

**Arbeitsgruppe Analytik und kernchemische Grundlagen
Abteilung Nuklearchemie an der Universität zu Köln**

**Working Group of Analytics and Basic Nuclear Chemistry
Division of Nuclear Chemistry at the University of Cologne**

Jahresbericht 2014



Annual Report 2014

**Arbeitsgruppe Analytik und kernchemische Grundlagen
Abteilung Nuklearchemie an der Universität zu Köln**

**Working Group of Analytics and Basic Nuclear Chemistry
Division of Nuclear Chemistry at the University of Cologne**

Jahresbericht 2014

Annual Report 2014

April 2014

Titelbild: Künstlerische Sicht der Rosetta-Mission, die 2014 den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko erreichte. Die Abteilung Nuklearchemie (Prof. K. Thiel und H. H. Fischer) war an der Entwicklung des auf dem Lander *Philae* befindlichen Experiment SESAME (Surface Electric Sounding and Acoustic Monitoring Experiment) beteiligt.

Coverpage: Artist's view of the Rosetta mission reaching the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko in 2014. The department of nuclear chemistry (Prof. K. Thiel und H. H. Fischer) took part in the SESAME (Surface Electric Sounding and Acoustic Monitoring Experiment) located on the lander *Philae*.

Content / Inhaltsverzeichnis

Laufende Arbeiten / Ongoing Works.....	4
Development of AMS standards.....	5
Cerium Isotope Measurements by MC-ICPMS.....	6
Extraktion von Radium aus Paranüssen	7
Entwicklung eines Praktikumsversuchs zur Neutroneninduzierten Spaltung von ^{235}U	8
Entwicklung einer Bi/Tl-Trennung zur Anwendung bei der Suche nach ^{205}Tl in Bi-Mineralien im Ultraspurenbereich.....	9
Nuklearchemie in der Lehre 2014.....	10
Strahlenschutz 2014.....	11
Konferenzbeiträge und Vorträge 2014.....	12

Laufende Arbeiten / Ongoing Works

Development of AMS standards

Björn-Alexander Dittmann

Preparation of a multi-isotope plutonium (AMS) standard

AMS is currently the most sensitive technique for the measurement of plutonium at the attogram/femtogram level. The detection of plutonium is routinely undertaken at many AMS facilities, requiring reliable standards for calibration. However, stocks of existing standard solutions for plutonium measurements are declining and need to be replenished. Although high level plutonium standards of the individual plutonium isotopes (^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu and ^{244}Pu) are available from JRC IRMM, they have to be mixed and substantially diluted in order to be suitable for routine AMS analysis.

All the mixing and dilutions were performed at the Division of Nuclear Chemistry, University of Cologne, Germany. The fluorinated ethylene propylene (FEP) and polyethylene (PE) bottles were cleaned by soaking in 8 M nitric acid (VWR AriStar®) for at least 24 h at 80 °C and subsequently washed with MilliQ™ water (MQ – deionized water, 18.2 MΩ cm) before use. For all dilutions 5 M nitric acid was used (made from 68% nitric acid, AriStar®, ACS reagent, VWR International – Germany) and MQ water. All dilutions were made gravimetrically using an analytical balance. Calibration of the balance was checked before weighing in order to reduce systematic or calibration errors.

The aim was to produce sufficient material of a multi-isotope plutonium standard with an isotopic ratio of approximately 1.0:1.0:1.0:0.1 (^{239}Pu : ^{240}Pu : ^{242}Pu : ^{244}Pu) to allow preparation of ~ 100,000 AMS cathodes, assuming that each cathode will be loaded with approximately 5 pg of each of the abundant plutonium isotopes. The nominal concentration of plutonium isotopes in the new standard was calculated based on the certified concentrations and the sample weights.

