

## Internationales Jahr des Periodensystems

# Mein Lieblingselement: Rutherfordium

Als wir uns kennenlernten, das Element 104 und ich, da hieß es noch gar nicht Rutherfordium.

298 Begegnungen später waren wir gute Bekannte.

Im Jahr 1996 begann ich mit meiner Diplomarbeit im Mainzer Institut für Nuklearchemie. Damals stritt man noch um die Namensgebung der Elemente 104 bis 109. Deren Entdeckungsgeschichte reicht tief in die Zeit des kalten Krieges zurück, und obwohl schon einige Experimente mit den Elementen 104, 105 und 106 durchgeführt worden waren, gab es keine einheitlichen Namen.

Wir arbeiteten mit dem Lawrence Berkeley National Laboratory zusammen; die Forscher dort sagten Rutherfordium für Element 104 und beanspruchten dessen Entdeckung. Die Konkurrenz in Dubna beanspruchte das Gleiche und sagte Kurtschatowium. Verwirrenderweise lag außerdem ein Vorschlag der International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) auf dem

Tisch, nach dem Rutherfordium der Name für Element 106 hätte werden sollen.<sup>1)</sup> Das war aus Sicht der Berkelianer nicht akzeptabel, denn dieses Element wollten sie nach der damals noch lebenden Ikone Glenn T. Seaborg benennen. Die Lage war also einigermaßen kompliziert, und meistens nannten wir Rutherfordium einfach schnörkellos „Einhundertvier“, um die Verwirrung nicht noch zu steigern.

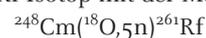
Schon diese Art vorläufiger Nomenklatur erinnert ein wenig an noch ältere Zeiten, in denen vielleicht nicht alles besser, aber doch einiges aufregender war: Die Zeit des Elements Didym zwischen seiner Entdeckung im Jahr 1841 und der Auftrennung in Praseodym und Neodym mehr als 40 Jahre später.<sup>2)</sup> Oder die Zeit, als Technetium noch um seinen Platz im Periodensystem

kämpfte, mit den inzwischen vergessenen Konkurrenten Polonium, Ilmenium, Pelopium, Davyium, Lucium, Nipponium, Masurium und Panormium.<sup>3)</sup>

### Erstes Transactinoid

Rutherfordium ist das erste transactinoide Element. Erst im Jahr 1944 hatte bewusster Glenn T. Seaborg das Actinoidenkonzept eingeführt.<sup>4)</sup> Knapp 30 Jahre später war die Reihe der Actinoiden gefüllt, und Rutherfordium nimmt seitdem den Platz in der 4. Gruppe unter dem Zwillingsspaar Zirkon und Hafnium ein, der bis in die 1940er Jahre dem Thorium zugeschrieben wurde. Auch heute noch spricht man vom Thorium als Pseudohomologem des Rutherfordiums, weil es in der Regel vierwertig vorliegt.

Wie diese Geschichten über das Rutherfordium zeigen, liegen die Wurzeln der Chemie als Wissenschaft in der Ära der Alchimie. Und da Rutherfordium weder in der Natur vorkommt noch in Kernreaktoren, muss es künstlich erzeugt werden, also in einer Kernreaktion an einem Beschleuniger – Transmutation, der alte Alchimistentraum. Dafür bestrahlten wir eine dünne, curiumbeschichtete Folie (Target), die an einem Beschleuniger einem Teilchenstrom hochgeladener Sauerstoff-18-Teilchen ausgesetzt wird. Dabei entsteht (unter anderem) das Rf-Isotop mit der Masse 261:



### DREI FRAGEN AN DEN AUTOR: Erik Strub

**Wie kam es, dass gerade dieses Element Ihr liebstes wurde?**

Rf begegnete mir in meiner Dissertation, und wie so oft bei Dissertationsthemen hat es mich nie ganz losgelassen.

**Wann war das?**

Im Jahr 1996, als mir mein künftiger Chef Jens Volker Kratz vorschlug, mit Elementen zu arbeiten, über die ich bis dahin vor allem Entdeckungsmeldungen in der Tageszeitung gelesen hatte.

**Woran forschen Sie gerade?**

Verschiedene Aspekte langlebiger Radionuklide: Standards für Beschleunigermassenspektrometrie (AMS), langlebige Radionuklide in der Geologie und bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Der Chemiker Erik Strub leitet seit 2013 als Privatdozent eine Arbeitsgruppe an der Universität Köln. Er befasst sich mit Radioanalytik, langlebigen Nukliden und Archäometrie.

