



FÜNF MINUTEN PHYSIK

Die Vogelfeder auf dem Mond

Der Apollo-Astronaut David Scott ließ 1971 auf dem Mond einen Hammer und eine Vogelfeder aus gleicher Höhe auf den Boden fallen. Dort kamen sie gleichzeitig an. Das mochte manchen Erdenbürger verblüffen, weil es der Erfahrung widersprach, doch es war genau das, was die Gesetze der Physik vorhergesagt hatten.

Auf der Erde funktioniert dieses einfache Experiment nur deshalb nicht, weil es eine Atmosphäre gibt und der Luftwiderstand für eine Feder deutlich größer ist als für einen Hammer. Der Mond hat aber praktisch keine Atmosphäre, die fallende Gegenstände bremsen könnte. Dort gelten die Fallgesetze in ihrer reinen Form.

Der Mond übt zwar – wie die Erde – auf Objekte mit größerer Masse auch eine entsprechend stärkere Anziehungskraft aus. Weil größere Massen aber träger sind, also mehr Beharrungsvermögen haben, benötigen sie auch eine stärkere Kraft, um genauso wie Gegenstände mit kleinerer Masse beschleunigt zu werden. Kurzum: Alle Objekte fallen im Schwerfeld eines Himmelskörpers mit der gleichen Beschleunigung.

Im Falle der Erde wird sie Erdbeschleunigung genannt und mit dem Buchstaben *g* abgekürzt. Oft werden Beschleunigungen, etwa die Kampfbomberpiloten in ihrem Jet oder Astronauten bei einem Raketenstart erfahren, in Vielfachem dieses Wertes *g* angegeben.

Schwerelosigkeit bedeutet indes, dass keinerlei Beschleunigung wirkt, also $g = 0$ ist. Warum aber schweben eigentlich die Astronauten an Bord der „Internationalen Raumstation“ schwerelos? Sie befinden sich ja nur wenige Hundert Kilometer über der Erde und müssten dort doch eigentlich die Anziehungskraft des Heimatplaneten spüren? Die Antwort ist nicht so einfach. Die Astronauten sind nämlich schwerelos, weil sie sich im freien Fall befinden. Sie spüren zwar die Erdanziehungskraft, doch genau diese zwingt sie, um die Erde herum zu fallen, wodurch sie erst schwerelos werden.

Auch bei Scott waren Hammer und Feder während ihres freien, von keiner Atmosphäre gebremsten Falls schwerelos. Hätte man sie jeweils auf eine Waage gelegt und gemeinsam mit diesen fallen lassen, so hätten die Waagen im Fall den Wert „null“ angezeigt. Doch dieses schöne Schauexperiment hat der Astronaut leider nicht durchgeführt. *Norbert Lossau*

PODCAST

Schon gewusst, dass Röntgenstrahlen einen Knick in der Optik haben? Am 8. November 1895 wurde der Mensch durchsichtig: Als Wilhelm Conrad Röntgen mit einer Kathodenstrahlröhre experimentierte, vereinigten sich Genie und Zufall. Erst Helmholtz-Wissenschaftlern ist es gelungen, Röntgenstrahlen in zwei Richtungen zu fokussieren.

Im Internet: welt.de/podcasts

Nach der Veröffentlichung von Craig Venters Erbgut: Bald kann jeder sein Genom für 750 Euro entziffern lassen – Experten warnen vor unseriösen Tests

VON PIA HEINEMANN

Berlin – Craig Venter sorgt für Schlagzeilen. Diesmal verkündet er im Fachblatt „PLoS Biology“, dass der Mensch mit seinen Mitmenschen genetisch wesentlich weniger eng verwandt ist als bisher gedacht. Es geht dabei um immerhin 0,9 Prozentpunkte. „Statt zu 99,9 Prozent sind wir vielleicht nur zu 99 Prozent identisch“, schreibt Venter. Die Variation zwischen zwei Menschen sei damit fünf Mal höher als bisher gedacht, so das Ergebnis eines Vergleichs zwischen dem Erbgut von Craig Venter und dem seiner Eltern durch ein Team aus internationalen Forschern.

