



Phosphatabbau in der Westsahara

FADEL SENNA / AFP / GETTY IMAGES

ROHSTOFFE

Gold aus Gülle und Knochen

Phosphor ist unersetzlich für die Ernährung der Menschheit.

Immer gieriger wird die Ressource verbraucht, die Vorräte schwinden. Recycling wäre die Lösung – Forscher arbeiten daran.

Schon einmal hat Paul Crutzen die Welt auf ein dräuendes Unheil aufmerksam gemacht: das Ozonloch. Nun hat sich der 79-jährige Nobelpreisträger einem eher irdischen Problem zugewandt, es geht dem niederländischen Atmosphärenchemiker um nichts weniger als um die Zukunft der Menschheit. „Phosphor ist ein wahnsinnig wichtiger Stoff“, sagt Crutzen. „Die Weltbevölkerung wächst und wächst, und die Menschen müssen essen. Aber ohne Phosphor gibt es kein Essen.“

Alle Welt Sorge sich um fossile und alternative Energien, klagt Crutzen, aber über das Problem Phosphor werde noch immer viel zu wenig gesprochen. Dabei ist der Stoff mindestens so wichtig wie Kohle oder Erdöl. Wie diese Ressourcen geht auch der Phosphor zur Neige.

Während Kohlenstoff aus tiefen Gesteinsschichten verbrannt wird, um Energie zu erzeugen, wird Phosphat aus dem Gestein gehämert, zu Dünger verarbeitet und auf Äcker ausgebracht, um eine wachsende Anzahl Menschen und Nutztiere zu ernähren. Beides ist nicht nachhaltig und belastet die Umwelt.

Aber im Gegensatz zu Erdöl lässt sich Phosphor durch nichts ersetzen.

Deswegen beunruhigt Paul Crutzen vor allem, dass niemand genau weiß, wie viel von dem Stoff überhaupt noch da ist – es gibt keine verlässlichen Daten über die weltweit verfügbaren Vorräte. Erreicht die Menschheit schon in rund 20 Jahren den sogenannten Peak Phosphorus, das Maximum der globalen Förderung, wie manche Experten errechnet haben? Oder reichen die Vorräte noch für ein paar hundert Jahre, wie andere behaupten?

Da vorsichtshalber mit dem schlechtesten Fall zu rechnen ist, sind schon jetzt Strategien gegen die künftige Phosphorkrise gefragt. Die gibt es aber noch nicht.

Wie jeder Einzelne dazu beitragen könnte, eine Krise abzuwenden, lässt sich am Wasserforschungsinstitut Eawag in der Nähe von Zürich besichtigen. „Wir gehen mal zum Urinreaktor“, sagt der Umweltingenieur Kai Udert, 42, und schreitet voran, eine Treppe hinab in einen grauen Kellerflur mit Lüftungsrohren. Unterwegs stoppt er, um eine Toilette zu zeigen. Sie hat zwei Auffangbecken, eines für Urin, eines für „Feststoffe“. Hier beginnt das Recycling, denn: „Jeder Mensch scheidet

pro Tag bis zu 1,5 Gramm Phosphor aus, 60 Prozent davon im Urin“, erklärt Udert. Der Urin der Eawag-Forscher wird in einen Tank geleitet, der im „Urinlabor“ steht. Aus diesem Behälter befördern Pumpen die Flüssigkeit in einen Reaktor, in dem Phosphat und andere Mineral- und Nährstoffe in mehreren Schritten ausgefällt und gereinigt werden. Das Endprodukt ist wahlweise eine dunkelbraune, hochkonzentrierte Lösung oder ein Pulver. Beides könne als Dünger eingesetzt werden, erklärt Udert.

Er und seine Kollegen testen das Verfahren derzeit in einem großangelegten Feldversuch in der Umgebung von Durban in Südafrika, wo es zuvor keine Sanitäranlagen gab. 75 000 sogenannte Nomix-Toiletten hätten sie dort bislang installiert, berichtet Udert stolz. Die Gates-Stiftung unterstützt die Eawag-Forscher dabei mit 2,3 Millionen Euro.

