

Das schwerste in größeren Mengen in der Natur vorkommende Element ist Uran mit der Ordnungszahl 92. Forscher fragen aber: Wie schwer kann eigentlich ein Kern werden, ohne spontan in zwei Fragmente zu zerfallen? Und gibt es nicht doch weitaus schwerere Elemente, die sich eventuell sogar in der Natur nachweisen lassen? In den letzten Jahrzehnten konnten Wissenschaftler an Beschleunigern wenige Atome bis hin zum Element 118 künstlich synthetisieren, indem sie leichtere Elemente fusionierten. Die schwersten so hergestellten Elemente sind aber alle radioaktiv und bestehen jeweils nur für kurze Zeit. Ihre Existenz verdanken sie dem sogenannten Schaleneffekt: »Magische« Zahlen von Protonen und Neutronen sind in der Lage, einen Kern zusätzlich zu stabilisieren. Kerne, die sowohl eine magische Protonenzahl als auch eine magische Neutronenzahl enthalten, sind »doppelt magisch«. Der schwerste bekannte doppelt magische Kern ist Blei mit der Massenzahl 208. Bereits in den sechziger Jahren wurde auf Basis des Schalenmodells des Kerns vorhergesagt, es müsse eine Insel der superschweren Elemente geben. Zentrum dieser Insel sollte ein sphärischer, doppelt magischer Kern mit der Ordnungszahl 114 und der Neutronenzahl 184 sein. Anzeichen für die tatsächliche Existenz dieser Region erhöhter Stabilität sind Berichte über eine Serie von Experimenten des Flerov-Labors im russischen Dubna, in denen die Synthese der Elemente 112 bis 118 gelungen sein soll. Neueste theoretische Berechnungen haben nun gezeigt, dass auch deformierte Kerne doppelt magische Schalenabschlüsse bilden können; der nächste Schalenabschluss ist deshalb bereits beim Kern Hassium-270 mit der Ordnungszahl 108 und der Neutronenzahl 184 zu erwarten. Das Auftau-

Radiochemiker synthetisieren Hassium-270

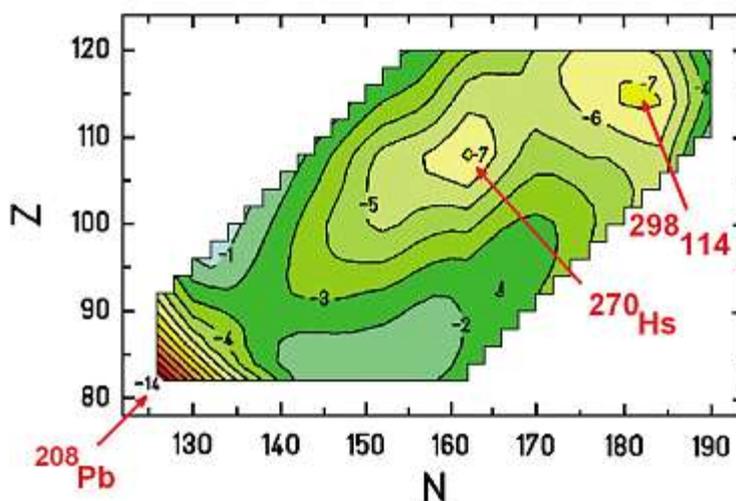
Die doppelte Magie der superschweren Kerne

Einer internationalen Kollaboration, angeführt von Wissenschaftlern des Instituts für Radiochemie der TUM in Garching (Prof. Andreas Türler) und der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt, ist es erstmals gelungen, nur vier Atome des Kerns Hassium-270 zu synthetisieren und nachzuweisen.

chen einer weiteren Insel aus dem »Meer der Instabilität« hat das Bild einer einzigen weit draußen liegenden Insel der superschweren Elemente erheblich modifiziert.

Die Synthese des Hassium-270 gelang den Münchner und Darmstädter Wissenschaftlern, indem sie ein dünnes Target aus Curium-248 mit einem Strahl von Magnesium-26-Ionen über einen Zeitraum von mehreren Wochen intensiv beschossen. Die beiden Atome verschmolzen zum Element Hassium. Um die äußerst selten entstehenden Hassiumatome nachzuweisen, bedienten sich die

Forscher eines kontinuierlich arbeitenden chemischen Separationssystems. Da Hassium zur Gruppe 8 des Periodensystems gehört, so wie Osmium, verbindet es sich sehr leicht mit vier Sauerstoffatomen zu einem sehr flüchtigen gasförmigen Molekül. Durch eine kontinuierliche und sehr schnelle gaschromatographische Trennung und eine anschließende Abscheidung in einem Kryodetektor ließ sich der radioaktive Zerfall der synthetisierten Hassiumatome höchst effizient nachweisen. Dabei beobachteten die Forscher, dass Hassium-270 nicht etwa spontan in zwei Bruchstücke zerfällt, sondern erst nach einer gewissen Lebensdauer einen Heliumkern emittiert. Aus der gemessenen Zerfallsenergie – die sehr gut mit theoretisch vorhergesagten Werten übereinstimmte – konnte auch eine Halbwertszeit des Hassium-270 von immerhin einer halben Minute abgeleitet werden. Durch die Emission eines Heliumkerns verwandelt sich das Hassium-



Berechnete Schalenstabilisierung (in MeV) der schweren und superschweren Elemente mit Ordnungszahlen zwischen 82 und 120. Hassium-270 ist ein im Grundzustand deformierter Kern, während das Nuklid 298_{114} (bisher noch nicht experimentell nachgewiesen) sphärisch sein sollte. Modifiziert aus A. Sobczewski et al., Phys. Rev. C63 (2001).

