

I. Was kann Aluminium anrichten?

»Wir leben in einer aktiven Phase der Evolution« – Exley Interview Teil 1

Christopher Exley[†] ist Professor für bioanorganische Chemie an der britischen Keele University. Er gilt in der Branche als »Mr. Aluminium«, weil das Leichtmetall seit beinahe drei Jahrzehnten sein Forschungsschwerpunkt ist. Weltweit hat kein anderes wissenschaftliches Zentrum so viele Details zum aktuellen Kenntnisstand über die Einflüsse von Aluminium auf die Gesundheit beigetragen. Alle zwei Jahre veranstaltet er das »Keele Meeting on Aluminium«. 2013 wurde dieser »Weltkongress der kritischen Aluminium-Forschung« zum zehnten Mal abgehalten.

Ich habe Christopher Exley in den letzten Jahren mehrfach getroffen und mit ihm Interviews zu seinem Forschungsgebiet geführt. Ich schätze ihn sehr als Wissenschaftler und auch als Mensch.

Im ersten Teil unseres Gesprächs geht es um die Entdeckungsgeschichte von Aluminium und die Frage, was dieses Element so einzigartig macht.

Professor Exley, was ist denn das Besondere an Aluminium? Was unterscheidet es von anderen Metallen?

Christopher Exley: Das Besondere an Aluminium ist, dass es keine sinnvolle Rolle in der Biologie spielt. Es gibt keinen einzigen bekannten Mechanismus in der Biologie, für den Aluminium gebraucht und verwendet wird. Das ist das wahre Mysterium! Wir haben Aluminium aus seinem Erz extrahiert, wir haben daraus ein

Metall gemacht, können Aluminiumsalze und vieles andere herstellen. Und langsam wird nun klar, dass wir mit Aluminium etwas ganz Spezielles aus der Erde geholt haben, das mit keinem anderen Element vergleichbar ist.

Und warum hat es keinerlei Aufgabe in biologischen Systemen?

Exley: Diese Frage habe ich mir oft gestellt. Jedes andere häufige Metall hat gleich eine ganze Reihe von Aufgaben. Warum Aluminium nicht? Darauf gibt es zwei mögliche Antworten: Entweder es war während der Entstehung des Lebens nicht verfügbar und konnte deshalb im Rahmen der natürlichen Selektion der Elemente gar nicht verwendet werden. Oder Aluminium wurde absichtlich nicht verwendet, weil es unbrauchbar war.

Und jetzt muss sich das Leben mit etwas auseinandersetzen, das unbrauchbar ist?

Exley: Wir sind jedenfalls mit etwas konfrontiert, worauf das Leben nicht vorbereitet ist. Seine chemischen Eigenschaften greifen in so viele Prozesse ein. Und dies ist der Grund, warum ich den Ausdruck geprägt habe, dass wir jetzt im Zeitalter des Aluminiums leben. Wir hatten die Bronzezeit, die Eisenzeit, welche die Zivilisation und das Leben auf der Erde geprägt haben. Und nun leben wir in der Aluminiumzeit. Der Grund dafür ist seine unglaubliche chemische Vielfalt, man kann so viel damit anstellen. Und es ist so billig. Es gibt obendrein kaum Hindernisse bei seiner Anwendung. Du kannst Aluminium für alles verwenden, was Du gerade willst. Und niemand wird dich zurechtweisen, weil es eventuell toxisch ist.

Was charakterisiert denn das »Aluminium-Zeitalter«. Was ist denn das Typische, das Wesentliche für dieses Zeitalter?

Exley: Aluminium ist das häufigste Metall in der Erdkruste. Obwohl wir wissen, dass Aluminium unter vielen verschiedenen Um-

ständen eine toxische Wirkung hat, ging es uns Menschen und den anderen Lebewesen trotz dieser Präsenz doch lange Zeit ganz wunderbar. Ein Grund dafür ist, dass das Aluminium in der Erdkruste nicht toxisch ist, sondern als Aluminiumsilikat vorkommt. Der Mensch holte das Element aber aus der Erdkruste heraus und begann Aluminiumsalze herzustellen. Darauf beziehe ich mich, wenn ich vom Aluminium-Zeitalter spreche. Wir haben Aluminium erstmals in der Geschichte der Menschheit in den biochemischen Kreislauf des Lebens herein geholt.

