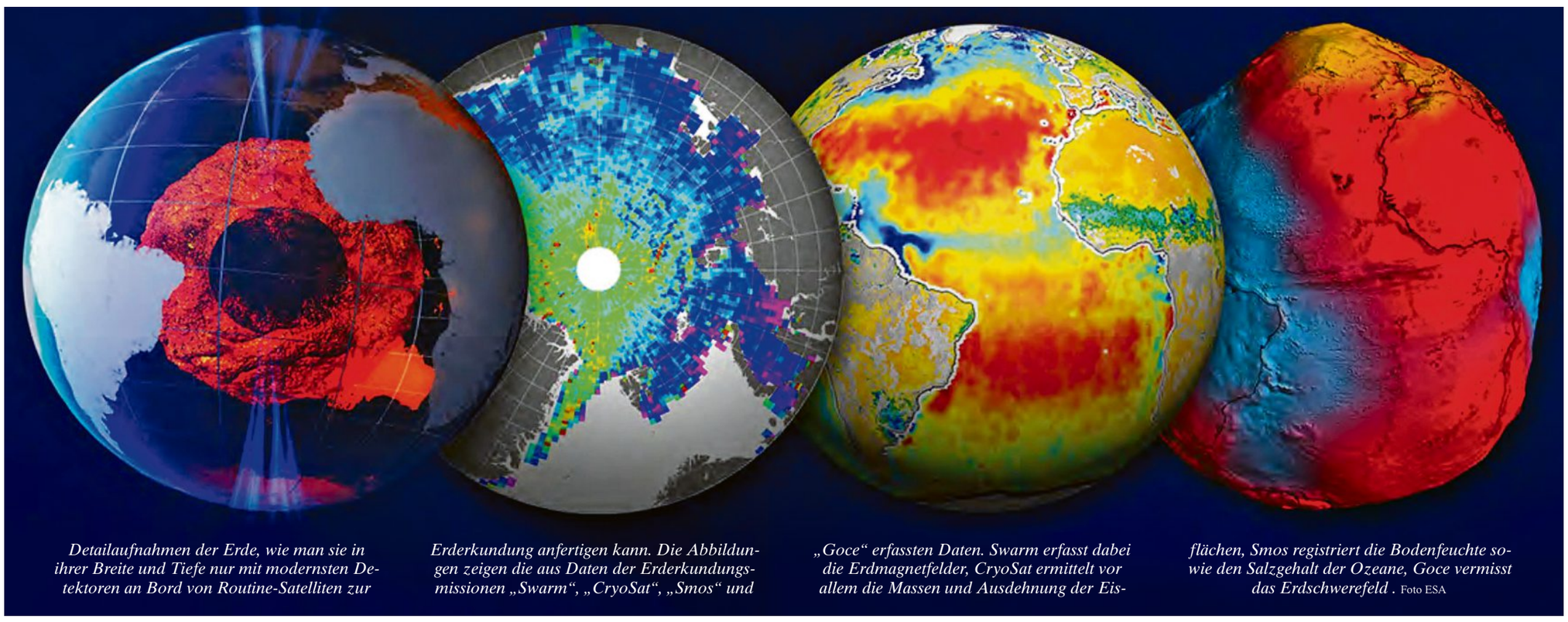

Detailaufnahmen der Erde, wie man sie in ihrer Breite und Tiefe nur mit modernsten Detektoren an Bord von Routine-Satelliten zur Erderkundung anfertigen kann. Die Abbildungen zeigen die aus Daten der Erderkundungsmissionen „Swarm“, „CryoSat“, „Smos“ und „Goce“ erfassten Daten. Swarm erfasst dabei die Erdmagnetfelder, CryoSat ermittelt vor allem die Massen und Ausdehnung der Eisflächen, Smos registriert die Bodenfeuchte sowie den Salzgehalt der Ozeane, Goce vermisst das Erdschwerefeld . Foto ESA

Blindflug für die Klimaforscher?

Eine ganze Generation von Satelliten zur Erdbeobachtung steht auf der Kippe. Nicht nur Europas Cryosat, auch die Zukunft der Nasa mit ihren Sonden ist unklar. Es droht ein riesiges Datenloch.