270 in ein leichteres Nuklid: Seaborgium-266. Dieses zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa einer 400 000stel Sekunde spontan in zwei Fragmente – wiederum ein Hinweis auf die außerordentliche Stabilität des Hassium-270.

Mit ihrer Arbeit, die im renommierten Journal »Physical Review Letters« publiziert wurde (*), haben die Wissenschaftler experimentell gezeigt, dass der Weg zu superschweren Elementen über eine näher gelegene, ebenfalls durch Schaleneffekte stabilisierte Region führt und somit auch innovativen Chemikern die Erforschung aller bisher nur mit physikalischen Methoden nachgewiesenen Elemente im Periodensystem offensteht.

Prof. Andreas Türler
Lehrstuhl für Radiochemie
Tel.: 089/289-12202
andreas.tuerler@radiochemie.de

Andreas Türler

* Physical Review Letters 97, 242501 (2006)

Kommunikations- und Informationstheorie in der Genomanalyse

Die DNA aus neuem Blickwinkel

In den vergangenen Jahren haben Genomprojekte eine Fülle genetischer Daten neu verfügbar gemacht. Um diese Daten effizient zu analysieren, setzen Wissenschaftler auf Konzepte der digitalen Informationsübertragung. Daran arbeitet auch die Forschungsgruppe Kommunikations- und Informationstheorie in der Genetik (ComInGen), eine Kooperation des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der TUM (Prof. i.R. Joachim Hagenauer), des Instituts für medizinische Statistik des Klinikums rechts der Isar und des Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Seewiesen (Dr. Jakob C. Müller), gefördert vom Bund der Freunde der TU München.

Die digitale Kommunikationstechnik nutzt verschiedene Informationsträger und Verfahren, um Information effizient zu speichern und auch über unzuverlässige Kanäle zuverlässig zu übertragen. Information wird dann als digital bezeichnet, wenn sie zeitdiskret ist – ein Wert erscheint an einem festgesetzten Zeitpunkt, einer festgesetzten Position – sowie wertdiskret – das Signal kann nur bestimmte Werte annehmen. Die Erbinformation eines Organismus wird als Veränderung im molekularen Aufbau der DNA gespeichert, wobei eine Information »zeitdiskret« an einer bestimmten Position innerhalb der DNA und »wertdiskret« als eine der Basen Adenin (A), Thymin (T), Guanin (G) oder Cytosin (C) digital abgespeichert wird. Die ComInGen-Gruppe untersucht anhand der von Claude Shannon 1948 begründeten Informationstheorie biologische Mechanismen der Informationsverarbeitung unter informationstheoretischen Aspekten.

Ein grundlegendes Problem beim Auslesen einer Information besteht darin, in einem zufälligen Datenstrom den Beginn der Nachricht zu lokalisieren. Die

Kommunikationstechnik löst dieses Synchronisationsproblem durch Sync-Wörter, die einer Nachricht vorausgehen und aufgrund ihrer Beschaffenheit im Datenstrom gut erkennbar sind. In biologischen Systemen beginnt die Verarbeitung der genetischen Information mit der Transkription: Das Enzym RNA-Polymerase (RNAP) schreibt die DNA in Messenger-RNA (mRNA) um, muss dazu aber zunächst bestimmte Erkennungssequenzen erkennen. Im relativ einfachen Transkriptionssystem des Bakteriums *Escherichia coli* bindet das Protein σ_{70} an eine Promoterregion am Beginn der Basensequenz, die an Position -35 und -10 zwei konservierte Erkennungssequenzen trägt. Daran erkennt die RNAP den Start eines Gens. Die ComInGen-Wissenschaftler simulierten diesen Prozess mittels verschiedener Modelle an einer großen Anzahl von Promotoren und stellten fest, dass diese σ_{70} -Erkennungssequenzen – quasi die Sync-Wörter der Transkription – gute bis sehr gute Synchronisationseigenschaften haben; Fehler betreffen nur den aktuell entstehenden RNA-Strang und sind daher nicht von Dauer.

Bei der biologischen Vermehrung wird die informationstragende DNA jedoch selbst auf Nachkommen übertragen. Dabei treten immer wieder Fehler auf. Solche Mutationen können permanent im Genom des betroffenen Organismus gespeichert werden. Die Übertragung von der Eltern- auf die Tochtergeneration ist qualitativ allerdings so gut, dass diese Mutationen – auf die gesamte Population bezogen – bei einem Übertragungsschritt statistisch kaum eine Rolle spielen. Betrachtet man aber – wie bei der Modellierung evolutionärer Prozesse – eine Vielzahl verketteter Übertragungsprozesse, so häufen sich die Fehler an. Beim Vergleich verschiedener Genome finden sich jedoch invariable Bereiche mit teilweise noch