



**Arbeitskreis „Analytik mit Radionukliden
und Hochleistungsstrahlenquellen (ARH)“**

ARH-Newsletter XIX - 2017

Liebe Mitglieder des ARH,

das Jahr ist schnell vorüber gegangen. Wir vom Vorstand wünschen allen Mitwirkenden in unserem Arbeitskreis ein Frohes Weihnachtsfest und Alles Gute im Neuen Jahr 2018!

iii

Bericht aus dem Vorstandssitzung

Am 21.11.2017 fand an der Hochschule Mannheim die erste reguläre Vorstandssitzung statt, nachdem sich Vorstandsmitglieder schon am Rande von Tagungen getroffen hatten. Neben der Fertigstellung des vorliegenden Newsletters stand die Planung der Arbeit im kommenden Jahr auf der Tagesordnung.

Der Mitgliederstand ist weiterhin leicht angewachsen, im November waren 163 Mitglieder verzeichnet, darunter 47 studentische Mitglieder (~29%).

iii

Erstaunliche Entdeckung

(Quelle: Uni Hannover)

Winzige Verunreinigungen eines chemischen Stoffes können große Wirkungen haben - zu diesem Ergebnis ist ein deutsch-österreichisches Forschungsteam unter der Leitung von Prof. Dr. Georg Steinhauser aus dem Institut für Strahlenschutz an der Leibniz Universität Hannover gekommen. Ging man in der Chemie bisher davon aus, dass Minimalspuren eines anderen Elements keinen Einfluss auf das Kristallisationsverhalten oder den chemischen Aufbau einer Substanz haben, so hat das Experiment - zumindest für das Element Americium - diese Annahme widerlegt.

Der Forschungsgruppe ist in ihrer aktuellen Arbeit ein bahnbrechender Nachweis gelungen: Die Wissenschaftler konnten zeigen, dass eine Ultraspurenverunreinigung des radioaktiven Elements Americium das chemische Verhalten

einer Verbindung der Seltenen Erden Terbium drastisch beeinflusst. Terbium ist ein Vertreter der schweren Seltenen Erden. In der Arbeit wird gezeigt, dass ein Americium-Atom einer halben Milliarde Terbium-Atomen diktiert, sich wie eine leichte Seltene Erde zu verhalten.

"Zu Beginn konnten wir uns das eigenartige Kristallisationsverhalten nicht erklären. Zu absurd schien der Gedanke, dass ein paar Atome den ganzen Kristall dominieren könnten", sagt Prof. Georg Steinhauser. Rund 100 Experimente über einen langen Zeitraum bestätigten den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Vermutung, dass das Americium-Atom das Verhalten des Terbiums so beeinflusst, als hätte sich sein Atomgewicht verringert. Im Periodensystem der Elemente rutscht das Terbium scheinbar weiter nach vorn in den Bereich der leichten Seltenen Erden.

Americium ist als radioaktives Element leicht quantifizierbar. Diese Tatsache hat den Nachweis erst möglich gemacht; die minimalen Verunreinigungen hätten mit normalen analytisch-chemischen Methoden wahrscheinlich gar nicht wahrgenommen werden können.

Dieses Ergebnis kann Einfluss auf die Designkriterien eines Endlagers für radioaktive Abfälle haben. Bisher wurde lediglich untersucht, welchen Einfluss unterschiedliche Umweltbedingungen auf das Migrationsverhalten der radioaktiven Abfälle - unter anderem Americium - auswirken. "Unsere Arbeit konnte zeigen, dass man unter bestimmten Bedingungen auch berücksichtigen muss, wie die radioaktiven Abfälle ihre Umwelt ändern können. Das ist eine Sichtweise, die bisher nicht denkbar schien. Mit diesem Wissen sind wir einem sicheren Endlager einen wichtigen Schritt nähergekommen", erklärt Professor Steinhauser.