For a single AMS cathode, 100 mg of the final solution were transferred to an acid and MQ cleaned Teflon vial. Subsequently, 1 mL of concentrated, sub-boiled distilled HNO_3 and 200 μL of a $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (0.0059 gFe/g) solution were added and evaporated to dryness for at least 48 h. The residue was calcinated at 800 °C for 8 h, followed by mixing and homogenizing with Nb powder (ANU used Ag powder) in a ratio of 1:4 (Fe/Pu:Nb) by mass and pressed into Al cathodes for the AMS measurement. Aliquots of the final solution were sent to the ANU Canberra and ETH Zurich for a round-robin exercise and to demonstrate reproducibility.

The data and the results can be found in [1].

Radiochemical separation of ^{53}Mn from natural iron oxides

The cosmogenic isotope ^{53}Mn is produced by spallation of iron in surface rocks. The long half-life of this isotope ($t_{1/2}=3,7 \pm 0,37 \cdot 10^6$ a) makes it attractive for use in erosion rate studies in slowly eroding landscape. Its production rate is expected to be substantially higher than the widely used ^{10}Be and comparable with the production of ^{36}Cl from potassium. [2] Although, ^{53}Mn is a valuable AMS nuclide for geological applications, there exists no reliable standard material for AMS measurements [3].

Therefore, a research stay at the Australian National University (ANU) had been organized, in order to learn and improve the separation technique for ^{53}Mn . In cooperation with the Paul-Scherrer Institute in Villingen, it is planned to produce a reliable ^{53}Mn AMS standard.

References

- [1] B.-A. Dittmann et al., Nucl. Instr. Meth. B. (2015)
- [2] L.G. Gladkis et al., Nucl. Instr. Meth. B. 259 (2007) 236–240
- [3] M.A. Tyra, 46th Lunar and Planetary Science Conference (2015)

Cerium Isotope Measurements by MC-ICPMS

C.Schnabel, C.Münker, E.Strub

Introduction

The ^{138}La - ^{138}Ce system (half-life 1.05×10^{11} years) is a candidate for a highly useful tool to unravel information about the timing of geological processes and about the interaction of geological reservoirs on Earth, complementing information from the more popular ^{147}Sm - ^{143}Nd and ^{176}Lu - ^{176}Hf systems. The method is based on the decay of ^{138}La to ^{138}Ce through β^- -decay and ^{138}Ba through electron capture (Fig.1). However, Ce isotope measurements are analytically challenging: first, there are strong isobaric interferences from ^{138}Ba on ^{138}Ce and from ^{142}Nd on ^{142}Ce ; secondly, static measurements of all Ce isotopes are difficult due to the high abundance of ^{140}Ce (88.45%) relative to the small ^{136}Ce (0.185%) and ^{138}Ce (0.251%).

Experimental and results

To perform Ce measurements by MC-ICPMS, Ce was separated from matrix elements and in particular from interfering Ba, La, and Nd by a substantially optimized ion exchange protocol employing cation and LnSpec resins. The external reproducibility achieved for ^{138}Ce measurements is significantly better, once $^{136}\text{Ce}/^{140}\text{Ce}$ is used for mass bias correction (± 25 ppm), rather than $^{136}\text{Ce}/^{142}\text{Ce}$ (± 40 ppm, all 2σ r.s.d.). Because the JMC 304 reference material is not commercially available anymore, a new reference material was prepared from AMES Laboratory Ce metal (Cologne-AMES). Relative to JMC 304, an $\epsilon^{138}\text{Ce}$ value of $+0.67 \pm 10$ ppm (2σ r.s.e.) was determined for Cologne-AMES. In a first test, we performed simultaneous measurements of all Ce isotopes by MC-ICPMS on the two standard basalts BCR-2 and BHVO-2. Assuming an $\epsilon^{138}\text{Ce}$ (CHUR) of $+1.46$ ppm for JMC 304 [1,2], our measured $\epsilon^{138}\text{Ce}$ (CHUR) for BCR-2 and BHVO-2 are -0.14 ± 30 ppm and -1.44 ± 30 ppm, respectively.

