

Deutsche Ausgabe: DOI: 10.1002/ange.201604045
 Internationale Ausgabe: DOI: 10.1002/anie.201604045

Nuklearchemie – Aktivität ist Programm

Clemens Walther*



Wer kennt sie nicht aus dem Chemiestudium – die Radio- oder Nuklearchemie. Allerdings ist die Tiefe dieser Kenntnis sehr unterschiedlich. Während mancherorts mehrsemestrige Module mit praktischen Übungen angeboten werden, erleben andere dieses Thema lediglich als „Kreidechemie“ oder gar nur mit dem profanen Satz: „Das wird hier nicht gelehrt.“ In den noch aktiven Instituten besteht jedoch eine konstant hohe Nachfrage der Studierenden, die zum Teil kaum noch befriedigt werden kann. Zudem zeigt meine persönliche Erfahrung, dass eine nuklearchemische Ausbildung oder ein Praktikum an einem Forschungsreaktor sehr positiv in Erinnerung bleiben. Es stellen sich also folgende Fragen: Warum ist die Situation so heterogen, was sind die Ursachen und vor allem wie geht es weiter?

In der Nuklearchemie mangelt es nicht an aufsehenerregenden Entdeckungen und spektakulären Nobel-Preisen: die Entdeckung von Polonium und Radium durch Marie Curie im Jahr 1898, die bahnbrechenden Arbeiten von Frederick Soddy zur Chemie der radioaktiven Stoffe und seine Untersuchungen über die Isotope, für die er 1921 den Nobel-Preis erhielt. Die Entdeckung der Kernspaltung durch Hahn und Straßmann erfolgte 1938 auf nuklearchemischem Wege. Außerdem jährte sich 2015 zum 75. Mal die erste Herstellung des Elements Plutonium durch Glenn Seaborg.

Der vor 50 Jahren verstorbene George de Hevesy gilt als Begründer der mo-

dernen Nuklearchemie. Gemeinsam mit Paneth entwickelte er 1913 die Tracermethode zur Kennzeichnung chemischer Elemente durch Beimischen kleiner Mengen ihrer radioaktiven Isotope. Er führte die bis heute genutzte Neutronenaktivierungsanalyse als unverzichtbares, hochempfindliches Analysenverfahren ein. Doch viele dieser Entdeckungen liegen lange zurück.

Wie ist die Situation heute? Die Fachgruppe Nuklearchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker listet in ihrer aktuellen Broschüre 21 deutsche Hochschulen und Forschungszentren auf, in denen Nuklearchemieausbildung erfolgt. Diese Zahl entspricht aber wegen Vernetzungen mit z.B. Helmholtz-Zentren nur 18 Professuren. Die Zahl der Universitäten, an denen Nuklearchemie gelehrt wird, ist signifikant kleiner geworden. Frei werdende Lehrstühle wurden oft nicht oder mit veränderter Ausrichtung wiederbesetzt, sodass sie zumindest teilweise für die Nuklearchemie verloren sind. Doch wo liegen die Ursachen?

Zum einen dominiert seit einiger Zeit die Ansicht, dass Nuklearchemie lediglich für die insbesondere seit dem Ausstiegbeschluss umstrittene Stromerzeugung mittels Kernreaktoren benötigt werde. Zum anderen erfordert Nuklearchemie in Forschung und Lehre nuklearchemische Labors, zumeist in einem Kontrollbereich. Wie bei jedem Labor zum genehmigungsbedürftigen Umgang mit Gefahrstoffen ist der Betrieb solcher Labors kosten- und personalintensiv und damit Gegenstand steter Diskussionen.

Will man also eine so kostenintensive Ausbildung weiterhin rechtfertigen, muss der Bedarf an solchen Kenntnissen nachgewiesen werden. In den Pionierzeiten der Kernspaltung und der daraufliegenden Euphorie für alles Nu-

kleare stellte sich diese Frage nicht. Aber wo benötigt man denn heute noch Nuklearchemie?

Die Antwort lautet: in einer Vielzahl von Gebieten – nur ist das oft nicht auf Anhieb offensichtlich. Zu den bekannteren Anwendungsbereichen gehören die Lebenswissenschaften, speziell die Radiopharmazie. Deutschland ist hier eines der führenden Länder. Ohne Nuklearchemie wäre die Produktion von Radionukliden, ihre Verwendung für Radiotherapeutika und Radiodiagnostika nicht möglich. Wichtig für Primärdiagnostik aber auch Therapieverlaufskontrolle sind die SPECT (Einzelphotonenemissions-Computertomographie) und die PET (Positronenemissionstomographie). Bei der Pharmakonentwicklung helfen radioaktiv markierte Verbindungen, das Verhalten von Medikamenten im Körper zu studieren.