Wenn Aluminium in den Kreislauf des Lebens eingebracht wird, kann es nicht mehr entkommen. Es kann nirgends anders mehr hin, auch nicht zurück in das Erdgestein. Und jedes Jahr gelangt mehr und mehr Aluminium in den Kreislauf des Lebens und damit aller Lebewesen auf dieser Erde: von den Bakterien bis hin zum Menschen.

In der Erde findet sich Aluminium meist in Verbindung mit Silizium. Das nach Sauerstoff häufigste Element der Erde scheint eine besondere chemische Freundschaft mit Aluminium zu pflegen.

Exley: Silizium kommt meist als Kieselsäure in unsere biologischen Systeme. Das ist eine sehr schwache Säure. Diese Sauerstoffsäuren des Siliziums schauen aus wie Wasser und sind chemisch gesehen absolut passiv. Mit einer großen Ausnahme: ihrer Beziehung zu Aluminium. Darum besteht auch der Großteil der Erdkruste aus Alumosilikaten. Das Leben hat sich entwickelt während Aluminium in den Silikaten eingeschlossen war. Das Problem entsteht, wenn man Aluminium raus lässt. Und das passierte im späten 19. Jahrhundert – vor etwa 120 Jahren. Die Biologie hat Aluminium nicht gekannt, bevor es von Menschenhand frei gelassen wurde.

Sie schreiben, dass es im Verlauf der Evolution des Lebens zu einer natürlichen Selektion der Elemente kam. Im Lauf vieler Millionen Jahre wurden die Elemente für alle möglichen Funktionen ausprobiert. Was von Wert war wurde beibehalten und weiter entwickelt,

evolutionäre Irrwege starben aus. Aluminium war dabei eines der wenigen Elemente, das vollständig ignoriert wurde. Aluminium war ja in der Erdkruste eingeschlossen. War es überhaupt für derartige Experimente verfügbar?

Exley: Die Ursache, dass es heute in biologischen Systemen keine Rolle spielt, liegt wohl darin, dass es nicht verfügbar war. Als wir vor 120 Jahren begannen, das Element aus den inerten Erzen und Gesteinsschichten zu entziehen und daraus Metall herzustellen, wurde Aluminium ins biologische System künstlich zurückgeführt. Mit all seinen unglaublich vielfältigen chemischen Eigenschaften.

Wie kann man sich das vorstellen?

Exley: Wo immer Magnesium in biologischen Abläufen beteiligt ist – und da gibt es hunderte lebenswichtige Funktionen – kann sich auch Aluminium einmischen. Manche dieser Prozesse werden vom Aluminium unterbrochen oder verlangsamt, andere vielleicht beschleunigt. Weil Aluminium sich chemisch vollständig anders verhält als Magnesium, werden alle diese biochemischen Mechanismen verändert und gestört.

In anderen Worten: Wenn Aluminium im Lauf der Evolution präsent gewesen wäre, hätte sich natürlich auch eine Form von Leben entwickelt. Aber es wäre eine andere Form gewesen mit anderen Lebewesen, wie wir sie heute haben. Und Aluminium würde in ihren biochemischen Systemen involviert sein.

Wir befinden uns mit der massiven Einführung von Aluminium in unser Ökosystem also mitten in einem weltweiten Experiment?

Exley: Ja, für mich ist das der faszinierendste Aspekt an diesem gesamten Thema. Wir sind alle Teilnehmer an diesem Experiment, dass Aluminium nun biologisch verfügbar ist. Aluminium nimmt nun teil im evolutionären Prozess und es wird sich vieles dadurch ändern.

