

Niemand setzt mehr auf Europium. Als hätte Europa nicht schon genug Imageprobleme, ist nun auch das nach unserem Heimatkontinent benannte chemische Element in der Krise. Dabei war es einmal der Superstar unter den Lanthanoiden – jenen 15 Elementen im Souterrain der Periodentafel, deren Oxide zusammen mit den zwei darüber positionierten (Scandium und Yttrium) als „Seltene Erden“ bezeichnet werden. Denn es war das Europium, das von 1964 an in Mountain Pass im Süden Kaliforniens die erste Mine für Seltene Erden profitabel machte. Damals begann gerade der Siegeszug des Farbfernsehens, und in der roten Leuchtstofflampe der Röhrenbildschirme war Europium unentbehrlich. Das Zeitalter ist vorbei, und auch aus anderen Bereichen wurde das Element verdrängt. „Europium hat seit der Substitution durch LEDs in den meisten Anwendungen stark an Bedeutung verloren“, sagt Andreas Beuge von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover. Der Preisverfall ist entsprechend. Laut dem aktuellen Bericht des U.S. Geological Survey über mineralische Rohstoffe kostete ein Kilogramm Europiumoxid 2014 noch 822 Dollar, 2018 waren es nur noch 36.

Nun ist in dem Mineral Bastnäsit, das in Mountain Pass gefördert wird, Europium nur in kleinen Mengen enthalten. Seltene Erden kommen zumeist gemeinsam vor. Bastnäsit etwa ist ein Fluorcarbonat der Elemente Cer, Lanthan, Yttrium und Neodym, und Letzterer legte einen kometenhaften Aufstieg hin. Denn Neodym ist ein Schlüsselmaterial gleich zweier technologischer Großtrends: der Digitalisierung und des Bemühens, Transportwesen und Energieversorgung einer industriellen Zivilisation ohne Rückgriff auf fossile Energieträger zu organisieren. Hier ist Neodym wichtiger als selbst Lithium. Denn es ist Bestandteil von Neodym-Eisen-Bor (NdFeB). Erst seit 1982 gibt es diesen Werkstoff, der starke permanente Magneten für in extrem kleinen Volumina erzeugt. Heute geht ohne NdFeB-Magnete gar nichts mehr. Sie erst ermöglichen moderne Datenspeicher, Elektromotoren oder Windgeneratoren.

Die Mountain-Pass-Mine musste 2002 trotzdem erst einmal schließen. Der Grund dafür war Bayan Obo. Der Distrikt in der chinesischen Provinz der Inneren Mongolei beherbergt das weltweit größte bekannte Vorkommen an Seltene Erden. Hier lagern mindestens 100 Millionen Tonnen Bastnäsit und Monazit, ein Phosphat, das ebenfalls vor allem Cer, Lanthan und Neodym enthält. Fast 60 000 Tonnen Seltener Erden wurden dort 2017 gefördert, das sind fast die Hälfte der offiziellen chinesischen Förderquoten jenes Jahres, und die stellen immerhin 84 Prozent der Weltproduktion dar.

Das nährt Befürchtungen, etwa im Hinblick auf den aktuellen Handelskonflikt der Chinesen mit der Trump-Administration. Vergangene Woche beschäftigte ein Kommentar in der Pekinger Zeitung *Global Times* die Weltpresse, dessen Autor behauptete, China kontrolliere mit den Seltene Erden die Grundlage der modernen und insbesondere der militärischen Hochtechnologie. Damit hätte China am Ende auch den Finger auf unseren Smartphones. Doch diese Befürchtung war etwas übertrieben. In Smartphones enthalten allenfalls die Lautsprecher Neodym. Das für die heutige Kommunikation wirklich essentielle Element Indium – ohne das es weder Flachbildschirme noch Touchscreens gäbe – ist kein Element der Seltene Erden und auch kein Produkt der Bayan-Obo-Mine. Und natürlich gibt es auch außerhalb Chinas Vorkommen, etwa jene in Mountain Pass, auf die das Pentagon im Konfliktfall zurückgreifen könnte. Die könnten sogar schnell wieder wirtschaftlich werden,

IM GESPRÄCH

Alle wollen Neodym

Einige Elemente aus der Gruppe der Seltenen Erden werden immer begehrt. China dominiert heute die Produktion dieser Metalle. Wenn das so bleibt, ist der geopolitische Aspekt daran noch das kleinste Problem. Von Ulf von Rauchhaupt

