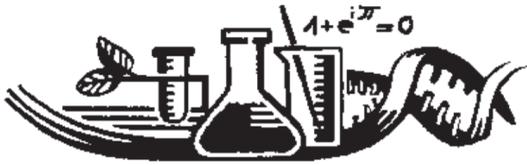


## WISSENSCHAFT KOMPAKT



## Warten auf die Sternexplosion

**Greenbelt** – Astronomen in aller Welt richten derzeit ihre Teleskope auf eine 440 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie im Sternbild Widder. Dort, in unserer kosmischen Nachbarschaft, so vermuten die Himmelforscher, könnte in wenigen Tagen ein Stern als „Supernova“ explodieren. Am 18. Februar hatte der US-Satellit „Swift“ einen ungewöhnlichen Ausbruch hochenergetischer Gammastrahlung in dem fernen Sternsystem beobachtet. Die Astronomen sehen darin ein Zeichen für eine bevorstehende Sternexplosion. Als „völlig neuartig, völlig unerwartet“, bezeichnet Neil Gehrels, wissenschaftlicher Leiter der „Swift“-Mission, die Beobachtung des Satel-

iten. Während Gammaausbrüche gewöhnlich nur wenige Sekunden oder gar Sekundenbruchteile andauern, empfing „Swift“ in diesem Fall 33 Minuten lang Gammastrahlung. Die Forscher vermuten nun, daß der Gammaausbruch nur der Vorboten einer größeren Katastrophe ist: der Explosion eines massereichen Sterns am Ende seines Lebens, bei der ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch entsteht. Dafür sprechen auch erste Folgebeobachtungen mit dem Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte ESO in Chile. Schon Anfang nächster Woche könnte der explodierende Stern auch in Amateurfernrohren erkennbar sein. wsa

## BIOLOGIE

## Zwillingsregen für ältere Mütter

Ältere Mütter bekommen eher Zwillinge, weil bei ihnen pro Zyklus mehr Eizellen heranreifen als bei jüngeren. Die Frauen produzieren mehr Follikelstimulierendes Hormon (FSH), das die Eizellreifung auslöst. Das berichten niederländische Forscher im Fachjournal „Human Reproduction“. Die Fruchtbarkeit sinke zwar mit zunehmendem Alter der Frau, weil sich unter anderem die Qualität der Eizellen vermindere, so Cornelius Lambalk von der Universität Amsterdam. Zugleich aber steige der Anteil zweieiiger Zwillinge. Die erhöhte Produktion des Hormons, könne bei Eierstöcken zu einer Übersteuerung führen, so daß die Frau relativ häufig zwei Eisprünge pro Zyklus habe. Das Forscherteam hatte die Eizellentwicklung bei insgesamt 959 natürliche Monatszyklen von 507 Frauen untersucht, die sich künstlich befruchten ließen. Das Team beobachtete einen mehrfachen Eisprung vor allem bei Frauen über 35 Jahre. dpa

## MATERIALEN

## Nanokristalle im Knochenersatz

Experten der Universität Jena haben ein neues Material entwickelt, das als Knochenersatz dienen kann. Es besteht aus einem Kohlenhydrat-Gerüst, in das Nanokristalle aus Kalzium eingewachsen sind, so wie sie auch im natürlichen Knochen existieren. Die menschlichen Knochenzellen fühlen sich auf dem Knochenersatz sehr wohl, sie würden wachsen und gedeihen, sagte der Materialforscher Klaus Jandt. Die Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift „Acta Biomaterialia“ veröffentlicht. Mit dem Material könnten in Zukunft zum Beispiel geschädigte Kiefer- oder Hüftknochen ersetzt werden. Nun suchen die Wissenschaftler einen Industriepartner. AP

## ZOOLOGIE

## Probiotik hilft Hühnern

Hühner beherbergen in ihrem Darm häufig Salmonellen und Campylobacter-Bakterien. Diese Erreger lösen beim Menschen Durchfallerkrankungen aus, wenn sie mit verunreinigten Eiern oder Fleischprodukten aufgenommen werden. US-Forschern ist es gelungen, die Krankheitserreger im Darm der Hühner dadurch zu verdrängen, daß sie den Tieren harmlose probiotische Darmbakterien verabreichten. Diese Maßnahme sei geeignet, die Gefahr einer Salmonellen-

infektion durch Hühnerfleisch oder Eier zu verringern, berichten die Forscher der University of Arkansas in einer Pressemitteilung. Die probiotischen Bakterien beschleunigten außerdem die Gewichtszunahme und verringerten die Produktionskosten für die Geflügelfarm. Die Forscher hatten aus Reinkulturen normaler Darmbakterien eine definierte probiotische Bakterienmischung hergestellt, die die Hühner mit dem Trinkwasser oder über ein Spray aufnehmen. Dadurch sank der Gehalt an Salmonellen und Campylobacter-Bakterien im Darm. wsa