Discussion

These results are in good agreement to those of older TIMS studies [1,2], and the

relative difference between the standard basalts is also in good agreement with a more recent TIMS study [3]. However, there are systematic differences relative to the AMES standard values used in our study and in [3,4], calling for a better characterization of standard materials used in different laboratories.

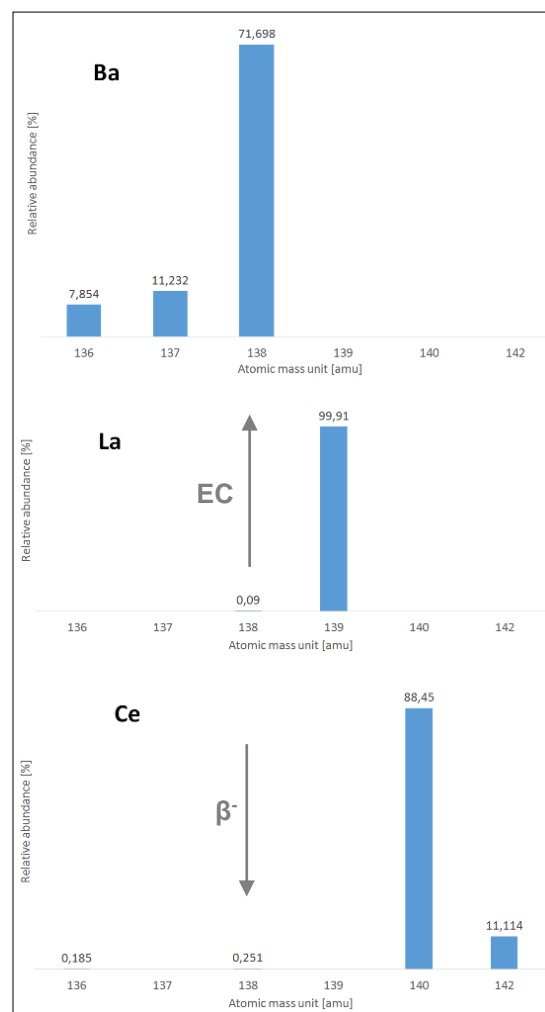


Fig. 1 Relative Abundances [%] of Ba, La and Ce

References

- [1] Makishima, A., & Nakamura, E. (1991). Chem. Geol., 94, 1–11
- [2] Makishima, & Masuda, (1993) Chem. Geol., 106, 197–205
- [3] Doucelance et al. (2014). Earth Planet. Sci. Lett., 407, 175–186
- [4] Willbold, M. (2007) J. Anal. At. Spectrom. 22, 1364-1372

Extraktion von Radium aus Paranüssen

Dennis Hagemann

Einleitung

Für das radiochemische Praktikum soll ein Versuch zur Nachweise von α -Strahlern in Lebensmitteln entwickelt werden. Die Herausforderung liegt dabei in der Probenpräparation, da aufgrund der geringen Reichweite von Alphateilchen in Materie die Probe weitgehend von nicht aktivem Material getrennt werden muss.

Experimentelles

Als Ausgangsmaterial wurden Paranüsse gewählt, da bekannt ist, dass der Paranussbaum (*Bertholletia excelsa*) radioaktive Isotope aus der Umgebung akkumuliert. Die höchsten spezifischen Aktivitäten werden für ^{226}Ra mit 17-31(mBq/g) angegeben [1].