Link: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201703971/abstract>

iii

Internationale AMS-Konferenz (AMS-14)

(Gastbeitrag Silke Merchel)

Die 14. Internationale Beschleunigermassenspektrometrie (AMS) Konferenz fand vom 14.-18. August 2017 in Ottawa (Kanada) statt. Die Tagung wurde von drei Satellitenworkshops begleitet: „Aktiniden - Techniken und Anwendungen“, „Kleine ^{14}C -Proben“ und „IntCal und Dendrochronologie“. Das André E. Lalonde AMS Laboratory (<http://ams.uottawa.ca/>) konnte 338 Teilnehmer, davon 17% Studenten begrüßen. Nach dem Ausrichterland Kanada, dem Nachbarland USA und Japan konnte Deutschland ganz knapp den vierten Platz bei den Teilnehmerzahlen belegen. Europa (inklusive der Schweiz) hätte mit 138 Teilnehmer aber den allerersten Platz belegt.

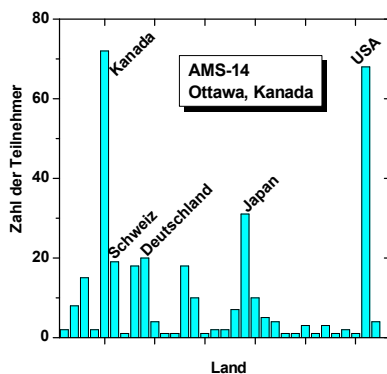


Abb. 1: AMS-14 Teilnehmer nach Ländern.

Alle Teilnehmer konnten sich über eine ausgewogene Balance zwischen wissenschaftlichem Programm (196 Vorträge und 234 Poster) und „Netzwerk-Aktivitäten“ freuen. Die Tagung wurde von zwei Plenarvorträgen aus den Bereichen „Neue und fortschrittliche AMS-Techniken“ bzw. „Archäologische Anwendungen“ eröffnet. Robin Golser von der VERA-AMS-Facility in Wien zeigte mit seinem Vortrag „Shedding Light on Isobars“, wie die Isobarenunterdrückung mittels Lasern das Spektrum der messbaren AMS-Nuklide drastisch erweitern könnte. Dies würde nicht nur ganz neue Anwendungsfelder erschließen, sondern kleinere AMS-Anlagen könnten bisher schwierig zu messende Radionuklide wie ^{36}Cl und ^{41}Ca auch in niedrigen Konzentrationen bestimmen. Gregory Hare (Government of Yukon) zeigte in seinem Vortrag „The Applied and Evolving Uses of AMS dating in Archaeology - Observations from Yukon Ice Patches“, wie die

technische Entwicklung der ^{14}C -Datierung detaillierte kulturelle Rückschlüsse ermöglicht.



Abb. 2: Podiumsdiskussion: Die ersten AMS-Experimente vor 40 Jahren.

Das Highlight der Konferenz war sicherlich die Podiumsdiskussion anlässlich des 40. Jahrestages der AMS. Walter Kutschera moderierte die informative und kurzweilige Sitzung mit den AMS-Pionieren Ted Litherland, Ken Purser, John Southon (für Erle Nelson), Grant Raisbeck, Michael Paul und Tim Jull.

Die Networking-Aktivitäten, wie der Ice Breaker an der 3 MV AMS-Anlage mit Besichtigung der Probenpräparationslabore, das Barbecue mit Hockey (was sonst?), die zahlreichen Feuerwerke (extra für die Tagung und nicht für die 150-Jahrfeier von Kanada!) und das Konferenzdinner im Canadian Museum of History fanden großen Anklang. Auch der Gastvortrag „Below the Falls; An Ancient Cultural Landscape in the Centre of (Canada’s National Capital Region) Gatineau“ beim Konferenzdinner von Jean-Luc Pilon, Kurator der Ontario Archäologie im Canadian Museum of History war genau passend.



Abb. 3: Wenn AMS-Wissenschaftler Hockey spielen.