Ebenfalls verständlich ist die zentrale Rolle der Nuklearchemie bei der Untersuchung der schwersten bekannten Elemente. Transactinide ($Z > 104$) werden an Beschleunigeranlagen mit teilweise weniger als einem Atom pro Tag hergestellt. Unter höchstem technischem Aufwand gelingt es Nuklearchemikern, die chemischen Eigenschaften dieser Elemente zu bestimmen und zu überprüfen, ob sie sich hinsichtlich Reaktivität, Metallcharakter, Bindungsverhalten oder Flüchtigkeit wie erwartet in das Periodensystem der Elemente einfügen.

Weniger offensichtlich, aber trotzdem wichtig ist die Rolle der Nuklearchemie z.B. in den Geowissenschaften. Hier dienen Radionuklide aus den Uran- und Thoriumzerfallsreihen sowie ^{40}K , ^{14}C , ^{10}Be und ^{26}Al für Datierungszwecke. Die bei dieser Ultraspurenanalyse oft äu-

[*] Prof. Dr. C. Walther
 Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Leibniz Universität Hannover
 Herrenhäuser Straße 2
 30419 Hannover (Deutschland)
 E-Mail: walther@irs.uni-hannover.de

 Die Identifikationsnummer (ORCID) eines Autors ist unter <http://dx.doi.org/10.1002/ange.201604045> zu finden.

Berst geringen Aktivitäten werden mit Beschleuniger-Massenspektrometrie bestimmt, jedoch sind nuklearchemische Methoden zur vorgeschalteten Isolierung der interessierenden Elemente und Abtrennung störender Interferenzen unabdingbar.

In der Radioökologie verfolgt man die Wege künstlicher oder technisch angereicher natürlicher Radionuklide in der Umwelt. Dies betrifft die Folgen von Unfällen wie in Fukushima und Tschernobyl, die sich 2016 zum 5. bzw. 30. Mal jähren. Aber auch die Emissionen der Wiederaufbereitungsanlagen in Sellafield und La Hague führen zu einem kontinuierlichen Anstieg von z.B. ^{129}I in Mitteleuropa bis hin ins Polarmeer. In den ehemaligen Uranbergbaugebieten in Sachsen liegen noch teilweise erhöhte Urankonzentrationen und starke radioaktive Ungleichgewichte vor. Bei der Gewinnung fossiler Rohstoffe und bei der Geothermie scheiden sich in den Anlagen erhebliche Mengen natürlicher Radioaktivität ab – ein erhebliches Strahlenschutzproblem.

Eine weitere drängende gesellschaftliche Frage, die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, bedarf ebenfalls der Nuklearchemie. Anders als z.B. in Frankreich ist chemische Wiederaufarbeitung in Deutschland nicht zulässig. Hingegen ist wesentlicher Bestandteil der Energiewende in Deutschland die gezielte Entwicklung von Optionen zur sicheren Entsorgung der radioaktiven Abfälle – auch nach dem Ausstieg aus der Kernenergie. Für jegliche Art von radioaktivem Abfall und die verschiedenen Möglichkeiten der Lagerung, sei es oberflächennah oder tief unter Tage, sind umfassende Sicherheitsanalysen erforderlich. Dazu müssen chemisches Verhalten und mögliche Austragungspfade der Radionuklide in der Umwelt analysiert werden: eine Aufgabe für die Nuklearchemie, die als Teil gesellschaftlicher Vorsorgeforschung mithilfe modernster Messmethoden und spezieller Laborinfrastrukturen wahrgenommen werden muss.

Doch wie repräsentativ ist die deutsche Situation im europäischen Kontext? Eine im Rahmen des EU-Projekts CINCH II (Cooperation in Education

and Training in Nuclear Chemistry; siehe www.cinch-project.eu) durchgeführte Erhebung in 22 Mitgliedsstaaten zeichnet ein sehr heterogenes Bild. Über 70 Hochschulen und Forschungsinstitute bieten eine nuklearchemische Ausbildung an. In ca. 45 % dieser Einrichtungen ist ein eigener Abschluss als Nuklearchemiker möglich, bei den anderen ist das Fach lediglich Teil oder Vertiefung einer Ausbildung zum Chemiker, Physiker, Umweltingenieur oder Kerntechniker. Auch umfasst die Ausbildung entsprechend der Ausrichtung der Ausbildungsstätte oft nur Teilespekte der Nuklearchemie.

