

## Die andere Seite des Gebrauchs – ungewollte Radioaktivität in Abfällen und Altmetallen

Radionuklide natürlichen Ursprungs sind allgegenwärtig. Soweit sie in Rückständen industrieller oder bergbaulicher Prozesse in einem Maße vorkommen, welches aus Gründen des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden kann, werden sie Teil des Strahlenschutzsystems und damit NORM im Sinne der IAEA-Definition [1]. Werden radioaktive Elemente wie Uran und Thorium anderen Produkten zugesetzt oder wird die ionisierende Strahlung dieser Radionuklide gezielt genutzt, sind diese Produkte zumindest seit 2001 ebenfalls Teil des Strahlenschutzsystems. Dieses historisch gewachsene Strahlenschutzsystem hat Lücken, durch die Strahlenquellen, radioaktiv kontaminierte Objekte, aber auch Materialien mit erhöhter Radioaktivität natürlichen Ursprungs hindurchfallen. Sie werden in Überwachungssystemen detektiert, die eigentlich auf die Überwachung verloren gegangener technischer Strahlenquellen ausgerichtet sind. Die Erfahrungen, die bei der Prüfung von Vorkommnissen in solchen Überwachungssystemen gewonnen wurden, zeigen ein facettenreiches Bild des Gebrauchs und Verbrauchs von „strahlenden“ Produkten.

### Lücken im Strahlenschutzsystem

Die Lücken, durch die gebrauchte oder verbrauchte Produkte beziehungsweise Materialien in Abfallströme oder Altmetalle gelangen, resultieren aus folgenden Sachverhalten:

- Die Festlegung, welche Materialien als NORM-Rückstände im Strahlenschutz erfasst werden, trifft bei uns der Gesetzgeber (zzt. in Anlage XII Teil A StrlSchV).

Im Unterschied zu einigen anderen europäischen Ländern (z. B. den Niederlanden), in denen die spezifische Aktivität das primäre Kriterium für eine regulatorische Kontrolle ist, sind in Deutschland nur solche Materialien als Rückstände benannt, bei denen der Gesetzgeber davon ausging, dass bei ihrer Entsorgung

der Richtwert von 1 mSv/a effektiver Dosis bei der Entsorgung überschritten werden kann. Damit sind zahlreiche Produkte und Abfälle, die natürlich vorkommende Radionuklide

### Richtwert von 1 mSv pro Jahr

mit spezifischen Aktivitäten deutlich über dem Niveau der allgemeinen Umweltradioaktivität enthalten, zunächst kein Teil des Strahlenschutzsystems, also nicht radioaktive Stoffe, und ihre Besitzer nicht verpflichtet, sich um deren Radioaktivität zu kümmern.

- Da Strahlenschutz eine historisch gesehen sehr junge Disziplin ist und das Strahlenschutzsystem sich im Zeitraum von wenigen Dekaden immer wieder verändert hat, wurden früher Produkte mit höheren Gehalten von natürlichen Radionukliden

oder auch mit gezielten Zusätzen radioaktiver Stoffe anders eingestuft als heute. Soweit es sich um Materialien handelt, die ohne Genehmigung oder Anzeige genutzt werden konnten, kann ein Wissen um ihre Radioaktivität bei den Besitzern in der Regel nicht erwartet werden. Die Entsorgung solcher Produkte führt ungewollt zu Einträgen von Objekten mit auffälliger Strahlung.