Wissenschaftler haben in den vergangenen Jahren immer wieder daran gezweifelt, dass die Erbsubstanz bei allen Menschen zu 99,9 Prozent identisch ist. „Jetzt ist bewiesen, dass es nicht der Fall ist“, erklärt Craig Venter. Ein besseres

Verständnis der DNA-Abweichungen bei Menschen könnte dabei helfen, die genetischen Grundlagen von Krankheiten zu verstehen, so Richard Gibbs vom Baylor College of Medicine in Houston. Gibbs war nicht an der Studie beteiligt.

Die genetische Karte von Craig Venter war zuvor schon im Internet in wissenschaftlichen Foren veröffentlicht worden. Auch die Genkarte von James Watson, einem der beiden Entdecker der molekularen Struktur der Erbsubstanz, ist seit einem Vierteljahr im Internet zugänglich. Watson hat allerdings nicht seine gesamte Erbsubstanz freischalten lassen, so Benno Müller-Hill, ehemaliger Professor für Genetik an der Universität zu Köln. Watson habe, so Müller-Hill, das Gen im Internet schwärzen lassen, welches in einer ganz bestimmten Variante Alzheimer auslösen kann. Was Watson und Venter für Hunderte von Millionen

Dollar schafften, nämlich ihre Erbsubstanz Aminosäure für Aminosäure entschlüsseln zu lassen, wird in den nächsten fünf bis zehn Jahren für fast jedermann möglich sein, sagen Mediziner.

In welchen Fällen Gentests sinnvoll sind, wie ihre Qualität gesichert, wie die Daten über die Erbsubstanz geschützt werden und welche Probleme sich ergeben können, darüber forscht die Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

Insgesamt, so heißt es in ihrem gestern vorgestellten Bericht zum Stand der Gendiagnostik in Deutschland, können derzeit etwa 3500 Krankheiten, die durch das Vorhandensein einer bestimmten Genvariante im Menschen ausgelöst werden, molekulargenetisch



Entziffert: Craig Venter FOTO: AFP

diagnostiziert werden. Dank moderner Forschung und hochauflösender Analysemittel wird die Zahl dieser Krankheiten in Zukunft zunehmen. Die diagnostischen Mittel werden immer besser, und gleichzeitig sinken die Kosten für eine Sequenzierung des Erbgutes. Für 750

Euro könne in zehn Jahren jeder herausfinden, ob er ein auf einem oder wenigen Genen beruhendes Risiko für Krankheiten wie etwa Morbus Huntington in sich trägt. „Bei bestimmten familiären Hintergründen kann das heute schon jeder“, sagt Professor Jörg Schmidtko von der Medizinischen Hochschule Hannover, der am Gentechnologiebericht mitgearbeitet hat. „Von den 3500 bekannten Krankheiten werden bereits 500 bis 1000 mit bestimmten Tests

diagnostiziert.“ Das geschehe in seriösen Fällen immer unter ärztlicher Aufsicht. Anders als in Deutschland billde man im Ausland zudem spezielle Berater aus, die den Patienten und seine Familie über die Folgen eines Gentests aufklären.

Gentests sind nicht immer sinnvoll. Massenscreenings etwa, bei denen ganze Gruppen von Menschen untersucht würden, seien für die Forschung wichtig. „Der Einzelne muss jedoch immer das Setting berücksichtigen“, so Schmidtko. „Wenn es um eine Reproduktionsentscheidung geht, ist es sicherlich sinnvoll.“ Dann nämlich, wenn ein Paar vorher wissen will, ob es eine familiäre Erkrankung an ein Kind vererben könnte.

„Wenn eine Krankheit bereits diagnostiziert worden ist und nun festgestellt werden könnte, ob die Ursache im Erbgut liegt, ist die Entscheidung, ob ein Gentest nötig

ist, schwieriger“, so Schmidtko. In diesem Fall berate aber immerhin der behandelnde Arzt. Wenn bekannt ist, dass in einer Familie eine Erbkrankheit auftritt, und ein gesunder Mensch wisse möchte, ob er ein entsprechendes Gen geerbt hat, sei die Entscheidung sehr schwer. „Dann braucht man professionelle Beratung.“ Experten fordern zudem klare Regeln, wie mit den gewonnenen Daten umgegangen werden soll.