Von Ulrich Schaper

Wenn man so möchte, entscheidet sich das geologische Schicksal unseres Planeten an den Polen. Natürlich nur im übertragenen Sinne. Die Datenreihen aber, die dokumentieren, in welcher Art und in welchem Umfang sich die Eisdecke an den beiden Enden der Welt verändert, gehören zu den stärksten Beweismitteln bei der Analyse der globalen Erwärmung. Der weltweite Anstieg der Mitteltemperatur hat direkten Einfluss auf die Eismassen dieser Welt. Schmelzen diese, hat das gravierende Folgen für das Erdsystem im Ganzen.

Ausgerechnet bei der Erforschung der Polarregionen droht der Wissenschaft nun ein blinder Fleck. Der Grund: Der Cryosat-2-Satellit, der derzeit zuverlässig Daten liefert, könnte jeden Augenblick seinen Dienst verweigern. Die Mission der europäischen Raumfahrtagentur Esa, die 2010 gestartet wurde, war ursprünglich nur auf drei Jahre ausgelegt; allein weil sich der Satellit immer noch in einem guten Zustand befindet, ist die Mission bis 2017 verlängert worden. Gar bis 2025 soll das Bodensegment, also die Station, die die Cryosat-2-Daten empfängt und bündelt, vorgehalten werden. Und dann? Zwar gibt es einige Vorstudien, eine Nachfolgemission aber, die zeitnah vergleichbare Messergebnisse liefern könnte, ist noch nicht gesichert. Angelika Humbert vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven (AWI) beobachtet die Entwicklung daher mit Sorge. „Die Vorstudien und Planungen sind fertig – aber noch gibt es keinen Startschuss. Selbst wenn sich die Esa augenblicklich für eine Nachfolgemission entschließen könnte, wenn die Finanzierung gesichert ist und wenn dann alles ohne Verzögerung verlaufen würde, könnte der nächste Satellit erst 2021 ins All gehen.“ Vier lange Jahre wären das, die den Klimawissenschaftlern eine schmerzhafte Datenlücke bescheren würden.

Frosch-Entdeckung Nr.1: Stumpffia iharana

Die Vereinigten Staaten hatten bereits vor der Amtsübernahme Donald Trumps als Präsident angekündigt, sich lieber den Mars anzuschauen, als sich mit der Erde zu beschäftigen. Zwar ist mit der IceSat-2-Mission für 2018 eine Mission geplant, die ähnliche Daten wie Cryosat-2 liefern würde. Aber seine Lebensdauer würde die Lücke nicht schließen. Die bei der Nasa zuständige Abteilung für Erdforschung soll nach der Neuausrichtung durch die Trump-Regierung künftig keine weitere finanzielle Unterstützung mehr erhalten. Die derzeit sechzehn Missionen zur Erderkundung werden aller Voraussicht nach keine Verlängerung bekommen. Damit fehlen bald Daten zu Eis, Wolken, Wasser, Temperatur und anderen wichtigen Klimaparametern.

„Die Europäer täten gut daran, sich nicht zu sehr auf die Nasa zu verlassen“, mahnt Humbert vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Lage. Laut dem UN-Sekretariat für Outer Space Affairs UNOOSA sind derzeit 4635 Satelliten in der erdnahen Umlaufbahn; 1903 von ihnen sind aktiv. Ein Großteil davon wird für Telekommunikation, Fernsehen, Radio und digitale Datenübertragung genutzt, aber eben auch für die Erdbeobachtung.

Das amerikanische Militär begann mit der satellitengestützten Erderkundung im Jahr 1959. Unter dem Eindruck des Kalten Krieges spielten zum damaligen Zeitpunkt vornehmlich geostrategische Informationen eine Rolle. Heute hingegen sind die Daten von Cryosat-2, TerraSAR-X, IceSat & Co. längst unverzichtbar geworden, um die Messreihen der Atmosphäre, der Landflächen, der Eiszonen und Ozeane sowie der Biosphäre zu einem Bild zu verdichten. Der Blick von außen ist unverzichtbarer Bestandteil der globalen Umwelt- und Klimamodelle geworden. Noch nie gab es eine derart umfangreiche und aktuelle Datenbasis; eine Lücke kann sich die Klimatologie vor dem Hintergrund der aktuellen Dynamik nicht erlauben – schon gar nicht bei der Überwachung der Eiskörper.

