dieser kleinen, bestens verständlichen Häppchen leicht die Angst vor der Mathematik ablegen können.

**Ehrhard Behrends/Peter Gritzmann/
Günter M. Ziegler (Hg.)**

Pi und Co: Kaleidoskop der Mathematik

Springer Verlag, Berlin 2008, 387 S., 2 24,95

Mathematik ist eine äußerst vielseitige, lebendige Wissenschaft. Von ihren großen Themen wie Zahlen, Unendlichkeiten, Dimensionen und Wahrscheinlichkeiten spannen die Autoren einen Bogen bis hin zu aktuellen Anwendungen in der Logistik, der Finanzwelt, der Kryptographie, der Medizin und anderen Gebieten. Breit gefächert wie die Mathematik ist auch das Spektrum der Beiträge. Das Buch ist also eine Einladung an jeden, seinen eigenen Zugang zu dieser spannenden und abenteuerreichen Wissenschaft zu finden.

Albrecht Beutelspacher

Pasta all'infinito

Meine italienische Reise in die Mathematik

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2006, 268 S., 2 10,-

Als junger Dozent macht sich Albrecht Beutelspacher nach Italien auf, um im Rahmen eines 6-wöchigen Forschungs-

projekts mit zwei italienischen Kollegen einen mathematischen Satz zu beweisen. Es geht um die Unendlichkeit – und während seines ereignisreichen Aufenthalts stellt der Wissenschaftler erstaunt fest, dass alles Mathematik ist, selbst ein Teller Spaghetti Bolognese. Unterhaltsame und originelle Mischung aus Reisebericht und locker-populärer Einführung in das rätselhafte Thema der Unendlichkeit.

Christoph Drösser

Wie groß ist unendlich?

Knobelgeschichten und Denkspiele aus dem Zahlenuniversum

Rowohlt Taschenbuch Verlag,
Reinbek 2007, 133 S., 2 6,95

Kaum zu glauben, aber dieses eigentlich an 10- bis 13-Jährige gerichtete Buch vermag auch Leute von 14 bis unendlich in seinen Bann zu ziehen und mit verblüffenden Zusammenhängen zu überraschen: Aufgehängt an den Gesprächen, Überlegungen und Experimenten der Geschwister Laura, 13, und Tom, 11, verhilft es zu so manchem mathematischen Aha-Erlebnis. Herrliches Buch für kleine Matheprofis wie auch für größere Mathe-muffel!

Hans Magnus Enzensberger

Der Zahlenteufel

Ein Kopfkissenbuch für alle, die Angst vor der Mathematik haben

Deutscher Taschenbuch Verlag,
München 2007, 263 S., 2 11,95

Robert, nicht gerade ein Freund des Rechnens, hat seine Träume satt. Doch jede Nacht erscheint ihm der quirlige Zahlenteufel, der ihm mit den schrägsten Ideen den Zauber des Rechnens nahe bringt. In zwölf Träumen entführt das Teufelchen den staunenden Robert in die Welt der Mathematik und zeigt ihm, dass das Jonglieren mit Zahlen total spannend sein kann. Herrlich fantasievolle, großartig gestaltete Reise in die Untiefen des Rechnens (für Schülerinnen und Schüler ab 10 Jahren, aber auch für ältere ein Vergnügen).

Werner Tiki Küstenmacher/Heinz

Partoll/Irmgard Wagner

Mathe macchiato

Cartoon-Mathematikkurs für Schüler und Studenten

Pearson Studium Verlag,
München 2007, 208 S., 2 14,95

Mathe muss in Cartoonform nicht zwingend leichter werden – aber sie kann! Dieses Erfolgsbuch erklärt das Basiswissen der Schulmathematik in einfachen Worten, illustriert durch eine Fülle witziger und vor allem das Verständnis wirklich erleichternder Cartoons. Von „Punkt vor

Strich“ bis zu Winkelfunktionen und Differenzialrechnung: toller Crashkurs für Schüler der Mittel- und Oberstufe (ab 13 Jahren).

