

Magazin

Doping für Atommüll

Mathias Plüss

Der deutsche Physiker Claus Rolfs will ein Verfahren zur Beschleunigung des radioaktiven Zerfalls entdeckt haben. Wenn er recht hat, ist womöglich das Problem des atomaren Abfalls gelöst.



«Ich hätte keine Bedenken, neben einem Atomkraftwerk zu wohnen»: Claus Rolfs, Physikprofessor. Bild: Kira Bunse

Die Idee liegt so nahe – wie kann es sein, dass kein anderer je darauf gekommen ist? «Das liegt an den Päpsten der Physik», sagt Claus Rolfs. «Die haben alle behauptet, Kerneigenschaften seien unabhängig von der Umgebung. Ich kann Atomkerne in einen Ofen stecken, ich kann sie in ein Kühlgerät stecken, es ändert sich nichts. Das ist die Lehrmeinung, und darum hat gar nie jemand angefangen zu messen.»

Man stelle sich einen Kühlschrank aus Metall vor, der eine sehr spezielle Eigenschaft hat: Er erhöht die Lebensdauer der eingelagerten Produkte nicht, sondern beschleunigt vielmehr deren Zerfall. Eine Banane wäre darin schon nach zwölf Stunden zur Hälfte verrottet, nach einem Tag zu drei Vierteln, und nach fünf Tagen wäre die Banane restlos zerfallen – tausendmal schneller als in freier Natur. Einen solchen Kühlschrank hat Claus Rolfs erfunden. Nicht für Bananen, sondern für eines der schädlichsten Produkte überhaupt: Atommüll. Wenn es der rolfsche Kühlschrank bis in die Praxis schafft, so könnte er sich zu einer wahren Problemvernichtungsmaschine für die Menschheit entwickeln. Aber so weit ist es noch lange nicht.

«Ich habe jetzt vierzig Jahre lang Steuergelder verbraucht für etwas, was bloss kulturelle Einsichten liefert. Es wäre für mich ein wunderbares Geschenk, wenn ich der Gesellschaft am Ende meiner Karriere etwas zurückgeben könnte.» Wir befinden uns im Dynamitron-Tandem-Laboratorium, einem nüchternen Annex der Universität Bochum. Claus Rolfs (65) spricht einen für Schweizer Ohren heimeligen Schwarzwälder Dialekt. Er stammt aus Bad Peterstal, bekannt für Kneippkuren und Mineralwässer, hat in Freiburg im Breisgau studiert und ist seit 1990 in Bochum Professor für Experimentalphysik.

Das Debye-Modell

Rolfs ist eine Kapazität in Astrophysik. Fast sein ganzes Forscherleben hat er sich mit Fusionsreaktionen beschäftigt, die sich in Sternen abspielen: Leichte Elemente verschmelzen zu schwereren und setzen dabei Energie frei. Solche Prozesse versucht Rolfs im Labor nachzuvollziehen – und dabei stiess er vor etwa fünf Jahren auf einen sonderbaren Effekt: Atomkerne scheinen eher zu fusionieren, wenn sie in Metalle eingebettet sind. Sogleich machte sich Rolfs daran, den Effekt systematisch zu untersuchen. Er testete 52 verschiedene Metalle, der Effekt war immer der gleiche: Wenn die leichten Atomkerne in ein Metall implantiert wurden, hatten sie eine erhöhte Fusionswahrscheinlichkeit.

Rolfs suchte nach einer Erklärung und fand sie in einem theoretischen Modell, das der niederländische Physiker Peter Debye in den zwanziger Jahren (in anderem Zusammenhang) entwickelt hatte. Die Idee beruht wesentlich auf den fast frei beweglichen Elektronen, die es in jedem Metall gibt. Wenn man die zu fusionierenden Atomkerne in ein Metall einbringt, so hat die Anwesenheit der (negativ geladenen) Elektronen zur Folge, dass die Abstossung zwischen den (positiv geladenen) Atomkernen abnimmt und sich damit die Fusionswahrscheinlichkeit erhöht.

Der Zerfall der Elemente

Dieses Debye-Modell ist simpel, aber es erwies sich als erstaunlich erfolgreich. Nicht nur qualitativ konnte Rolfs damit seine erhöhten Fusionsraten erklären, sondern auch quantitativ. Und es erlaubte sogar Vorhersagen: Wenn man das Metall kühlt, so errechnete Rolfs, müsste die Fusionshäufigkeit abermals zunehmen. Denn kalte Elektronen sind langsamer, gruppieren sich daher näher an den Atomkernen und verringern deren Abstossung noch mehr. Wieder machte sich Rolfs' Forschungsgruppe ans Messen – und fand die Vorhersagen bestätigt.