Phosphor: Symbol P, Ordnungszahl 15; ein allgegenwärtiges, leichtentzündliches Element, das im Jahr 1669 von einem Hamburger Apotheker entdeckt wurde. Es ist ein Treibstoff der Zellen, ein Baustein der DNA-Doppelhelix, in Form von Apatit stabilisiert es Knochen und Zähne.

Der menschliche Körper enthält etwa 700 Gramm Phosphor. Wer über längere Zeit weniger als 0,7 Gramm pro Tag zu sich nimmt, entwickelt Mangelerscheinungen wie Müdigkeit, Muskelschwäche, Herzrhythmusstörungen, Atemnot und brüchige Knochen.

Ohne Phosphor erstürbe alles Leben auf der Erde.

In der Umwelt ist das Element allerdings nur in geringen Mengen vorhanden. Rund 0,1 Gewichtsprozent der Erdkruste

Umweltingenieur Udert Urin im Tank

einer: Mohammed VI., 50, König von Marokko. Das Berberreich soll über 80 Prozent der globalen Reserven verfügen. Die Phosphatindustrie ist in der Hand der Regierung, sie erwirtschaftet die Hälfte der staatlichen Einnahmen. Die Königsfamilie lebt davon nicht schlecht. Allein der Unterhalt ihrer zwölf Paläste kostet angeblich weit mehr als eine Million Dollar pro Tag.

Die übrigen Weltbestände lagern mehrheitlich in China, Syrien und Algerien, auch in Russland und Brasilien finden sich Phosphorvorräte. Die USA rechnen damit, dass ihre Reserven in wenigen Jahrzehnten erschöpft sein werden. Europa, ohne nennenswerte eigene Vorkommen, ist darauf angewiesen, Phosphat zu importieren: 330 000 Tonnen davon streuen deutsche Bauern jedes Jahr auf ihre Felder.

Was geschehen kann, wenn der Rohstoff knapp wird, zeigte sich 2007, als erstmals die weltweite Nachfrage das Angebot überstieg: Innerhalb weniger Monate verachtachte sich der Preis für Phosphor. Prompt erhob China einen Ausfuhrzoll von 120 Prozent. Im vergangenen Jahr, auch das eine Premiere, stufte die Bundesregierung Phosphor als Mangelrohstoff ein.

„Nur eine Handvoll Länder kontrollieren eine Ressource, von der die Ernährungssicherheit aller Länder abhängig ist“, warnt die australische Forscherin Dana Cordell von der University of Technology in Sydney. Gemeinsam mit einer Gruppe internationaler Wissenschaftler hat sie die „Global Phosphorus Research Initiative“ ins Leben gerufen. Paul Crutzen fungiert als Ehrenbotschafter.

Cordell, Crutzen und ihre Mitstreiter wollen, dass Phosphor global reguliert wird. Darauf zu vertrauen, dass der Markt es schon richtet, sei unverantwortlich. Außerdem plädieren die Wissenschaftler dafür, „Phosphor aus Exkrementen und anderen Abfällen zu recyceln“.

Der Gedanke ist natürlich nicht neu. Bis vor einigen Jahren wurde Phosphat beispielsweise aus Schlachtabfällen oder Klärschlamm gewonnen – beides ist heute vielerorts verboten. Tiermehl geriet während der BSE-Krise in den neunziger Jah-

ren in Verruf. Und Klärschlamm ist häufig mit Schwermetallen, Arzneimittelrückständen und Hormonen verunreinigt, weswegen er nur noch eingeschränkt als Dünger verwendet werden darf.

Nun müssen Forscher und Ingenieure es richten: Wie lässt sich das neue Gold jetzt doch noch in großem Stil aus Klärschlamm und Gülle gewinnen?

Wissenschaftler aus Deutschland und der Schweiz gelten international als Pioniere des Phosphorrecyclings. Einer Studie des Umweltbundesamts zufolge stammen von rund 50 solcher Verfahren mehr als die Hälfte aus Deutschland.

So hat die Uni Rostock sich, gemeinsam mit drei Leibniz-Instituten, dem Element P verschrieben, denn „Phosphor ist ein sexy Thema“, sagt Peter Leinweber vom Institut für Bodenkunde. Er experi-

mentiert seit Jahren mit Schlachtabfällen als Phosphorquelle. „Sie werden innerhalb von 24 Stunden erhitzt, unter Druck behandelt, entfettet und entgelatinisiert“, erklärt er. Was dabei herauskomme, sei „der Grundstoff für Gummibärchen“. Ihn interessiert der Rest, die sogenannte Knochenkohle: Sie lasse sich problemlos zu hochwertigem Phosphatdünger verarbeiten.