Das Meereis der Arktis gilt als kritisches Element des weltweiten Klimageschehens. Veränderungen, die frühzeitig entdeckt werden, können ein Fingerzeig für die weitere Erdsystemanalyse sein. Während die Meereisausdehnung bis ins Jahr 2000 noch sechs bis sieben Millionen Quadratkilometer betrug, lag sie im Frühjahr dieses Jahres bei rund 4,7 Millionen Quadratkilometern. Die Nordostpassage ist für den Schiffsverkehr seit einigen Jahren schon ohne Unterstützung von Eisbrechern ohne Schwierigkeiten zu befahren. Auch die Veränderungen der Massenbilanz sind dramatisch: Laut IPCC-Bericht hat die durchschnittliche Eisdicke allein zwischen 2000 und 2012 um durchschnittlich etwa 0,6 Meter abgenommen. 2012 waren zudem erstmals Schmelzprozesse auf dem kompletten grönländischen Eisschild zu beobachten. So betrug der Eisverlust in Grönland zwischen 1992 und 2001 lediglich 34 Gigatonnen pro Jahr. Allein in den Jahren zwischen 2002 und 2011 erhöhte sich der Verlust um das Sechsfache auf 215 Gigatonnen pro Jahr. Zusammengenommen, ist der Massenverlust für einen Meeresspiegelanstieg von rund 0,45 Millimeter pro Jahr verantwortlich. Weitere Einflussfaktoren sind hydrologische Prozesse und die Ausdehnung des Wasserkörpers.

Insgesamt gibt es drei Messverfahren, mit denen die Veränderung der Eisschilde gemessen wird. Neben der Massenbilanz durch Cryosat-2 gibt es eine satellitengestützte Untersuchung des Schwerefeldes durch das Nasa-Programm Grace. Vor Ort wird zudem per Input-Output-Methode gemessen: Wie viel Neuschnee fällt? Wie viel fließt am Rand des Eiskörpers ins Meer ab? Elementarer Bestandteil für das Gesamtbild aber sind die Daten aus der Cryosat-2-Mission.

Im Jahr 2005 schickte die Esa den ersten Cryosat-Satelliten ins All. Kurz nach seinem Start stürzte er ab. Zwar wurde nur wenige Monate später eine Ersatzmission beschlossen, diese wurde aber erst fünf Jahre später realisiert. „Daran sieht man, von welchen Zeiträumen wir hier sprechen“, sagt Humbert. „Cryosat-2 hat seine Lebenszeit eigentlich schon überschritten, es kann von heute auf morgen passieren, dass die Technik einen Infarkt leidet. Dann stehen wir auf Jahre ohne Daten da.“