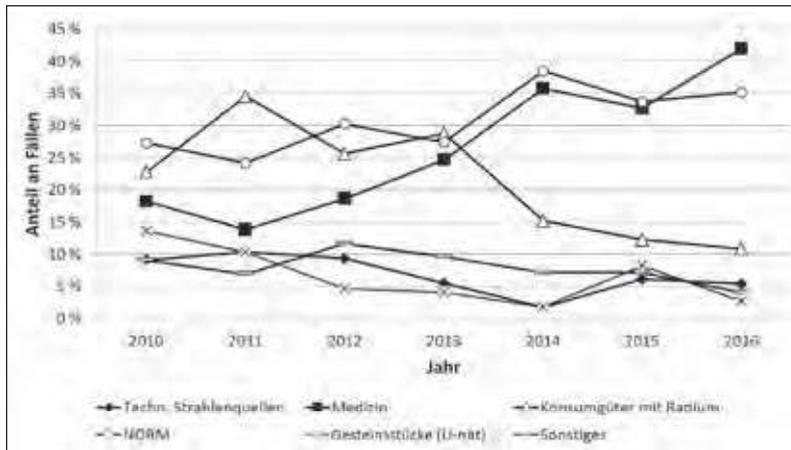
- Wie in jedem hinreichend komplexen System kommt es auch in Prozessen, in denen radioaktive Stoffe überwacht werden, zu Fehlern.

### Motive der Selbstüberwachung

Wirtschaftliche Prozesse vollziehen sich in offenen Systemen, durch die Stoffe, Energie und Informationen hindurchfließen. Die Erfahrungen mehrerer schwerer Unfälle zeigen, dass ein Verlust an Information bei hochradioaktiven Strahlenquellen zu ernstesten Gefahren für Menschen führen (z. B. Goiana, 1986 [2]) oder erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen kann („Acerinox accident“ in Cadiz, Spanien 1998 [3]). Zum Schutz ihrer Mitarbeiter vor Strahlung und der Erzeugnisse vor unbeabsichtigter radioaktiver Kontamination haben

deshalb die Gießereien und Hüttenwerke in Deutschland seit längerem Portalmess- und weitere Detektionsanlagen installiert, um selbst Informationen über herrenlose Strahlenquellen zu gewinnen, und die Anforderung „frei von Radioaktivität“ wurde in Lieferbedingungen festgeschrieben. Als Folge dieser Anforderung haben große und mittlere Unternehmen der Metallrecyclingwirtschaft mit vielfältigen Überwachungsmaßnahmen auf Radioaktivität nachgezogen. Auch Müllverbrennungsanlagen haben erkannt, dass eine Mitverbrennung von Strahlenquellen zu erheblichen Schäden führen kann, und überwachen den einge-

**Anforderung  
„frei von  
Radioaktivität“**



**Abb. 1:** Anteile unterschiedlicher Fallgruppen an von NCC geprüften Vorkommnissen an Anlagen der Radioaktivitätskontrollen von Metallrecyclinganlagen und Müllverbrennungsanlagen (Datensätze bis Ende Oktober 2016 eingeschlossen)

henden Müll in zunehmendem Maße auf Strahlenquellen. Durch die gesellschaftlichen Diskussionen um Radioaktivität und Strahlung sahen sich inzwischen auch einige Abfallentsorger veranlasst, ihre eingehenden Abfälle auf Radioaktivität zu kontrollieren.

Im Ergebnis dieser Entwicklung kommt es an den Messanlagen immer wieder zu Strahlenalarmen, die mit Sachverstand geprüft und auf ihre Relevanz im Strahlenschutz bewertet werden müssen.

Im Folgenden soll auf der Grundlage von den bei der Nuclear Control & Consulting GmbH (NCC) vorliegenden Erfahrungen gezeigt werden, um welche Materialien es hier geht, und es wird ein Vorschlag gemacht, wie der Strahlenschutz an dieser Stelle weiterentwickelt werden könnte.

### Prüfung von Vorkommnissen bei der Kontrolle von Abfallströmen

Auf der Basis der bei NCC vorliegenden Statistiken kann man davon ausgehen, dass es in Deutschland im Jahr etwa 300 bis 1.000 Vorkommnisse gibt, bei denen aufgrund eines Strahlenalarms eine Fachprüfung veranlasst wird. Eine Statistik der bei entsprechenden Prüfungen von NCC gefundenen Objekte zeigt Abbildung 1. In dieser Statistik nicht enthalten sind mineralische Abfälle, die im Rahmen einer Fachbeglei-

tung einer Entsorgungsanlage seit 2014 geprüft und bewertet wurden.