Ohne dieses Zeug wäre die Energiewende nur noch durch weitgehende Deindustrialisierung zu schaffen.
Foto: SPL



wenn China seine Seltene Erden zurückhält. Als das Land 2010 anlässlich eines Streits mit Japan um eine Inselgruppe die Ausfuhr über das Ostchinesische Meer drosselte, hielt es das nicht lange durch. Im Jahr darauf schmolten der Preis etwa für Neodymoxid bis auf über 4000 Dollar pro Kilo, um bis 2013 wieder auf unter 1000 zu fallen. Schon vorher war die Mountain-Pass-Mine im Hinblick auf die absehbar steigende Nachfrage wieder aktiviert worden. Zwar mag China – wie es ein australischer Ökonom formulierte – in Sachen Seltener Erden eine „Opec von Steroids“ sein, doch in Wahrheit sitzt eben nicht auf einem Großteil der Weltreserven, sondern laut U.S. Geological Survey nur auf knapp 37 Prozent davon.

Denn so selten sind die neuerdings begehrten Metalle gar nicht. Tatsächlich kommen noch und rarsten Lanthanoide Thulium und Lutetium – in der Erdkruste häufiger vor als Silber oder Iod. Europium ist insgesamt ähnlich häufig wie Zinn und Neodym und nur unwesentlich seltener als Kupfer. Allerdings haben Seltene-Erden-Elemente eine eigentümliche Chemie. Zum einen weisen ihre Ionen abnorm große Durchmesser auf, und zwar umso größere, je leichter und damit häufiger das Element ist. Das macht es geochemischen Prozessen schwerer, sie zu abbaurelevanten Vorkommen zu konzentrieren. Wenn gewöhnliche Silikatmagmen erstarren, bleiben sie als inkompatible Elemente in der Schmelze zurück. Angereichert findet man sie vor allem in einem exotischen Typ magmatischen Gesteins, sogenannten Karbonatit, der mehr aus Karbonaten als aus Silikaten besteht. Die großen Erzkörper leichter Seltener Erden hängen alle mit Karbonatiten zusammen, Bayan Obo und Mountain Pass ebenso wie die das größte Vorkommen außerhalb Chinas, Mount Weld in Australien, das erst 1988 entdeckt wurde und wo seit 2010 gefördert wird. Die „Seltenheit“ der Seltene Erden ist also nicht die der Elemente selbst, sondern die ihrer Minerale.

Die Chemie der Seltene-Erden-Metalle bringt aber noch zwei weitere für ihre wirtschaftliche Nutzung relevante

Besonderheiten mit sich: Lanthanoide sind sich untereinander und den in der Periodentafel unter ihnen stehenden Actinoiden sehr ähnlich. Letztere sind sämtlich radioaktiv, aber nur zwei davon haben Halbwertszeiten in der Größenordnung des Alters der Erde und sind daher vergleichsweise häufig: Uran und Thorium. Diese sind daher zusammen mit ihren ebenfalls radioaktiven Zerfallsprodukten, darunter Radium, in den Erzen der Seltene Erden immer in Spuren enthalten. Bei deren Verarbeitung fallen also auch schwach radioaktive Abfälle an.

Sowohl die Ähnlichkeit der Seltene-Erden-Elemente untereinander macht ihre Nutzung zu einer Herausforderung. Als Chemiker sie zwischen 1787 und 1907 entdeckten – erst 1947 kam dann das instabile Promethium dazu –, hatten sie lange ihre liebe Mühe damit, sie voneinander zu trennen. Neodym und Praseodym etwa galten mehr als vierzig Jahre lang als ein einziges Element, das man „Didym“ nannte. Der enorme Aufwand, die Seltene Erden chemisch zu trennen und ihre Verbindungen in ausreichender Reinheit zu gewinnen, behinderte bis in die Nachkriegszeit ihre Erforschung und damit auch die ihrer möglichen Anwendungen. Insbesondere die weniger häufigen schwereren Lanthanoide schlummerten als chemische Kuriositäten in einem Dornröschenschlaf, aus dem sie erst moderne Verfahren mit speziell entwickelten komplexen Reagenzien weckten. Doch ihre großtechnische Trennung ist auch heute noch eine im Vergleich zur Verhüttung anderer Metalle aufwendige Angelegenheit. In mehrstufigen Verfahren werden dafür organische und wässrige Extraktionsmittel benutzt, von denen Letztere in der Regel Ammoniak enthalten. Chemiker der University of Pennsylvania schrieben im vergangenen Februar in der *Abwasser*-Sonderausgabe *Science*, dass sie in einem Übersichtsartikel in *Science*, dass sie in diesen Prozessen erhebliche Gefahrenpotenziale bergen, etwa die der Grundwasserkontamination oder Überdüngung. Immerhin sei es gelungen, den Verbrauch an solchen Chemikalien von sieben auf eine Tonne pro Tonne verarbeiteter Seltener Erden zu reduzieren.