Das lässt sich auch so ausdrücken:  
 $^{248}\text{Cm} + ^{18}\text{O} \rightarrow ^{261}\text{Rf} + 5 \text{ Neutronen}$

Die Rutherfordiumatome werden dann durch den Rückstoß aus der Targetfolie herausgeschleudert (Abbildung 1) und lassen sich in einer Heliumatmosphäre abbremsen. Wird der Heliumstrom (Gasjet) mit kleinen Salzpartikeln beladen, adsorbieren die Rutherfordiumatome an diese. Dann lassen sie sich mit dem Gasjet in einer Kapillare komfortabel über bis zu 50 Meter ohne allzu große Verluste in ein chemisches Laboratorium spülen.

### Chemie mit Rf

$^{261}\text{Rf}$  hat eine Halbwertszeit von zirka 70 Sekunden, lang genug, um damit wässrige Chemie zu betreiben. Wermutstropfen: Die typische Erzeugungsrate, die sich erzielen lässt, liegt etwa bei einem Atom pro Minute. Berücksichtigt man den Zerfall während der Transportzeit und sonstige Verluste, lässt sich leicht ausrechnen, dass niemals mehr als ein Atom gleichzeitig im Laboratorium existiert. Polymerchemie scheidet also aus.

Was sonst kann man in so kurzer Zeit über ein Atom erfahren? Ein einfaches Experiment in wässriger Phase ist das Verhalten auf Ionentauschersäulen: Wenn Rf wie seine Homologen Zr und Hf in verdünnter Flussäure anionische Komplexe bildet, wird es einen Kationenaustauscher als  $[\text{Rf}_6]^{2-}$  durchlaufen. Bei 70 Sekunden Halbwertszeit ist auch noch Muße für eine zweite Strip-Fraktion mit  $\text{HNO}_3/\text{HF}$ , die eventuell auf der Säule festgehaltene Reste von  $\text{Rf}^{4+}(\text{aq})$  eluiert. Anschließend tauscht das automatisierte HPLC-System ARCA<sup>5)</sup> die Säule, und alles beginnt von neuem.

Eine Frage des theoretischen Überbaus ist an dieser Stelle, wie eigentlich das Massenwirkungsgesetz in diesem Fall zu formulieren ist. Die Antwort gibt der Infokasten.

### Stück um Stück

Nun eluierten wir innerhalb von 70 Sekunden zwei Fraktionen, in denen wir nach Rf suchten. Hier half uns wiederum der radioaktive Zerfall, denn anders lassen sich einzelne Atome gar nicht finden. Der  $\alpha$ -Zerfall von Rf ist charakteristisch, ein natürlicher Untergrund existiert nicht. Damit findet man jedes zerfal-

lene Atom – in der Realität vielleicht ein oder zwei pro Stunde. In Übereinstimmung mit der Hochenergiephysik nannten wir das dann ein Ereignis oder event. Dies ist nicht ganz im Einklang mit dem landläufigen Verständnis von Event, aber übertrieben kann diese Nomenklatur nur demjenigen erscheinen, der nie eine Woche lang rund um die Uhr in einem fensterlosen Labor zwischen