Die in Abbildung 1 ausgewiesenen Klassen enthalten als typische Objekte:

- **Technische Strahlenquellen:** Strahlenquellen und andere Erzeugnisse mit künstlichen Radionukliden (vor

allem  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ). Diese Objekte sind in der Regel als Fund i. S. von § 71 StrlSchV zu melden.

- **Medizin:** Abfälle aus nuklearmedizinischen Behandlungen, vor allem sanitäre Verbrauchsprodukte, die von entlassenen Patienten stammen (meist  $^{131}\text{I}$ , aber auch  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ). Diese Abfälle weisen teilweise Aktivitäten unter der Freigrenze auf und müssen nur bei Überschreitungen der Freigrenze als Fund nach § 71 StrlSchV gemeldet werden.

- **Konsumgüter mit Radium:** historische Erzeugnisse mit  $^{226}\text{Ra}$ , dessen radioaktive Eigenschaften genutzt wurden; vor allem Leuchtfarben auf Instrumenten, aber auch Trinkbecher (Emanationsbecher) und Radium-Kissen. Solche Gegenstände sind in der Regel als Fund nach § 71 StrlSchV zu melden.

- **NORM:** Materialien mit natürlich vorkommenden Radionukliden, de-

Anzeige



## Proportionaldetektor RGD 200T





- Proportionaldetektor mit 200 cm<sup>2</sup> effektiver Messfensterfläche
- im Rohrgriff integrierter 65 ml Gastank
- Anschluss über SHV-Koaxialsteckverbinder

Birkenweg 3-5  
25451 Quickborn

Tel. +49 (0)4106/7976-0  
Fax +49 (0)4106/7976-29

www.ratec.de  
info@ratec.de



ren Strahlung nicht genutzt wurde. Der Term wird hier auch für Objekte verwendet, deren Strahlung so gering ist, dass eine Überwachung aus Strahlenschutzgründen nicht verhältnismäßig ist. Solche Fälle müssen nicht der Behörde gemeldet werden und sind daher formalrechtlich keine radioaktiven Stoffe. Eine stichwortartige Übersicht über diese Stoffe wird weiter unten gegeben.

- **Gesteinsstücke:** Erze bzw. Mineralien wahrscheinlich vor allem aus aufgelösten Sammlungen. Solche Stücke können ggf. als Rückstände angesehen werden, deren Zuordnung zu den Prozessen der Anlage XII Teil A StrlSchV im konkreten Fall nicht eindeutig möglich ist. Die Frage, ob solche Fälle gemeldet werden müssen oder nicht, ist Ermessenssache.
- **Sonstige Fälle** bezeichnen Strahlenalarme, bei denen die Ursache bei Eintreffen des Sachverständigen nicht mehr feststellbar war (z. B. Fehlalarme oder durch kurzlebige Strahlenquellen ausgelöste Alarme), aber auch mit künstlichen Radionukliden kontaminierte oder aktivierte Gegenstände, die sich den vorgenannten Klassen nicht zuordnen ließen.

Wie Abbildung 1 zeigt, waren NORM mit einem Anteil von ca. 35 % die in den vergangenen Jahren häufig dominante Klasse der bewerteten Fälle.

