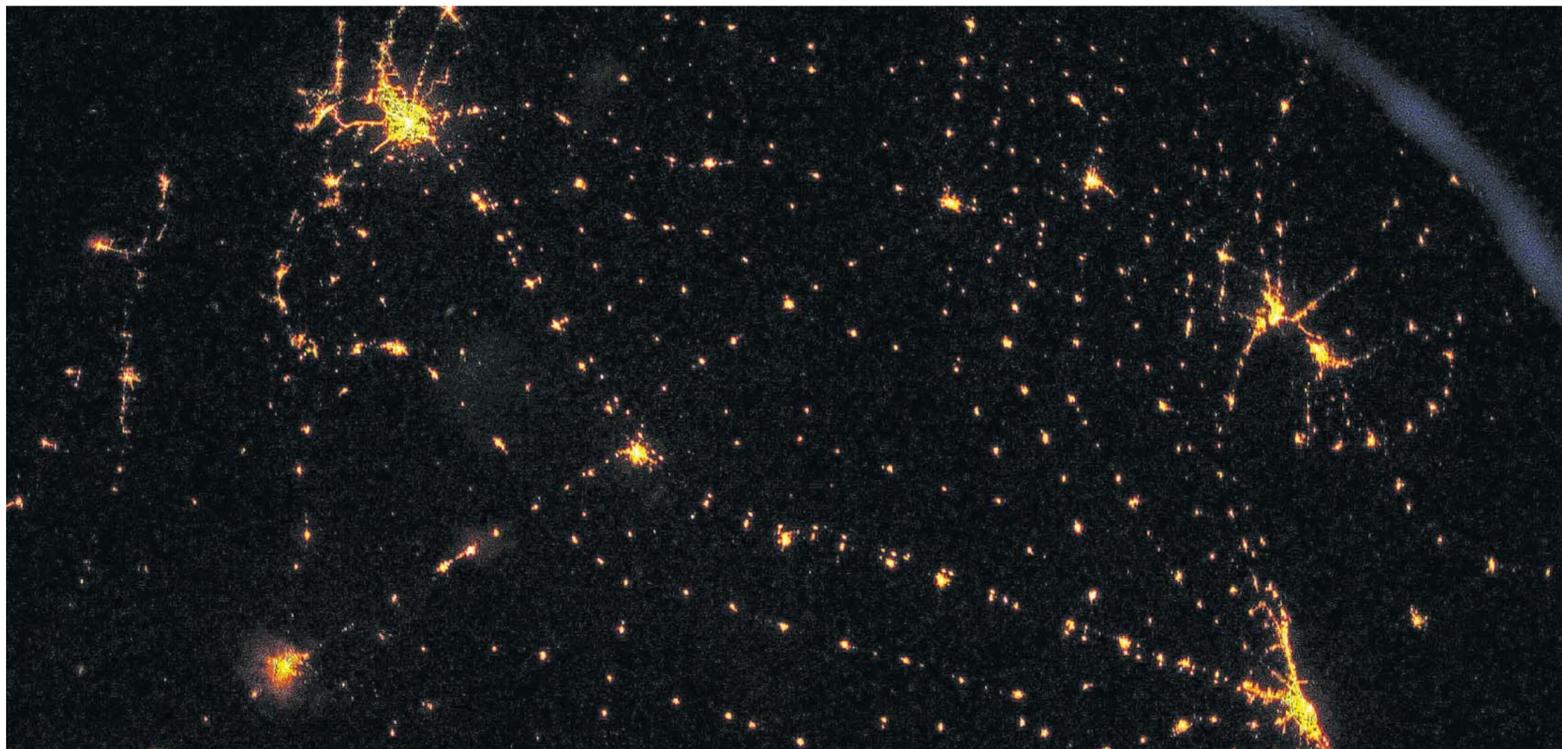


Lichtspielhaus Erde (4)



Argentinien's koloniale Vergangenheit lässt sich am regelmäßigen Muster der beleuchteten Städte, den ehemaligen Eisenbahn-Versorgungsstationen, nachzeichnen.