Neben Chinas Glück mit der Geologie und seinen geringeren Lohnkosten sind nun die dortigen lausigen Umweltstandards ein weiterer Wettbewerbsvorteil des Landes bei der Erzeugung von Neodym & Co. Auch wenn man sich im Reich der Mitte neuerdings um eine saubere Seltene-Erden-Industrie bemüht: In dem autoritär geführten Land dürfte es für geschädigte Arbeiter oder Anwohner vergleichsweise schwierig bleiben, die Produzenten erfolgreich auf substantielle Schadensersatz zu verklagen. In Mountain Pass war genau das nach Leckagen von Abwasserleitungen in den 1990er Jahren geschehen. Anschließend war die Erzerzeugung dort eingestellt worden. Heute wird das Bastnäsit-Konzentrat aus der Mountain-Pass-Mine, die inzwischen teilweise in chinesischer Hand ist, in China weiterverarbeitet.

Probleme mit dem Umwelt- wie mit dem Arbeitsschutz sind aber vielleicht noch ärger bei den schweren Seltene Erden, deren Boom erst anrollt. Das betrifft insbesondere das Dysprosium. Dieses Element muss man dem NdFeB zusetzen, damit die Magnete nicht bereits bei Temperaturen von 80 Grad ihre Funktion verlieren. Das heißt: ohne Dysprosium keine Elektroautos. So dürfte sich der Bedarf an Neodym im Jahr 2035 um 76 Prozent gegenüber der 2013 produzierten Menge steigern. Von Dysprosium aber wird dann mehr als dreimal so viel gebraucht werden, schätzt es im Auftrag der Deutschen Rohstoffagentur erstellte Studie aus dem Jahr 2016. Wie andere schwere Metalle werden auch Dysprosiumoxide heute überwiegend in China geschürft, und zwar im Süden des Landes und zum Teil in illegalen Gruben, wo die Einhaltung der lachen chinesischen Arbeits- und Umweltstandards alles andere als garantiert ist. Einer 2016 in *Resources Policy* erschienenen Untersuchung zufolge kommen 40 Prozent der chinesischen Produktion an Seltene Erden aus illegalen Bergbauaktivitäten. Wenn dieser Zustand andauert, dann schöpft die grüne klimafreundliche Zukunft, die der Westen sich erträumt, aus einer ziemlich dünnen Quelle.

SOZIALE SYSTEME



Früchte der Fairness

Von moralisch sensiblen Verbrauchern allein könnten die Produzenten fair gehandelter Produkte nicht leben.

Von André Kieserling

Soziologen führen die Lernfähigkeit von Betrieben darauf zurück, dass deren Mitarbeiter vor allem an regelmäßiger Bezahlung interessiert sind und nicht am Gegenstand der Produktion. Der Zweck, diese bestimmte Vierfruchtmarmelade zu produzieren, ist also nicht das Motiv derjenigen, die das tun, und also kann man ihn ohne Gefährdung der Arbeitsmotivation ändern, sobald geänderte Kundenwünsche dies nahelegen. Freiwillige Vereinigungen, die ihre Gründungszwecke zugleich als Motiv verwenden, haben hier sehr viel größere Schwierigkeiten. Ändern sie ihren Zweck, kann das zu massenhaften Austritten führen.

Auf der Seite der Kunden gibt es dazu eine Entsprechung. Die meisten sind nicht nur am Produkt interessiert und nicht an den technischen und sozialen Merkmalen des Herstellungsprozesses. Auch diese Interessensbegrenzung kommt der Lernfähigkeit des Betriebes entgegen. Er kann über Themen wie Arbeitslohn oder Umweltschutz entscheiden, ohne dies mit der Kaufkraft abstimmen zu müssen, und gewinnt so die Möglichkeit, geänderten Vorstellungen der Gewerkschaft oder des Gesetzgebers zügig zu folgen.