Unterdessen tüftelt Carsten Gellermann von der Fraunhofer Projektgruppe für Werkstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Bayern an einem Verfahren mit Magnetitteilchen, die dank einer speziellen Oberfläche Phosphate aus wässrigen Lösungen binden können. „Das Prinzip funktioniert“, sagt er. Als Nächstes wollen er und seine Kollegen es im größeren Maßstab in einer Kläranlage testen.

Auf ihrer Konferenz im Juni beschlossen die Umweltminister der Länder, dass im bayerischen Alzenau eine nationale Phosphorplattform entstehen soll, die die zahlreichen Forschungsinitiativen koordiniert. „Das Ziel ist natürlich, dass Deutschland weniger abhängig von Importen wird“, sagt der Fraunhofer-Experte Walter Schindler, der an der Entwicklung der Platt-

form beteiligt ist. „Wir sind im Recyclinggeschäft doch noch recht grobschlüchtig.“

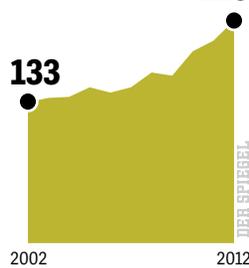
Wer will, darf jetzt beim Verfeinern der Methoden helfen: Die Europäische Kommission bittet in ihrer „Mitteilung zur nachhaltigen Verwendung von Phosphor“ ausdrücklich auch „interessierte Privatpersonen“ um Anregungen.

SAMIHA SHAFY

Phosphor

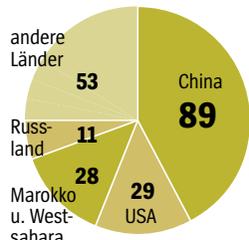
Abbau weltweit

in Millionen Tonnen



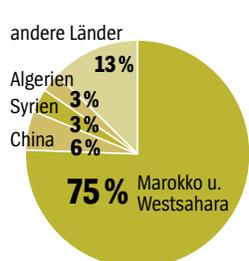
Abbau nach Ländern

2012 in Millionen Tonnen



Weltreserven

Geschätzter Anteil



Quelle: U.S. Geological Survey

bestehen aus Phosphor, überwiegend in Form von Phosphatmolekülen. Die meisten dieser Phosphatgesteine haben sich über viele Millionen Jahre aus abgestorbenen Meereslebewesen gebildet.

In der Industrie wird Phosphor als Zusatzstoff in Lebensmitteln wie Wurst, Käse und Speiseeis eingesetzt und als Phosphorsäure in Cola. Er findet sich auch in Leuchtstoffen, Flamm- und Korrosionsschutzmitteln.

Seine wichtigste Funktion erfüllt der Stoff jedoch in der Landwirtschaft: Ohne industriell gefertigten Dünger aus Phosphatgestein wäre die grüne Revolution des 20. Jahrhunderts kaum vorstellbar. Die globale Nahrungsmittelproduktion, wie wir sie heute kennen, würde ohne den Dünger innerhalb kurzer Zeit zusammenbrechen. „Es ist schockierend, wenn man mal darüber nachdenkt“, sagt Crutzen.

Die weltweite Nachfrage nach der kostbaren Ressource steigt jährlich um rund drei Prozent. Denn

- ▶ die Weltbevölkerung wächst und benötigt mehr Nahrungsmittel;
- ▶ die Menschen essen auch in den Entwicklungsländern mit wachsendem Wohlstand mehr Fleisch und Milchprodukte, deren Produktion größere Mengen Phosphor verbraucht als etwa Reis oder Weizen;
- ▶ auch Biokraftstoffe werden mit Phosphatdünger hergestellt.

Vor 50 Jahren förderten Schaufelradbagger noch 43 Millionen Tonnen Phosphatgestein, 2012 waren es bereits 210 Millionen Tonnen.

Noch scheint der Rohstoff zu reichen – aber er ist ungerechter auf der Erde verteilt als Erdöl. Davon profitiert vor allem