Foto Nasa

Die Erde sei wie ein aufgeschlagenes Buch, hört man immer wieder von Geologen; denn allein schon die sichtbaren geologischen Strukturen an ihrer Oberfläche verraten manches über ihre Geschichte. Für Laien freilich bleiben sie stumm. Seit einiger Zeit können sich nun auch die Historiker der Aussage der Geologen anschließen. Denn gelegentlich verrät ihnen die Erde ihre Geheimnisse sogar nachts. Dieses Nachtfoto, das ein Astronaut vor drei Jahren von der Internationalen Raumstation aus aufgenommen hat, zeigt einen verblüffenden Blick auf Ost-Argentinien:

Die Städte erscheinen wie Perlen auf Schnüren aufgereiht oder wie Lampions, die jemand auf zum Teil parallelen Wäscheleinen aufgehängt hat - sauber in jeweils gleichen Abständen. Nicht nur im Jahr des Lichts, das die Unesco für dieses Jahr ausgerufen hat, fasziniert dieser ungewöhnliche Blick in die Kolonialgeschichte des Landes. Als die weißen Siedler kamen und die Pampa erschließen wollten, legten sie dafür Eisenbahnlinien an - mit Versorgungsstationen, die vermutlich in Abständen von damaligen Eisenbahn-Tagesstrecken entstanden. Damit säten sie gleich-

sam die Keime für die späteren Städte, die sich aus den leicht erreichbaren Versorgungsstationen entwickelt haben dürften. Ähnliche, aus der Besiedlung durch die Europäer entstandene Städtmuster finden sich auch in Nordamerika, dort allerdings wuchsen die Städte viel rasanter, und dazwischen bildeten sich weitere Städte, wodurch das Bild teils überwuchert wurde. Das bevölkerungsärmere Argentinien hatte eine größere Chance, seine Vergangenheit sozusagen erstarren zu lassen. Das Foto zeigt oben links die zweitgrößte argentinische Stadt, Córdoba, und

unten rechts die drittgrößte Stadt des Landes, Rosario (Santa Fe) am Rio Paraná. Dazwischen liegt, am Kreuzungspunkt, Villa Maria. Man erkennt, wie die meisten Eisenbahnlinien nach Rosario führten und von dort nach Südosten nach Buenos Aires am Rio de la Plata, dem gemeinsamen Mündungsgebiet von Rio Paraná und Rio Uruguay. Die heutige Hauptstadt Argentiniens liegt außerhalb des Bildes. Sie bildete schon früh das Zentrum, zu dem alle Wege führten. Oder von der aus alle Wege ausgingen, je nach Sicht der Dinge.

GÜNTER PAUL

Ein Schatz schlummert in alten Energiesparlampen

Energiesparlampen haben die klassischen Glühbirnen mittlerweile fast überall abgelöst. Sie erzeugen Licht wesentlich effizienter als die allhergebrachten Leuchtmittel mit ihren Drahtwendeln, und zwar durch Anregung von Quecksilberatomen, die daraufhin ultraviolettes Licht aussenden. Eine auf der Innenseite aufgetragene Schicht aus verschiedenen Leuchtstoffen wandelt die energiereiche Strahlung in sichtbares Licht um. Etwa 20 Prozent dieser Leuchtstoffmischung besteht aus sogenanntem YOX, einer Yttriumoxid-Verbindung, die mit Europium dotiert ist und für die warmen, roten Farbtöne des ausgesandten Lichts sorgt. Yttrium und Europium gehören zu den Seltenen Erden, die in Smartphones, Handys und anderen Hightech-Geräten stecken. Diese Elemente sind äußerst wertvoll, weil sie nicht allzu häufig vorkommen, schwer abzubauen und aufzubereiten sind. Außerdem liegen in China die weltweit größten Lagerstätten. Deshalb sucht man nach Wegen, die YOX-Verbindungen aus alten Energiesparlampen zu recyceln, was jedoch mit großem Aufwand verbunden ist. Chemiker von der Katholischen Universität in Löwen haben

Energiesparlampen enthalten neben Quecksilber auch Seltene Erden. Mit einem schonenden Verfahren will man die begehrten Metalle nun recyceln.