### Gebrauchte und nicht gebrauchte NORM

Wie oben beschrieben, sind Konsumgüter und Erzeugnisse mit Radium, deren ionisierende Strahlung (früher) genutzt wurde, keine NORM i. e. S. und werden daher in diesem Beitrag nicht weiter betrachtet. Auch Uran-Erze, die als kleinere Gesteinsstücke detektiert wurden, werden an dieser Stelle nicht als NORM gewertet. Die verbleibenden NORM-Objekte, die in Schrotten und Abfällen detektiert wurden, können 4 Gruppen zugeordnet werden:

1. Gebrauchte Produkte, deren Radioaktivität durch gezielt zugesetzte radioaktive Elemente (meist Thorium) grundsätzlich bekannt ist
2. Abfälle aus der Wartung oder dem Rückbau von Anlagen
3. Abfälle aus Arbeiten mit Produkten, deren Radioaktivität den Nutzern nicht bekannt ist
4. Teile oder Gegenstände aus nicht näher eingrenzbaeren Herkunftsbe-reichen

Die im Folgenden aufgeführten Beispiele von Materialien zeigen exemplarisch die Vielfalt der Prozesse, in denen „radio-

aktive Stoffe“ als NORM vorkommen. Zur Gruppe der gebrauchten Produkte gehören typischerweise

- thorierte Legierungen, wie z. B. thorierte Wolfram-Elektroden (Schweißelektroden) und
- thorierte Optiken.

Abfälle, für die davon ausgegangen werden kann, dass sie bei der Wartung oder dem Rückbau von Anlagen angefallen sind, sind typischerweise:

- Schamotte, Feuerfestmaterial
- Rohre oder Anlagenteile mit radiumhaltigen Ablagerungen
- Rohre, Kessel oder andere Anlagenteile mit zirkonhaltigen Auskleidungen
- technische Filterfliese mit Filterschlamm

Abfälle aus Arbeiten mit Produkten, deren Radioaktivität den Nutzern nicht bekannt ist, sind z. B.

- geleerte Behälter von radiumhaltigen Eisenchloridlösungen,
- verbrauchte Schleifmittel und Schleifsande.

Andere Teile und Gegenstände mit auffälliger Radioaktivität sind z. B. Tresore (mit Füllungen aus Schwermineralen, Zirkon-Sand), Abfälle mit Kalisalzen oder Kleinteile, die sich schwer zuordnen lassen. Durch Detektionsanlagen werden aber auch Gasdruckflaschen mit aus der Atmosphärenluft gewonnenem Krypton

(aufgrund des <sup>85</sup>Kr-Gehaltes) gefunden. Die in den geprüften NORM-Fällen dominierenden Radionuklide sind in der Häufigkeitsverteilung in der Abbildung 2 dargestellt. Der hohe Anteil von Radium ist zum einen auf die zur Nuklididentifizierung eingesetzten Gamma-Spektrometer zurückzuführen, die bei Nuklidgemischen mit <sup>238</sup>U/<sup>226</sup>Ra das Radium aufgrund der Gamma-Linien prioritär anzeigen, spiegelt aber auch wider, dass sehr häufig Rohre oder Anlagenteile mit radiumhaltigen Ablagerungen detektiert werden.