Der Cryosat-2-Satellit, arbeitet per georeferenziertem Radarecho, er sendet Mikrowellen zur Erde, die von der Eisoberfläche reflektiert und an die Messinstrumente des Satelliten zurückgesandt werden. Er tastet die Eismassen in einem 1600 Meter breiten Streifen ab und produziert dabei Daten zur Bestimmung der Oberflächenhöhe von Eisschilden und Meereis. Im Gegensatz zu optischen Sensoren, die auf vielen Wettersatelliten oder auf den Sentinel-2-Satelliten installiert sind, liefern die passiven Mikrowelleninstrumente des Cryosat-2 unabhängig von Beleuchtung und Wetterverhältnissen zuverlässig Daten. Wenn bei der optischen Messung eine Wolke davor hängt und wenn Polarnacht ist, bleibt es dunkel; die Radarsatelliten dagegen liefern auch dann Informationen, wenn die vorherrschenden Bedingungen in den Polarregionen schlecht sind. „Und das ist häufig der Fall“, erklärt Humbert. Grundsätzlich herrscht bei Forschern und Behörden Einigkeit, dass man einen Cryosat-Satelliten benötigt. Ein entsprechender Antrag für eine Folgemission ist bereits gestellt. Möglicherweise aber müssen sich die Glaziologen noch eine Weile gedulden: Derzeit wird über ein Projekt diskutiert, das einen vollständig neuen und extrem geschärften Blickwinkel auf die Pole und Gletscher ermöglichen würde und das unter Umständen priorisiert wird. Mit dem Satellitenprojekt Tandem-L hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) einen Antrag für eine ganz neuartige Mission gestellt. Im Formationsflug liefern zwei Satelliten im Tandemflug Daten, mit denen sich sogar dynamische Prozesse abbilden lassen. „Das Projekt ist eine Mission, die für viele Forscher und auch viele kommerzielle Anwendungen sinnvoll wäre“, sagt Humbert. Die Europäer hätten damit die einmalige Chance, die führende Rolle in der Erdbeobachtung zu übernehmen. Man könne bei Vulkanausbrüchen sehen, wie sich die Flanke vorher ändert, bei Flutereignissen könne man Flutgebiete lokalisieren, Waldhöhen messen und über die Rauhigkeit der Wasseroberfläche sogar Ozeanströmungen beobachten. Die inneren Strukturen von ganz Grönland und der Antarktis seien so zum allerersten Mal zu messen. „Es ändert aber nichts daran, dass wir auch einen

Frosch-Entdeckung Nr. 2: Stumpffia mamitika

Fotos Jörn Köhler

Cryosat-Satelliten brauchen“, sagt Humbert. Im Vergleich zur Tandem-L-Mission, die rund 660 Millionen Euro kosten wird, wäre eine weitere Cryosat-Mission mit 150 bis 170 Millionen Euro vergleichsweise günstig. „Die eine kann die andere nicht ersetzen.“ Im Sinne der Klimaforschung sei es absolut notwendig, mit einer breiten und umfassenden hochauflösenden Datenbasis zu arbeiten. „Es geht bei all den Informationen vor allem um eines: nachzuvollziehen und zu verstehen, wie die erdsystemischen Prozesse miteinander interagieren.“

Ein Gespräch mit dem Potsdamer Erdsystemforscher Hans Joachim Schellnhuber über den Trump-Effekt und den Bonner Klimagipfel

„Im ersten Moment herrschte Angst und Schrecken“

Die amerikanische Klimaforschung war stets eine Größe in der Erdbeobachtung. Ändert sich das jetzt durch die antiwissenschaftliche Haltung in Washington und den Trump-Effekt?

Natürlich, die amerikanische Infrastruktur für die Umweltforschung wird beschädigt. Das gilt für die Tiefseebeobachtung wahrscheinlich genauso wie für die Satellitenmissionen. Es wird eine Lücke entstehen, die wir nicht so schnell schließen können. Ich denke, dass am ehesten die Chinesen in diese Lücke stoßen. Wir hatten kürzlich in Norwegen ein Treffen der wichtigsten nationalen Akademien der Wissenschaften. Der Vertreter der chinesischen Akademie war voll auf der europäischen Linie. Verrückte Welt, nicht wahr?

Und wie kommt das bei den amerikanischen Kollegen an, Sie arbeiten traditionell viel mit ihnen zusammen?

Auf dem Treffen war auch die von mir persönlich hochgeschätzte Präsidentin der amerikanischen Wissenschaftsakademie, Marcia McNutt. Wegen der neuen politischen Linie in Washington gab sie sich recht zurückhaltend, vor allem wenn es ums Klima ging. Bis vor kurzem noch dominierten die US-Repräsentanten solche Debatten. Die meisten amerikanischen Kollegen meinen allerdings, dass man die Trump-Jahre schon irgendwie überleben wird, zumal die Forschungsmittel der Zentralregierung in Washington insgesamt doch eine geringere Rolle spielen als etwa bei uns in Deutschland. In den USA geschieht auch viel auf der Ebene der Stiftungen und der einzelnen Bundesstaaten. Was dort in Zukunft jedoch definitiv schwieriger werden wird, ist das Aufsetzen großer Kooperationsprojekte, an denen viele Zentren beteiligt sind. Hier kann die europäische Wissenschaft durchaus helfen: Wir reden inzwischen mit den amerikanischen Kollegen und überlegen mit ihnen, wie sie sich an EU-Vorhaben andocken können.