Die Jury für die Vergabe des Posterpreises und des Vortragspreises für Jungwissenschaftler hatte es aufgrund der hohen Qualität der Beiträge wirklich nicht einfach. Und auch John

Gosse (Dalhousie University, der die Konferenz am Freitagnachmittag zusammenfasste, war aufgrund der Vielzahl der wirklich guten Beiträge von Teilnehmern von insgesamt 55 verschiedenen AMS-Anlagen nicht zu beneiden. Die wahre Qual der Wahl hat die AMS-Community aber mal wieder, um basisdemokratisch über den nächsten Austragungsort der Tagung abzustimmen. Vier AMS-Gruppen zeigten mit ihren Präsentationen und nicht zu vergessen mit einem Give-Away-Bestechungsversuch (Danke für die Plüsch-Koalabären!), dass sie die Besten für die Ausrichtung der AMS-15 in 2020 sind. Es konkurrieren: 1.) iThemba LABS (Kapstadt, Südafrika) mit dem ersten und einzigen afrikanischem AMS-System; 2.) Guilin (China) mit beeindruckender Natur; 3.) Australian Nuclear Science and Technology Organisation (Sydney, Australien) mit den meisten AMS-Anlagen und 4.) ETH Zurich mit der besten Schokolade und vielen absichtlich gestreuten Fake News. ;-). Es wird auf jeden Fall ein knappes Rennen.

iii

Bericht vom Wissenschaftsforum der GDCh

(Georg Steinhauser)

Das Wissenschaftsforum (Berlin, 10-14.9.2017) bot für viele Radiochemiker, die latent in die Physik abzudriften drohen, die willkommene Möglichkeit, sich wieder ihrer chemischen Wurzeln zu besinnen. Noch vor Beginn der nuklearchemischen Sessions gab es mit unter anderem fünf Nobelpreisträger-Vorträgen bereits ein erstes Highlight, das nur vom Gesellschaftsabend der Fachgruppe Nuklearchemie im Fernsehturm Berlins (zumindest gefühlt) getoppt wurde.

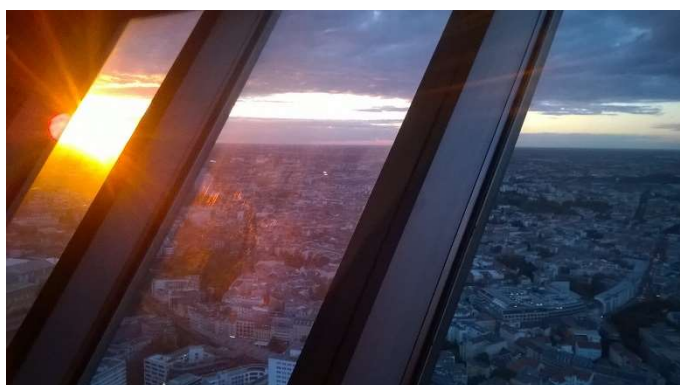


Abb. 4: Am Gesellschaftsabend zeigte sich Berlin pünktlich zum Sonnenuntergang von seiner spektakulären Seite.

Die Sessions der Fachgruppe Nuklearchemie waren mit rund 60 Anwesenden ausgesprochen gut besucht und boten ansprechende und unterhaltsame Vorträge. Der Vortragsreigen wurde von Dr. K. Mayer vom KIT mit einem zurecht vielbeklatschten Vortrag über die spannende Welt der nuklearen Forensik eröffnet. Die nuklearchemischen Sessions wurden auch genutzt, um die Preisträger des Jahres zu ehren, allen voran den Empfänger des Fritz-Straßmann-Preises, Prof. G. Modolo, sowie die Preisträger der Dissertationspreise der Fachgruppe: Dr. B. Drobot (HZDR), Dr. B. Hammer Rotzler und Dr. P. Steinegger (beide Uni Bern). Besonders gute Nachrichten gab es für die im Februar für ihre hervorragenden Vorträge prämierten Preisträgerinnen des vom AK ARH organisierten 26. Seminars Aktivierungsanalyse und Gammaskopie (**SAAGAS**): sie wurden von der GDCh zum Wissenschaftsforum eingeladen und durften ihre Vorträge vor noch größerem Publikum halten. Dem Ruf der GDCh nach Berlin folgten A. Weller (Uni Hannover) und M. Rauwolf (TU Wien).



