

Problem nicht bearbeitet zu werden braucht. Offenbar ist Wissenschaftlern geraten worden, dieses Sachgebiet zu meiden. Ich glaube, es bedarf einiger motivierter und unerschrockener Personen, diese Blockade zu ignorieren.

Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) habe ich tatsächlich eine Einladung erhalten, jedoch keinen Termin genannt bekommen, seit ich Mitte 2008 gebeten habe, noch ein paar Fragen zu klären, bevor ich eine Zusage mache, meine Forschungsergebnisse dort erneut zu erläutern. Vor allem wünschte ich, daß Zeugen dabei anwesend sind. Ich möchte, daß bekannt wird, was ich dort zu sagen habe. Andernfalls, so fürchte ich, werden

meine Bemühungen wiederum vergeblich sein, wie bisher. Im Frühjahr 1993 traf ich eine kleine Expertengruppe in Bad Bentheim, im März 2004 Vertreter des Arbeitskreises Endlagerung (Ak End) der Rot-Grünen Bundesregierung und andere in Braunschweig.

Zuvor hatte Dr. Jörg Mönig von der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) Braunschweig mich in Groningen besucht. Bei diesem Besuch wurde deutlich, daß fast die gesamten Forschungsarbeiten auf diesem wichtigen Gebiet in Groningen durchgeführt wurden. In allen Fällen heißt es im Fazit, es besteht Forschungsbedarf. Doch geforscht wird nicht.“

Statt dessen, so ergänzt die Bürgerinitiative, erschien 2006 eine Stellungnahme der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), Autor war Dr. Jörg Mönig. Unter dem Titel „RSK-Stellungnahme zu Strahlenschädigung in Steinsalz“ faßt der Wissenschaftler Forschungsergebnisse zusammen. In der Stellungnahme, so moniert die BI, komme zwar der Name den Hartogs vor, aber seine Forschungsergebnisse würden weder zitiert noch in der Literaturliste angeführt. Die BI fordert seit Jahren, daß das Augenmerk auf die Probleme der Radioanalyse in Salz als Endlagerformation gerichtet wird.

Den Hartog schließt: „Es ist unverständlich, daß die Ver-

antwortlichen in Deutschland keinerlei Bemühungen erkennen lassen, die anstehenden Probleme zu bearbeiten. Es ist traurig sagen zu müssen, daß diejenigen in Deutschland, die für die Erforschung der mit der Endlagerung der hochgefährlichen radioaktiven Abfälle verbundenen Probleme zuständig sind, anscheinend nichts anderes tun, als Wissenschaftler zu entmutigen. Ich bin bereit, jeden zu unterstützen, der seinen bequemen Sessel verläßt, um in diesem Bereich zu forschen. Allerdings möchte ich Einladungen nicht folgen, die lediglich eine Fortsetzung der bisherigen Spielchen darstellen würden.“

## Uran im Dünger

# Landwirte wollen Phosphor und bringen Uran auf den Acker

Von Inge Lindemann

Phosphor ist ein lebensnotwendiger Pflanzennährstoff und deshalb neben Stickstoff und Kalium der wichtigste Düngemittelbestandteil. Am Mais läßt sich Phosphormangel leicht an rötlich verfärbten Blättern, dünnen Stengeln und schwach ausgebildeten Wurzeln erkennen. Bei Phosphormangel bleiben die Pflanzen meist klein und kümmerlich. Gerade im Maisanbau wird viel Dünger eingesetzt. Branchenkenner machen besonders die Biodieselnutzung und den steigenden Fleischkonsum dafür verantwortlich, dass nach jahrzehntelanger Preisstabilität und Versorgungssicherheit auf dem Phosphatmarkt die Preise im November 2007 explodierten [1]. In die Düngemittelindustrie sei nie Geld investiert worden, erklären Insider. Die Anlagen seien am Rande der technischen Möglichkeiten gefahren. Auf ein-

mal sei alles zusammengekommen: eine Veränderung der Anpflanzungsstrategie und die erhöhte Nachfrage der Futtermittelhersteller. Dies führte schlagartig zur Verknappung des Phosphatangebots. Die Preise zogen auf das 10fache an. Mit Agrarprodukten ließ sich im vergangenen Jahr gut Geld verdienen. Im Januar 2009 zeichnete sich wieder ein leichter Preisrückgang auf dem Rohphosphatmarkt ab.