John Mason/Leone Burton/Kaye Stacey
Mathematisch denken
Mathe ist keine Hexerei

Oldenbourg Verlag, München 2008,
211 S., 2 24,80

Das ist mal ein Mathebuch der anderen Art: Hier werden nicht Kenntnisse in Arithmetik, Geometrie oder Stochastik eingebläut, sondern es wird allgemein mathematisches Denken vermittelt: Wie löse ich – ganz grundsätzlich – mathematische Aufgaben, wie muss ich dabei denken? Anhand unterschiedlich komplexer Aufgaben – teils gewöhnliche Schulmathematik, teils Denksport-Knobeleyen – wird die prinzipielle Herangehensweise aufgezeigt und eingeübt. Höchst effektives Herantast-Buch für Matheangsthasen ab 16 Jahren!

**Monika Noack/Robert Geretschläger/
Hansjürg Stocker (Hg.)**

Mathe mit dem Känguru
Die schönsten Aufgaben 1995 bis 2005

Hanser Verlag, München 2007, 202 S., 2 14,90

Seit 1995 können sich mathebegeisterte Schüler der Klassen 3 bis 13 in dem europäischen Wettbewerb „Känguru der Mathematik“ mit drei Millionen Mitknoblern messen. Die interessantesten Aufga-

ben der Jahre 1995 bis 2005 sind hier zusammengestellt. Man muss etwas wühlen, da die Aufgaben nicht nach Altersgruppen sortiert sind, sondern durcheinander gewürfelt dastehen, aber vielleicht wagt sich der eine oder andere ja gerade dadurch auch mal an eine Aufgabe der nächst höheren Schwierigkeitsstufe.

Annelies Paulitsch
Wie die Zahlen Mathematik machen

Aulis Verlag Deubner,
Köln 2006, 190 S., 2 17,50

Alles, was Schüler der Sekundarstufe 1 über die natürlichen Zahlen wissen sollten, wird in diesem Buch in locker erzählender Weise gut verständlich aufbereitet: Erzählerischer Rahmen ist das Mathe-matikland, in dem die Zahlen selbst die Protagonisten sind und sich gegenseitig ihre Wechselwirkungen zu erklären versuchen, in dem sie also quasi Schritt für Schritt die Mathematik „erfinden“. Diese Rahmenhandlung wirkt stellenweise etwas bemüht, die Grundlagen der Arithmetik werden aber gut verstehbar vermittelt. Geeignet für 11- bis 15-Jährige!

Thomas Rießinger
Wetten, dass Sie Mathe können
Zahlenakrobatik für den Alltag

Verlag C. H. Beck,
München 2007, 192 S., 2 9,95

Dieses vergnügliche, flüssig lesbare und auch für den Laien gut verständliche Buch

zeigt, wo überall in unserem Leben Mathe steckt. Schon das erste Kapitel, das die recht einfache Mathematik hinter zwei – scheinbar hochkomplizierten – Wetten bei „Wetten, dass ...?“ entlarvt, ist sehr spritzig, und nicht minder ergötzlich geht es weiter. Und am Ende jedes Kapitels wundert man sich, dass und wie spielerisch leicht man dem Autor bis zu diesem Punkt, der irgendwie doch wie hohe Mathematik wirkt, folgen konnte.

Carol Vorderman
Spannende Welt der Mathematik
Über 100 verblüffende Experimente, Spiele und Tricks

Dorling Kindersley Verlag,
München 2008, 192 S., 2 12,90

Hinter wie vielen Dingen in unserem Leben Mathematik steckt, vermittelt dieses Buch so plastisch, wie man es sich nur wünschen kann: Aufgeteilt in die Kapitel Zahlen, Proportionen, Algebra, Statistik, Messen, Geometrie und Denken bietet es Unmengen an Experimenten und Spielereien, mit denen man die praktische Anwendung mathematischer Gesetze im Alltag erlernen kann. Geeignet ab 11 Jahren, doch auch ältere Schüler werden noch eine Menge Neues entdecken können.