Abb. 5: SAAGAS-Best-Presentation-Preisträgerin Anica Weller überzeugte auch am Wissenschaftsforum.

Ein weiteres Highlight folgte für 20 Teilnehmer am letzten Tag mit einer Exkursion zum Protonentherapiezentrum des HZB.

Als kleiner Wermutstropfen des Wissenschaftsforum wäre die Kürze der Postersession zu nennen. Hier könnten die Organisatoren noch etwas nachbessern. ;)



Abb. 5: Für zwanzig glückliche und schnelle Anmelder zur Exkursion zum Protonentherapiezentrum des HZB folgte eine lehrreiche Exkursion als krönender Abschluss.

iii

Bericht vom GeCats Infoday, "Synchrotron Radiation and Neutrons for Catalysis, Materials Research and Development"

Die Deutsche Gesellschaft für Katalyse organisierte am 23.10.2017 im DECHEMA-Haus in Frankfurt am Main eine Informationsveranstaltung, zu der ca. 80 Teilnehmer anreisten. Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie trafen zusammen mit Kolleg(inn)en aus Großforschungseinrichtungen, die Synchrotronstrahlung und Neutronen für Forschungszwecke bereitstellen. Neben einem Programm mit 10 Vorträgen gab es eine Präsentation von 31 Postern. Die Vorträge umfassten Beiträge aus der Katalysatorforschung, in denen die vielfachen Untersuchungsmethoden gezeigt wurden, welche mit Synchrotronstrahlung und Neutronen möglich sind. Besonders interessant ist der Aspekt, dass man mit modernen Methoden der Synchrotronstrahlung unter „operando“-Bedingungen, also während des Katalysevorgangs Untersuchungen mit hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung durchführen kann. Beiträge aus der industriellen Forschung zeigten die grundsätzlich anderen Rahmenbedingungen auf: Typischerweise werden klar definierte Fragestellungen untersucht, die in relativ kurzer Zeit Antworten auf eine konkrete Problemstellung geben sollen. Diese Fragestellungen ergeben sich in der Regel aus dem Tagesgeschäft und sind „akut“, d.h. sie passen nicht in die üblichen Nutzerkonzepte an den Großgeräten, wo man Strahlzeiten mehr oder weniger

langfristig beantragen und genehmigen lassen muss. Die Beiträge aus den Forschungseinrichtungen (DESY, BESSY, ESRF, ESS) demonstrierten die technischen Untersuchungsmöglichkeiten, die zur Verfügung stehen bzw. im Aufbau sind.

Weiterhin trugen zwei Vertreter eines britischen und eines amerikanischen Netzwerks (UK Catalysis Hub und Synchrotron Catalysis Consortium in USA: Dedicated Beamline Facilities for Catalysis Research) über ihre Organisationen vor. Dies drückte auch den Wunsch der Organisatoren aus, dass auch in Deutschland ein Netzwerk entstehen sollte. Dies wurde auch explizit in einer abschließenden Diskussionsrunde ausgiebig diskutiert. Dabei wurden die Vorteile von Kooperationen nochmals klar herausgestellt: dass Nutzer nicht notwendigerweise hohe Kompetenzen in den eingesetzten Techniken benötigen, da diese von den Providern ebenfalls verfügbar gemacht werden. Dem widerspricht der Ansatz des amerikanischen Netzwerks, möglichst viele für eine sinnvolle Anwendung der eingesetzten Methoden auszubilden, damit sie ihre Forschungsprojekte selbstständig durchführen können. Im Gespräch zeigten sich klare Wissenslücken: z.B. fehlendes Wissen über verfügbare Methoden und ihre Leistungsfähigkeit bei potentiellen Anwendern. Es wurden aber auch grundlegende Unterschiede in der Motivation und Zielrichtung offenkundig: die grundlagenorientierten Wissenschaftler der Großforschungseinrichtungen erhalten neue Mittel häufig für die Entwicklung neuartiger Methoden bzw. die Verbesserung und Erweiterung vorhandener Einrichtungen und Methoden. Die Anwender sind andererseits häufig interessiert an existierenden und bewährten Techniken. Die „alten“ Bestrahlungsplätze werden aber häufig als obsolet betrachtet, wenn neue Technologien vorhanden sind, und dann abgeschaltet und demontiert.