Der Bedarf an Phosphor für die Landwirtschaft steigt mit wachsender Weltbevölkerung an, doch die natürlichen Phosphatreserven sind begrenzt, mahnen Experten. Ökonomisch abbauwürdig seien derzeit 18 Milliarden Tonnen Rohphosphat. Je nach Berechnungsgrundlagen schwanken die prognostizierten Reichweiten für Phosphor zwischen 50

und mehreren hundert Jahren [2]. Langfristig bewegen wir uns aber in eine Phosphatknappheit hinein, da alle Anwendungsgebiete dem Wirtschaftskreislauf Phosphor entziehen. Ob eine Rückführung durch recycelten Phosphor zum Beispiel aus mit Schwermetall kontaminierten Klärschlamm dabei eine Lösung sein kann, untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Julius-Kühn-Institut in Braunschweig [3].

Doch auch Dünger aus Rohphosphat kann als Schwermetallcocktail daherkommen. Besonders das darin enthaltene Uran reichert sich in Ackerböden an und gelangt von dort ins Grundwasser. In Deutschland werden zur Zeit über 90 Prozent uranhaltige Phosphat-Düngemittel eingesetzt. Es gibt keine gesetzliche Regelung, die sicherstellt, dass mit Uran belasteter Dünger nicht auf den Markt gelangt und auf den Feldern eingesetzt wird.

Experten fordern schon seit Jahrzehnten, Urangelhalte im Dünger zu deklarieren und durch einen Grenzwert zu begrenzen. Denn das anthropogene Kontaminationsproblem

von Uran im Dünger ist keineswegs neu. Das zeigte die 40-seitige Antwort der Bundesregierung auf eine Große Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Bundestag zum Thema Uran im März 1990 [4]. Thomas Siepelmeyer vom Büro für Umweltgeologie in Münster fielen schon damals die hohen Urangelhalte in Düngern aus Israel (175 ppm), Marokko, USA, Senegal (150 ppm) und Syrien (100 ppm) auf. Untersuchungen in Europa belegen Urangelhalte in den Phosphatdüngern bis zu 1.100 ppm Uran pro Kilogramm, wie in Holland nachgewiesen wurde.

Siepelmeyer hält einen Grenzwert für urankontaminierten Dünger längst für überfällig. Er tritt ein für eine Regelung, wie sie derzeit für Cadmium (Cd) gilt [5]. Denn seit 1950 wurde über mineralische Phosphatdüngung kumulativ insgesamt 1 Kilogramm Uran pro Hektar landwirtschaftliche Fläche ausgebracht. Das entspricht einer mittleren Anreicherung von 555 Gramm je Hektar [6]. Jüngste Untersuchungen konnten belegen, dass im Grundwasser unter Ackerland im Vergleich zu Forstgebieten im Mittel 6-fach

