

Umprogrammierte menschliche Zellen

Ein Fortschritt bei der Rückprogrammierung von adulten Stammzellen des Menschen ist Stammzellforschern des Max-Planck-Instituts für molekulare Biomedizin in Münster gelungen. Wie das Team um Hans Schöler im Fachjournal Science berichtet, konnte es die Zellen mit weniger Manipulationen als bisher nötig in den Zustand einer „induzierten pluripotenten Stammzelle“ (iPS) zu versetzen. Ähnliches war zuvor nur bei Mäusen gelungen.



Rückprogrammierte Muskelzellen

Hintergrund sind Versuche der Therapie von Krankheiten am Menschen. Embryonale Stammzellen (ES-Zellen) wären dafür Multitalente. Sie können sich zu allen Typen von Körperzellen entwickeln. Doch für eine mögliche medizinische Therapie sind sie ethisch umstritten, weil man zu ihrer Gewinnung Embryonen vernichten muss. Adulte Stammzellen sind nicht so vielseitig. Sie können aber zu ähnlich vielseitigen Zellen wie ES-Zellen, den iPS, rückprogrammiert werden. Dazu müssen indes neue steuernde Gene eingeschleust werden. Das birgt immer die Gefahr, dass das Gen sich nicht an der gewünschten Stelle etabliert und eine unkontrollierte Veränderung des Zellprogramms startet – was zu Krebs führen kann. Ein wichtiges Ziel ist es deshalb, möglichst wenige Gene einführen zu müssen, um das Risiko der Zellentartung zu minimieren. Den Münsteraner Forschern ist es jetzt gelungen, adulte menschliche Stammzellen mit nur einem eingefügten Gen, dem „Faktor Oct4“, zur iPS rückprogrammieren. DW

Das ist ein wichtiger Schritt, weil man so die Gewinnung von Stammzellen vereinfachen und das Risiko von Krebs senken kann. Ein wichtiges Ziel ist es deshalb, möglichst wenige Gene einführen zu müssen, um das Risiko der Zellentartung zu minimieren. Den Münsteraner Forschern ist es jetzt gelungen, adulte menschliche Stammzellen mit nur einem eingefügten Gen, dem „Faktor Oct4“, zur iPS rückprogrammieren. DW

Gesundheit

Was gegen hohen Blutdruck hilft

Bluthochdruck? Dagegen gibt es zum Glück Tabletten. Besser oder zumindest hilfreich ist es, auch die Ansatzpunkte im eigenen Lebensstil zu nutzen. Seite 72

Wissenschaft

Suche nach neuen Computerviren

Sie tun alles, um sich Viren einzuhandeln: Wie die Hersteller von Abwehr-Software mit Hunderten ungeschützten PCs neue Viren finden und analysieren. Seite 73

Wissenschaft für Kinder

Nadelballett im Wasserglas

In einem Glas mit Sprudel fangen Nadeln an zu tanzen. Das macht die Kohlensäure, deren Blasen sich zeitweise wie Schwimmreifen um die Nadeln legen. Seite 73