Der französische Präsident Emmanuel Macron hat in seiner Bonner Rede angedeutet, dass der Weltklimarat durch Trumps Haltung auch auf der Kippe stand. War der Weltklimarat IPCC wirklich gefährdet durch die Ausstiegsankündigung der Amerikaner aus dem Pariser Weltklimavertrag?

Im ersten Moment herrschten Angst und Schrecken, und man rechnete schnell durch, wie das alles ohne die USA funktionieren könnte. Insbesondere war schon früh nach der Wahl Trumps klar, dass der amerikanische Beitrag von etwa zwei Millionen Dollar für den IPCC künftig wegfallen würde. Zwei Millionen sind andererseits nicht die Welt angesichts der Bedeutung des Weltklimarats. Die Europäische Kommission hat deshalb auch schon bald angekündigt, dass die Europäer ihren Beitrag verdreifachen und somit einspringen würden. In Bonn hat der französische Präsident noch eins draufgelegt und versprochen, dass Frankreich das im Notfall auch allein finanzieren würde. Europa möchte also Fackelträger der Aufklärung bleiben.

Die Wissenschaft hat in Bonn wieder klare Vorgaben für die Politik geliefert. Die Messlatten für eine Dekarbonisierung sind skizziert worden, nicht zuletzt durch ihre „10 Must knows“-Erklärung. Ist die Politik auf Kurs – ungeachtet der amerikanischen Sonderrolle?

Die wesentlichen Botschaften der Wissenschaft sind inzwischen durchgedrungen, das stimmt: Erstens, der Klimawandel existiert, das hat nun wirklich fast jeder verstanden. Zweitens, der Mensch ist zu 95 Prozent oder mehr verantwortlich. Drittens, die Folgen werden immer sichtbarer, und sie sind überwiegend schädlich bis gefährlich. Viele Menschen sind in diesem Jahr von den heftigen Hurrikans aufgeschreckt worden, die etwa Puerto Rico und Texas getroffen haben. Jetzt geht es viertens um konkrete Maßnahmen. Wir müssen den Einstieg in wirksame Lösungen finden; wir müssen die Propaganda, die uns auf den ausgetretenen Pfaden gefangen hält, entlarven. Bei der Kohle ist das offenkundig. Aber auch wenn behauptet wird, der in der Herstellung so emissionsintensive Stahlbeton sei das Baumaterial des 21. Jahrhunderts, dürfen wir das nicht einfach akzeptieren. Und wir müssen vor allem durchbuchstabieren, welche wirtschaftlichen und sozialen Vorteile die neuen Lösungen bringen. Die Transformation der Mobilität ist in der Hinsicht für Deutschland ein viel größeres Problem als der Kohleausstieg.