## MEDIZIN

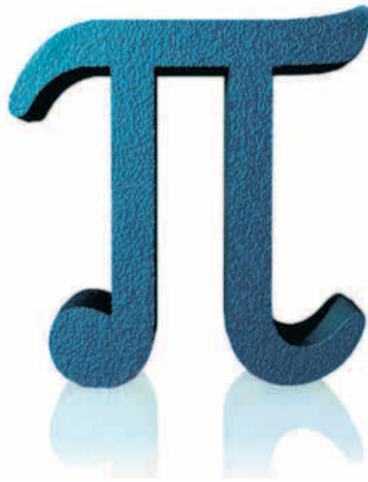
## Riechstörungen bei Frauen

Menschen mit einem hvernmögen können zwischen mindestens 10 000 verschiedenen Gerüchen unterscheiden. Störungen der Geruchswahrnehmung treten am häufigsten nach Erkrankungen der oberen Atemwege auf, berichtet Professor Thomas Hummel, Leiter der Abteilung „Riechen und Schmecken“ an der HNO-Klinik der TU Dresden in der „Deutschen Medizinischen Wochenschrift“. Riechstörungen sind manchmal der erste Hinweis auf Diabetes oder eine Erkrankung der Schilddrüse. Eine besondere Form der Riechstörungen ist die Geruchstäuschung, medizinisch „Parosmie“: Dabei werden früher als normal empfundene Gerüche auf einmal als unangenehm oder störend empfunden. Von dieser Störung sind vor allem Frauen über 50 Jahre betroffen. Is

BOTANIK  
Sprache der Pflanzen

Forscher des Max-Planck-Institutes für chemische Ökologie haben Duftstoffe identifiziert, mit denen eine Pflanze eine andere vor Schädlingen warnt. Das Team aus Jena will nun weitere Untersuchungen starten, um das chemische Vokabular entschlüsseln. Die Zusammensetzung des Duft-Aromas spielt auch eine entscheidende Rolle. In den ersten Experimenten beschäftigten sich die Forscher mit dem Wüstenbeifuß. Wird er von einem Schädling verwundet, setzt er flüchtige Duftstoffe aus, die beim Wilden Tabak eine Abwehrreaktion auslösen. Die Ergebnisse zeigten, daß sich diese „gewarnten“ Tabakpflanzen besonders schnell gegen die Schädlinge wehren konnten im Vergleich zu Artgenossen, die nicht von der Warnung des Wüstenbeifuß profitierten. dpa

# Das Geheimnis der Kreiszahl



Keine andere Zahl ist so faszinierend wie Pi mit ihrer niemals endenden Ziffernfolge. Überall in der Mathematik und Physik spielt sie eine zentrale Rolle

VON EHRHARD BEHREND  
UND NORBERT LOSSAU

Kate Bush läßt mit ihrer aktuellen CD „Aerial“ die Herzen der Mathematiker höher schlagen. In dem Song mit dem schlichten Titel „Pi“ rezipiert sie 120 Ziffern aus der Ziffernfolge der berühmten Kreiszahl 3,141...: „He does love his numbers, and they run him in a circle of infinity. Three, one, four, one, ...“

Nicht nur Kate Bush ist von Pi fasziniert. Ganze Generationen von Mathematikern haben sich schon mit dieser bemerkenswerten Zahl auseinandergesetzt, die in so gut wie allen Teilgebieten der Mathematik eine wichtige Rolle spielt. Aber auch viele Laien können sich der Magie dieser Zahl nicht entziehen. Es gibt Pi-Fanklubs, einen Film namens „Pi“ und ein Pi-Parfüm. Pi-Fans unter Architekten und Schriftstellern haben gar steinerne und literarische Pi-Denkmäler hinterlassen – etwa das Castel del Monte von König Friedrich II., in dessen Proportionen die Zahl Pi verschlüsselt wurde.