Buch der Woche

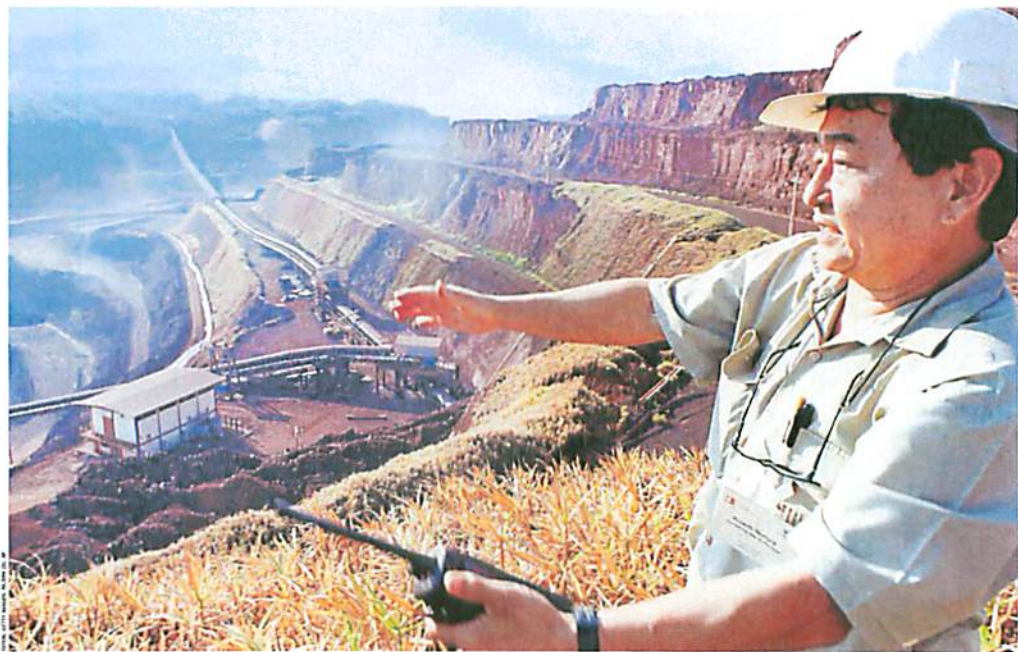
Quanten

Die Naturwissenschaften halten Fakten bereit, die sich dem menschlichen Geist nicht erschließen wollen. Etwa die Portionierung von Strahlung und Zuständen – die Aufteilung der Welt in Quanten. So ist Licht kein permanenter Energiestrom, sondern erreicht uns in Paketen. Man kann es sowohl als Materie begreifen, als auch als nichtstoffliche Welle. Beide Charakteristika lassen sich beweisen. Vieles aus der klassischen Quantenwelt passt so gar nicht zu den Vorstellungen der klassischen Physik. Albert Einstein stellte seine revolutionäre Quantentheorie am Anfang des vergangenen Jahrhunderts vor. Doch er ahnte nicht, wie sehr er sich noch in seinen eigenen Thesen verheddern und wie sehr er mit seinen Kollegen über die Implikationen in Streit geraten würde. Keine Sorge: Dieses Buch ist kein physikalisches Lehrwerk mit Formeln und Herleitungen. Es geht vielmehr um den langen Disput zwischen Albert Einstein und Niels Bohr darüber, was die Quantentheorie zu mindest für die Teilchenphysik und die Wahrnehmung der Wirklichkeit bedeutet. Wie sich zeigen sollte, zerrt die Quantentheorie am rationalen Weltverständnis: Es gibt eine grundsätzliche Unbestimmtheit, Wahrscheinlichkeit siegt über Berechenbarkeit. Zufall dominiert über Determinismus. Ursache und Wirkung verschwimmen. Einsteins weitere sich dagegen und hat seinen berühmten Ausspruch: „Gott würfelt nicht“. Kuhnars Buch behandelt diesen Streit, es enthält viel Biografisches zu den beteiligten Forschern und viel Atmosphärisches aus der Physikergemeinde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. vom Margit Kular, Berlin Verlag, Berlin, 540 Seiten, 28 Euro.



Quantentheorie am Anfang des vergangenen Jahrhunderts vor. Doch er ahnte nicht, wie sehr er sich noch in seinen eigenen Thesen verheddern und wie sehr er mit seinen Kollegen über die Implikationen in Streit geraten würde. Keine Sorge: Dieses Buch ist kein physikalisches Lehrwerk mit Formeln und Herleitungen. Es geht vielmehr um den langen Disput zwischen Albert Einstein und Niels Bohr darüber, was die Quantentheorie zu mindest für die Teilchenphysik und die Wahrnehmung der Wirklichkeit bedeutet. Wie sich zeigen sollte, zerrt die Quantentheorie am rationalen Weltverständnis: Es gibt eine grundsätzliche Unbestimmtheit, Wahrscheinlichkeit siegt über Berechenbarkeit. Zufall dominiert über Determinismus. Ursache und Wirkung verschwimmen. Einsteins weitere sich dagegen und hat seinen berühmten Ausspruch: „Gott würfelt nicht“. Kuhnars Buch behandelt diesen Streit, es enthält viel Biografisches zu den beteiligten Forschern und viel Atmosphärisches aus der Physikergemeinde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. vom Margit Kular, Berlin Verlag, Berlin, 540 Seiten, 28 Euro.