Diese Indifferenz fällt dem Kunden leicht, solange er sich darauf verlassen kann, dass starke Gewerkschaften und ein starker Gesetzgeber dafür sorgen, dass Arbeitnehmerrechte und Umweltstandards beachtet werden. Bei Waren aus Entwicklungsländern ist das nicht gesichert. Hier greifen manche Kunden nur zu, wenn ein vertrauenswürdige Zertifikat ihnen versichert, dass die Produkte aus moralisch und ökologisch korrekter Erzeugung stammen: keine Zwangs- oder Kinderarbeit, keine Verwendung giftiger Chemikalien und so weiter. Man hat diesen Sondermarkt für zertifizierte Produkte bisher bevorzugt aus der Sicht dieser Kunden beschreiben. Aber was bedeutet er aus der Sicht der Betriebe?

Die Luzerner Soziologin Nadine Arnold ist dieser Frage nun in westafrikanischen Staat Ghana nachgegangen, und zwar am Beispiel des Anbaus von Ananas, die für den Schweizer Einzelhandel bestimmt sind. Kleinbauern und Großplantagen, die höhere Standards für Arbeitnehmerrechte und Umweltschutz respektieren als von der lokalen Rechtsordnung verlangt, winken im Austausch dafür ökonomische Vorteile gegenüber den Konkurrenten vor Ort. Nämlich feste, die Produktionskosten deckende Preise, langfristige, von kleineren Marktswankungen unabhängige Vertragsbeziehungen zu den Abnehmern im Handel und schließlich finanzielle Unterstützung beim Bau von Schulen oder Krankenhäusern. Bezahlt werden diese Vorzüge

aus dem höheren Preis, den die zertifizierten Produkte bei der moralisch anspruchsvollen Kundschaft erzielen. Zu den interessantesten Ergebnissen der Fallstudie gehört, dass es offenbar viel Ananas gibt, die jenen hohen Standards genügen, als man an den Fairtrade-Zertifikaten ablesen könnte. Ohne es zu wissen, kommen Kunden, die vor allem auf günstige Preise ansprechen, in den ungetriggerten Genuss von Vorzügen, die ihnen nichts bedeuten. Wie ist das möglich? Der operbereite Kunde der fair gehandelten Produkte stellt sich die von ihm unterstützten Betriebe gerne so vor, als würden sie ausschließlich für Leute wie ihn produzieren. In Wahrheit wird den zertifizierten Betrieben aber immer nur ein mehr oder minder großer Anteil ihrer Ernte zu Fairtrade-Bedingungen abgenommen, und der Rest geht an Händler, die den moralisch indifferenten Normalverbraucher bedienen. Aus dessen Sicht bietet das korrekt hergestellte Produkt keinen zusätzlichen Nutzen, der einen höheren Verkaufspreis rechtfertigen könnte, und daher sind die ihn repräsentierenden Händler auch nicht bereit, sich an den höheren Produktionskosten für zertifizierte Früchte zu beteiligen, die dann eben unerkannt und zum Normalpreis im Supermarkt landen. Von der Größe des fair gehandelten Ernteanteils hängt viel ab, denn wenn er unter eine bestimmte Schwelle sinkt, lohnen sich die immer erneut aufzubringenden Zertifizierungskosten nicht mehr. Da die Großabnehmer des Handels am liebsten mit Großplantagen verhandeln, sind es vor allem die Plantagen, die diesen Schwellenwert erreichen, während dies für Kleinbauern und ihre Kooperationspartner unmöglich ist. Für kleine Betriebe, die den Standards nicht genügen, kann das Zertifikat daher kein Anreiz zu Umstellungen sein. Andere Betriebe, genutzend älteren Standards, die etwas Ähnliches abverlangt hatten, ohne es Fairtrade zu nennen. Sie könnten sich jederzeit umstellen, tun es aber nicht, weil sich die Zertifizierungskosten nicht lohnen. Den Großbetriebern wiederum kann die moralisch empfindliche Kundschaft abhandelnkommen – und mit ihr das Motiv, sich erneut um das Zertifikat zu bemühen. In einem der untersuchten Fälle entschied das Management darum, den einmal erreichten Standard zu halten und dies durch interne Kontrollen sicherzustellen, um jene Kundengruppe der ethisch anspruchsvollen im Falle ihrer Rückkehr ansogleich bedienen zu können, ihn aber nicht nochmals zertifizieren zu lassen, um die damit verbundenen Kosten zu sparen.