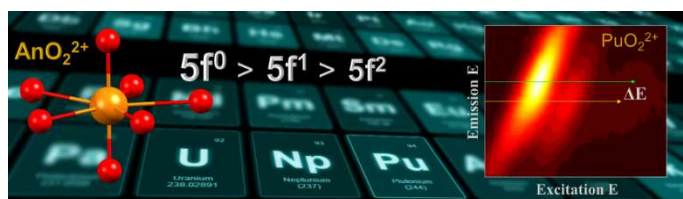
Leider bot der Infotag außer den regulären Vortragspausen, die mit der Postersitzung gefüllt waren, wenig Möglichkeiten zum Gespräch und zur Netzwerkbildung außerhalb der schon existierenden Kreise. So erschien auch die abschließende Diskussionsrunde als ein Gespräch in einem geschlossenen Kreis und weniger als eine Öffnung für neue Kooperationen.

Dennoch ermöglichte der Infotag einen interessanten Überblick über den Einsatz von Synchrotronstrahlung und Neutronen in der Katalyse- und Materialforschung.

iii

Wissenschaftler des INE klären die Funktion der 5f-Orbitale bei der Ausbildung von chemischen Bindungen in der Serie der 5f-Elemente (Actiniden) auf – eine Nature Communications Veröffentlichung

(Beitrag von Tonya Vitova, KIT-INE)



Schematische Skizze eines AnO₂²⁺-Moleküls (An = U, Np oder Pu), das mit der An M_{4,5}-Kanten HR-XANES/RIXS Methode untersucht wurde (links). Von U nach Pu nimmt die elektronische Besetzung der An 5f-Zustände stetig zu ($5f^0 > 5f^1 > 5f^2$), wohingegen die Empfindlichkeit bezüglich wechselnder Bindungspartner abnimmt. Die rechts gezeigte PuO₂²⁺ RIXS-Grafik stellt ein Beispiel für die Energieverschiebung zwischen resonanter und normaler Röntgenemission im Fall von PuO₂²⁺ („Plutonyl“) dar, die mit der erhöhten Lokalisierung der 5f Zustände korreliert (U < Np < Pu) <http://rdcu.be/tYav>.

In der Actinidenchemie wird eine anhaltende Diskussion über das Ausmaß der Lokalisierung und Mitwirkung der Actinid 5f-Valenzorbitale bei der Ausbildung von kovalenten Bindungen über die Serie hinweg geführt. Forscher des Instituts für Nukleare Entsorgung (INE) des KIT klärten nun erstmals die Rolle der 5f-Orbitale von Uran, Neptunium und Plutonium bei der Ausbildung der axialen Bindungen in den Trans-Di-oxo-Gruppen auf. Hierbei kam eine fortschrittliche spektroskopische Methode zum Einsatz, die Actiniden M_{4,5}-Kanten HR-XANES und 3d4f RIXS Spektroskopie, die an an der INE-Beamline für Actinidenforschung an der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA des KIT zur Verfügung steht. Die gewonnen experimentellen Ergebnisse werden durch theoretische Rechnungen von Forschern der Universität von Nord Texas, USA, und dem CNRS, Frankreich, gestützt. Die Analysen zeigen, dass die 5f-Orbitale eine aktive Rolle bei der chemischen Bindung von Uran und Neptunium spielen. Dies äußert sich durch