Wissenschaft
Telefon: 030-25 91-7 36 36
Fax: 030-25 91-7 19 67
E-Mail: wissenschaft@welt.de
Internet: welt.de/wissenschaft



Die Strecken sind im Hohenau, Seltene, aber technologisch wichtige Metalle wie Neodym und Indium findet man in den Lagerstätten der Massenerde. So stecken in Millionen Tonnen Erz nur wenige Kilogramm der begehrten Erden. Bergbau-Ingenieure wie hier in der Mine Carajas in Amazonien spüren sie auf.

Hightech-Metalle werden knapp

Der Bedarf an exotischen Elementen für die Technik steigt stark an. Ihr Mangel könnte Innovationen bremsen

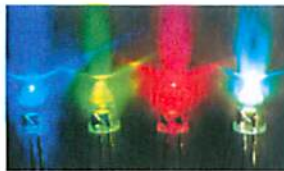
Von Wolfgang W. Merkel

Manchmal brisante Erkenntnis kommt plakativ daher und wird sofort verstanden – und oft deshalb überbewertet. Andere brisante Nachrichten verstecken sich hinter kryptischen Begriffen. „Gallium, Neodym und Indium werden knapp“ – was, bitte, wird knapp? Von den drei chemischen Elementen, allesamt Metalle, hat kaum jemand gehört. Dennoch geht heute jeder, ohne es zu wissen, mit ihnen um. Sie stecken in moderner Elektronik.

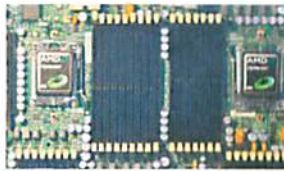
Gallium ist Teil von Mikrochips, Leuchtdioden und Dünnschicht-Solarzellen. Neodym ist ein wichtiges Material für die Lasertechnik und für Permanentmagneten. Die werden in Computerfestplatten, Kernspintromotoren und Elektromotoren verwendet. Indium hat seinen Platz in Displays und ebenfalls Dünnschicht-Solarzellen. Die Liste der exotischen, aber wichtigen Metalle lässt sich verlängern: Germanium, Scandium, Tantal...

Experten warnen jetzt, dass sie, die zunehmende Bedienung in der Hochtechnologie gewinnen, knapp werden. Ihr Bedarf steigt stark an, gleichzeitig stocken die Prospektion neuer Lagerstätten und der Abbau dieser Rohstoffe. Das Menetekel lautet: Die Weiterentwicklung der Informationstechnik und Kommunikationstechnik, von Solar-, Brennstoffzellen, Turbinen, Glasfasern und Lasertechnik, Katalyse, Supraleitung, leichten Metallgeräten sowie Elektroantrieben für Fahrzeuge gerät ins Stocken – auch der angestrebte Umstieg von der fossilen zur regenerativen Energie. Einige Ärgernisse waren gar vor dem Ende der auf technischen Systemen basierenden Zivilisation, wie wir sie kennen.

Wie wird sich der Bedarf in den kommenden Jahrzehnten tatsächlich entwickeln, wollte das Bundeswirtschaftsministerium wissen und beauftragte das Karlsruher Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) und das Berliner Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) mit einer Analyse. Die in technischen Perspektiven bewanderten Wissenschaftler untersuchten 32 als Zukunftstechnologien bewertete Felder und untersuchten den dortigen Bedarf an 22 Rohstoffen (Metallen). Neben dem schon genannten identifizierten sie weitere Rohstoffe als „vulnerabel“ (verfülllich), darunter Platin, Silber, Zinn, Kobalt, Palladium, Titan, Kupfer, Selen, Niob, Rubidium, Yttrium, Antimon und Chrom.