Auf Grund der geringen Ra-Konzentration von ca. 0,5 ng/kg Paranüsse, bietet sich eine Mitfällung mit Barium an, da beide Elemente chemisch ähnlich sind. Diese Fällung kann zum Beispiel über das Chlorid erfolgen [2]. Um die Trennung durchzuführen, wird die Probe zunächst in Lösung gebracht und von organischem Material befreit. Als Verfahren wurden sowohl die Veraschung als auch das direkte Lösen mit Säuren getestet. Bei der Veraschung trat das Problem auf, dass die Ascherückstände sich nicht vollständig in Säuren auflösen ließen und zu Problemen bei der Trennung führten. Beim direkten Auflösen in Säuren unter Wärmezufuhr, führten sowohl H_2SO_4 als auch HNO_3 zu zufriedenstellenden Zersetzungen, wobei bei H_2SO_4 größere Mengen Kohlenstoff-Partikel anfielen, was die weitere Verarbeitung erschwerte. HNO_3 erwies sich als das geeignetere Mittel zum Aufschluss. Das in den Nüssen enthaltene Fett wird dabei nicht vollständig zersetzt, sondern kann mit einem Scheidetrichter abgetrennt werden. Anschließend wird die Lösung mit konz. HCl versetzt und solange erhitzt, bis keine nitrosen Gase mehr aufsteigen. Nun wird die Lösung im Eisbad auf 0°C gekühlt und Ba/Ra als Chlorid gefällt [3]. Anschließend wird die Lösung

abgenutscht. Die erhaltenen Filterkuchen werden getrocknet und danach in einem α -Messplatz gemessen.

Ergebnis und Diskussion

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, können mit der beschriebenen Methode aus Paranüssen Proben erhalten werden, die für eine α -Messung geeignet sind.

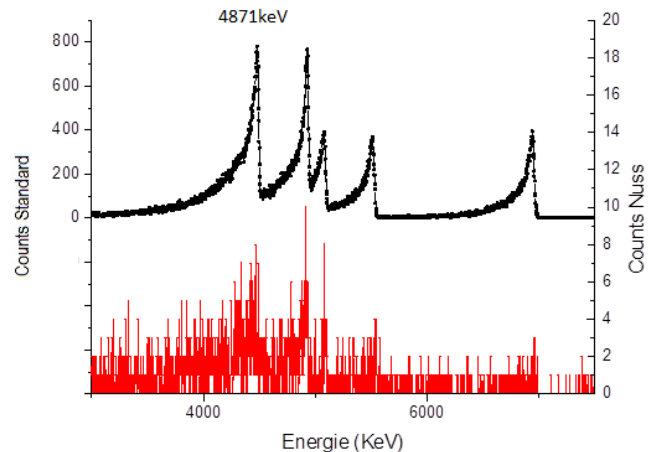


Abb. 1: Alphaspektren mit zugeordneten 4871keV Peaks,
Oben: Ra-Standardlösung,
Unten: Aus Paranüssen extrahiertes Ra,
Messzeit 48h. Ausgangsmaterial: 5g

Bei ausreichender Messzeit konnte auch aus kleinen Proben Radium nachgewiesen werden. Bisherige erfolgreiche Versuche blieben aber nicht in einem Zeitrahmen, der eine Durchführung im Rahmen des radiochemischen Praktikums erlaubt.

Referenzen

- [1] P.P. Parekh, A.R. Khan, M.A. Torres, M.E. Kitto, Concentrations of Se, Ba, Ra in Brazil nuts, *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (2008)
- [2] A. Kübel, Extraction of Radium from Canadian Pitchblende, 1940 University of Pittsburgh
- [3] Jander-Blasius: Lehrbuch d. anorganischen Chemie; S. Hirzel-Verlag, Stuttgart 1983. S. 257

Entwicklung eines Praktikumsversuchs zur Neutroneninduzierten Spaltung von ^{235}U

Kevin Beu, Salim Gülez

Einleitung

Für das nuklearchemische Praktikum sollte ein Versuch zur neutroneninduzierten Spaltung von ^{235}U entwickelt werden. Dazu wurde eine ^{235}U -Probe an einer AmBe-Neutronenquelle bestrahlt und in den anschließend gemessenen γ -Spektren charakteristische Linien von Spaltprodukten identifiziert.

Experimentelles

Eine Uran-Probe (entsprechend 20mg ^{235}U) wurde an einer Praktikums-Neutronenquelle für eine halbe Stunde bestrahlt. Anschließend wurde die bestrahlte Probe mit einem Halbleiterdetektor (Ge-Li) gemessen. Es wurden 15 Messungen im Abstand von jeweils 5 Minuten aufgenommen. Die Intensitäten verschiedener Linien wurden gegen die Zeit aufgetragen, um diejenigen Linien zu identifizieren, deren Halbwertzeiten sich mit diesem Messregime bestimmen lassen.