Im Grenzbereich zum Skurrilen sind auch die Bemühungen einiger

Bessener anzusiedeln, immer mehr Dezimalstellen von Pi zu berechnen. Zum Beispiel haben die Chudnovski-Brüder von der polytechnischen Universität Brooklyn in New York speziell für diesen Zweck superschnelle Computer konstruiert. Der derzeitige Weltrekord wird jedoch vom japanischen Mathematiker Yasumasa Kanada gehalten. Er hat 1,2 Billionen Stellen von Pi berechnet.

Dabei ist die Definition der Zahl Pi, wie wir sie alle in der Schule kennengelernt haben, wenig spektakulär: Pi ist in einem Kreis das Verhältnis vom Umfang zum Durchmesser. Daran ist eigentlich nur bemerkenswert, daß dieses Verhältnis für wirklich alle Kreise das gleiche ist – ganz egal, ob es sich um einen Ehering oder die Umlaufbahn eines Satelliten handelt. Das erklärt, warum man in der Geometrie an vielen Stellen auf Pi trifft. Wo immer die Fläche oder das Volumen von etwas Kreisrundem – wie etwa einer Kugel oder einem Zylinder – zu berechnen ist, kommt man um Pi nicht herum.

Allerdings kann man sich die ursprüngliche Definition zunutze machen, um Pi wenigstens näherungsweise zu bestimmen. Dazu versucht man, die Kreislinie möglichst genau durch eine Kurve anzunähern, bei der man die Länge exakt ermitteln kann. So wurden schon vor vielen hundert Jahren die ersten Stellen nach dem Komma ermittelt.

Das stagnierte dann allerdings. Erst als die Differential- und Integralrechnung weit genug entwickelt war, durften die Mathematiker hoffen, Genaueres zu erfahren. Der neue Zugang zur Zahl Pi hat etwas mit Schwingungen zu tun – womit wir denn schon wieder bei Kate Bush wären. Eine Schlüsselrolle für Schwingungen spielt die Sinusfunktion. Sie ist eine Funktion, die abwechselnd sanfte Links- und Rechtskurven macht.

In dieser Funktion ist Pi verschlüsselt. Pi ist nämlich die erste positive Nullstelle der Sinus-Funktion. Diese Tatsache hat zwei Konsequenzen. Erstens hat man nun einen Zugang zu Pi, der einem erspart, sich erst lange Gedanken über geometrische Zusammenhänge machen zu müssen. Und zweitens führt sie dazu, daß Pi in so gut wie allen Rechnungen, die mit Schwingungen zu tun haben, enthalten ist. Die Sinusfunktion ist nämlich so etwas wie der universelle Baustein für Schwingungen. Alles, was in dieser Welt schwingt, kann aus Sinusfunktionen zusammengesetzt werden – selbstverständlich auch die Musik von Kate Bush.

Wie verwendet man aber die Sinusfunktion, wenn man Pi berechnen möchte? Das Geheimnis heißt „Reihendarstellung“. Um diesen Begriff zu erläutern, betrachten wir die Summe 0,3 plus 0,03 plus 0,003. Das ist gleich 0,333. Man hätte auch, bei Verwendung von fünf Summanden, die Zahl 0,33333 erhalten können, und wenn man in dieser Weise fortfährt, dann wird sich das Ergebnis immer weniger von der Zahl 0,3333... mit unendlich vielen Ziffern 3 unterscheiden. Das ist exakt gleich ein Drittel, und man sagt deswegen, daß 1/3 die Reihendarstellung 0,3+0,03+0,003+... hat.

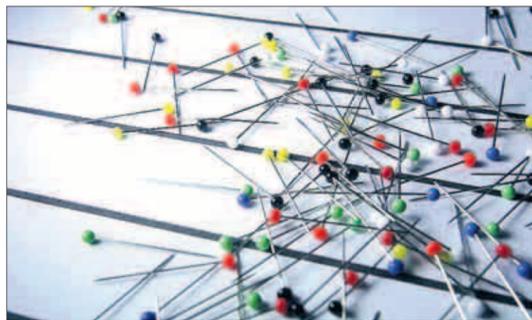
Das ist nicht besonders aufregend, da es ja zu 1/3 nichts Interessantes zu sagen gibt. Man kann aber auch für Pi Reihendarstellungen finden, die sich aus den Eigenschaften der Sinusfunktion ergeben. Das eröffnet die Möglichkeit, durch die Auswertung einer Summe mit bekannten Summanden beliebig genaue Annäherungen zu erhalten. Auf dieser Seite sind einige Beispiele dazu zu finden.