Von privaten Anbietern von Gentests halten die Experten wenig. Meist seien sie unseriös, und es fehle die Beratung durch einen Arzt. Den Trend, über eine Genanalyse feststellen zu lassen, welche Diät die optimale für einen Menschen ist, belächelt Schmidtko. „Dagegen hilft im Grunde nur der gesunde Menschenverstand.“

Venters Gensequenz im Internet: www.plos.org

Warum vier von fünf Frauen Brustkrebs überleben

VON EVA MARIA SIEFERT

Berlin – Jette Joop wirbt in allen Fernsehkanälen. Nicht für ihre Designmode, sondern für die Schutzimpfung gegen Gebärmutterhalskrebs bei 13- bis 17-jährigen Mädchen. „Der Impfstoff schützt die oberflächliche Schleimhaut am Gebärmutterhals gegen eine Infektion mit den krebsregenden Papillomaviren 16 und 18, die allein für über 70 Prozent der Zervixkarzinome verantwortlich sind“, so der Gynäkologe Professor Rolf Kreienberg von der Uniklinik Ulm.

Weltweit ist das Zervixkarzinom der zweithäufigste tödliche Krebs bei Frauen, ungleich besser sieht es in den westlichen Industrienationen aus. Dank den 1971 in Deutschland eingeführten Vorsorgeuntersuchungen wird der Krebs oft früh erkannt, kann in vielen Fällen behandelt und vollständig geheilt werden. Trotzdem erkranken noch immer jedes Jahr 7000 Frauen am Gebärmutterhalskrebs, 1700 sterben daran.

Das soll sich mit der Impfung ändern. Den Humanen Papillomaviren (HPV) als Krebserreger kam vor etwa 30 Jahren der deutsche Virologe Harald zur Hausen auf die Spur. Mehr als zwei Drittel aller sexuell aktiven Frauen haben mindestens einmal in ihrem Leben eine (unbemerkt) Infektion durchgemacht. Normalerweise eliminiert das Immunsystem das Virus. Gelingt es ihm, in der Zelle verborgen zu überleben, kann ein Gebärmutterhalskrebs entstehen. „HPV führt also nur in den wenigsten Fällen zu einer Krebsentstehung, ist aber die zwingende Voraussetzung“, so der Virologe.

Unklar ist noch, ob die Impfung auch bei jungen Frauen sinnvoll ist. Jede Frau sollte sich individuell beraten lassen. Von den Kassen bezahlt wird der Impfschutz derzeit nur für junge Mädchen.

Nicht so spektakulär sind die Fortschritte bei der Diagnose und Behandlung des Brustkrebses, der häufigsten Krebsart bei Frauen. „Die beste Früherkennungsmethode für Frauen über 40 ist die Mammografie“, erklärt der Ulmer Gynäkologe Rolf Kreienberg. „Und sie ist nicht ersetzbar durch eine Ultraschalluntersuchung. Da sieht man feine Kalkablagerungen nicht, die ein indirekter Indikator für den Krebs sind. Ultraschall kann einen Mammografiebefund nur ergänzen.“

In diesem Jahr soll es das flächendeckende Mammografie-Screening für 50 bis 69-jährige Frauen in Deutschland geben. Eine Kritik daran ist die fehlende Beratung vor der Mammografie und bei auffälligem Befund. „Die Idee ist gut, bei der Umsetzung hapert es“, so Kreienberg.