Beispiel Leuchtdioden: Strahlkraft bekommen sie unter anderem durch Gallium, einen chemischen Verwandten des Aluminiums



Elektronik: Auch Indium gehört zur Familie von Aluminium, in elektronischen Bauteilen (Platinen) ist es ein Zusatz zu den Lötlötmaterialien



Displays: Anzeigegeräte wie etwa in Handys und Navis enthalten ebenfalls Indium



Der Exot Neodym ist ein wichtiger Zusatzstoff für Laser und Dauermagneten. Letztere stecken auch in den Motoren von Elektro- und Hybridautos

Unterschätzte Entwicklung

- Viele Experten wurden von der Verknappung seltener Technologiemetalle überrascht, sagt Lorenz Erdmann vom Berliner Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Lange hatte man geglaubt, dass es der Markt schon richten werde, für Nachschub zu sorgen. „Doch die Marktanpassung läuft versagt.“
- Dreierlei hat die Nachfrage beschleunigt. Erstens der beispiellose chinesische Wirtschaftsboom. Zweitens der Wandel vieler Hochtechnologiebereiche, die auf neue Rohstoffe setzen. Ein Beispiel liefert Chip-Hersteller Intel: Früher bestand ein Mikroprozessor aus zehn chemischen Elementen, heute sind es 70.
- Drittens wurde der Handy-Boom unterschätzt. Zugespielt hat sich hier die Situation, weil der Nachschub des Rohstoffs Coltan – er liefert Tantal für kleine Hochleistungs-kondensatoren – abgeschnitten wurde. Die größten Mengen kommen aus dem vom Bürgerkrieg geschüttelten Kongo.

weltweiten Gallium-Produktion für sich reklamiert, wird ihr Bedarf bis zum Jahr 2030 auf das Sechsfache der Weltproduktion von 2006 wachsen. Das andere, weniger „anspruchsvolle“ Bereiche mehr Gallium benötigen werden, müsste die Weltproduktion bis 2030 unter dem Strich auf fast das Siebenfache steigen. Oder Skandinavien. Früher spielte das Metall technisch praktisch keine Rolle, aber dann entdeckten es die Flugzeugbauer. Legiert mit Aluminium, macht es dieses Metall stabiler.

Stehen wir bei solchen Exoten-Metallen – in Analogie zu „Peak Oil“ – vor Peak Metall? Ist der größere Teil dieser Rohstoffe bereits verbraucht? Der Vergleich mit „Peak Oil“ hinkt, sagt Lorenz Erdmann. Denn die Erdölvorräte gehen tatsächlich zur Neige, sind sie verheißt, dann sind sie weg. Die Verbrennungsprodukte sind kein Energielieferant mehr. In Gerichten verbaute Metalle dagegen verschwinden nicht. Sie können immerhin noch aus der Müll gewordenen Technik recycelt werden.

Zur Neige gehen diese Metalle nicht, aber Exploration und Ausbeutung neuer Lagerstätten werden aufwendiger und teurer. Erze mit immer geringeren Metallgehalten müssen herangezogen werden. Fortschritte in Bergbau- und Verhüttungstechnik ermöglichen es immerhin, Lagerstätten abzubauen, die vor einigen Jahrzehnten nicht als abbaubar galten. Beispiel Kupfer: Der Bedarf der Hightechindustrien steigt auch bei diesem weniger exotischen Massemetall bis 2030 auf etwa das Dreifache. Vor wenigen Jahrzehnten noch musste das Erz ein bis drei Prozent Kupfer enthalten, um abbaubar zu sein. Heute lohnen sich schon 0,3 Prozent, sagt Lorenz Erdmann.

Doch dieser Prozess lässt sich nicht endlos fortsetzen, schon gar nicht innerhalb von wenigen Jahren. Schnellen Ersatz gibt es nicht, denn eine neue Mine zu erschließen dauert zehn Jahre und erfordert hohe Investitionen. Die Lagerstätte muss dann 30 Jahre Rohstoff liefern. „Die Entscheidung für eine neue Mine ist entsprechend risikoreich, zumal die weiterverarbeitende Industrie keine Verpflichtung zur Abnahme über viele Jahre hinweg eingehen will“, sagt Lorenz Erdmann. „So entsteht oft eine Blockadesituation.“ Schwierig ist die forcierte Versorgung mit seltene Metalle auch, weil sie nicht jeweils für sich abgebaut werden können. Sie sind stets Beiprodukte der Massenerze. So werden Tausende Tonnen Kupfererz aufbereitet, um ein „Nebenstrom“ an wenige Tonnen Tellur oder Selen zu bekommen. Ein anderes Problem, das sich im Erzbergbau stellt: Dort gibt es zwar Lagerstätten mit einem hohen Gehalt an Indium. Doch die Gesamtmenge der Ressource ist zu gering, als dass sich der Aufbau einer Mineninfrastruktur lohnen würde. Manchmal wird es auch politisch brisant. In zugespitzter Form ist das beispielsweise bei Neodym zu beobachten, einem