### Phosphat: Importe Deutschland 1997 / 2007

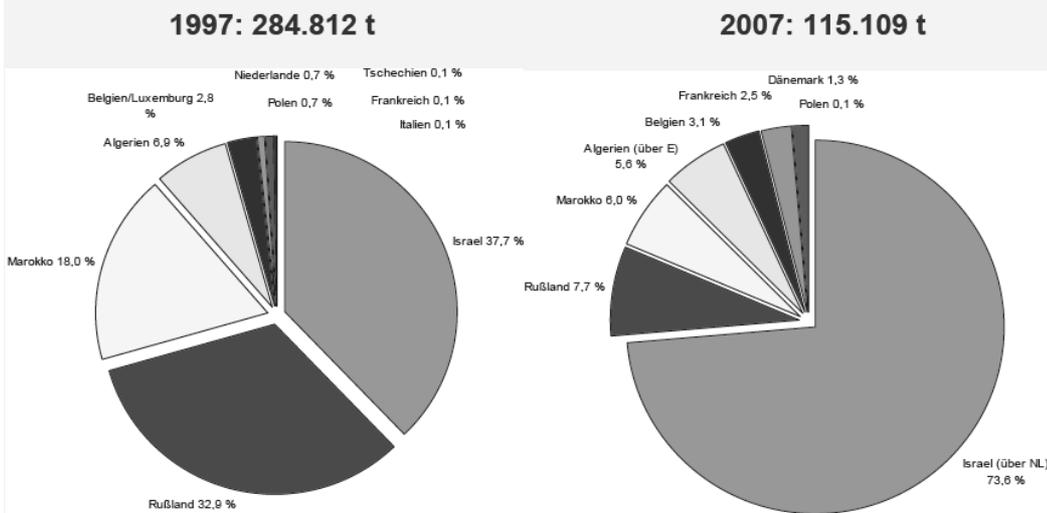


Abbildung 1: Phosphat-Importe Deutschland 1997/2007; Quelle: H. Elsner, BGR 2008 nach [2]

höhere Urankonzentrationen vorliegen [7]. Geohydrologische Untersuchungen weisen über die Jahre erhöhte Uran-gehalte in Oberflächenwasser nach, die sich nicht aus dem geogenen Hintergrund oder anderen anthropogenen Quellen, sondern nur durch landwirtschaftliche Düngung erklären lassen [8].

#### Uran aus dem Dünger

In den 1970er Jahren, als die Atombewaffnung noch immer die Phantasien einiger Politi-

ker in Deutschland beflügelte, galt den Urangelhalten im Rohphosphat schon einmal die Aufmerksamkeit der Wissenschaft [9]. In diesen Jahren finanzierte das Bundesforschungsministerium im rhein-hessischen Budenheim ein Forschungsprojekt, in dem Schwermetalle, darunter auch Cadmium und Uran, aus Rohphosphorsäure entfernt werden sollten. Die Wissenschaftler der Chemischen Fabrik Budenheim entwickelten damals Verfahren zur Gewinn-

nung hochreiner Phosphorsäure und produzierten über 20 Jahre lang für die Lebensmittelindustrie und Pharmabranche. Ausgangspunkt für das Verfahren war die Rohphosphorsäure, die sogenannte Grüne Säure, die man auch für die Düngemittelherstellung verwendet. Die in Budenheim entwickelten Abreicherungsverfahren wurden später in den Extraktionsanlagen eingesetzt, um Schwermetalle einschließlich Uran aus der Grünen Säure zu entfernen. Dem

Verbleib der radioaktiven und giftigen Reststoffe konnte bisher nicht nachgegangen werden. Vermutungen zufolge ist eine Entsorgungsfirma mit der Beseitigung des Sondermülls beauftragt worden.

Heute bezieht die Chemische Fabrik Budenheim die hochreine Phosphorsäure für Pharmaprodukte, Kosmetik und Zahnpasta direkt aus Marokko. Denn die Extraktion wird zumindest in der westlichen Hemisphäre in den meisten Phosphorsäureanlagen vor Ort angewandt. Mittlerweile thematisiert die IAEA die hohe radioaktive Belastung im Phosphorgips, der sich bei der Verarbeitung des Rohphosphats an den Düngemittelanlagen bildet. Nur in China soll überwiegend noch thermisch produziert werden. Dieser Prozess ist besonders energieintensiv, da hier das Phosphatgestein mit Kohle verbrannt wird. Es entsteht elementarer Phosphor, der dann wieder oxydiert und mit Wasser gelöst zur Phosphorsäure wird.