Von Antonia Rötger

nun ein vielversprechendes umweltfreundliches Verfahren entwickelt, mit dem sich der rote Leuchtstoff einfacher aus dem Abfall abtrennen und daraus Yttrium und Europium wiedergewinnen lässt.

Alte Energiesparlampen werden üblicherweise in Glas, Kunststoffe und Metallreste getrennt, wobei man das Quecksilber entsorgt oder wiedergewinnt. Das Leuchtstoffgemisch wird jedoch in der Regel nicht aufbereitet, sondern allenfalls in Spezialdeponien gelagert. Denn das Gemisch setzt sich aus billigen halogenhaltigen

Phosphaten, wertvollem Yttriumoxid und weiteren Verbindungen zusammen, die nur schwer voneinander separiert werden können. Ein Vorreiter beim Recycling der wertvollen YOX-Verbindung aus Leuchtstoffen ist die belgische Firma Solvay, die seit dem Jahr 2012 in einem Pilotprojekt das Leuchtstoffgemisch auftrennt - allerdings sind dazu große Mengen an Säuren und an Energie erforderlich.

Einen anderen Ansatz haben kürzlich Chemiker um Koen Binnemans von der Katholischen Universität Leuven in Belgien entwickelt: „Wir lösen die Beschichtung nicht mit Säuren ab, sondern verwenden eine funktionalisierte ionische Flüssigkeit, die nur den roten Leuchtstoff aus der Leuchtstoffmischung herauslöst“, sagt David Dupont aus der Arbeitsgruppe von Binnemans. Ionische Flüssigkeiten bestehen aus großen organischen Molekülen, deren elektrische Ladungen sich wie die Ionen eines Salzes gegenseitig anziehen. Anders als anorganische Salze ordnen sie sich aber nicht zu einem festen Kristallgitter an, sondern bleiben flüssig. Diese flüssigen Salze können deshalb auch nicht verdampfen oder brennen. „Ionische Flüssigkeiten sind eine Art Desig-

ner-Lösemittel, die man gezielt auf bestimmte Anwendungen zuschneiden kann“, erklärt Dupont. Gibt man eine Leuchtstoffmischung in eine bestimmte ionische Flüssigkeit, so löst sich ausschließlich das YOX darin auf, während die anderen Bestandteile nicht in Lösung gehen. „Wir waren selbst überrascht, wie selektiv das YOX aus der Mischung herausgelöst wird“, erklärt Dupont.

Mit diesem Verfahren benötigt man deutlich weniger Chemikalien, insbesondere Säuren und Energie, um Europium und Yttrium zurückzugewinnen. Das gelöste YOX wird mit einem weiteren Schritt schließlich aus der ionischen Flüssigkeit herausgefiltert und liegt anschließend mit einem Reinheitsgrad von 99,9 Prozent vor. Das reiche aus, um die YOX-Verbindung wieder als hochwertigen Leuchtstoff verwenden zu können, schreiben die belgischen Forscher in der Zeitschrift „Green Chemistry“ (Bd. 17, S. 856). Auch die ionische Flüssigkeit kann weiter genutzt werden. „Zurzeit arbeiten wir nur mit einigen Gramm Leuchtstoffen im Labormaßstab“, erklärt Dupont. „Wir erwarten aber keine größeren Schwierigkeiten, wenn wir das Verfahren auf Kilo-

gramm- oder Tonnen-Mengen hochskalieren.“ Die belgischen Wissenschaftler forschen im Rahmen eines europaweiten Projekts zur Rückgewinnung von Seltenen Erden (www.rare3.eu), an dem auch 30 industrielle Partner beteiligt sind. Nach ihrer Schätzung könnten aus dem gebrauchten Leuchtstoffpulver, das bis zum Jahr 2020 anfällt, rund 25 000 Tonnen an Seltenen Erden wiedergewonnen werden.