Besonderes

Der Mathekoffer – Mathematik entdecken mit Materialien und Ideen (Ein Projekt im Jahr der Mathematik)

Erhard Friedrich Verlag, Seelze/Velber 2008,
Ernst Klett Verlag, Stuttgart 2008
4 Themenboxen und 2 Aufgabenkarteien inkl. Lehrerkommentaren und zahlreichen Materialien, Maße: ca. 50 x 35 x 17 cm, 2 148,-

Entdecken Sie gemeinsam mit Ihren Schülerinnen und Schülern den experimentellen Zugang zur Mathematik! Der Mathekoffer beinhaltet eine umfangreiche Sammlung an Materialien und Ideen für die Klassen 5 - 10. Der Mathekoffer ist ein Projekt im Jahr der Mathematik, ermöglicht durch die Deutsche Telekom Stiftung, mit Unterstützung von BMBF und MNU.

Weitere Literaturtipps rund um das Thema Mathematik gibt es unter folgendem Link:

http://bildungsstandards.bildung-rp.de/uploads/media/Mathematische_Leseliste24_29.02.08.pdf

Weiterführende Links

Eine Linksammlung zu jedem Kapitel finden Sie unter
www.StiftungLesen.de/mathematik

Veranstaltungen und Angebote im Jahr der Mathematik (Auswahl)

• Mathematik zum Anfassen

Was ist die „neue Tür zur Mathematik“? Mathematik zum Anfassen wählt nicht den Weg über die mathematische Sprache – die ja für die meisten Menschen ein Horror ist – auch nicht den Weg über Computersimulationen, sondern stellt den Besuchern interaktive Exponate zur Verfügung. Ausstellungsorte, Termine und weitere Informationen:
www.mathematikum-unterwegs.de

• MathFilm Festival 2008

Das Festival möchte ein möglichst breites wissenschaftlich interessiertes Publikum und insbesondere auch Schüler ansprechen. Eine repräsentative Auswahl an Filmen wird im Jahr der Mathematik 2008 in verschiedenen Städten in Deutschland gezeigt. Veranstaltungsorte, Termine und weitere Informationen:
www.mathfilm2008.de

• Ausstellung Jüdische Mathematiker in der deutschsprachigen akademischen Kultur

Die Wanderausstellung führt auch über das Jahr 2008 hinaus die Tätigkeit jüdischer Mathematiker von der rechtlichen und politischen Gleichstellung jüdischer Bürger im 19. Jahrhundert bis zur Verfolgung und Vertreibung im nationalsozialistischen Deutschland vor Augen. Veranstaltungsorte und -termine:
 Universitätsbibliothek Erlangen: 14.09. – 02.10.2008
 Wissenschaftszentrum Bonn: 07.10. – 24.10.2008
 Foyer der Universitätsbibliothek Magdeburg: 29.10. – 15.11.2008
 Deutsches Museum München: 20.11.2008 – 30.01.2009
 Weitere Termine und Informationen:
www.juedische-mathematiker.de

• Wanderausstellung IMAGINARY

Im Rahmen der interaktiven Ausstellung des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach für das Jahr der Mathematik werden unter anderem Visualisierungen, interaktive Installationen, virtuelle Welten sowie 3D-Objekte und ihre theoretischen Hintergründe präsentiert. Ausstellungsorte, Termine und weitere Informationen:
www.imaginary2008.de

• „Mit mathematischem Blick“

München steckt voller Mathematik: In Museen, Gärten, Märkten, Sternwarten, ..., und auch im Rathaus und im Olympia-Stadion findet man Mathematik. Überrascht? In den Workshops für Kinder und Jugendliche gibt es also viel Neues zu entdecken und auszuprobieren. Weitere Informationen:
www.mathe-in-muenchen.de/fileadmin/Mathe-in-Muenchen/content/MMB_Broschuere.pdf

• ab 05.09.2008, Dresden: Erlebnisland Mathematik

Viele spannende Ausstellungsobjekte, die Mathematik spielerisch zum Erlebnis machen sollen, warten auf die Besucher. Weitere Informationen:
www.tsd.de/ermath/ermath_start.html