Heute versuchen Staaten wie Marokko, Ägypten, Syrien und Jordanien über die Phosphatreinigung in der Düngemittelherstellung an die begehrte Ressource Uran zu gelangen. Israel produziert, geduldet von der IAEA, Uran schon seit langem in der Düngemittelfabrik in Rotem Amfert für eigene Belange.

Zu den Staaten, die uranhaltige Rohphosphatlagerstätten besitzen, gehören Afghanistan, Angola, Australien, Belgien, Brasilien, Kanada, Zentralafrika, Equador, Finnland, Grönland, Ungarn, Indien, Israel, Jordanien, Mauretanien, Marokko, Mozambique, Tansania, Neuseeland, Saudi-Arabien, Senegal, Südafrika, Spanien, Schweden, Syrien, Togo, Türkei und die USA.

Die Anwendungen für Phosphat sind vielfältig. 90 Prozent des Welthandels geht in den Düngemittelbereich, 4 Prozent in Waschmittel und 5 Prozent

### Phosphat: Weltproduktion 2007

Gesamtförderung 156 Mio. t  
(Inhalt von 49,8 Mio. t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

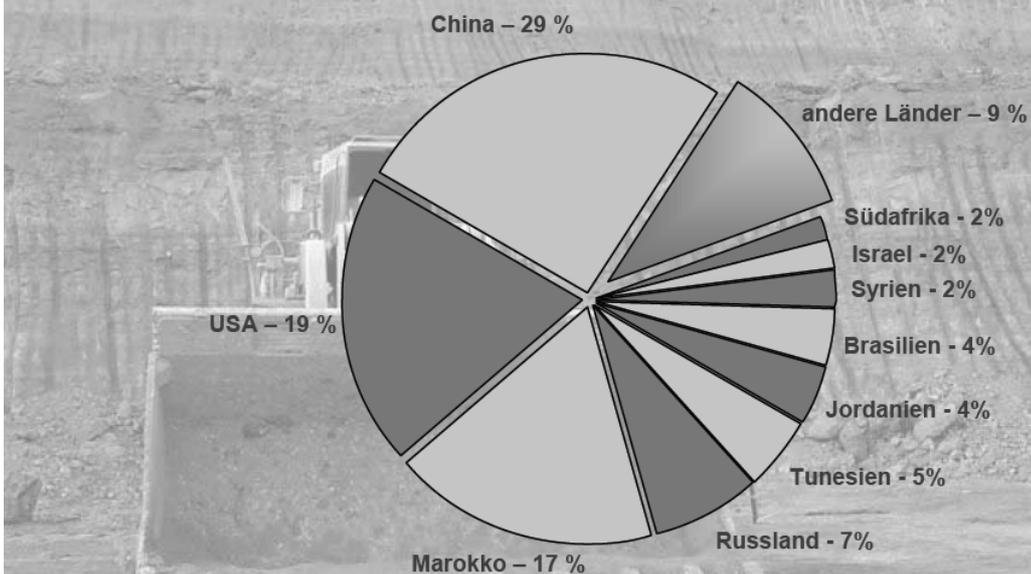


Abbildung 2: Weltweite Phosphat-Abbaue; Quelle: H. Elsner, BGR 2008 nach [2]

in Futtermittel. Vergleichsweise einen Bruchteil davon macht die Anwendung von Phosphat im Lebensmittel- und Pharmabereich sowie zur speziellen industriellen Nutzung, beispielsweise in der Metalloberflächenbehandlung, aus.

2007 wurden weltweit 156 Millionen Tonnen Phosphat abgebaut. Deutschland importierte davon rund 115.000 Tonnen. Das waren deutlich weniger als im Jahr 1997, in dem 284.000 Tonnen Phosphat eingeführt wurden.