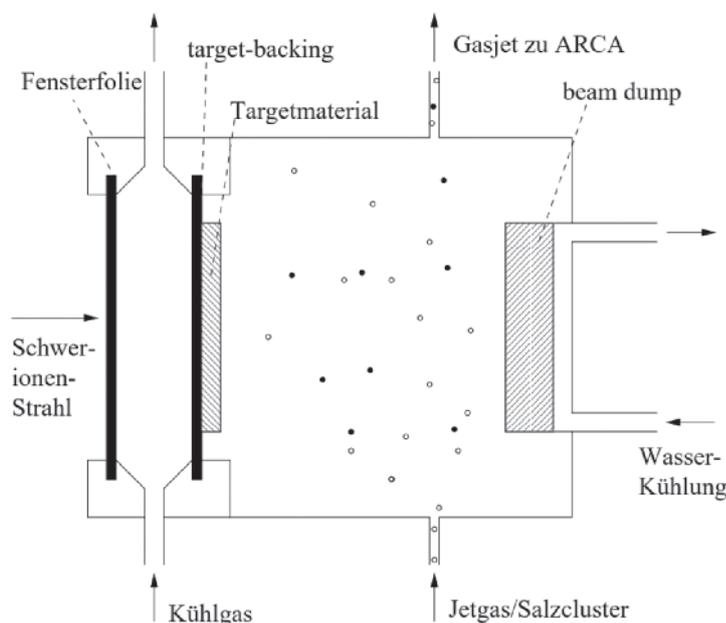


Abb. 1. Targetkammer zur Produktion von Rutherfordium in einem Beschleunigerexperiment.<sup>8)</sup> Das Rutherfordium entsteht durch Kernreaktionen im Targetmaterial, wird durch den Rückstoß herausgeschleudert, im Gasraum abgebremst und an Salzcluster adsorbiert.

#### INFO: Massenwirkungsgesetz mit nur einem Atom

Was bedeutet die Formel

$$K = [\text{Rf}]_{\text{ads}} \cdot [\text{Rf}]_{\text{solv}}^{-1}$$

für die Adsorption auf der Säule, wenn immer nur ein Atom vorliegt? Dann ist eine der beiden Konzentrationen null. Kann K dann nur die Werte null oder unendlich annehmen? Glücklicherweise musste ich mir darüber als Doktorand keine allzu großen Gedanken machen, denn das hatten andere schon erledigt.<sup>6)</sup> Die kurze Antwort lautet: Wann immer die Aktivierungsenergie eines Phasenwechsels so niedrig ist, dass er innerhalb der Experi-

mentierzeit mehrfach ablaufen kann, lassen sich die Konzentrationen im Massenwirkungsgesetz durch zeitlich gemittelte Wahrscheinlichkeiten ersetzen, das Rf in der einen oder anderen Phase adsorbiert beziehungsweise desorbiert vorzufinden. Die Elutionszeit eines einzelnen Atoms ist also repräsentativ. Damit ist die chemische Welt wieder in Ordnung, K definiert und Säulenexperimente auch für einzelne Atome aussagekräftig.

Single Atom Chemistry funktioniert.

HF-Dämpfen gesessen und genau auf diese Ereignisse gewartet hat.

Dabei habe ich bisher einen Pferdefuß verschwiegen: Die Messung

der  $\alpha$ -Zerfälle des Rf gelingt mit der gewünschten Genauigkeit nicht direkt aus der wässrigen Lösung der Elutionsfraktionen. Sie müssen ein-

gedampft werden. Und zwar schonend, um Verluste durch Verspritzen zu minimieren, und schnell, um Verluste durch radioaktiven Zerfall zu minimieren.

Die Elutionsfraktionen von etwa 200  $\mu\text{L}$  Volumen tropfen also nicht behäbig aus der Apparatur, sondern werden durch eine Quarzkapillare (bei Gebrauch mit HF regelmäßig austauschen!) in die Mulde eines Tantalplättchens gesprüht, wo sie zwischen goldbedampfter Heizplatte, heißem He-Strom aus einer Ringdüse und einer leistungsstarken Infrarotlampe (Abbildung 2 links) in etwa 15 Sekunden zur Trockene eingedampft werden. Erst dann legt ein zweiter Experimentator sie in Messkammern. Der Detektor beginnt nach kurzem Abpumpen ( $\alpha$ -Messungen bitte im Vakuum!) zu zählen. Genauer gesagt: zu warten. In 95 Prozent aller Fälle war gerade kein Rf-Atom in der Fraktion.

Sechzehn Messkammern sind nötig, um jeweils zwei Fraktionen für etwa zehn Minuten messen zu können, um kein Ereignis zu verpassen. Ein dritter Experimentator entfernt die Messproben im richtigen Rhythmus, damit immer rechtzeitig Messplätze für das nächste Probenpaar frei werden (zur Anzahl der Experimentatoren siehe wissenschaftliche Interpretation des Begriffs „automatisierte Chemie“). Durch die Schweißbrillen, die wir Doktoranden trugen, nahm man all das freilich nur am Rande wahr – im Zentrum unseres Interesses lag die Quintessenz der Elutionsfraktionen im Schein der regelmäßig aufleuchtenden Infrarotlampe (Abbildung 2 rechts). Mein Mitdoktorand stimmte regelmäßig „Island in the sun“<sup>(7)</sup> an.