Jetzt kam Rolfs der entscheidende Gedanke: Warum sollte, was bei der Kernfusion so wunderbar geht, nicht auch beim entgegengesetzten Prozess funktionieren, beim radioaktiven Zerfall? Radioaktivität ist eigentlich ein natürliches Phänomen: Manche chemischen Elemente sind instabil und zerfallen in leichtere Elemente. Die Zeit, die es braucht, bis die Hälfte einer bestimmten Menge radioaktiven Materials zerfallen ist, nennt man die Halbwertszeit. Diese variiert, je nach Element, zwischen Bruchteilen einer Millionstelsekunde und mehreren Milliarden Jahren.

Wieder begann Rolfs zu rechnen – und fand heraus: Wenn man radioaktive Atome in ein Metall einbringt, müssten sich die Halbwertszeiten tatsächlich verändern, und zwar teilweise drastisch. Beim sogenannten Alphazerfall, der beim Atommüll die wichtigste Rolle spielt, prognostizierte Rolfs tiefere Halbwertszeiten, also einen schnelleren Zerfall. Das lässt sich dadurch erklären, dass die entsprechenden Atomkerne beim Zerfall positiv geladene Teilchen ausstrahlen, die sogenannten Alphateilchen. Wenn man nun das radioaktive Material in ein Metall einschliesst, so saugen die negativen Elektronen des Metalls die positiven Alphateilchen gewissermassen aus den Atomkernen heraus: Der radioaktive Zerfall beschleunigt sich. Und wiederum sollte Kühlung den Effekt verstärken.

Seit etwa zehn Monaten laufen nun die entsprechenden Experimente. Für eine Bilanz sei es noch zu früh, sagt Rolfs, aber es ist jetzt schon eindeutig, dass die Metalle und die Kühlung die Halbwertszeiten – entgegen der Lehrmeinung – tatsächlich beeinflussen. «Qualitativ haben wir alle Vorhersagen bestätigt. Ganz falsch kann die Idee also nicht sein. Quantitativ liegen wir zum Teil daneben.» Beim bisher erfolgreichsten Versuch hat Rolfs Atome des radioaktiven Elements Polonium-210 (der Stoff, mit dem der russische Ex-Spion Litwinenko in London vergiftet wurde) in eine Kupferplatte eingebracht und auf minus 259 Grad abgekühlt, 14 Grad über dem absoluten Nullpunkt. Die Halbwertszeit des Poloniums sank dadurch um zehn Prozent. Vorhergesagt hatte das Debye-Modell allerdings 95 Prozent.

Durch Feinjustierungen werde sich der experimentelle Wert noch verbessern, ist Rolfs überzeugt. Viel entscheidender sind aber die geplanten Experimente mit einem anderen Alphastrahler: Radium-226. Dieses Element sei der gefährlichste Bestandteil des Abfalls, den die Atomkraftwerke hinterlassen: «Dass man den Atommüll unterirdisch vergraben will, hat hauptsächlich mit Radium zu tun», sagt Rolfs. «Es ist gefährlich, weil es vom Körper relativ leicht aufgenommen wird und nicht so schnell wieder rausgeht.»

Radium, das Problemkind

Das Problem ist, dass Radium-226 ein Mittelding ist: An die langlebigeren Elemente hat sich der menschliche Körper gewöhnt, weil sie in der Natur vorkommen. Mit den kurzlebigen können die Techniker relativ gut umgehen. Aber Radium hat eine Halbwertszeit von 1622 Jahren. Zu kurz, als dass sich der Mensch hätte daran gewöhnen können. Zu lang, als dass man es an der Erdoberfläche zwischenlagern könnte. Darum sucht man überall auf der Welt nach unterirdischen Langfristlagern, nach alten Salzminen etwa oder, wie in der Schweiz, nach stabilen Gesteinsschichten.

Das Debye-Modell sagt nun vorher, dass sich die Halbwertszeit von Radium-226 in einem Metall unter starker Kühlung von 1622 auf ein einziges Jahr verkürzen müsste. «Ich bin nicht so unverfroren zu behaupten, dass wir wirklich auf ein Jahr runterkommen», sagt Rolfs. «Aber wenn man die Ergebnisse der Polonium-Experimente auf das Radium überträgt, so kommt man in die Größenordnung von hundert Jahren. Das ist ungefähr die Lebenserwartung eines Menschen. Das heisst, wir könnten den Müll, den wir erzeugen, auch selber wieder beseitigen, ohne unsere Enkel und Urenkel damit zu belasten.» Die entscheidenden Experimente sind ziemlich trickreich, und Rolfs kann nicht mit der grossen Kelle anrichten, weil er für sein Projekt keinerlei Forschungsmittel erhält. Aber bis zu seiner Emeritierung im Sommer 2007, hofft er, sollten die Arbeiten beendet sein.