95 Prozent des Phosphors auf der Erde ist in Apatiten gebunden. Apatit-Erze stammen aus magmatischen Lagerstätten, Phosphorit-Erze hingegen aus sedimentären Vorkommen. Vor 60 bis 80 Millionen Jahren abgestorbene Meerespopulationen bildeten durch ihre Knochen und Gräten calciumphosphathaltige Sedimente, die heute als Rohphosphat genutzt werden. Zur Gewinnung werden die Rohphosphate in Schwefelsäure gelöst und dann entsteht aus dem Calciumphosphat, den Knochenablagerungen, Calciumsulfat, also Gips und daneben eine Rohphosphorsäure.

Diese Grüne Säure enthält das halbe Periodensystem an Elementen, wodurch sie anhand von Laboruntersuchungen ihrer Herkunft zugeordnet werden kann [10]. Untersuchungen ergaben allerdings auch, dass Proben gleicher Herkunft bei einigen Schwermetallen eine hohe Schwankungsbreite aufweisen können.

Rohphosphat aus Marokko kann Urangelhalte in Höhe von 71,1 bis 245 Milligramm Uran pro Kilogramm enthalten. Der höchste Urangelhalt im Rohphosphat wurde in den Proben aus Israel gemessen (vgl. Strahlentelex Nr. 496-497/2007, S. 6-10). Offensichtlich handelte es sich dabei um Rohphosphat aus der Aratmine, die nach Angaben des Betreibers Israel Chemical Limited (ICL) schon ziemlich

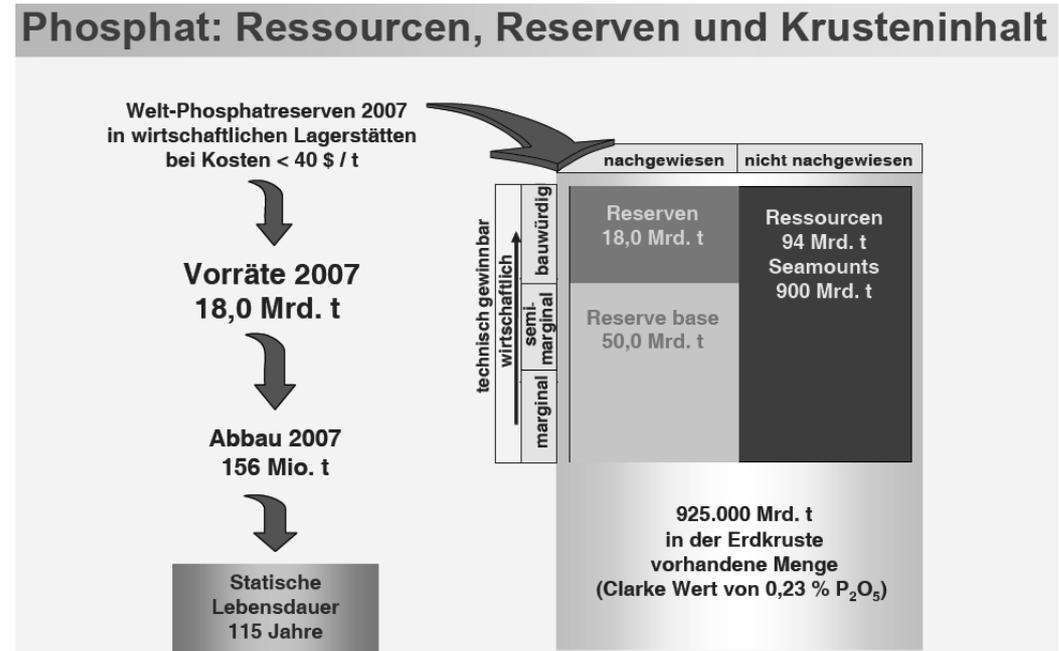


Abbildung 3: Welt-Phosphatreserven 2007; Quelle: H. Elsner, BGR 2008 nach [2]

weitgehend ausgebeutet sein soll.