### Warten wird belohnt

Mit ausreichend Geduld sammelten wir also nun Ereignisse. Wir berechneten Verteilungskoeffizienten. Wir variierten die Säurekonzentrationen und erhielten Eluti-

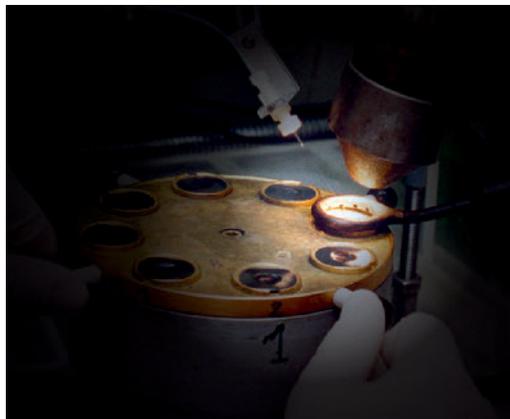
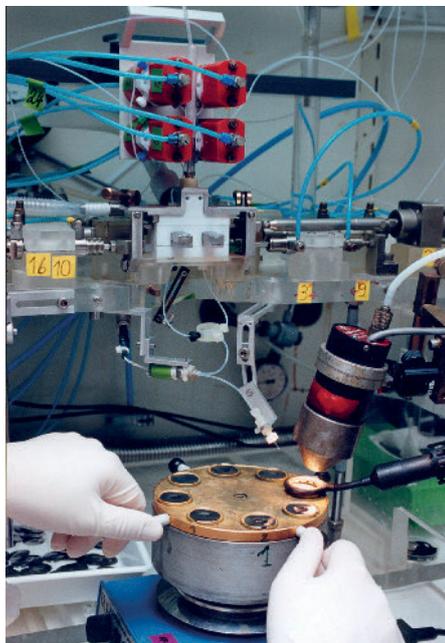


Abb. 2. Säulenchemie mit Rutherfordium und ARCA (Automated Rapid Chemistry Apparatus). Links: Laboransicht; rechts: gleiches Bild, Wahrnehmung des Doktoranden durch eine Schweißbrille. Im Mittelpunkt die piezosteuerte Quarzdüse (Laborjargon: Schnuddel).

Element	Species	Method	Elution sequence	Reference <sup>a)</sup>
104	Rf <sup>4+</sup> + $\alpha\text{HiB}$	CIX	Rf $\gg$ Ln	Silva <i>et al.</i> 1970
	RfCl <sub>4</sub>	TC	Rf $\approx$ Hf	Zvara <i>et al.</i> 1971b
	RfCl <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	Aliquat 336	Rf $\approx$ Hf	Hulet <i>et al.</i> 1980
	RfCl <sub>4</sub>	IC	Rf $\approx$ Zr > Hf	Türler 1996
	Rf(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	TBP	Hf $\approx$ Rf > Zr	Günther <i>et al.</i> 1998
	RfF <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	CIX	Zr $\geq$ Hf > Rf > Th	Strub <i>et al.</i> 2000
	RfCl <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	AIX	Hf > Zr > Rf	Haba <i>et al.</i> 2002
	RfF <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	AIX	Rf > Zr $\approx$ Hf	Haba <i>et al.</i> 2004
	RfF <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	AIX	Rf > Zr $\geq$ Hf	Toyoshima <i>et al.</i> 2008
	Rf(HSO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	CIX	Zr > Hf > Rf > Th	Li <i>et al.</i> 2011
	105	DbBr <sub>5</sub>	TC	Nb > Db $\geq$ Hf
DbBr <sub>5</sub>		IC	Nb = Ta > Db	Cäggeler <i>et al.</i> 1992b
DbCl <sub>6</sub>		Aliquat 336	Ta > Db $\geq$ Nb > Pa	Paulus <i>et al.</i> 1999b
DbF <sub>6</sub> <sup>-</sup>		Aliquat 336	Pa > Db $\approx$ Nb $\approx$ Ta	Paulus <i>et al.</i> 1999
DbI <sub>6</sub> <sup>-</sup>		AIX	Pa > Db > Ta $\approx$ Nb	Tsukada <i>et al.</i> 2009
106	DbBr <sub>5</sub>	IC	Db > Nb > Ta	Qin <i>et al.</i> 2012
	SgO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	IC	Mo > W > Sg	Türler <i>et al.</i> 1999
	SgO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	IC		Hübener <i>et al.</i> 2001
	SgO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	CIX		Schädel <i>et al.</i> 1997
107	SgO(OH) <sub>2</sub> (II <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	CIX	Mo > W > Sg	Schädel <i>et al.</i> 1998
	BhO <sub>3</sub> Cl	IC	Tc > Re > Bh	Eichler <i>et al.</i> 2000b
108	HsO <sub>4</sub>	IC	Os > Hs	Düllmann <i>et al.</i> 2002b
	Na <sub>2</sub> [HsO <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]	IC	Hs > Os	von Zweidorf <i>et al.</i> 2004
112	E112 (Cn)	TC	Rn > Cn > Hg	Eichler <i>et al.</i> 2008
114	E114	TC	Rn > E114 $\geq$ Cn > Hg	Lichler <i>et al.</i> 2010
	E114	IC/TC	Rn > Cn > E114 > Hg	Yakushev <i>et al.</i> 2012