Zusatzstoff zu Magneten in Elektromotoren. 97 Prozent der weltweiten Neodym-Produktion stammen aus China. Das Land hat den Export jedoch gedrosselt, das Metall kommt nun vorrangig der heimischen Industrie zugute – und die kann sehr günstige Elektromotoren anbieten. Eine Möglichkeit für westliche Firmen, dennoch zu Neodym zu kommen, könnte ein Joint Venture mit chinesischen Firmen sein. Besondere Brisanz bekommen die Handelsrestriktionen durch die Pläne von Regierung und Autokonzernen, Hybrid- und Elektroautos zu fördern.

Politisch gewollte Restriktionen und Bürgerkriege, die den Handel abwürgen – das zentrale Problem scheint jedoch die fehlende Erschließung neuer Rohstoffquellen zu sein. Auf dem Spiel steht nichts weniger als der gesamte technische Fortschritt, sagen einige Experten. Besonders düster klingen im Juni die Teilnehmer der ASPO-Konferenz bei Perugia in der Zukunft. ASPO steht für die Association for the Study of Peak Oil. André Dieckmann von der niederländischen Organisation für Angeordnete Naturwissenschaftliche Forschung prophezeit einen Teufelskreis: Metalle werden knapp und sie zu produzieren erfordert sprudelnden Ölquellen aber auch teurer. Die in der Technologie fehlenden Metalle blockieren andererseits den Wechsel zu den regenerativen Energien. Peak Oil, Peak Metal, Peak Everything?

Ein Endzeitszenario liegt IZT-Mitarbeiter Erdmann fern. Studien wie seine, die Auftragserteilung durch die Bundesregierung und die Alarmsignale, die weltweit lauten, zeigen das Problem bewusst. Die UN-Umweltorganisation habe eine Arbeitsgruppe Metall gegründet, die EU stelle Materialrechnungen und entwickle eine Strategie zur Ressourcensicherheit. Der Forscher sieht Chancen, den Technologie-Crash durch eine Reihe von Maßnahmen zu vermeiden. Die Technologiegeschichte zeigt, dass letztlich jeder knappe Stoff ersetzbar sei. Als er zu Zeiten des Kalten Krieges die Staaten des Ostens bestimme teure Rohstoffe aus Devisenmangel nicht kaufen konnten, fanden sie Ersatz. Auch Unternehmen, die durch neue Gesetze gegen gefährliche Stoffe übertracht wurden, gelang der Umstieg.

Die Substitution kann das einzelne knappe Metall betreffen, aber auch ganze Lösungskonzepte. Auch das Recycling knapper Stoffe lässt sich verbessern. Heute konzentrieren sich Recyclingunternehmen auf Massenstoffe wie Kupfer oder Stahl. Doch auch die seltene Metalle kann man rückgewinnen. Auch eine erhöhte Lebensdauer von Produkten oder neu etablierten Gebrauchsmaterialien könnten knappe Ressourcen schonen helfen. Der Untergang der Technologiegesellschaft bleibt aus „Hightech“ braucht Exoten, aber deren Knappheit ist nicht das Ende der Zivilisation.“

„Das ist nicht das Ende der Zivilisation.“
Lorenz Erdmann, Ingenieur am IZT

Das ist ein wichtiger Schritt, weil man so die Gewinnung von Stammzellen vereinfachen und das Risiko von Krebs senken kann. Ein wichtiges Ziel ist es deshalb, möglichst wenige Gene einführen zu müssen, um das Risiko der Zellentartung zu minimieren. Den Münsteraner Forschern ist es jetzt gelungen, adulte menschliche Stammzellen mit nur einem eingefügten Gen, dem „Faktor Oct4“, zur iPS rückprogrammieren. DW