Mehr als zwei Drittel (73,6%) der deutschen Phosphatimporte kommen aus den sedimentären Phosphat-Lagerstätten in Israels Negev-Wüste.

Die Düngemittelfabrik Rotem Amfert liegt unweit der Atomanlage Dimona und gehört der Israel Chemical Limited. ICL ist der weltweit größte Phosphathersteller in Sachen „aufgereinigte Phosphate“, dem Kerngeschäft der Chemischen Fabrik Budenheim und damit deren Konkurrenz. Das Tochterunternehmen heißt ICL Fertilizers Deutschland GmbH, früher Amsterdam Fertilizers Deutschland OHG (Amfert) und hat ihren Firmensitz und ihre Produktionsanlage in Ludwigshafen.

Die zweite in Deutschland verbliebene Anlage zur Phosphordüngerproduktion steht in Lehrte bei Hannover und gehört der Kali+Salz AG mit Sitz in Hannover. Zu Urangelhalten im Dünger will sich das Unternehmen nicht äußern.

#### Uran auf dem Acker

Auch für ICL sei Uran kein Thema, so der Geschäftsführer von ICL Deutschland, Claus

Brusenbauch. Er betonte jedoch, dass die Schwermetallanteile und somit auch die Urangelhalte im Rohphosphat je nach Herkunftsland verschieden hoch seien. Die Exploration der israelischen Phosphatlagerstätten hätte in den frühen 1950er Jahren begonnen, drei der entdeckten Vorkommen seien derzeit im Abbau: Oronwight, Zin und Arat. Mit dem weißlichen Oronwight könne ICL den Cadmium-Grenzwert für Phosphatdünger in Deutschland einhalten, betonte Brusenbauch. Einen Grenzwert für Uran lehnte er ab. Eine Anfrage beim Mutterkonzern über den Bezug von uranfreiem Dünger aus der Negev Wüste blieb ohne Ergebnis. Obwohl nach Angaben der IAEA bekannt ist, dass ICL in Rotem Amfert uranhaltige Phosphorsäure zu praktisch schwermetallfreier „weißer“ Phosphorsäure verarbeitet und das spaltbare Uran zur zivil-militärischen Eigenversorgung einsetzt [11].

Die deutsche Düngemittelverordnung sieht seit 2004 einen Grenzwert für Cadmium in Höhe von 50 Milligramm je Kilogramm Phosphordünger (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) vor. Einen Grenzwert für Uran in Anlehnung an den Wert für Cadmium lehnt nicht

nur der Industrieverband der Düngemittelindustrie, sondern auch die Bundesregierung ab.

In der Antwort auf eine Kleine Anfrage der Grünen vom Januar 2009 kann die Bundesregierung demzufolge auch keine Gründe erkennen, die einen Grenzwert für Uran erforderlich machen würden. Eine Kennzeichnung wäre denkbar, wenn es „uranfreie Alternativen“ gebe heißt es. Da aber weder die erkannte Gefahrenlage noch die Versorgungssituation dies erfordern würden, sehe man von einer weiteren Betrachtung der Uranproblematik ab [12].

Dies ist völlig unverständlich, da in Zukunft mehr uranverseuchtes Phosphat importiert werden wird und die zur Zeit bekannten „uranarmen“ Phosphatlagerstätten, wie auf der Russischen Kola Halbinsel, zu 80 Prozent den eigenen Markt beliefern [13].

Im Ergebnis ist klar, dass mineralische Phosphordüngung eine Gefahr für Grund- und Trinkwasser darstellt. Uran ist nicht nur ein radioaktiv, sondern ein auch chemisch giftiges Schwermetall. Die weitere Anreicherung von anthropogenem Uran in der Umwelt durch die Landwirtschaft muss verhindert werden. Ein

klarer Fall für den Bodenschutz.