Ergebnisse

Es konnten 4 Linien identifiziert werden, deren Halbwertzeit im Bereich $< 1\text{h}$ liegen (Abb.1/Tab. 1)

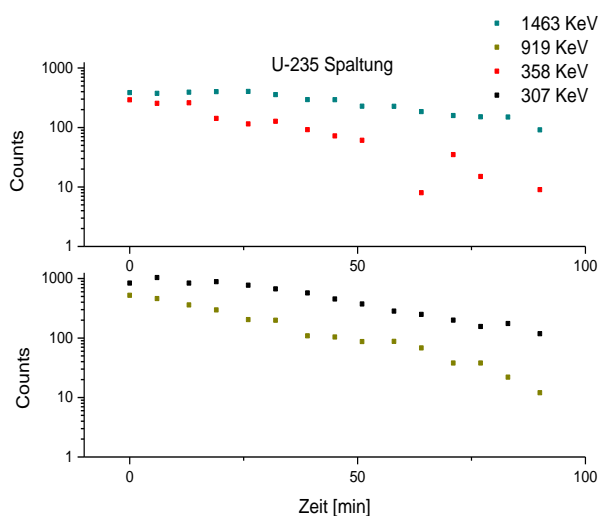


Abb. 1: Auftragung der Zählrate gegen die Messzeit der gesuchten Energien

Tab. 1: Ermittelte HWZ der gesuchten Energien der ersten Versuchsreihe

Energie [KeV]	307	358	919	1436
$T_{1/2}$ [min]	28,17	16,94	17,95	45,3
$T_{1/2}$ [min]	19,56	18,34	18,37	36,7

Tab.2: Identifikation der Nuklide mit den Halbwertzeiten der Literatur

Nuklid	^{101}Tc	^{104}Tc	^{94}Y	^{138}Cs
Energie [KeV]	307	358	919	1436
$T_{1/2}$ [min]	14,2	18,2	18,7	32,2

Durch Abgleichen mit Gammakatalogen [3] ergibt sich die Zuordnung der Linien zu verschiedenen Spaltprodukten (Tab. 2)

Diskussion

Zwei Spaltprodukte (^{104}Tc und ^{94}Y) können mit diesem Verfahren auch im Praktikum leicht identifiziert werden, mit Halbwertzeiten, die weniger als 10 % von den Literaturwerten abweichen. Für zwei weitere identifizierbare Nuklide mit Halbwertzeiten $< 1\text{h}$ (^{101}Tc und ^{138}Cs) werden die Halbwertzeiten systematisch überschätzt, weil auch die Halbwertzeiten der Mutternuklide im Bereich > 10 Minuten liegen.

Seit dem SoSe 2014 wird der Versuch im Praktikum durchgeführt.

Referenzen

- [1] J. Magill, G. Pfennig, R. Dreher, Z. Sóti, *Karlsruher Nuklidkarte*, Nucleonica GmbH, 8. Aufl., 2012.
- [2] Richard B. Firestone, Virginia S. Shirley (1996), *Table of Isotopes*, 8.Auflage
- [3] <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/>

Entwicklung einer Bi/Tl-Trennung zur Anwendung bei der Suche nach ^{205}Tl in Bi-Mineralien im Ultraspurenbereich

Kevin Beu

Einleitung

Durch Messungen mit einem Szintillations-Bolometer konnte im Jahre 2003 durch *de Marcillac et al.* die Radioaktivität von ^{209}Bi indirekt nachgewiesen werden [1]. Im Rahmen eines neuen Projektes soll ein direkter Nachweis für die Radioaktivität von ^{209}Bi durch eine die Messung der Verschiebung des natürlichen Isotopenverhältnisses von $^{203}\text{Tl}/^{205}\text{Tl}$ erbracht werden. ^{205}Tl stellt das direkte Zerfallsprodukt des Bismutisotops dar. Für spurenanalytische Untersuchungen ist jedoch die Entwicklung eines Verfahrens zur Auftrennung von Bismut und Thallium erforderlich. Als Vorlage hierzu diente ein analoges Trennverfahren von *Rehkämper et al.* zur Auftrennung von Blei und Thallium [2].