Veränderungen der Spektren, die auf eine drastisch veränderte Lokalisation der 5f-Orbitale in den jeweiligen Elemente schließen lassen. Die 5f-Orbitale des Plutoniums hingegen zeigen ein hohes Maß an Lokalisation, die sich kaum von unterschiedlichen Bindungsumgebungen beeinflussen lässt. Die Publikation in Nature Communications zeigt auf, wie sich relative Energieunterschiede zwischen den $5f\delta/\phi$ - und $5f\pi^*/5f\sigma^*$ -Orbitalen als ein qualitatives Mittel zur Beschreibung der überlappungsbedingten Kovalenz in der Bindung der axialen Sauerstoffatome benutzen lassen. Die gewonnen Erkenntnisse werden Einfluss auf zahlreiche Anwendungen der RIXS und HR-XANES Spektroskopie haben und liefern neue Einblicke in die elektronische Struktur der Actiniden.¹

¹T. Vitova, I. Pidchenko, D. Fellhauer, P. S. Bagus, Y. Joly, T. Prüßmann, S. Bahl, E. Gonzalez-Robles, J. Rothe, M. Altmaier, M. A. Dencke, H. Geckeis. The role of the 5f valence orbitals of early actinides in chemical bonding *Nature Communications* **8**, 16053 (2017), doi:10.1038/ncomms16053 <http://rdcu.be/tYav>

iii

SAAGAS 27 im Februar 2019 in Garching

Für die Durchführung der nächsten SAAGAS hat sich ein lokales Organisationsteam um Christian Stieghorst gebildet. Die langjährige Tradition soll im Februar 2019 in Garching fortgeführt werden. Wir werden laufend über die Vorbereitungen berichten.

iii

Neues Rahmenprogramm des BMBF: ErUM (Quelle KFS)

Der Dialog („Prisma-Prozess“) von Hochschulen, Wissenschaftsorganisationen und internationalem Forschungsraum ist zentraler Bestandteil des neuen BMBF-Rahmenprogramms Erforschung von Universum und Materie ErUM, das im Sommer vorgestellt wurde. Die Handlungsfelder Transfer und Partizipation, Vernetzung, MINT-Nachwuchs und Großgerätelandschaft

werden durch Aktionspläne ausgestaltet. Bisher sind zwei Aktionspläne vorgesehen,

- ErUM-Pro:

Projektförderung zur Einbindung von Hochschulen in die Weiterentwicklung von Großgeräten (bisher Verbundforschung) und

- ErUM-Data: Beiträge zur Digitalen Agenda, s.

<https://www.bmbf.de/de/erforschung-von-universum-und-materie---das-rahmenprogramm-erum-4388.html>.

Deutsch-Schwedischer Call zum RAC: Fristen 21.11. und 01.12.2017

(Quelle KFS)

Das BMBF hat seine „Richtlinien zur Förderung von ausgewählten Schwerpunkten der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung auf den Gebieten Materialforschung und Strukturbiologie mit Neutronen und Synchrotronstrahlung im Rahmen der deutsch-schwedischen Kooperation (Röntgen-Ångström-Cluster)“ im Bundesanzeiger veröffentlicht. Anträge sind mit gemeinsamer Vorhabenbeschreibung zuerst in Schweden (bis zum 21.11.2017) und dann in Deutschland (bis zum 01.12.2017) einzureichen, beabsichtigter Förderbeginn ist der 1. Juli 2018. Die Projekte sollen auf eine Laufzeit von mindestens zwei und maximal vier Jahren ausgerichtet und unter Angabe von konkreten Meilensteinen strukturiert sein.