## Gegenstände mit auffälliger Radioaktivität

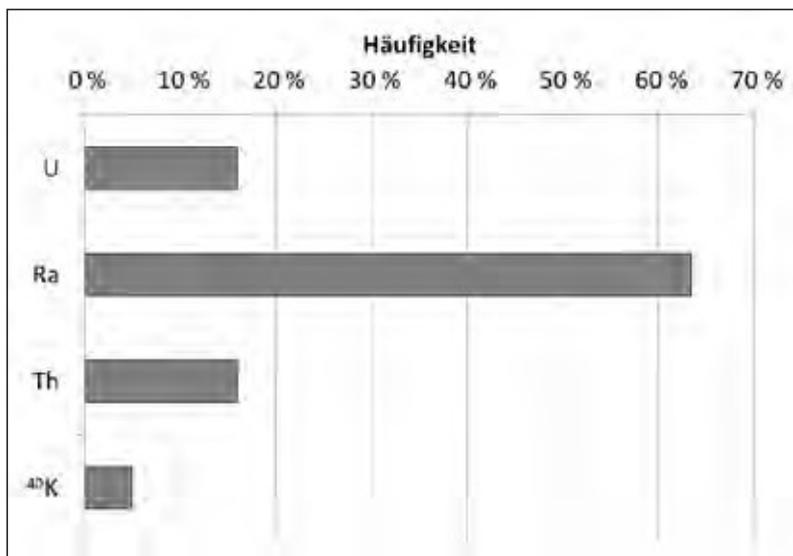


Abb. 2: Anteil der dominanten Radionuklide in der Bewertungs-kategorie „NORM“

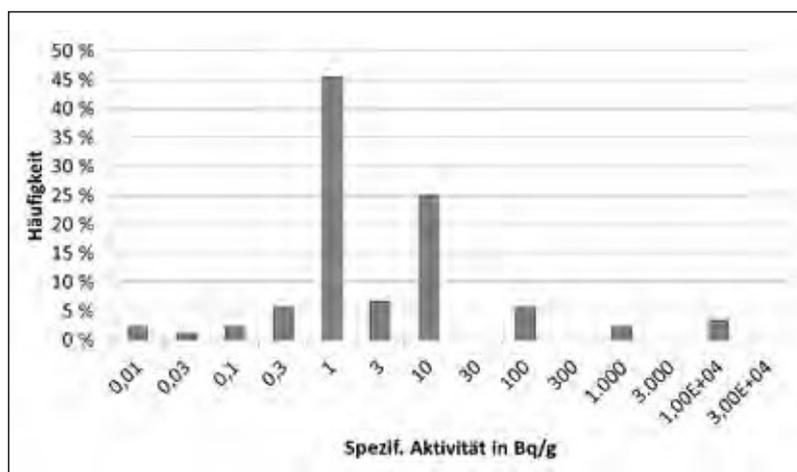


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der spezifischen Aktivität in der Bewertungsklasse „NORM“; Datenbasis: NCC

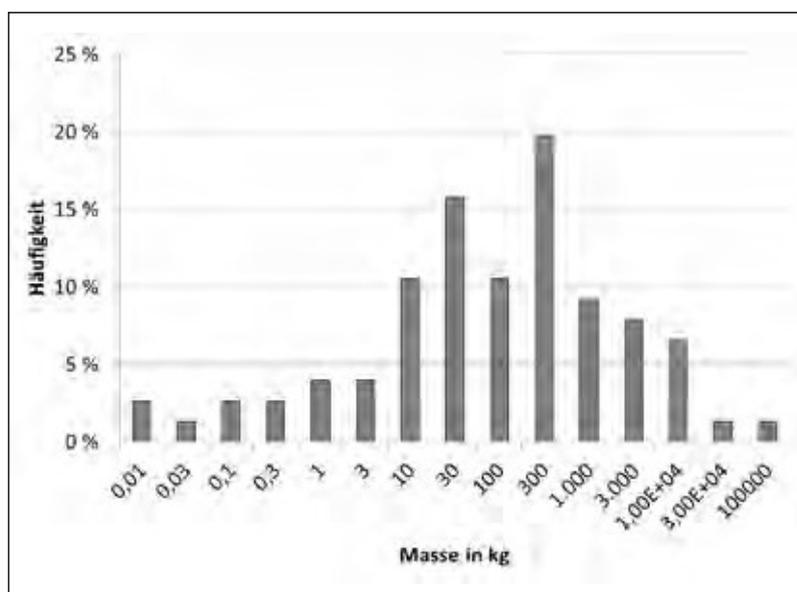


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der radioaktiv auffälligen Massen in der Bewertungsklasse „NORM“; Datenbasis: NCC