• 13.09. 2008 – 12.02.2009, Fulda: Ausstellung „12 sind Kult“

Die Mitmach-Ausstellung für Familien macht sinnlich erlebbar, welche Spuren die Ziffern 1 – 12 kulturgeschichtlich in unserem Alltag hinterlassen haben. Dabei bieten Flächen, Körper und Muster vielfältige Möglichkeiten für Spiel, Aktion, Forschung und Experiment. Weitere Informationen:
www.12sindkult.de

- **14.10.2008 - 02.11.2008, Bonn: Rahmenprogramm zur Schach-WM**

Die Bundeskunsthalle möchte die seit 74 Jahren wieder in Deutschland stattfindende Schachweltmeisterschaft zum Anlass nehmen, die Verbindungen und mannigfachen Überschneidungen von Kunst – Spiel – Kultur – Wissenschaft – Philosophie zu beleuchten, zu reflektieren und im besten Falle auch unterhaltsam auf die Bühne zu bringen. Weitere Informationen:

www.bundeskunsthalle.de

- **18.10.2008, Bremen: Ach du grüne Neune!**

Ein Stadtrundgang über Mathematik und (Alltags-)Kultur. Weitere Informationen:

www.wissenschaftsjahre-bremen.de

- **18.10. - 21.10.2008, München: Münchner Wissenschaftstage**

Die Münchner Wissenschaftstage sind ein Forum, auf dem wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Innovationen für die interessierte Bevölkerung und insbesondere für junge Menschen verständlich dargestellt und kritisch hinterfragt werden. Weitere Informationen:

www.muenchner-wissenschaftstage.de

- **30.10.2008, Magdeburg: Vortragsreihe „Der mathematische Blick“**

Mathematik in Hollywood! Weitere Informationen:

<http://fma2.math.uni-magdeburg.de/~henk/mathejahr%202008/index.html>

- **02.11. - 06.11.2008, Nürnberg: Kopfrechenweltmeisterschaft für Schülerinnen und Schüler**

Die Kopfrechenweltmeisterschaft für Schülerinnen und Schüler wird im Herbst 2008 von Kopfrechenweltmeister Dr. Dr. Gert Mittring und der Mathematikerin Caroline Merkel in Nürnberg durchgeführt. Weitere Informationen:

www.i-do-maths.de

- **6.11.2008 bis 2.08.2009, Berlin: Ausstellung „mathema“**

Ist Mathematik die Sprache der Natur oder eine Erfindung des Menschen? An interaktiven Mitmach-Stationen können die Besucherinnen und Besucher mathematische Phänomene selbst entdecken. Historische Ausstellungsstücke machen die Entwicklung der Mathematik nachvollziehbar und Filme und Medienstationen helfen, mathematische Zusammenhänge spielend einfach zu verstehen. Weitere Informationen:

www.mathema-ausstellung.de

- **10.11. - 14.11.2008, Aachen: Aachener Wissenschaftsherbst**

Das Thema Mathematik bildet den roten Faden des Wissenschaftsherbstes 2008. Die konkreten Anwendungsfelder der Mathematik im gewerblich-technischen, im akademischen und unternehmerischen Bereich werden exemplarisch anhand altersgerechter Formate dargestellt. Weitere Informationen:

www.aachener-wissenschaftsherbst.de

- **19.11. - 23.11.2008, Rostock: Höhenrausch Festival**

Festival mit Theaterinszenierungen, Performances, Lesungen und Konzerten, die inhaltlich oder formal einen Bezug zur Mathematik haben. Weitere Informationen:

www.hoehenrausch-festival.de

- **01.12. - 31.12.2008, Berlin: Digitaler Adventskalender**

Adventskalender im Internet mit Mathematikaufgaben. Weitere Informationen:

www.mathekalender.de

Weitere Veranstaltungshinweise sowie nähere Informationen:

www.jahr-der-mathematik.de

Herausgeber

Stiftung Lesen
Römerwall 40, D – 55131 Mainz
Tel.: 06131/288 90-0,
Fax: 06131/288 90-37
www.StiftungLesen.de
www.ideenforumschule.de

Verantwortlich
Heinrich Kreibich

Programme und Projekte
Gaby Hohm, Sabine Uehlein

Redaktion
Sarah Bodtländer, Karen Ihm,
Petra Petzhold

Gestaltung
Andrea Adler & Alice Hubert,
hauptsache: design, Mainz

Druck
Druckzentrum Lang, Mainz

Auflage
67.000 Exemplare

Redaktionsschluss
August 2008

Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten.
Die Broschüre darf für Unterrichtszwecke
kopiert werden.