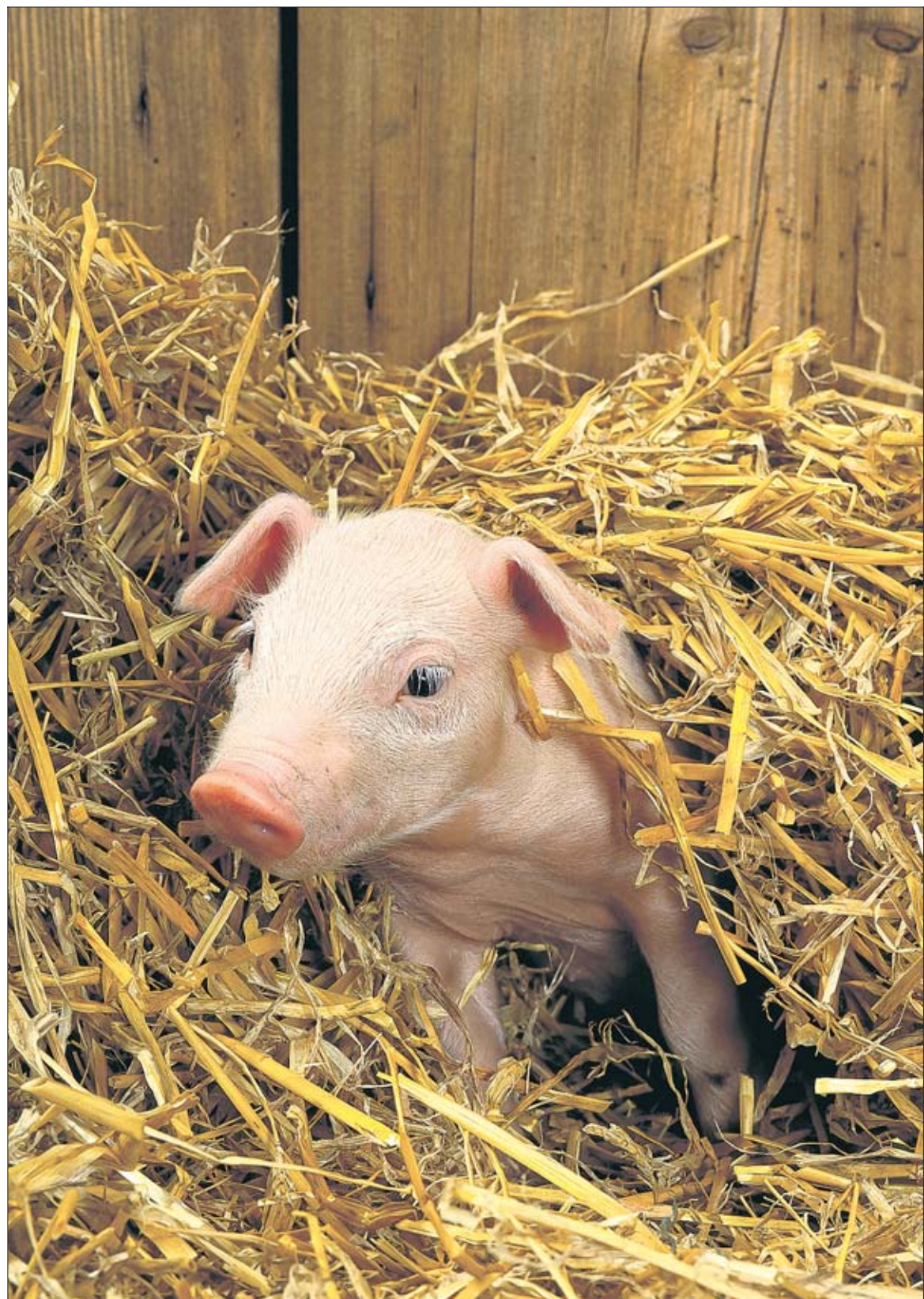
Besonders wichtig ist die Vorsorge für Frauen, in deren Familie es bereits Brustkrebs gibt. „Ihr Risiko ist um bis zu 80 Prozent erhöht.“ Bisher sind als Ursache Mutationen in zwei Genen bekannt, zudem haben die betroffenen Frauen ein höheres Risiko für die Entwicklung eines Eierstockkrebses.

Brustkrebs kann auf viele Arten behandelt werden. Während früher sofort operiert wurde, sollte heute die Therapie zusammen mit der Patientin genau geplant werden. „Es bleibt immer Zeit, um zu beraten, auch, um eine zweite Meinung einzuholen“, so der Ulmer Tumorexperte. Zunächst wird unter Ultraschallkontrolle eine Gewebeprobe entnommen. „Die geht zum Pathologen, und im Schnitt nach zwei Tagen haben wir das Ergebnis mit dem Tumortyp, dem Grad seiner Aggressivität und ob der Tumor Hormonrezeptoren besitzt.“ Dann fällt die Entscheidung für eine Therapie: die Operation, eine eventuelle Vorbehandlung. Hinterher ist meist eine Strahlentherapie nötig, nach brusterhaltenden Operationen senkt sie das Rückfallrisiko um bis zu 70 Prozent.