Allerdings hapert es noch beim allerersten Schritt in der Wiederverwertungskette: der korrekten Abgabe gebrauchter Energiesparlampen. Gerade für die privaten Haushalte ist der Aufwand bei der richtigen Entsorgung offenbar noch immer zu hoch: Manche Verbraucher wissen nicht, wo sie ihre Energiesparlampen abgeben können, viele sind zu bequem, um den nächsten Recyclinghof aufzusuchen. Nicht alle Händler sind verpflichtet, Energiesparlampen zurückzunehmen. Und so, schätzt die Deutsche Umwelthilfe, werden in Deutschland nur etwa 20 bis 30 Prozent der alten Lampen aus Privathaushalten getrennt gesammelt, der Rest dürfte im Keller oder sogar im Hausmüll landen.

Als Atlantik und Pazifik noch ein gemeinsames Meer bildeten

Die Landbrücke Zentralamerikas bildete sich vor 13 Millionen Jahren und damit deutlich früher als gedacht

Trotz intensiver geologischer Feldforschung ist bis heute unbekannt, wann genau sich die Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika bildete und wann sich die direkte Meeresverbindung zwischen dem Atlantik und dem Pazifischen Ozean schloss. Basierend auf Untersuchungen von Fossilien, war man bisher der Meinung, dass die Landbrücke vor drei bis vier Millionen Jahren entstanden ist. Zwei neue Untersuchungen deuten darauf hin, dass eine Landverbindung zwischen den beiden amerikanischen Teilkontinenten schon viel früher, wahrscheinlich bereits vor etwa 13 Millionen Jahren, existierte.

Spätestens seit dem Auseinanderbrechen des Superkontinents Pangäa im Jura vor etwa 180 Millionen Jahren hat es zwischen dem heutigen Nord- und Südamerika keine Landverbindung mehr gegeben. Fauna und Flora konnten sich somit auf den beiden Kontinenten getrennt und unabhängig voneinander entwickeln. Erst nach dem Entstehen der relativ schmalen Landbrücke zwischen den heutigen Län-

dern Guatemala und Panama gab es wieder einen Austausch von Landlebewesen. Deshalb stützen sich die meisten Untersuchungen über das Alter der Landbrücke im Wesentlichen auf terrestrische Fossilfunde. So entdeckten beispielsweise mexikanische Forscher vor einigen Jahren im Norden ihres Landes, also weit mehr als tausend Kilometer nördlich des Panamakanals, fossile Knochen von Riesenfaultieren, die sich während der Trennung der beiden Kontinente nur in Süd-, nicht aber in Nordamerika entwickelt hatten. Die Funde waren in 3,6 bis 3,9 Millionen Jahre alte Gesteinsschichten eingebettet. Daraus schlossen die Forscher, dass die Landbrücke vor etwa vier Millionen Jahren entstand und die Faultiere anschließend langsam in Richtung Norden migrierten. Möglicherweise, so die Ergebnisse von zwei neuen unabhängigen Studien, ist die Landverbindung sogar noch viel älter.

Die Forscher um Carlos Montes von der Andenuniversität in Bogotá verließen sich bei ihren Analysen nicht auf Fossilien. Viel-

mehr untersuchten sie das Alter und den Typ von Zirkonkristallen, die man in Kieselsteinen und anderen Flusssedimenten aus den nördlichsten Ausläufern der Anden im Norden Kolumbiens gefunden hatte. In diesen Kristallen entdeckten sie isotopische Zusammensetzungen, die man nur von Vulkanen in Mittelamerika, aber nicht aus den Anden her kennt. Diese Kristalle zeigten ein radiometrisches Alter von etwa 13 bis 15 Millionen Jahren. Wie die Forscher in der Zeitschrift „Science“ (Bd. 348, S. 226) berichten, sind die Sedimente und die darin enthaltenen Zirkonkristalle nach dem Schließen der Landbrücke von Flüssen ins heutige Kolumbien gespült worden, die von Nord nach Süd flossen. Diese Flüsse hatten ihre Quellen also im heutigen Mittelamerika.