Wir können aus der Geschichte lernen, wie verschiedene Elemente im Lauf der biochemischen Evolution ausgewählt wurden und welche enormen Auswirkungen das hatte. Calcium ist beispielsweise extrem toxisch für Zellen. Es bringt Zellen in beinahe jeder Konzentration um. Andererseits hat Calcium so fantastische Eigenschaften, dass das Leben darauf nicht verzichten wollte. Die Evolution ist diesem Prozess so begegnet, dass die Zufuhr von Calcium in die Zellen strengstens kontrolliert wurde. Calcium wurde aber – in minimalsten Konzentrationen – für Impulse verwendet, für die Signalübertragung von Zelle zu Zelle. Damit wurde es überhaupt erst möglich, dass so etwas Kompliziertes wie ein Nervensystem entstehen konnte. Überschüssiges Calcium wurde weggesperrt in Depots, wo es keinen Schaden anrichten konnte. Daraus entwickelten sich Knochen und ein Skelett, was wiederum die Entwicklung größerer Organismen ermöglichte.

Calcium hatte in der biochemischen Evolution also einen enormen Einfluss, dass so etwas wie wir Menschen überhaupt entstehen konnten. Aber als vor Milliarden Jahren die ersten Einzeller im Meer damit Bekanntschaft machten, war Calcium eine enorme Gefahr. Ein neu auftauchendes Element ist nahezu immer toxisch. Und das ist wahrscheinlich die Phase, in der wir uns heute mit Aluminium befinden.

Ein weiteres Beispiel für den Einstieg neuer Elemente war die große Sauerstoff-Katastrophe, die sich vor etwa zwei Milliarden Jahren ereignete. Damals begannen die Pflanzen mittels Photosynthese Sauerstoff zu erzeugen und die Erde mit diesem neuen Element zu überfluten. In der Folge starben 95 Prozent aller Lebewesen aus, für die Sauerstoff extrem toxisch war.

Exley: Und natürlich ist Sauerstoff bis heute noch toxisch. Auch für Lebewesen wie uns, die selbst auf Sauerstoff angewiesen sind. Wir haben aber im Lauf der Evolution biologische Systeme entwickelt, mit denen wir das Schadenspotenzial von Sauerstoff kontrollieren und einschränken können. Diese Systeme sorgen dafür, dass

freie Radikale effizient unterdrückt werden, so dass sie nicht zu viel Schaden anrichten können. Wenn man allerdings diesem System Aluminium zuführt, arbeitet das Kontrollsystem bei weitem nicht mehr so effizient und der oxidative Schaden wird um ein Vielfaches größer.

Und was denken Sie, wird das Resultat dieses evolutionären Prozesses sein, den wir gerade durchmachen?

Exley: Auf Grund unserer Kenntnis wie sich das Leben auf dieser Erde entwickelt hat, wissen wir, dass sich das Leben der immer höheren Menge von Aluminium anpassen wird. Manche denken, dass die Evolution des Lebens lange zurück liegt und nun abgeschlossen ist. Doch das stimmt nicht. Mit dem Eintritt von Aluminium befinden wir uns derzeit in einer hoch aktiven Phase der Evolution. Das Ergebnis könnte durchaus negativ ausfallen. Denn zunächst einmal hat ja Aluminium keinerlei Nutzen für das Leben und ist toxisch. Vielleicht – aber das ist eine Frage von Jahrhunderten – werden Aluminium und Biologie einmal so chemisch miteinander verschmolzen sein, dass das Leben daraus sogar profitiert. Aber das wird höchst wahrscheinlich keine menschliche Lebensform sein. Das Problem ist nämlich, dass wir von unserer Biologie her nicht besonders gut mit Aluminium klar kommen. Es könnte also durchaus sein, dass es zu diesem Zeitpunkt, an dem Aluminium zu einem integralen Bestandteil des Lebens wird, vielleicht keine Menschen mehr gibt. Also eine spannende Frage.

Wir versuchen jene Systeme zu identifizieren, die bei uns am meisten verwundbar sind. Das sind vor allem die Energie-Systeme, wo Phosphate wichtige Aufgaben haben. Eines der wichtigsten Symptome einer Aluminiumvergiftung beim Menschen ist Lethargie und Energielosigkeit. Patienten, bei denen Aluminiumvergiftung nachgewiesen wurde, leiden am »Chronic Fatigue Syndrom«, an chronischer Müdigkeit. Das ist kein psychologisches Problem, das hat handfeste physische Ursachen.