Experimente zur Chemie mit Transactinoiden.<sup>11)</sup> Seit 2012 ist vor allem ein bedeutendes Ergebnis zum Nachweis von Sg(CO)<sub>6</sub> hinzugekommen.<sup>12)</sup> AIX/CIX: Anionen- beziehungsweise Kationenaustauscherchemie; „Aliquat 336“: Reverse-phase-Chromatographie mit HDEHP; IC/TC: isotherme Gaschromatographie/Thermo(gas)chromatographie.

onskurven. 298 Ereignisse reichten für zwei Elutionskurven auf Anionen- und Kationenaustauscher (Abbildung 3) und – mit entsprechendem Hintergrund – für eine Dissertation.<sup>8)</sup> Die zugehörige Publikation<sup>9)</sup> enthält übrigens im Titel außer dem Elementnamen sicherheitshalber die Ordnungsnummer.

Die Elutionskurven verglichen wir mit denjenigen der Homologen Zr und Hf und der Vollständigkeit halber mit dem Pseudohomologen Thorium. Es geht um grundlegende Fragen: Spätestens seit den Arbeiten von Pykkö<sup>10)</sup> ist klar, dass Elektronen der schweren Elemente relativistisch zu betrachten sind. Dies verändert möglicherweise das Periodensystems so stark, dass sich in der siebten Periode beispielsweise ein Edelgascharakter schon in der 12. und nicht erst in der 18. Gruppe zeigt. Speziell diese Frage ist immer noch Thema von Diskussionen. Insofern zielen die chemischen Experimente bei allen Transactinoiden darauf, Gemeinsamkeiten mit Homologen und Pseudohomologen herauszuarbeiten. Wie es die Werbung für einen bestimmten Weinbrand postuliert: Riesig sind die Unterschiede nicht, aber fein. Die Tabelle fasst die Bilanz nach über

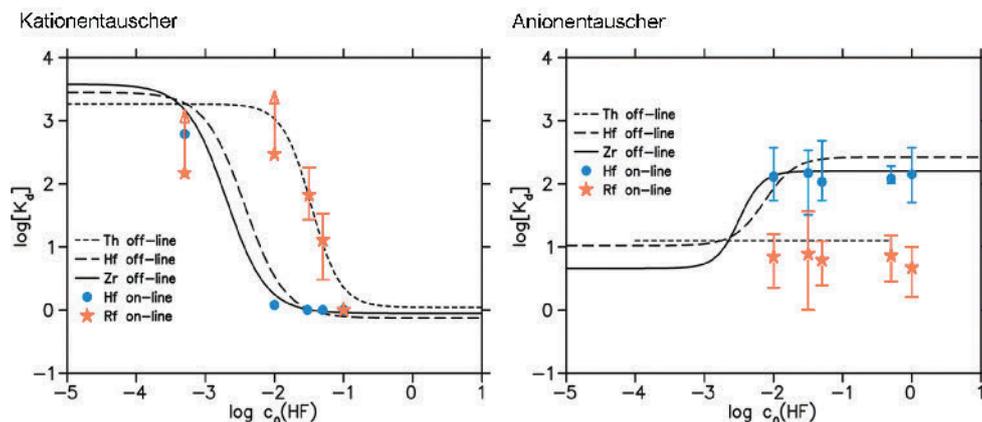


Abb. 3. Elution von Rf von Ionenaustauscherharzen in 0,1 M HNO<sub>3</sub>/var. HF, im Vergleich mit den Homologen Zr und Hf sowie dem Pseudohomologen Th.<sup>8)</sup>