## Der Nadelwurf

Auch in der Wahrscheinlichkeitstheorie spielt die Zahl Pi eine wichtige Rolle. Dies demonstrierte bereits der französische Naturforscher Georges Louis Leclerc Comte de Buffon (1707–1788). Er konnte zeigen, daß man durch simples, zufälliges Werfen von Stecknadeln auf einen Dielenboden die Zahl Pi bestimmen kann.

Das funktioniert so: Eine Nadel mit der Länge L, die auf einen Boden mit Dielenbrettern der Breite L geworfen wird, trifft mit der Wahrscheinlichkeit 2/Pi den Rand eines Dielenbrettes. Besitzt die Nadel die Länge a und ist die Dielenbreite b,

so ist die Wahrscheinlichkeit für eine Randberührung  $2a/b\pi$ . Wirft man sehr viele Nadeln auf den Boden und zählt anschließend aus, ob sie einen Dielenrand berühren, so läßt sich diese Wahrscheinlichkeit experimentell bestimmen und daraus im nächsten Schritt die Zahl Pi berechnen. Man müßte aber ungefähr 900 000 Nadeln werfen, um die Zahl Pi mit einer Genauigkeit von einem Tausendstel zu bestimmen. Das ist sicherlich keine praktikable Methode zur Ermittlung von Pi, doch das Buffonsche Experiment ist gleichwohl von hohem didaktischen Wert.



Mit einer Handvoll Stecknadeln und einem Muster aus parallelen Linien läßt sich die Zahl Pi experimentell bestimmen. FOTO: CHRISTIAN KIELMANN

## DIE EMPFEHLUNG

**Technik im Alltag:** Ob Fernbedienung, Flachbildschirm oder Mikrowelle – moderne Technik ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Täglich nutzen wir zu Hause, im Büro oder auf Reisen unzählige elektronische Helfer und ahnen dabei meist gar nicht, wie diese Geräte eigentlich funktionieren. Doch es kann wirklich interessant sein, ein bißchen mehr von der High-Tech um uns herum zu verstehen. Dieses Büchlein erklärt die technischen Systeme in unserem Alltag in aller Kürze und ermöglicht damit zumindest ein Grundverständnis. Das Spektrum reicht von der Energiespar-



lampe über eine CD oder DVD bis zum Rauchmelder. Besondere Aspekte und weitergehende Informationen werden in kleinen Kästen mit der Überschrift „Für Besserwisser“ vermittelt. Daher trägt das Buch auch diesen Untertitel. Gegliedert sind die technischen Systeme nach den Bereichen Unterhaltung und Hobby, Haus und Heim, Büro und Kommunikation, Fahrzeuge und Verkehr. Ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken rundet das Werk ab. Nach der Lektüre ist man sicher kein Einstein. Aber ein bißchen mitreden kann man. DW  
Jürgen Brück, Gondrom, München, 160 Seiten, 5,95 Euro

Das Ressort Wissenschaft erreichen Sie unter:

Telefon: 030 25 91 - 7 19 68  
Fax: 030 25 91 - 7 19 67  
E-Mail: wissenschaft@welt.de  
Internet: www.welt.de/wissenschaft

Auf ihrer aktuellen CD „

## Niemals kennt man alle Stellen

Bislang haben die Mathematiker mit Hilfe von Supercomputern 1,2 Billionen Stellen von Pi bekannt. In amerikanischen Zeitungen war sogar von 1,2 Trillionen Stellen die Rede: Das liegt daran, daß man dort große Zahlen anders bezeichnet als bei uns. Wollte man die Dezimalstellen der Zahl Pi auf Papier ausdrucken, sollte man vorher folgende Überschlagsrechnung machen: 80 Zeichen pro Zeile, 50 Zeilen pro Seite, 400 Seiten pro Buch, also 1 200 000 000 000 (80\*50\*400) Das ergibt mithin 750 000 prall gefüllte Bände und entspricht damit dem Bestand einer mittleren Universitätsbibliothek.