Experimentelles

In der Abb. 1 ist das experimentelle Vorgehen bei diesem Trennungsgang schematisch abgebildet.

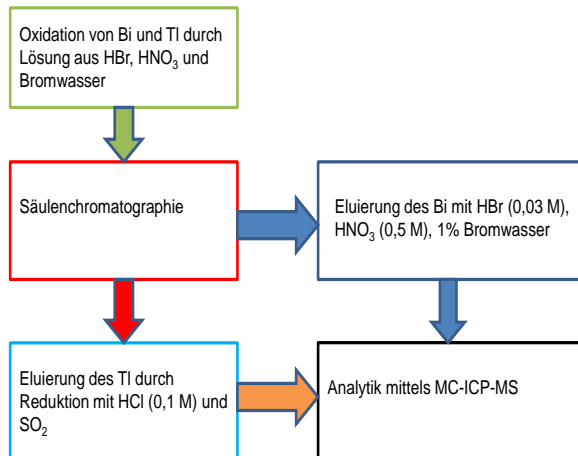


Abb. 1: Flussdiagramm über das experimentelle Vorgehen.

Der Trennungsgang wurde auf künstliche Bi-Tl-Mischungen angewandt und diese mit ICP-MS analysiert. Zusätzlich wurden Versuche mit trägerfreien Mengen an ^{204}Tl durchgeführt, welche mit Hilfe eines Flüssigszintillationszählers analysiert wurden.

Ergebnisse

In Tab. 1 sind die Ergebnisse aller gemessenen Ansätze abgebildet. Bei den Ansätzen 4-6 handelt es sich um die Untersuchungen trägerfreier Mengen an ^{204}Tl .

Tab. 1: Messdaten der durchgeführten Ansätze.

R: Wiederfindungsrate

K_d : Verteilungskoeffizient

V_s : Volumen der stationären Phase

T: Trennfaktor

#	R [%]	K_d	V_s	Reflux	T
1	7,34	520	2000	ja	109
2	0,08	3,7	2000	ja	0
3	45,93	10600	1000	ja	234
4	1,12	80	500	nein	-
5	95,6	0,01	500	nein	-
6	46,99	263	500	ja	-
7	21,99	29	500	ja	-

Am erfolgreichsten waren die Ansätze Nr. 3 und Nr. 6. Sie weisen die höchsten Verteilungskoeffizienten und Wiederfindungsraten auf. Das Trennverfahren von *Rehkämper et al.* konnte also prinzipiell erfolgreich auf das System Bi/Tl übertragen werden, sowie auf Arbeiten mit trägerfreien Mengen an ^{204}Tl . Obwohl noch keine quantitativen Ausbeuten an Bi und Tl erreicht werden konnten zeigte sich, dass eine Reduzierung der Menge an stationärer Phase zu einer Erhöhung der Trennleistung und der Wiederfindungsrate führt. Ferner spielt die Refluxierungsdauer der Probe für eine quantitative Oxidation eine wichtige Rolle.

Referenzen

- [1] P. de Marcillac, N. Coron, G. Dambler, J. Leblanc, J. P. Moalic, *Nature* 422 (2003), 876-878.
 [2] M. Rehkämper, A. N. Halliday, *Geochim. Cosmochim. Acta* 63 (1999), 935-944.

Nuklearchemie in der Lehre 2014

Erik Strub

Ausgangssituation

Im Jahre 2013 wurde die Stelle des Gruppenleiters in der Nuklearchemie (wieder) besetzt. Mit der Entfristung der Stelle ist es gelungen, eine längerfristige Perspektive für die Nuklearchemie an der Universität zu schaffen. Dies spiegelt sich auch in der Lehre wider.