© Stiftung Lesen, Mainz 2008

Fachautorinnen und -autoren

Gerd Blase, Journalist, Mainz,
S. 6-9

Prof. Dr. Moritz Epple,
Historisches Seminar der
Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Frankfurt am Main,
S. 4-5

Tina Heidborn, Journalistin, Berlin,
S. 14-17, S. 26-29

Dr. Eva-Maria Kabisch, Präsidentin der Stiftung
Jugend und Bildung, Berlin,
S. 10-13

Martin Kaluza, Journalist und Musiker, Berlin,
S. 18-21

Andreas Loos, Wissenschaftsjournalist, Berlin,
S. 14-17, 26-29

Prof. Dr. Matthias Ludwig,
Mathematik und ihre Didaktik,
Pädagogische Hochschule Weingarten,
S. 22-25

Karlheinz Schaedler, pädagogisch-wissen-
schaftlicher Referent für Lehrerfortbildung
in Mathematik, Landesinstitut IFB, Speyer,
S. 10-13

Kristina Vaillant, Journalistin, Berlin,
S. 18-21

Buchauswahl und -besprechungen

Christoph Nettersheim, freier Lektor
und Redakteur, Nürnberg



Bildnachweise

Cover, U2, S. 3, S. 18, S. 22, S. 26, U3: alle Kampagnenmotive © Jahr der Mathematik
S. 4: Wasserpypamide © Mathematikum e. V., Gießen
S. 6: Emmy Noether, Quelle: Photo Collection des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach
S. 7: Felix Hausdorff, Quelle: Universitätsbibliothek Bonn, Nachlass Hausdorff
S. 8: Otto Blumenthal, Quelle: The George Pólya Picture Album, S. 47
S. 9: Max Dehn, Quelle: The Mathematical Intelligencer Bd. 1, Nr. 4, 1979, S. 225
S. 10: Junge Leserin © Andrea Steinbrecher/Stiftung Lesen
S. 11: Enzensberger Stern © Herwig Hauser, Wien
S. 13: Magisches Quadrat, Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Melencolia_I
S. 14: Sprayer © Fotolia (Bodo Steckel), Scheinkuppel © Fotolia (Davide Daverio)
S. 15: Selbstbildnis im Pelzrock © bpk/Bayerische Staatsgemäldesammlung,
„Fibonacci-Reihe“: Fotograf Werner Hannappel (Essen), © Zentrum für Internationale Lichtkunst e. V., Unna
S. 16: Möbiusband, Quelle: „Die Welten des M.C. Escher“, Manfred Pawlek Verlagsgesellschaft MBH,
Herrsching, 1971, dritte Auflage, Seite 260
S. 17: Mandelbrot-Mengen © Dr. Wolfgang Beyer, Gräfelfing,
Ausstellung © Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach
S. 19: Keplers Kristallkombination © bpk/Dietmar Katz
S. 20: Musiktheorie des Pythagoras © bpk/SBB
S. 21: Mozarts Würfelmusik,
Quelle: http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/~nchrist/MAMUSI/4Zufall_und_musik.htm
S. 22: Sportbälle © Prof. Dr. Matthias Ludwig, Weingarten
S. 23: Spielfeld © Prof. Dr. Matthias Ludwig, Weingarten
S. 24: Laufbahn © Fotolia (Jörg Engelbrecht)
S. 25: Bahnen © Prof. Dr. Matthias Ludwig, Weingarten
S. 27: Mediennutzer © Corbis
S. 28: Tsunami-Frühwarnsystem, © Deutsches GeoForschungsZentrum
S. 29: Enigma © bpk/Hanns Hubmann, Irisscanner © Fotolia (tlorna)



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

GEFÖRDERT VON DER

Deutsche Telekom Stiftung