### Strahlenschutz auch ohne radiologische Relevanz?

In den Abbildungen 3 und 4 sind die den NORM-Detektionen zugehörigen Daten als Massenverteilung und Verteilung der spezifischen Aktivität dargestellt. Bei aller Unsicherheit, die die Daten, die im Zusammenhang mit derartigen Prüfungen im Einzelfall erhoben werden, aufweisen, gibt die Auswertung dennoch ein charakteristisches Bild: Die bei Vorkommnissen in Schrott und Abfall entdeckten NORM weisen in der Mehrzahl der Fälle spezifische Aktivitäten von unter

10 Bq/g auf. Im Unterschied zu technischen Strahlenquellen, deren Masse bei einem Fund meist unter 1 kg liegt, haben sie häufig Massen von einigen kg bis zu ca. 1.000 kg. Prüft man aber die radiologische Relevanz der detektierten NORM, so ergibt sich praktisch in allen Fällen, dass eine Strahlenexposition von mehr als 1 mSv effektiver Dosis im Kalenderjahr bei realistischen Annahmen nicht erreicht wird. Eine Überwachung nach § 102 StrlSchV erweist sich als unnötig. Wie von Klaus Flesch und Thomas Phillip in diesem Heft auf Seite 25 f. beschrie-

ben, sind Strahlenquellen mit natürlich vorkommenden Radionukliden, deren Strahlung nicht genutzt wurde, in der Regel keine Funde nach § 71 StrlSchV. Die Materialien können als nicht radioaktiv im rechtlichen Sinne eingestuft werden.

In diesem Zusammenhang ist allerdings festzuhalten, dass die Detektionen von NORM Kollateralfolgen einer Überwachung sind, die aus Gründen des Strahlenschutzes erforderlich ist und der in der Richtlinie 2013/59/Euratom erhebliche Bedeutung zugemessen wird.

Die formale Einstufung als nicht radioaktiv löst allerdings für die Praxis das Problem nicht. Eine Einschleusung der radiologisch auffälligen Materialien in Prozesse des Metallrecyclings führt zu neuen Detektionen und wäre mit einer bewussten Verletzung von vertraglichen Anforderungen verbunden. Eine Entsorgung als Abfall wird allerdings ebenfalls erschwert, da auch Abfallentsorgungsanlagen teilweise mit Portalmessanlagen überwacht werden und es dem Transparenzgebot widerspricht, radioaktive Eigenschaften, von denen man Kenntnis hat, zu verschweigen.

**Spezifische  
Aktivitäten von  
< 10 Bq/g**

### Fragen für den praktischen Strahlenschutz

Für den praktischen Strahlenschutz ergibt sich daraus die Frage, wie man mit Materialien umgehen soll, deren Radioaktivität bei realistischer Betrachtung nur zu Expositionen führt, die nach Maßstäben des Strahlenschutzes außer Acht gelassen werden können – deren Entsorgung aber aufgrund der Eigenschaft „Radioaktivität“ für den, der sie besitzt, mit erheblichen Kosten verbunden sein kann. Diese Frage führt – jenseits der praktischen Lösungen im Einzelfall – auf die in dieser Zeitschrift schon mehrfach gestellte Frage: Was ist Strahlenschutz? [4]

Wenn man den Strahlenschutz nicht auf den Schutz von Menschen und ggf. nicht menschlichen Arten vor schädlicher Strahlenwirkung einengt, sondern analog zum Umweltschutz weiter fasst, dann ist die Vermeidung oder Verringerung von Nachteilen, wie es finanzielle Belastungen sind, auch jenseits der Optimierung von Strahlenexpositionen eine Aufgabe des Strahlenschutzes.