Studierende im Grundpraktikum Nuklearchemie

Stellvertretend für die Situation der Lehre wird hier die Teilnahme am Grundpraktikum Nuklearchemie betrachtet.

Innerhalb der Chemie ist die Nuklearchemie seit Einführung des Bachelor-Studiengangs als Wahlpflichtfach etabliert. Darüber hinaus steht das Praktikum grundsätzlich auch Studierenden anderer naturwissenschaftlicher Fächer offen.

Im Jahr 2014 wurden zwei Praktikums-kurse angeboten, jeweils nach dem Wintersemester 2013/14 und nach dem Sommersemester 2014. Erstmals seit dem Sommersemester 2011 gab es für den Kurs nach dem Sommersemester mehr Interessenten als Praktikumsplätze, so dass alle 12 Praktikumsplätze belegt waren und voraussichtlich auch der Kurs nach dem Wintersemester 2014/15 vollständig belegt sein wird.

Besonders erfreulich ist, dass nach der Wiederbesetzung der Gruppenleiterstelle die Sichtbarkeit der Nuklearchemie innerhalb des Departments Chemie offenbar zugenommen hat, so dass ein erstarcktes Interesse in der eigentlichen Zielgruppe der Studierenden im Bachelorstudiengang Chemie festzustellen ist: Wie Abbildung 1 zeigt, ist im Jahr 2014 die Anzahl der Bachelor-Studierenden gegenüber den Vorjahren deutlich erhöht.

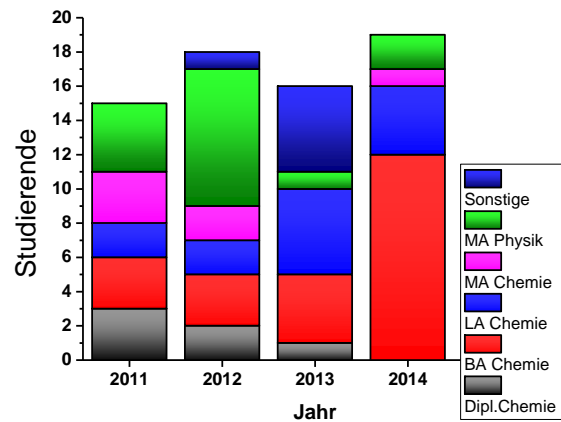


Abb. 1.: Zahl der Studierenden im Grundpraktikum Nuklearchemie in den Jahren 2011-2014

Die Studienfächer der Studierenden im Grundpraktikum Nuklearchemie sind in Tabelle 1 genauer aufgeschlüsselt.

Studienfach	WiSe 13/14	SoSe 2014
Bachelor Chemie	2	10
Lehramt Chemie	3	1
Master Physik	1	1
Master Chemie	1	

Tab. 1.: Studierende im Grundpraktikum Nuklearchemie nach Fächern

Im Gegensatz zu den Vorjahren war nach dem Sommersemester der Anteil der Studierenden anderer Fächer als der Chemie relativ klein. Dies ist maßgeblich der Tatsache geschuldet, dass für den Kurs nach dem Sommersemester wegen des großen Interesses vorrangig Chemie-Bachelor zugelassen wurden, um die Studienzeit nicht zu verlängern. Die meisten Wahlpflichtstudierenden aus den Masterstudiengängen erklärten sich bereit, den Termin nach dem Wintersemester 2014/2015 wahrzunehmen.

Strahlenschutz 2014

Björn Dittmann, Uwe Otto, Erik Strub

Beruflich strahlenexponierte Personen

Im Jahr 2014 waren 7 Personen als strahlenexponierte Personen erfasst, davon 5 Personen ganzjährig.