Heutzutage überleben durchschnittlich immerhin vier von fünf Patientinnen länger als fünf Jahre nach der Brustkrebsdiagnose – allerdings stützen sich diese Zahlen auf Behandlungsdaten aus den Neunzigerjahren. Experten schätzen die Überlebenschancen bei heute früh entdecktem und nach neuestem Standard therapierten Brustkrebspatientinnen deutlich höher ein.

Fortschritte, auf die man beim Eierstockkrebs seit Langem hofft. „Leider hat sich da so gut wie nichts geändert“, so Kreienberg. Der Krebs macht erst viel zu spät Beschwerden, trotz immer besserer Untersuchungen wird er noch immer zu spät entdeckt. Nicht selten hat er sich dann schon ins Nachbargewebe ausgebreitet.

Weitere Informationen im Netz: welt.de/krebs



Rosa, nackt, schlau: Vorfahren unserer Schweine stammen aus Gegend, die es zutiefst verachtet FOTO: OKAPIA

Schweine stammen aus Persien

Durham – Britische Forscher fanden eine peinliche Sache heraus: Die engsten Verwandten unseres Hauschweins stammen aus einer Gegend, die es heute aus religiösen Gründen zutiefst verachtet. Durch DNA-Analysen kamen sie der Schweinewanderung, die in der späten Steinzeit stattgefunden hat, auf die Spur. Die Biochemiker der

Universität Durham entnahmen Erbmaterial von Proben aus archaischen Funden im heutigen Iran und in der Türkei und verglichen sie mit dem unserer Hauschweine.

Offenbar haben Bauern die Schweine auf Wanderungen in Richtung Europa mitgenommen – als Reiseproviant –, zusammen mit

Hunden und Rindern. Schnell wurden die Tiere in ihrer neuen Heimat beliebt, heißt es in „Proceedings of the National Academy of Sciences“. Die Einwanderer konnten sich dennoch nicht durchsetzen. Die Europäer bevorzugten das Wildschwein, das sie domestizierten und mit der Rasse aus Nahost wohl auch kreuzten. *eb*

Computermaus statt TV-Fernbedienung

Das Internetfernsehen soll einen deutschlandweiten Standard bekommen – Programme kommen künftig aus der Telefonbuchse statt über Kabel und Satellit

VON RAINER BÜCKEN

Berlin – Wo ist die gute alte Flimmerkiste? Glotze? Röhre? Mit einem Fernsehapparat hat das nicht mehr viel zu tun, was derzeit auf der Ifa als Heimkino der Zukunft verkauft wird. Stattdessen gilt das Prinzip Schweizer Messer: Was zählt, ist die Vielfalt.

Der Fernseher der Zukunft kann zum Beispiel das Programm vorschlagen. Oder darüber informieren, welche Freunde die gleiche Sendung sehen. Mit denen kann man chatten oder sie am Bildschirm beobachten. Kommt ein Anruf, muss man nicht mehr zur Fernbedienung greifen und die „Lautlos“-Taste suchen: Der Film bleibt stehen, läuft erst weiter, wenn das Gespräch beendet ist. Wird der Raum verlassen, macht das Programm ebenfalls eine Pau-

se. Weiter geht's erst, wenn man sich zum Beispiel im Schlafzimmer wieder angemeldet hat.

„Der Zuschauer loggt sich ein wie in einen Computer“, erklärt Oliver Friedrich vom Fraunhofer-Institut Fokus in Berlin. „In unserem ‚NextGenMedia Lab‘ haben wir ein Szenario aufgebaut, wo wir das Fernsehen von morgen zeigen.“ Und das ist in der Tat ganz anders, verbindet nämlich Telekommunikations- und Internetwelten. Schon heute haben die großen Netzbetreiber begonnen, nicht nur separat Internet und Telefonie anzubieten, sondern auch IPTV. IPTV bedeutet Internet Protocol Television, zu Deutsch Internet-Protokoll-Fernsehen, also nichts anderes als übers Internet verbreitetes Fernsehen. Mit der Technologie erhält der Zuschauer die Möglichkeit, sich gezielt die Sendungen