1. Mehr Mais wurde für die Bioalkoholproduktion angepflanzt und verdrängte Soja- und Weizenanbau. Nicht nur Dünger, sondern auch Weizen und Soja wurden knapp.

2. Heffer P., & Prud'homme M., World Agriculture and Fertilizer Demand, Global Fertilizer Supply and Trade, Summary Report, International Fertilizer Industry Association (IFA) Paris, Dezember 2008, Harald Elsner, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover (BGR), Vortrag, Braunschweig 10.12.2008.

3. JKI, Pressemitteilung „Recycelter Phosphor für die Landwirtschaft: Was ist möglich – was ist sinnvoll?“, 10.12.2008, Veröffentlichungen – Braunschweiger Nährstofftage – Download der Vorträge und Poster im Internet unter <http://www.jki.bund.de>.

4. Bundestagsdrucksachen 11/4392 und 11/5788, Lilo Wollny et al. und die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen, Beteiligungen der Bundesrepublik Deutschland an weltweiter Produktion und dem Handel mit Uran, Verletzung von Menschenrechten und Landrechten betroffener Bevölkerungsgruppen, Bundestagsdebatte am 12. März 1990.

5. Entsprechend den Grenz- und Deklarationswerten für Cadmium (Cd) in Düngemitteln, Deutsche Düngemittelverordnung (Änderung 2004); Kennzeichnung ab 20 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und Grenzwert 50 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

6. vgl. Strahlentelex 530-531 v. 05.02.2009 und 532-533 v. 05.03.2009: Uranbelastung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Agrarprodukten. [www.strahlentelex.de/Stx\\_09\\_530\\_S10-11.pdf](http://www.strahlentelex.de/Stx_09_530_S10-11.pdf)

7. a.a.O.

8. Huhle B. et al., Birke M. et al. Ebd.; BGR, Geochemischer Atlas für Deutschland (Veröffentlichung für 2009 geplant).

9. Küntzel, M.: Bonn und die Bombe, Deutsche Atomwaffenpolitik von Adenauer bis Brandt, Campus Verlag 1992.

10. Sattouf M., Identifying the Origin of Rock Phosphates and Phosphorous Fertilizers Using Isotope Ratio Techniques and Heavy Metal Patterns, Landbau-forschung Völknerode, FAL Agricultural Research, Sonderheft 311, Braunschweig 2007.

11. Zhengyi Hu et al. in De Kok, Luit J. & Ewald Schnug (Eds.), Loads and Fate of Fertilizer-de-

rived Uranium, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2008, S.127-134.

12. Bundestagsdrucksache 16/10968: Kleine Anfrage der Abgeordneten Cornelia Behm u.a. und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen (Uran in Phosphatdüngemitteln – Uran im Düngemittel-, Bodenschutz- und Wasserrecht), Januar 2009.

13. IFA Mitteilung vom Januar 2009. ●

## Berichtigung

# Uranbelastung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Agrarprodukten

In der Ausgabe 530-531 vom 5. Februar 2009 (Seite 10, Sp. 4, Abs. 3) hatte Strahlentelex aus der Antwort der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90 /Die Grünen zur Uranbelastung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Agrarprodukten zitiert (Bundestagsdrucksache 16/11539 vom 05.01.2009), daß „für die kumulative Anreicherung in den landwirtschaftlich genutzten Böden ein Wert von 0,0037 mg Uran pro Hektar und Jahr“ vom Julius Kühn-Institut (JKI) genannt werde, „was einer kumulativen Anreicherung in 50 Jahren von 0,185 mg Uran pro Hektar entspreche“. Nach Rückfrage beim JKI in Braunschweig stellte sich jedoch heraus, daß sich der jährliche Wert von 0,0037 mg Uran auf ein Kilogramm (kg) Boden bezieht (nicht auf ein Hektar Bodenfläche), was in 50 Jahren einer Akkumulation von 0,185 mg Uran pro kg Boden oder circa 555 Gramm Uran pro Hektar Bodenfläche entspreche. Das heißt, daß sich etwa die Hälfte des mit der Düngung in den letzten 50 Jahren ausgebrachten Urans nicht mehr im Oberboden, sondern bereits in Bodentiefen

von mehr als 30 Zentimetern oder bereits im Grundwasser befindet. Denn seit 1950 wurde über die Düngung mit mineralischen Phosphaten kumulativ laut JKI insgesamt etwa 1 kg Uran pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche ausgebracht. ●