Amtliche Dosen

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Personendosisüberwachung dargestellt. Insgesamt wurden im Jahr 2014 68 Filmdosimeter ausgewertet. Alle amtlichen Werte lagen unter der Nachweisschwelle.

Monat	n	n ₁	KD [mSv]
Januar	5	0	0,0
Februar	5	0	0,0
März	6	0	0,0
April	6	0	0,0
Mai	6	0	0,0
Juni	6	0	0,0
Juli	5	0	0,0
August	5	0	0,0
September	6	0	0,0
Oktober	7	0	0,0
November	7	0	0,0
Dezember	7	0	0,0
Summe	68	0	0,0

Tab. 1.: Ergebnisse der amtlichen Personendosisüberwachung (Filmdosimeter).

n: Anzahl ausgewerteter Dosimeter

n₁: Dosimeter mit Dosis über 0,1 mSv

KD: Kollektivdosis (Summe der Messwerte) in mSv

Studierende im Praktikum erhalten elektronische (nichtamtliche) Dosimeter, um die Einhaltung des Grenzwertes für

beruflich nicht strahlenexponierte Personen von 1 mSv/a zu dokumentieren. Dafür wurden im Jahr 2014 neue elektronische Personendosimeter beschafft, da die bisher verwendeten Stabdosisimeter nicht mehr eichfähig und damit nach StrlSchV nicht mehr zulässig waren.

Abgabe radioaktiver Stoffe

Eine Abgabe radioaktiver Stoffe mit Abwasser oder Abluft fand nicht statt (eine solche Abgabe ist in der gültigen Umgangsgenehmigung nicht vorgesehen).

Anfallende radioaktive Reststoffe wurden über die Landessammelstelle entsorgt.

Strahlenschutzbeauftragte

Alle drei Strahlenschutzbeauftragten der Abteilung besitzen die Fachkunde nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) in den Fachkundegruppen 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 4.1, 4.2, 5 und 6.1.

Ein Strahlenschutzbeauftragter besitzt zusätzlich die Fachkundegruppen 6.2. und 6.3.

Ein Strahlenschutzbeauftragter ist Sachverständiger gemäß § 66 StrlSchV.

Messstelle

Die Abteilung Nuklearchemie ist die offizielle Dichtigkeitsprüfstelle für umgeschlossene radioaktive Präparate der Universität zu Köln.

Auch im Jahr 2014 wurden die an verschiedenen Instituten der Universität befindlichen Strahler der gesetzlich vorgeschriebenen Dichtigkeitsprüfung unterzogen. Die Dichtigkeit aller Präparate wurde nachgewiesen.

Konferenzbeiträge und Vorträge 2014

Vorträge

1. Stilllegung kerntechnischer Anlagen

E. Strub

Öffentlicher Habilitationsvortrag

Köln, 03. Juli 2014

2. Stilllegung kerntechnischer Anlagen

E. Strub

Engeladener Vortrag am Seminar des Instituts für Kernchemie, Universität Mainz

Mainz, 01. Dezember 2014

Poster

1. Basic and Applied Research in Nuclear Chemistry

E. Strub, I. Spahn, J. Ermert, B. Neumaier, H. H. Coenen

Evaluation des Departments Chemie

Köln, 15. April 2014

(Poster)

2. Development of a new reference material for isotopic ratio measurements of plutonium with AMS

B.-A. Dittmann, T. J. Dunai, A. Dewald, S. Heinze, C. Feuerstein, E. Strub,

L. K. Fifield, M. Froehlich, S. G. Tims, A. Wallner, H.-A. Synal, M. Christl

AMS-13 (The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry)

Cerege, 25.-29. August 2014

(Poster)

3. Glaciation history of Queen Maud Land (Antarctica) - new exposure data from Nunataks

E. Strub, H. H. Coenen, U. Herpers, H. Wiesel, G. Delisle., S. Binnie, T. J. Dunai,

A. Liermann, A. Dewald, C. Feuerstein, M. Christl

AMS-13 (The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry)

Cerege, 25.-29. August 2014

(Poster)