40 Jahren Transactinoidenchemie zusammen – fast ein Drittel davon wässrige Rf-Chemie.

Nach all diesen Arbeiten kann man zumindest das sagen: Auch in der siebten Periode scheint die Struktur des Periodensystems im Wesentlichen intakt, oder, wie *Nature* es für die große Schwester des Rf ausdrückte: „Oddly ordinary Seaborgium“ (ja, Seaborgium verdankt seinen Namen dem Mann, der uns im Textverlauf schon begegnet ist).<sup>13)</sup> Rf bildet Chlorid- und Fluoridkomplexe wie die anderen Mitglieder der Gruppe 4 und liegt oft – aber nicht immer – im Verhal-

ten zwischen seinen leichten Schwestern Zr und Hf. Vielleicht könnte man angesichts der Ähnlichkeit dieser beiden sogar von Drillingen sprechen.

### Was kommen wird

In den letzten Jahren richten sich die Erwartungen auf den Beginn der achten Periode mit Element 119 und den ersten erwarteten g-Elektronen ab Element 121, dem ersten „Superactinoid“ (auch ein von Seaborg geprägter Begriff).<sup>14)</sup> Ob hier die Erzeugungsraten und Halb-

## Keine halben Sachen.

Die Welt ist voll von Halbwissen. Besonders im sensiblen Umfeld der Chemie ist dies jedoch fehl am Platz. Deshalb arbeiten wir seit 1947 mit Leidenschaft und Liebe zum Detail daran, dass evaluierte Daten und Fakten rund um das Themenfeld Chemie zur Verfügung stehen. Immer. Und ohne Ausnahme. So wurde „Der RÖMPP“ Synonym für inzwischen über 65 000 Stichwörter und über 240 000 Querverweise, auf die man sich verlassen kann. Das sollten Sie sich am besten selbst anschauen.

Sonderpreis  
für GDCh-Mitglieder 139,- €  
für stud. Mitglieder 69,- € [www.gdch.de](http://www.gdch.de)

GDCh



Nur 100% sind 100%.  
[www.roempp.com](http://www.roempp.com)

Thieme

wertszeiten überhaupt für chemische Experimente reichen werden, ist unklar. Rf ist das letzte Element, mit dem bisher überhaupt mehr als eine Handvoll Experimente in Lösung durchgeführt wurden. Schon für die nächsten Elemente Dubnium und Seaborgium sind es nur noch drei beziehungsweise zwei, und ab Bohrium (Element 107) sind bisher wegen der kurzen Halbwertszeiten nur Experimente in der Gasphase publiziert, die naturgemäß schneller funktionieren als solche mit Extraktionschemie, die zudem zwei Schritte umfasst.

### Fazit

Soweit also zu meinem Lieblings- element Rutherfordium. Was macht mir dieses Element so sympathisch? Neben den 298 persönlichen, ja geradezu intimen Begegnungen steht es für mich für viel: Benannt nach einem Physiker, der im Jahr 1908 den Nobelpreis für Chemie bekam „für seine Untersuchungen über den Zerfall der Elemente und die Chemie der radioaktiven Stoffe“. Der also damals schon zwischen den (Lehr)Stühlen stand,

wie auch heute noch die beschriebene Forschung. Eine Dissertation, 90 Jahre später, die fast den gleichen Titel tragen könnte. Ein kleiner Mosaikstein zur Platzierung eines Elements im Periodensystem. Eine endgültige Benennung des Elements 30 Jahre nach seiner Entdeckung. Experimente, über die man eigentlich immer nur die Hälfte erzählt, wenn man die Anekdoten weglässt. Weitere 20 Jahre später: die Frage einer Redakteurin nach dem Lieblings- element und einem Artikel darüber zum 150-jährigen Jubiläum des Periodensystems. Warum Rutherfordium?