Trotz der bisherigen Erfolge hegen viele Physiker Zweifel, ob das Experiment mit Radium funktionieren wird. Sie haben vor allem Mühe mit dem Debye-Modell, das aus heutiger Sicht mit fast steinzeitlichen Vorstellungen des Atoms operiert und zum Beispiel die gesamte Quantenmechanik ausser Acht lässt. «Kein Festkörperphysiker würde heute das Debye-Modell akzeptieren», sagt etwa Hubert Flocard, Direktor des französischen Kernforschungslabors CSNSM.

«Ich habe nie gesagt, dass das Debye-Modell das letzte Wort ist», sagt Rolfs dazu. «Aber so schlecht kann es nicht sein, wenn bisher all seine Vorhersagen in die richtige Richtung gingen.» Vielleicht steckten hinter dem Phänomen ja Effekte, die man bisher noch gar nicht verstehe, die aber von seinem theoretischen Modell gut wiedergegeben würden. «Nehmen Sie die Hochtemperatur-Supraleitung. Die hat man auch experimentell gefunden, aber bis heute nicht theoretisch verstanden.» Letztlich sei es immer die Natur, die entscheide, was richtig sei, und nicht die Theorie. Darum setze er auf Experimente.

Noch fundamentaler ist die Kritik von Nick Stone, einem emeritierten Professor für Kernphysik aus Oxford: «Ich bezweifle die Messresultate von Rolfs grundsätzlich», sagt Stone. Er habe vierzig Jahre lang radioaktive Substanzen untersucht, auch in Metallen, auch unter Kühlung, und niemals substanzielle Abweichungen bei der Halbwertszeit festgestellt. «Entweder haben wir vierzig Jahre lang geschlafen, oder es gibt die von Rolfs postulierten Effekte nicht.» Auf die Kritik angesprochen, sagt Rolfs, entscheidend sei es, mit sehr reinen Metallen zu arbeiten und das radioaktive Material möglichst tief darin anzubringen. «Möglicherweise haben Stones Arbeiten diese Voraussetzungen nicht gut erfüllt.»

Selbst wenn Rolfs Recht behält und sich auch die Radium-Experimente als erfolgreich herausstellen sollten: Bis zur praktischen Umsetzung ist es ein weiter Weg. Grundsätzliche Probleme sieht Rolfs allerdings nicht. Ihm schwebt vor, dass dereinst jedes Atomkraftwerk im Keller ein Gerät hat, mit dem man den Atom Müll in geschmolzenes Metall einrühren und dann unter Kühlung beschleunigt zerfallen lassen kann.

Die nächstliegenden Einwände schmettert Rolfs ab: Schnellerer Zerfall bedeutet intensivere Strahlung – ist das nicht gefährlich? «Nein, da reicht eine Bleiabschirmung von zehn

Zentimetern Dicke.» Den Atommüll während hundert Jahren und so stark zu kühlen – kostet das nicht mehr Energie, als man mit den Atomkraftwerken gewonnen hat? «Nein, so eine Kühlapparatur braucht nicht viel mehr Energie als ein gewöhnlicher Kühlschrank.» Gibt es nicht schlicht mehr Atommüll, als diese Kühlapparaturen je bewältigen könnten? Man müsse Wiederaufbereitungsanlagen bauen, sagt Rolfs, damit liessen sich die für das Verfahren ungeeigneten radioaktiven Substanzen abtrennen, und die Abfallmenge würde entscheidend reduziert. Ist das Verfahren nicht womöglich teurer als die jetzt geplante Tiefenlagerung? «Die deutsche Regierung hat letztes Jahr zwei Milliarden Euro gesprochen für die Erhaltung alter Bergwerke. Zwei Milliarden, allein für die Erhaltung! Ich sage ja nicht, dass mein Verfahren nichts kostet, aber billiger als das ist es sicher.»

Bis in etwa zehn Jahren, so Rolfs, könnte sein Verfahren praxisreif sein. Dazu bedürfe es aber internationaler Zusammenarbeit: «Im Moment sind wir noch im Stadium der Grundlagenforschung. Wenn wir beim Radium tatsächlich auf eine Halbwertszeit von hundert Jahren oder weniger kommen, dann wird die Angelegenheit zu einer Ingenieursfrage. Ich schlage dazu die Bildung einer internationalen Expertengruppe vor.» Möglichst jedes Land, das Kernreaktoren betreibt, solle seine besten Leute in die Arbeitsgruppe delegieren.