## Buchmarkt

# Uran im Dünger

Seit zehn Jahren forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der früheren Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), heute am Nachfolgeinstitut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius Kühn-Instituts in Braunschweig (JKI), zum Thema Verbleib und Austrag von Uran (U) aus Düngern im Boden. Diese Problematik wurde auf einer Tagung vom 4. bis 6. Juni 2007 in Braunschweig mit internationalen Kolleginnen und Kolleginnen aus über 30 Forschungseinrichtungen und Behörden behandelt [1]. Die Beiträge liegen jetzt in Buchform vor und vermitteln einen Einblick in die aktuelle internationale Uranforschung. Ein wichtiges Ergebnis der Tagung ist, dass mineralische Phosphordüngung die Böden mit Uran belastet und eine Gefahr für das Grund- und Trinkwasser darstellt.

Uran ist ein natürlich vorkommendes Schwermetall, das biologische Systeme sowohl durch Radioaktivität, als auch durch chemische Toxizität schädigen kann. In Düngemitteln kommt Uran in höheren Konzentrationen besonders in Phosphaten sedimentären Ursprungs vor und wurde in Konzentrationen von 2 bis 200 Milligramm Uran pro Kilogramm (mg/kg U) nachgewiesen. Nach Berechnungen des JKI hat die deutsche Landwirtschaft mit mineralischen Phosphordüngern im Zeitraum von 1951 bis 2005 insgesamt 13.333 Tonnen

Uran auf den Acker gebracht. Das bedeutet eine kumulative Befruchtung der landwirtschaftlichen Flächen in Höhe von 1 Kilogramm Uran pro Hektar (kg/ha U).

Inge Schmitz-Feuerhake und Rosalie Bertell referieren in ihrem Beitrag, dass die chemische Toxizität von Uran höher eingeschätzt wird als die radioaktive Wirkung. Die getrennte Betrachtung der Schadgrößen verkenne jedoch das Uranrisiko und verschärfe die vom Uran und seinen Zerfallsprodukten ausgehende Gesundheitsgefahr. Chris Busby und Ewald Schnug zeigen synergistische Wirkungen auf und beschreiben einen photoelektrischen Effekt, der die Radiotoxizität des Urans insgesamt erhöhe. Pascale Henner vom IRSN Labor für Radioökologie und Ökotoxikologie im französischen Cadarache berichtet über aquatische Organismen, die bei Urankonzentrationen von 10 Mikrogramm Uran in einem Liter Wasser (vgl. deutscher Trinkwasserrichtwert) mit oxidativem Stress reagieren und in dessen Folge Genotoxizität auftreten. Auch östrogenen Wirkungen von Uran werden in der jüngeren Literatur berichtet und Cadmium verstärkt, wie Schnug aufzeigt, ebenfalls die Giftwirkung von Uran. Patricia A. Thomas vom kanadischen Institut für Toxikologie der Universität von Saskatchewan /Saskatoon weist auf die große radiologische und chemische Giftigkeit der Zerfallsprodukte von Uran in der Nahrungskette hin, darunter Polonium, Radium und Radon.

Auf dem Hintergrund der referierten Forschungsergebnisse zu Uran plädieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für eine Minimierung der Uranbelastung, denn es gebe keinen Schwellenwert, der Gesundheitsschäden ausschließe.

Jens Utermann und Michael Fuchs veröffentlichen in Ih-