http://pt.desy.de/e75029/e237408/index_ger.html

<https://www.vr.se/inenglish/researchfunding/applyforgrants/callforproposals/open-grants/researchprojectgrantrontgen-angstromcluster.5.1729cf1815c4728f0036245e.html>

Übersicht Schulen zur Forschung mit Synchrotronstrahlung

(Quelle KFS)

Die ersten Bewerbungsfristen für Schulen zur Forschung mit Synchrotronstrahlung im nächsten Jahr stehen bald an, daher hier eine Liste der kommenden Kurse (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- DESY Research Course 2018, Hamburg, 26.02.-02.03.2018, http://photon-science.desy.de/news_events/research_course/index_eng.html
- 49th IFF Spring School: Physics of Life, Jülich, 26.02.-09.03.2018, Anmeldung bis 20.12.2017, <http://www.fz-juelich.de/pgi/EN/Leistungen/SchoolsAnd-Courses/SpringSchool/ node.html>
- School on Synchrotron and Free-Electron-Laser Methods for Multidisciplinary Applications, Triest, Italien, 07.-18.05.2018, <http://indico.ictp.it/event/8308/>
- 14th European Summer School on Scattering Methods Applied to Soft Condensed Matter, Bombannes, Frankreich, 19.-26.06.2018, <https://indico.ill.fr/indico/event/86/>
- DESY Summer Student Programme 2018, Hamburg, 17.07.-06.09.2018, Anmeldung 15.12.2017-31.01.2018, <https://indico.ill.fr/indico/event/86/>
- RACIRI Summer School, Rügen, 25.08.-01.09.2018, <http://www.raciri.org/> - MAT-RAC I School, Lauenburg, 02.-07.09.2018
- 2018 European School on Magnetism: Magnetism by Light, Krakau, Polen, 17.-28.09.2018, <http://magnetism.eu/104-2018-school.htm>
- The International School on Magnetism and Synchrotron Radiation, Elsaß, Frankreich, 07.-12.10.2018, <http://mw2018.u-strasbg.fr/>

Ausblick auf fachnahe Veranstaltungen:

08.-13.04.2018 Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC XI), Kona, HI, USA. www.marconference.org

13.-18.5.2018, 18th Radiochemical Conference, Mariánské Lázně, Tschechische Republik, www.radchem.cz

13.-19.5.2018, Best Estimate Plus Uncertainty International Conference BEPU 2018, Lucca, Italien. www.nineeng.com/bepu.

22.-25.05.2018, VI. Terrestrial Radioisotopes in Environment International Conference on Environmental Protection (VI.TREICEP), Veszprém, Ungarn. www.treicep.com

12.-14.6.2018, 8. Workshop RCA ("Radiochemische Analytik bei Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen, der Deklaration von Abfällen und im Strahlenschutz"), Dresden-Rossendorf. www.vkta.de/de/aktuell.html

17.-22.06.2018, 2018 Radiocarbon Conference, Trondheim, Norwegen.
<http://www.radiocarbon.org/Graphics/Trondheim.pdf>

18. -22.06.2018, Sixth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2018), Ohrid, Macedonia, www.rad-conference.org, Metropol Lake Resort www.metropol-ohrid.com.mk

24.-29.06.2018, IBMM 2018, 21st International Conference on Ion Beam Modification of Materials, San Antonio, Texas, USA. www.ibmm2018.com

12.-17.08.2018, CAARI 2018, 25th Conference on Application of Accelerators in Research and Industry, Gaylord Texan, TX Grapevine, USA, <http://www.caari.com/caari18>

17.-19.09.2018 SNI2018 Deutsche Tagung für Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeräten Garching

11.-17.11.2018 The Fourth International Conference, "Application of RadiotraCers and Energetic Beams in Sciences (ARCEBS-18)", Ffort Raichak, Indien. indico.cern.ch/e/ARCEBS2018

....im Dezember 2017

U.W. Scherer, F. Quinto, G. Steinhauser, R. Steudtner, Ch. Stieghorst,