auszusuchen, die ihn interessieren. Und das zu jeder Uhrzeit, wann er will. Voraussetzung für den neuen Fernsehstandard ist eine schnelle Internetverbindung, zum Beispiel über ein Glasfaserkabel, weil die Daten in Echtzeit an den heimischen Fernseher geschickt werden. Dazu bieten die Deutsche Telekom mit „T-Home“ sowie Arcor und Alice eigene Dienste an, die über eigene Netze ausgestrahlt werden. Für die Wiedergabe der sogenannten IPTV-Programme auf dem Fernseher oder auf vergleichbar hochauflösenden Computermonitoren ist eine eigene Set-Top-Box notwendig, die die per Internet-Protokoll verbreiteten Sendungen in TV-Bilder umwandelt.

Das ist aber nicht das, was den Fraunhofer-Forscher vor-schwebt: Die Ingenieure planen eine einheitliche Lösung, einen

netzübergreifenden Standard, bei dem nicht in jedem Netz unterschiedliche eigene Boxen stecken. „Wir brauchen eine gemeinsame Technik, und so setzen wir als verbindende Zwischenschicht auf das IMS, das IP Multimedia Subsystem. Damit ist dann das neue Fernsehen möglich, lassen sich IPTV, Tele- und Mobilkommunikationsdienste sowie das Internet gemeinsam nutzen“, sagt Friedrich.

Die Zeit des normalen Fernsehens geht zwar so schnell noch nicht zu Ende, aber andere Nutzungsmöglichkeiten verlangen neue Zugangstechniken, um beispielsweise die Verbindung zu Computerservern herstellen zu können. So ist es denn kein übliches Fernsehgerät, auf dem die Fraunhofer-Forscher die Zukunft von Unterhaltung, Kommunikation & Co. präsentieren, sondern ein

Zwischending zwischen Set-Top-Box und PC mit angeschlossenem Display. Damit wird der Kontakt zu den Servern und ins Internet erst möglich. Allerdings kommt damit auch nicht jeder ins Netz, sondern nur legitimierte Familienmitglieder oder Gäste.

Wer fernsehen oder chatten will, muss Zugangsdaten wie Benutzername und Passwort eingeben. Dann kann es losgehen, zum Beispiel mit dem Fernsehen.

Alle Programme sind verfügbar, wobei die Auswahl auf Geschmack und Sehgewohnheiten abgestellt ist. Wer sich nur für Nachrichten und Magazine interessiert, wird schon etwas länger nach Volksmusiksendungen suchen müssen. „Alle Fernsehprogramme kommen hier über das Internet-Protokoll. Um den Datenverkehr in Grenzen zu halten, wird das sogenannte

Multicast-Protokoll eingesetzt, bei dem keine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zum Anbieter besteht, sondern die Pakete für alle Nutzer an geeigneter Stelle „vervielfältigt“ werden. Ein Kanalwechsel ist nichts anderes als ein Wechsel auf eine andere Adresse“, erklärt Oliver Friedrich.

Die bequemen Zeiten, in denen ein einzelner Kabel- oder Antennenanschluss beliebig viele Geräte in einem Haushalt mit Bildern versorgt, sind dann vorbei. Mit Video-on-Demand dürfte sich zudem der Gang in die Videothek erübrigen. Das hat gewisse Ähnlichkeiten mit WebTV, bei dem Dateien aus dem Internet zum Computer gespielt, also gestreamt und dort betrachtet werden. Entsprechend komfortabel die Bedienung: Die Technik kann durch Gestik gesteuert werden.

ARCHÄOLOGIE Kalender der Kelten

Mit sechs haushohen Eichenpfosten auf dem Grabhügel eines frühkeltischen Fürsten rekonstruierten Forscher jetzt einen 2500 Jahre alten Kalender auf dem hessischen Gau-



Zeitrechnung mit Pfosten FOTO: IFA

berg. Europaweit ist das Bauwerk einzigartig. Die Kelten bestimmten anhand der Pfosten wichtige Feiertage. „Die Anlage wurde nach astronomischen Gesichtspunkten konstruiert“, erklärt Professor Bruno Deiss vom Institut für Theoretische Physik und Astrophysik der Frankfurter Goethe-Universität und Leiter des Forschungsprojektes. *dpa*

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