Diese Gruppe müsste dann konkrete Fragen klären: Wie kann man das ganze Verfahren der Zerfallsbeschleunigung, das bis jetzt nur im Labor funktioniert, im grossen Massstab in die Praxis umsetzen? Welche Temperatur und welches Metall sind für praktische Zwecke am besten geeignet? Rolfs: «Nehmen wir mal an, es stellt sich heraus, dass der radioaktive Zerfall in Gold am besten geht. Man müsste dann vielleicht zehn Kilo Gold schmelzen, ein Kilo radioaktiven Abfall einrühren und dann das Ganze runterkühlen. Das wäre natürlich nicht ganz billig. So stellt sich die Frage: Welches Metall ist der beste Kompromiss?» Sein Favorit, sagt Rolfs, wäre zum Beispiel Indium: Das sei reichlich vorhanden und schmelze schon fast in der Hand.

Die angefragten Fachleute in der Schweiz geben sich skeptisch. «Es sind schon oft Wunderlösungen angekündigt worden, von denen bisher nie eine funktioniert hat», sagt der Greenpeace-Atomspezialist Leo Scherer. Man habe grosse Zweifel, ob die Entdeckung jemals praktische Bedeutung erlangen werde und ob am Schluss vom ganzen Atomstrom tatsächlich – wie von Rolfs behauptet – ein Nettoertrag übrigbleibe, wenn womöglich über mehrere hundert Jahre aktive Kühlsysteme laufen müssten, sagt Scherer. Und beim Fachverband Swissnuclear und bei der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) heisst es, man verfolge Rolfs' Arbeiten mit Interesse, verbleibe aber in Beobachterposition, bis gesicherte Erkenntnisse vorlägen.

In anderen Ländern ist das Interesse jetzt schon sehr gross: Rolfs bekam beispielsweise Anfragen aus England, Australien und Portugal. «Auch in Indien war ich, die würden sofort mitmachen. Die Japaner sind ebenfalls interessiert. Und sogar die Italiener, denn die wollen wieder Reaktoren bauen.» Doch die grösste Nachfrage nach einer beschleunigten Entsorgung kommt aus China. «Die Chinesen wollen sechzig neue Reaktoren bauen. Sechzig! Darum sind die natürlich enorm an meinem Verfahren interessiert», sagt Rolfs.

Grundsätzliche Probleme mit Atomenergie hat er nicht: «Ich hätte keine Bedenken, neben einem Atomkraftwerk zu wohnen.» Die Anlagen seien zumindest im Westen sicher und in den letzten Jahren noch sicherer geworden. Und das Restrisiko? «Nichts im Leben ist ohne Risiko. Wissen Sie, zwei Sachen hassen die Menschen: Das eine ist, in einem kalten Zimmer zu sitzen, und das zweite ist, nix zu fressen zu haben.» Beides, die Nahrungsproduktion wie die Heizung, braucht Energie. «Wir müssen unabhängig werden von Öl und Gas. Wir werden erpressbar, nicht nur im Nahen Osten – wer weiss, ob uns nicht auch Russland eines Tages die Hähne zudreht. Und jetzt haben wir auch noch das Klimaproblem.» Der Mensch sei durchaus bereit, sagt Rolfs, ein gewisses Risiko auf sich zu nehmen, wenn er wisse, was die Alternativen sind.

Handkuss aus China

Die einzige berechtigte Kritik an Atomkraftwerken betreffe aus seiner Sicht den radioaktiven Abfall: «Wer weiss, was unsere Enkel damit anstellen? Anständigerweise dürfen wir den Müll nicht einfach für Jahrtausende verbuddeln, sondern müssen ihn selber beseitigen. Und da bahnt sich ja jetzt, hoffentlich, eine Lösung an.»

In einem halben Jahr ist für Rolfs an der Universität Bochum Schluss. Er wird emeritiert, und seine Professur wird nicht einmal neu besetzt. Ans Aufhören denkt er aber nicht. Er habe mehrere Angebote, sagt Rolfs, und, ja, besonders China würde ihn reizen: «Die würden mich mit Handkuss nehmen.» Die chinesischen Assistenten, die er gehabt habe, seien sehr aufgeschlossen, zuverlässig und wissbegierig gewesen. «Ich war auch schon zweimal in China, und es hat mir sehr gut gefallen. Die können lachen, die können singen, dort ist mir wohl.»

Den Ruhestand im Schwarzwald geniessen – wäre das keine Option? Rolfs: «Ruhestand ist für mich gleichbedeutend mit Tod. Solange ich physisch dazu in der Lage bin und mir der liebe Gott noch den klaren Verstand gibt, will ich weiterarbeiten.»

Hören Sie diesen Artikel auf www.weltwoche.ch/audio

Die Weltwoche, Zürich