Das zweite System, wo Aluminium massiv eingreift sind oxidative Prozesse. Es kann zwar selbst keinen oxidativen Prozess auslösen, aber es kann stattfindende Prozesse verstärken und um ein vielfaches schlimmer machen.

Also kann man Aluminium als eine Art Alien, einen Außerirdischen bezeichnen, den wir aus der Erde geholt haben und der nun hyperaktiv und unberechenbar seine Kontakte mit dem Leben macht.

Exley: Ja, das ist ein passendes Bild. Ich spreche diesbezüglich lieber von einem »silent visitor«, einem »stillen Besucher«. Wenn man beispielsweise ein Sandwich isst, das mit toxischem Cadmium kontaminiert ist, denn wird dein Körper sofort damit beginnen, bestimmte Proteine zu erzeugen, die versuchen das Gift möglichst schnell zu entsorgen. Das bedeutet allerdings, dass der Körper Cadmium kennt. Dass sich hier im Lauf der Evolution ein Mechanismus eingeschpielt hat, der uns vor Cadmium schützt – oder das zumindest versucht.

Bei Aluminium suchen wir so einen Mechanismus vergebens. Es gibt keine spezifischen Antworten auf Aluminium. Der Körper erkennt Aluminium nicht. Also ist es ein stiller Besucher. Ein Szenario ähnlich dem Trojanischen Pferd.

Wie reagieren denn Ihre Studenten, wenn Sie ihnen derartige Dinge erzählen?

Exley: Wenn ich meinen Studenten oder anderen Menschen erzähle, was wir bisher über Aluminium wissen und was es anrichten kann, so nehmen die Leute automatisch an, dass wir alles unternehmen, um das zu verstehen und uns vor dieser potenziellen Gefahr zu schützen. Sie sind dann völlig perplex, wenn sie rausfinden, dass wir in Wahrheit gar nichts tun.

Wird Ihnen manchmal vorgeworfen, Sie betreiben Angstmache. Was entgegnen Sie solchen Kritikern?

Exley: Ich bin nicht im Mindesten daran interessiert Panik auszulösen. Ich möchte die Geschichte auf Basis der Fakten erzählen. Und zwar deshalb, weil es eine wichtige Geschichte ist. Die Leute werden das zu schätzen wissen, wenn es gelingt, das gut zu vermitteln. Und dann werden sie zu fragen beginnen. Dann werden sie wissen wollen. Es sind die Behörden, die hier auf den Bremsen stehen – und einige Gruppen innerhalb der Gesellschaft. Sie sind es, die sich mit aller Macht sträuben, dass in diesem Bereich neues Wissen ans Tageslicht kommt.

Aluminium: Gift für das Nervensystem

*»Wir machen Kochtöpfe und Verpackungen daraus, bauen Flugzeuge damit, verarbeiten es zu Medikamenten, Zusatzstoffen und Kosmetika: Die Rede ist vom Aluminium, das, so scheint es, zu einem unverzichtbaren Bestandteil unseres modernen Lebens geworden ist. Doch der breite Einsatz hat auch seine Schattenseiten. Seit langem wird ein Zusammenhang zwischen der Alzheimer-Demenz und der Alumini-
umaufnahme vermutet. Eine Reihe von Gründen spricht für eine ursächliche Beziehung.«*

Und dann zählt der Autor eine Reihe von Argumenten auf. Etwa die Tatsache, dass die Aluminiumspiegel im Gehirn von Alzheimerpatienten deutlich erhöht sind. Oder dass zu viel Aluminium bei Nierenkranken Demenz auslöst oder die Häufigkeit von Alzheimer ansteigt, wenn das lokale Wasserwerk Alu-Verbindungen benutzt, um das Trinkwasser zu reinigen. Seit langem werde das diskutiert, schreibt der Autor. Und doch ist der Artikel, aus dem ich hier zitiere und den ich bei Recherchen zufällig fand, auch schon wieder fast zwanzig Jahre alt. Der ebenso streitbare wie unkonventionelle Lebensmittelchemiker und Publizist Udo Pollmer hat ihn geschrieben, im Jahr 1995. Damals war eine ganze Ausgabe des EU.L.E.N-Spiegel, dem »Wissenschaftlichen Informations-