*Oh, island in the sun*

*Willed to me by my father's hand*

*All my days I will sing in praise*

*Of your forest, waters,*

*your shining sand.*

Der Täter kehrt immer zum Tatort zurück. <<

*Ein modernes alchimistisches Märchen rund um schwere Elemente erzählt übrigens Philipp Ball in *The Sun and Moon Corrupted*.<sup>15)</sup> Seit *H. G. Wells' 'The World Set Free'*<sup>16)</sup> 1914 und *Hans Dominik's Atomgewicht 500*<sup>17)</sup> haben künstliche Elemente auch in der Belletristik nichts von ihrer Faszination verloren.*

- 1) *Names and symbols of transfermium elements (IUPAC Recommendations 1994). In: Pure and Applied Chemistry 1994, 66 (12), 2419*
- 2) *C. Auer von Welsbach, Monatshefte für Chemie 1885, 6(1), 477*
- 3) a) *C. Perrier, E. Segrè, J. Chem. Phys. 1937, 5 und J. Chem. Phys. 1939, 7, 155; b) C. Perrier, E. Segrè, Nature 1947, 159, 24*
- 4) *Glenn T. Seaborg, Science 1946, 104, 379*
- 5) *M. Schädel, W. Brüchle, E. Jäger et al., Radiochim. Acta 1989, 48, 171*
- 6) *P. Guillaumont, J. P. Adloff, A. Peneloux et al., Radiochim. Acta 1989, 46, 169*
- 7) *H. Belafonte, Island in the Sun, RCA Victor, New York 1957*
- 8) *E. Strub, Zur Chemie von Rutherfordium, Dubnium und Seaborgium, Dissertation Uni Mainz (2000)*
- 9) *E. Strub, J. V. Kratz, A. Kronenberg et al., Radiochim. Acta 2000, 88, 265*
- 10) *P. Pykkö, Chem. Rev. 1988, 88, 563*
- 11) *J. V. Kratz, K. H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, ISBN 9783527329014, Wiley-VCH, Weinheim 2013*
- 12) *J. Even, A. Yakushev, C. E. Düllmann et al., Science 2014, 345, 1491*
- 13) *R. Loughheed, Nature 1997, 388, 21*
- 14) *G. T. Seaborg, Chemie in unserer Zeit 1969, 3, 131*
- 15) *Philipp Ball, The Sun and Moon Corrupted, ISBN: 978-1846271083*
- 16) *H. G. Wells, The World Set Free, ISBN: 978-1609420697*
- 17) *Hans Dominik, Atomgewicht 500, ISBN: 978-3942961455*

## Aus Bio-, Umwelt- und Materialwissenschaften

### Waldbrände beeinflussen das Klima

Durch unvollständige Verbrennung entstehen Rußpartikel, etwa bei den Waldbränden in Kalifornien. Diese Partikel gelangen bis in die unterste Schicht der Stratosphäre, also in eine Höhe von zehn Kilometern. In den kalifornischen Rauchwolken war die Konzentration der Rußpartikel zwanzigmal höher als in der Hintergrundatmosphäre. Da chemische Substanzen die Partikel umhüllen, absorbiert deren Inneres mehr Licht. Infolgedessen kann sich die unterste Stratosphäre lokal erwärmen und somit das regionale Klima beeinflussen.

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2018, doi: 10.1073/pnas.1806868115*

### Blauer Phosphor erstmals vermessen

Forscher haben die Modifikation blauen Phosphors an einer Goldoberfläche abgeschlossen und vermessen. In dieser Modifikation vernetzen sich die P-Atome zu einer Art Bienenwabenstruktur. Diese Struktur hat regelmäßige Erhebungen. Bisher gab es zu dieser Modifikation nur theoretische Modelle. Nach den Messungen passen sich die P-Atome an die Abstände zwischen den Goldatomen an, wodurch sich das Wabengitter verschiebt. Dies verändert die Energieverteilung der Elektronen, sodass die Bandlücke von etwa zwei Elektronen-volt ebenfalls etwas verschoben ist.

*Nano Lett. 2018, 18, 11, 6672*

### Wie das Ohr akustische Information umwandelt

Einzelne synaptische Vesikel wandeln in der Hörnervenzelle akustische Informationen in Nervensignale um. Die Reizumwandlung findet an der Haarzell-synapse im Innenohr statt. Diese setzt überwiegend einzelne Vesikel frei, die den Botenstoff Glutamat enthalten, das die Hörnervenzelle stimuliert. Wie Göttinger Forscher zudem herausfanden, vergrößert sich die Membran der Haarzellsynapse beim Verschmelzen mit den Vesikeln.

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2018, doi: 10.1073/pnas.1811814115*

*Lisa Süßmuth, Frankfurt*