Wenig überraschend ist, dass Länder mit einer starken kerntechnischen Industrie auch einen hohen Bedarf an Radiochemikern haben: Hier finden sich überdurchschnittlich viele Institute und hohe Absolventenzahlen. An erste Stelle tritt hier Frankreich mit zehn Einrichtungen, mehreren hundert Absolventen pro Jahr und einer starken Vernetzung zwischen Universitäten, Forschungszentren und den Energieversorgern (EVU). Eine wichtige Rolle spielen das IRSN (Institut de Radio-protection et de Sécurité Nucléaire), dem Teil der Aufsicht obliegt, das aber auch Forschung betreibt, und der Ausbildungszusammenschluss INSTN (Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires). In Deutschland beteiligt sich eine ähnliche Zahl an Universitäten und Helmholtz-Zentren an der nuklearchemischen Ausbildung; Ausstattung und Absolventenzahl sind aber signifikant niedriger. Gut aufgestellt sind auch Belgien und die Tschechische Republik. In einigen Ländern, z.B. Schweden und Finnland, betreiben nur wenige Einrichtungen Forschung und Ausbildung, tun dies aber auf allerhöchstem Niveau. Mit nur vier Universitäten, die radiochemische Unterrichtsveranstaltungen anbieten, steht die Nuklearchemie in Großbritannien gemessen an den erheblichen kerntechnischen Aktivitäten erstaunlich schwach da (nicht nur die EVU, sondern auch das National Nuclear Laboratory und – wie in Frankreich – das Militär). Allerdings ist die Nutzung der Kernenergie keine notwendige Bedingung für gute radiochemische Ausbildung, wie z.B. Norwegen mit immerhin 25–30 Absolventen pro Jahr de-

monstriert. Alle befragten europäischen Einrichtungen geben die Berufsaussichten für Radiochemiker mit gut bis sehr gut an – in etlichen Ländern wird von Mangel und Kompetenzverlust gesprochen, in vielen von einem ausgeglichenen Verhältnis von Angebot und Nachfrage, nirgends aber von einem Überangebot.

Doch zurück nach Deutschland. Nuklearchemisches Spezialwissen wird nach wie vor in vielen Berufsfeldern benötigt. Meine eigene Erfahrung an der Universität Hannover und dem KIT bestätigt, dass sich mit einer Ausbildung in Nuklearchemie ein reichhaltiges Arbeitsgebiet eröffnet – nicht nur in Radiopharmazie und Forschung, sondern auch in verwandten Gebieten wie dem Strahlenschutz. Allein in Deutschland gibt es zurzeit mehr als 120000 Strahlenschutzbeauftragte, Bedarf steigend. Neben dem medizinischen Sektor und den Gymnasien werden auch der Rückbau nuklearer Anlagen und dieendlagerung noch viele Jahrzehnte nuklearchemische Kompetenz benötigen. Dies gilt für Forschung, EVUs und Aufsichtsbehörden in gleichem Maße. Hier laufen wir sehenden Auges auf einen massiven Fachkräftemangel zu – aus gesellschaftspolitischer Sicht eine unverantwortliche Situation. Der Kompetenzverlust ist bereits in vollem Gange, und das unnötigerweise. Es mangelt nicht an begabten und begeisterungsfähigen jungen Leuten, die in diesem Bereich studieren wollen. Es mangelt auch nicht an künftigen Arbeitsplätzen. Das Problem ist schlicht, dass die Notwendigkeit, qualifiziertes Personal auszubilden, negiert wird. Erste förderpolitische Schritte zum Kompetenzerhalt in der Nuklearchemie gibt es vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und von der EU (NRC Euro-master und Bildung des NRC-Netzwerks), doch dies kompensiert nur zum Teil, dass zu wenige Mittel für eine adäquate Zahl an Lehrpersonal und Laborplätzen an den Universitäten bereitgestellt werden. Noch ist es nicht zu spät gegenzusteuern, aber wir sollten nicht mehr allzu lange warten.

Zitierweise:

Angew. Chem. Int. Ed. **2016**, *55*, 9102–9103
Angew. Chem. **2016**, *128*, 9248–9249