Fortsetzung auf der folgenden Seite

Novemberblues

Der bislang so neblige und ungemütliche November führt es uns wieder mit aller Macht vor Augen: Wir Menschen sind und bleiben zentral abhängig vom Einfluss unseres Heimatsterns. Da können wir unsere Städte mit noch so viel künstlichem Licht fluten, unsere Tagesplanungen noch so unabhängig von jahreszeitlichen Faktoren gestalten – unsere innere Uhr und damit unser menschliches Aktivitätsmuster bleiben gesteuert durch die verfügbare natürliche Helligkeit. Was wir alle bereits aus eigener leidvoller Erfahrung wussten, haben finnische Forscher nun auch noch einmal auf der Grundlage von Big Data quantifiziert. Dabei nutzten sie Gesprächsdaten von mehr als einer Million Mobilfunknutzern in 36 verschiedenen südeuropäischen Städten, die zwar innerhalb derselben Zeitzone liegen, sich aber hinsichtlich der Zeitpunkte von Sonnenauf- und Sonnenuntergang deutlich unterscheiden. Wie die Informatiker im Journal „Plos Computational Biology“ berichten, fanden sie heraus, dass die Verteilung der jeweils ersten und letzten getätigten Anrufe mit der geographischen Lage der Städte variiert – und nicht mit der tatsächlichen durch die Zeitzone vorgegebenen Uhrzeit. Das allein mag nun noch vergleichsweise wenig tragisch klingen – abgesehen davon, dass westlich wohnende Telefonnutzer offenbar Gefahr laufen, von ihren östlicher lokalisierten Freunden und Kollegen morgens aus dem Bett geklingelt zu werden. Ernster ist da schon, was spanische und britische Psychologen in „Frontiers“ in einer Randbemerkung feststellen. In ihrer Studie zum Einfluss kultureller Werte auf den nationalen Alkoholkonsum, berichten sie, dass die geographische Breite eines Landes ebendiesen Einfluss zumindest teilweise wieder aufzuheben vermag. Wenn das Licht und das Klima nicht stimmen, kann die Bevölkerung sozial noch so traditionell verwurzelt und hierarchisch organisiert sein – Faktoren, die die Autoren als den Alkoholkonsum hemmend einordnen –, getrunken wird trotzdem. Ganz neu ist dieser Befund allerdings nicht. Der Archäologe Patrick McGovern hat mit seinen Kollegen die ältesten Spuren reinen Weins im Nahen Osten gefunden. Schon vor etwa 8000 Jahren, im Neolithikum also, scheint demnach in Georgien Wein hergestellt worden zu sein, wie in „PNAS Plus“ berichtet wird. In archäologischen Keramikgefäßen fanden die Wissenschaftler anhand einer molekularen Analyse chemische Spuren von Biomarkern der Weinrebe (Vitinis vinifera). Die Klimafühligkeit des Menschen findet sich auch in ihrem Forschungsbericht wieder. Wie die Autoren schreiben, beruhte die Kreativität und Experimentierfreude der Jungsteinzeit auf einem sich nach der letzten Eiszeit erwärmenden Klima. Wir müssen es wohl einfach akzeptieren: Der Mensch mag es warm und hell, er ist alles, nur kein November-Wesen. sian

Rätsel der Antiteilchen bleibt bestehen

Die Herkunft überschüssiger Positronen in der kosmischen Teilchenstrahlung bleibt weiter ungeklärt. Dass im Erdorbit deutlich mehr Antiteilchen existieren, als theoretisch zu erwarten ist, haben seit knapp zehn Jahren verschiedene Experimente gezeigt. Als eine Erklärung wurde gehandelt, dass nahe Pulsare – schnell rotierende Neutronensterne – für den Überschuss sorgen. Nun ist das Gammastrahlen-Observatorium HAWC dieser Möglichkeit nachgegangen. Zwei verdächtige Pulsare konnten dabei allerdings als Positron-Quellen ausgeschlossen werden, wie die Astronomen in „Science“ berichten. Die von ihnen ausgesandten Teilchen waren zu langsam, um auf der Erde einen wesentlichen Beitrag für den Überschuss zu leisten. Sofern nicht doch noch andere Pulsare für das Verständnis des Effekts herangezogen werden können, wären Zerfalls- oder Wechselwirkungsprozesse Dunkler Materie ein anderer – bislang aber rein spekulativer – Erklärungsansatz. sian

Frosch-Entdeckung Nr. 3: Stumpffia miovaova

Schlaganfälle nehmen rapide zu

Nicht nur eine Folge der Alterung: In unserer Serie über Hirnerkrankungen schreibt Matthias Endres, wie wichtig der Faktor Zeit sein kann. **Seite N2**

Der Staat der Postindustriegesellschaft

Andreas Voßkuhle und Kollegen riefen um die Jahrtausendwende eine Neue Verwaltungsrechtswissenschaft aus. Wie neu ist sie? **Seite N3**

Auf kaltem Weg geschlossen

In Budapest und Petersburg wird erstmals im modernen Europa wieder die Schließung von Universitäten aus obrigkeitsstaatlicher Willkür betrieben. **Seite N4**