Einen anderen Weg zur Lösung des Rätsels sind die Forscher um Christine Bacon vom Tropenforschungsinstitut der Smithsonian Institution in der panamesischen Hafenstadt Balboa gegangen. Wie sie in den „Proceedings“ der amerikanischen

Akademie der Wissenschaften schreiben (doi: 10.1073/pnas.1423853112), fassten sie Hunderte von molekularbiologischen Informationen von gegenwärtig lebenden und fossilen Lebewesen in mehreren Migrationsmodellen zusammen. Sie entwickelten dabei sowohl Modelle für den Austausch der Tier- und Pflanzenarten über die Landbrücke als auch für die Trennung vieler Arten von Meereslebewesen, nachdem sich die Landverbindung endgültig geschlossen hatte. Bei diesen Rechnungen stellte sich ebenfalls heraus, dass sich der Isthmus von Panama mehrere Millionen Jahre früher schloss als bisher gedacht.

Die Frage nach der Entstehung der Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika ist nicht nur von paläontologischem Interesse. Die Hebung des Isthmus von Panama unterband auch den Austausch von Wasser zwischen dem Pazifik und dem Atlantik, was erhebliche Auswirkung auf das damalige Klima auf der Nordhalbkugel hatte. Der Stille Ozean ist nämlich um einige Promille weniger salzhaltig als der At-

lantik. Weil die Dichte von Meerwasser aber stark von der Salzkonzentration abhängt, hat der Atlantik im Durchschnitt eine höhere Dichte als der Pazifik.

Vor der Schließung der mittelamerikanischen Landbrücke verringerte salzärmeres Wasser aus dem Pazifik die Dichte des Wassers im atlantischen Golfstrom. Ein solcher „leichterer“ Golfstrom hätte viel weiter nach Norden vordringen können als heute, möglicherweise sogar bis ins Eismeer oder in die Barentssee. Die mit dem Golfstrom in die hohen Breiten transportierte Wärme hätte die Entstehung der großen nordischen Eispanzer verhindert. Erst als sich die Meerenge schloss, wurde die Zufuhr leichten Wassers in den Atlantik unterbrochen. Daraufhin stieg die durchschnittliche Wasserdichte im Golfstrom, der somit nicht mehr bis in die Arktis vordringen konnte. Der Beginn der Eiszeiten auf der Nordhalbkugel war deshalb womöglich die Folge der Schließung der Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika.

HORST RADEMACHER

Miniwischer

Apps, jene kleinen Programme, die uns durch die Welt stolpern lassen, weil der Blick ständig auf das Smartphone oder Tablet geheftet ist, diese kleinen Computersüchtigmacher ziehen längst auch die Kleinsten in ihren Bann. Mal schieben die Kinder mit dem Finger Urwaldtiere in die passenden Schablonen, mal spielen sie Musikinstrumente oder fahren bunte Autos. Auch die Eltern sind euphorisch: „Mein fünfzehntonatiger Sohn liebt seine App!“, liest man in den sozialen Medien oder „endlich mal ein ruhiges Spiel schon für die ganz Kleinen!“ Schon 93 Prozent der bis zu vier Jahre alten Kinder wischen auf dem Smartphone oder Tablet herum, ergab eine Befragung von 370 amerikanischen Eltern im Jahr 2014. Stellt sich allerdings die Frage: Wie wirkt sich das Wischen auf dem Touchscreen auf das Lernverhalten und die soziale Entwicklung der Kinder aus? Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung empfiehlt, Kinder unter drei Jahren von sämtlichen Bildschirmen fernzuhalten. Auch die amerikanische Akademie für Kinderheilkunde unterstützt diesen Rat für Kinder unter zwei Jahren. Und im Januar warnte das Boston Medical Center in einem Review, es könne für die soziale und emotionale Entwicklung des Kindes schädlich sein, wenn Eltern das Smartphone als Ablenkungs- und Beruhigungsspielzeug, also als „Shut-up Toy“, nutzen. Da sickert eine positive Meldung durch die englischen Medien und das weltweite Netz. „Kinder lernen mit Tablets schneller als mit Büchern.“