Nadine Arnold, Die Produzenten in moralisierten Märkten, in: Zeitschrift für Soziologie 48(2019), S. 70-91

IM GRÜNEN BEREICH
EIN EXPLOSIVES SCHLITZOHR

VON JÖRG ALBRECHT



vierhundert Arten, kommt auf allen Kontinenten und in ungezählten Zuchtformen vor und wird so ziemlich mit allen Standorten fertig. Dem Nachbarn ist es gelungen, mit einer einzigen Sorte große Teile seines Hanges zu besiedeln, an dem sich vorher nur der Giersch wohl gefühlt hat.

Nicht einmal das konnte mich überzeugen. Irgendein hartnäckiges Vorurteil hinderte mich daran, das Thema Geranium ins Auge zu fassen. In solchen Fällen entwickelt ein Garten auf geheimnisvolle Weise Strategien, um den Besitzer eines Besseren zu belehren. Wie aus dem Nichts hat sich in diesem Jahr ein Gewächs ausgebreitet, das sonst nur vereinzelte vorkam und von mir stets als Kraut ausgerissen wurde. Es handelt sich um den Schlitzblättrigen Storchschnabel (*Geranium dissectum*). Er bringt nur kleine, dafür umso hübschere rotviolette Blüten hervor und gehört zu den sogenannten Xeroballochoren, auf denen Sauch Ausstrückungsstrategien, die ihren Samen explosionsartig verteilen. Ursprünglich am Mittelmeer heimisch, hat er sich als Archäophyt mit dem Ackerbau in ganz Mitteleuropa ausgebreitet. Und jetzt sogar in meinen Garten. Auf Lehmböden fühlt sich der Schlitzblättrige Storchschnabel besonders wohl, den findet er bei mir. Eine gewisse Schlitzzirkigkeit ist ihm nicht abzuspüren.

Die AUFLÖSUNG DES OSTERRÄTSELS

Fallende Klötzchen

Was macht ein Rätselmacher, wenn er immer wieder von den Lesern und Lesern dieser Zeitung angefeuert wird, mal ein richtig schweres Rätsel zu bauen? Nun, er liefert. Man kann ohne Übertreibung sagen, dass das letzte Osterrätsel das bisher kniffligste unserer großen Rätsel war. Das schlug sich auch in der vergleichsweise niedrigen Anzahl eingereichter Lösungen nieder: War diese Zahl bisher normalerweise vierstellig, so erhielten wir beim Osterrätsel diesmal nur 529 Zuschriften, von denen 344 die richtige Lösung enthielten.

Auf Lösung:

1	1	1	1	4	4	4	4	5	5
1	1	1	1	4	4	4	4	4	5
1	1	1	1	4	3	3	4	3	3
1	1	1	1	3	3	2	3	3	2
1	1	1	1	2	2	2	2	2	2

Pimania (Sonnenuhr / Pferd), Sabre Wolf (Labyrinth mit farbigen Orchideen), Summer Games (beschädigte Joysticks), Supermampfer (pacMan auf Deutsch) und Xenon 1 (französischer Heimcomputer Oric-1).

Wer all dies herausfindet und dann auch noch korrekt „lettris auf Raten“ spielt, der kam auf die Lösungszahl 476, korrekt ausgeschrieben „Zweidundvierzig“. Der Gutsein für einen Aufenthalt im Novasol-Ferienhaus in Travemünde gibt an Maria Thomas aus Dreieich. Thomas Güttmann aus Esslingen gewinnt den Hotelgutschein für das Leonardo Royal Hotel in München, Thorsten Thiesing aus Diepholz einen Gutschein für das Leonardo Royal Hotel in Berlin. Je eine Sternglas-Armbanduhr Naos geht an Corinna Kerlies aus Hamburg und Judith Adam aus München. Andrea Frühlich aus München gewinnt die Moccambat-Kaffeemaschine, Steffi Günther aus Frankfurt das Geneva Touring XS Radio. Der Teufel Airy Kopfhörer geht an Katrin Kunze aus Dornstetten. Weitere Gewinner unter faz.net/planckton.