### Folgerungen

Um hier zu besseren Lösungen zu kommen, sollten die folgenden 3 Ansätze weiterverfolgt werden:

**1. Verursacherprinzip stärken:** In Übereinstimmung mit dem Verursacherprinzip sollte viel stärker als bisher dafür gesorgt werden, dass Informationen über „Radioaktivität“ in technischen Prozessen bereits bei denen vorliegen, die diese Prozesse betreiben. So ist die Radioaktivität von

Feuerfestmaterialien oder Strahlmitteln, insbesondere solchen mit Zirkon, seit langem bekannt und wird teilweise sogar auf Sicherheitsdatenblättern der Produkte angegeben. Auch sind die Prozesse, die zur Bildung von radiumhaltigen Scales oder anderen Anreicherungen natürlich vorkommender Radionuklide in Anlagen führen, inzwischen hinreichend bekannt. Der Aspekt Radioaktivität könnte daher bereits bei der Planung von Anlagen einbezogen werden [5], in jedem Fall später bei Prozessen der Wartung oder der Rückbauplanung, und zwar unabhängig vom strahlenschutzrechtlichen Status!

**2. Kleinmengenregelung:** Für einfache Entsorgungen von Kleinmengen wären Regelungen wünschenswert, mit denen unter Bezug auf Schwellenwerte der spezifischen Aktivität einfacher als bisher festgelegt werden kann, ob eine radiologische Re-

levanz gegeben ist – und mit denen auch Dritten gegenüber transparent gezeigt werden kann, dass ein bestimmtes Material radiologisch unbedenklich ist.

**3. Deklarieren statt reklamieren:** Entsorger dürfen nicht länger das Thema „Radioaktivität in Abfällen“ zu einem Tabu machen. Sie sollten sich anlagenspezifische Schwellen für Radioaktivität definieren, deren Einhaltung im Vorfeld geprüft und nachgewiesen werden kann. Das Deklarieren der spezifischen Aktivität bleibt in der Verantwortung der Abfallbesitzer, eine Überprüfung durch den Entsorger bleibt vorbehalten, doch die Rückweisung von Abfällen bei der Annahme kann bei deklarationsgerechter Anlieferung entfallen – auch wenn die Portalmessanlage Alarm auslöst.

Robert Schulze,  
Rainer Gellermann □

## Aspekt „Radioaktivität“ einbeziehen

### Zum Titelbild

## Kraftvoll – und das nach mehr als 14.000 Jahren

Kraftvoll kommt er daher, dieser weibliche Bison, der als Höhlenzeichnung in der Altamira-Höhle in Nordspanien gefunden wurde. Auch ich habe ihn gefunden – allerdings mithilfe des Internets – und sein Bild zum Titelbild erkoren, weil mich unser Schwerpunktthema wieder auf die Altersbestimmung durch natürliche radioaktive Materialien gestoßen hatte. Kraftvoll ist auch die wunderbare Polychromie des Bildes, das von Hand mit in Wasser gelöstem roten Eisenoxid und schwarzer Holzkohle in transparenter Malweise auf den goldenen Fels aufgebracht worden ist.

Wie schön, dass die Bilder der unbekanntesten Meister so gut erhalten sind. „Representación animal, Cueva de Altamira. Techo de Policromos **Datación C14 14330+/-190 BP** [ca] Laboratorio GifA-9118“: Diese spanische Bildbeschreibung des Museums in Altamira gibt einen Hinweis auf die Altersbestimmung durch die <sup>14</sup>C-Methode. Sie errechnete ein Alter von 14.330 +/- 190 Jahren. Bei Untersuchungen in anderen Höhlen in Nordspanien und Südfrankreich ist man sogar auf 40.000 Jahre alte Zeichnungen gestoßen.

Von solchen Altersbestimmungen berichtet auch Burkhard Heuel-Fabianek ab Seite 31 in seinem Beitrag über die „Atomuhr“. Er zeigt, dass durch die kurze Halbwertszeit des <sup>14</sup>C von 5.730 Jahren diese Methode sich vornehmlich für archäologische Fragestellungen eignet.

Das Titelbild „Bisonte hembra parado“ aus der Höhle von Altamira wurde uns vom Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, Ministerio des Educación, Cultura y Deporte de España, zur Verfügung gestellt. Der Fotograf ist Pedro Saura.

Bärbl Maushart