Am besten gebe man den Kindern von Geburt an ein Tablet in die Hand. Endlich eine konstruktive Botschaft, dachten vermutlich einige Eltern. Doch kaum aufgeblasen, platzt die Blase auch schon wieder. Die zitierte Psychologin erklärte auf Anfrage, eine Studie mit Kleinkindern im Alter von sechs Monaten bis drei Jahren sei erst in der Planungsphase, Ergebnisse gebe es noch gar nicht. Die vermeintlich gute Botschaft wird dennoch weiter durch das Internet geistern. Bis es wirklich aussagekräftige Ergebnisse gibt, werden Eltern wohl noch ein wenig warten müssen - und Wartezeit verbringen viele von ihnen ja gerne mit den kleinen Programmchen. baeu

Bei Rauchern kehrt der Prostatakrebs zurück

Raucher und ehemalige Raucher haben nach der Entfernung der Prostata wegen eines Karzinoms gegenüber Nichtrauchern ein deutlich höheres, nämlich doppelt so hohes Risiko, abermals an Prostatakrebs zu erkranken, also ein Rezidiv zu entwickeln. Das geht aus einer Studie im Fachmagazin „European Urology“ hervor, für die Wissenschaftler aus Wien und Basel Daten von 7200 Patienten auswerten, deren Prostata entfernt worden war (doi: 10.1016/j.eururo.2015.05.038). Nach zehn Jahren Zigarettenabstinenz scheinen aber ehemalige Raucher wieder dieselben Chancen zu haben wie Nichtraucher, weshalb es nie zu spät dafür sei, mit dem Rauchen aufzuhören, argumentiert Mitautor Shahrok Shariat, Leiter der Universitätsklinik für Urologie der MedUni Wien, in einer begleitenden Mitteilung. Ob das Rauchen auch schon eine Rolle bei der Entstehung von Prostatakrebs spielt, ist noch immer ungeklärt; die Studien zum Thema sind widersprüchlich. F.A.Z.

Neutrinos wechseln auf dem Flug ihre Identität

Dass Neutrinos chameleonartige Elementarteilchen sind, die ihre Identität wechseln können, ist jetzt durch ein weiteres Experiment untermauert worden. Jüngste Messungen mit dem Neutrino-Observatorium „Opera“ im Gran-Sasso-Untergundlabor bei Rom zeigen, dass sich Myon-Neutrinos auf ihrem Flug vom 730 Kilometer entfernten Erzeugungsort, einem Teilchenbeschleuniger des europäischen Forschungszentrums Cern bei Genf, offenkundig in Tau-Neutrinos umwandeln können. Von unzähligen registrierten Neutrino-Ereignissen sind fünf eindeutig als Tau-Neutrinos identifiziert worden, wie Giovanni De Lellis, Sprecher der am Opera-Experiment beteiligten europäischen Forschergruppe, auf einem haus-eigenen Seminar berichtete. Die Ausbeute erscheint mager, doch sind die Resultate für die Forscher eindeutig und ein klares Zeichen dafür, dass sich die Neutrinos, von denen es insgesamt drei Varianten gibt - das Elektron-, das Myon- und das Tau-Neutrino -, ineinander umwandeln können. Solche Teilchenoszillationen gelten als Indiz, dass Neutrinos eine Masse tragen. Unklar ist allerdings, wie groß diese ist. F.A.Z.

Wenn der Darm rebelliert

Über die Ursachen des Reizdarmsyndroms weiß man noch nicht viel. Eins ist klar: Die Beschwerden dürfen nicht als „rein psychisch“ abgetan werden. Seite N2

Ein Romancier im Zeitalter des Hochkapitalismus

Kein Gedenkjahr, aber dennoch: Die Romane von Émile Zola sollte man lesen - wieder oder zum ersten Mal. Ein ganzer Kontinent ist zu entdecken. Seite N3

Der Feind im zersplitterten Feld

Der Geschlechterforschung ist über die Dekonstruktion der Gegenstand abhandengekommen. Gibt ihr die Kapitalismuskritik eine neue Perspektive? Seite N4