

# Überlegungen zum Strahlenschutz bei radioaktiven Mineralen in Sammlungen

RUDOLF GEIPEL

Das Sammeln radioaktiver Minerale birgt eine gewisse Faszination: Abenteuer, Verbotenes, Gefährliches und die Schönheit der radioaktiven Minerale in ihren leuchtenden Farben schwingen darin mit. Wie der Name sagt, sind die Minerale radioaktiv und potentiell gefährlich. Gewisse Schutzmaßnahmen sind somit unerlässlich.

Die Schutzvorkehrungen beim Sammeln radioaktiver Mineralien gründen sich auf die Regel der 5 A:

1. **Abstand vergrößern**
2. **Abschirmung verstärken**
3. **Aufenthaltsdauer verkürzen**
4. **Aktivität verkleinern**
5. **Aufnahme vermeiden**

Hinsichtlich der Eigenschaften der Minerale sowie der Art und der Intensität der Strahlung unterscheidet man drei verschiedene Einteilungen.

## 1. Stark strahlend

Stark strahlend sind Stufen mit Pechblende oder anderen geologisch alten Uranmineralien, die einen höheren Anteil von Radium besitzen. Sie senden eine durchdringende, weit reichende Gammastrahlung aus. Eine Stufe wurde bisher meist als stark strahlend beurteilt, wenn mit einem Strahlungsmessgerät in 20 cm Entfernung von der Stufe das 20-fache oder mehr der normalen Umgebungsstrahlung – gemessen mit dem gleichen Strahlungsmessgerät – festgestellt wird. Dieser Wert kann durchaus auch höher angesetzt werden mit 30-fachem Wert der Umgebungsstrahlung in 30 cm Entfernung.

## 2. Stark kontaminierend

Stark kontaminierend sind radioaktive Uranminerale, die leicht abreibbar sind oder leicht pulverisierbar sind. Dazu gehören Uranglimmer wie Torbernit oder Autunit oder sekundäre Uranminerale, die krümelige, erdige Krusten bilden, ebenso Schwermineralsande sehr feiner Art, die hohe Anteile an uranhaltigem Zirkon oder thoriumhaltigem Monazit aufweisen. Durch die vollkommene Spaltbarkeit der Glimmer und den Abrieb bilden sich kleine Partikel, die leicht an der Haut haften bleiben und durch Inkorporation in den Körper gelangen können. Erdige und krümelige Beläge sowie feine Sande bilden Stäube, die eingeatmet werden können.

## 3. Stark radon-exhalierend

Stark radiumhaltige und zugleich poröse oder stark angewitterte Mineralstufen, auch Stufen mit großflächigen Belägen radioaktiver Minerale können große Mengen des radioaktiven Edelgases Radon abgeben, also stark radon-exhalierend sein. Die ebenfalls radioaktiven Folgeprodukte des Radons können sich in der Lunge einlagern und Lungenkrebs verursachen.

Diese Einteilung und die Regel der 5 A haben für die Sammlung radioaktiver Mineralien Konsequenzen.

1. **Möglichst keine Großstufen sammeln. Mineralgröße bei radioaktiven Mineralen so weit wie möglich reduzieren.**
2. **Möglichst wenig Stufen sammeln, von jedem Mineral nur eine Stufe.**
3. **Alle Stufen in geschlossenen Behältern aufbewahren, z.B. in Plastikdosen. Diese Plastikdose gegebenenfalls durch Tesafilm sichern gegen Kinder und unbeabsichtigtes Öffnen.**
4. **Mikroskopieren radioaktiver Minerale – wenn möglich – in der Plastikdose vornehmen.**
5. **Stark radioaktive Stücke nicht in Wohnräumen lagern.**
6. **Sammlungsräume gut lüften, damit sich keine hohe Radonkonzentration bilden kann.**
7. **Radioaktive Mineralstufen möglichst nicht berühren. Falls doch, anschließend die Hände gut reinigen.**

8. **Formatieren radioaktiver Stufen nur im Freien. Möglichst Gummihandschuhe und Atemschutz tragen.**
9. **Alle Mineralstufen beschriften mit Mineralname, Fundort, Datum, Vermerk der Klassifizierung (stark strahlend – stark kontaminierend – stark radon-exhalierend) und gegebenenfalls mit Messdaten.**
10. **Strahlungsmessgerät verwenden, auch relative Messwerte geben bereits eine gute Auskunft.**
11. **Radioaktive Mineralstücke gehören nicht in die Hände von Kindern oder von Unwissenden.**
12. **Radioaktive Mineralstücke nicht „wild“ entsorgen, an den Fundort zurückbringen und z.B. in die ursprüngliche Halde eingraben.**

Mithilfe dieser Kenntnisse und Vergleichswerten sollen die Messwerte der Tabelle 1 eine Einschätzung der eigenen Sammlung ermöglichen. Alle Messungen erfolgten mit einem Automess 6150 AD 6/E.

Bei den Messungen ist zu berücksichtigen, dass die gemessene Dosisleistung noch mit der Aufenthaltsdauer multipliziert werden muss. Die Zeitdauer, in der man eine Mineralstufe bei sich trägt, in der Hand hält oder sich in ihrer nächsten Nähe aufhält, ist in der Regel sehr gering gegenüber der Zeitdauer eines Jahres. Minerale befinden sich in Sammlungsschränken oder in Schubladen, die für weitere Abschirmung sorgen. Die für die Beispiele berechneten maximalen Dosen beziehen sich auf 24 Stunden am Tag bei 365 Tagen im Jahr. Den Schätzwert der tatsächlichen Aufenthaltsdauer und die sich daraus ergebende geschätzte Dosis kann sich jeder selbst überlegen. Eine gefährliche Belastung entsteht bei Berücksichtigung der 12 Regeln nicht. Die tatsächliche Belastung liegt innerhalb der Grenzen, die im Anschluss bei den Vergleichswerten für die Strahlenbelastung in Deutschland gegeben wird.

Eine weitere wichtige Vorsichtsmaßnahme ist das Lüften – am besten zweimaliges Schocklüften am Tag – im Sammlungszimmer, falls stark radon-exhalierende Mineralstufen in der Sammlung vorhanden sind. Damit wird einer höheren Radon-Konzentration im Zimmer effektiv vorgebeugt.

Bereits diese wenigen Beispiele zeigen, dass bei einer maßvollen Auswahl an Uranmineralien für die Sammlung keine extrem erhöhte effektive Jahresdosis zu befürchten ist. Ein Teil der Sammlung mit Uranglas, Uranglasuren, Pechblende-Schwarzumdrucken und einigen ausgewählten radioaktiven Mineralstufen befindet sich im Arbeitszimmer des Autors. Uranglas, Uranglasur und Pechblende-Schwarzumdrucke befinden in einer Glasvitrine mit Kristallverglasung. Diese Verglasung reicht bereits aus, um die sehr weiche, d.h. energiearme Strahlung fast vollständig abzuschirmen und die zusätzlich effektive Jahresdosis durch diese Ausstellungsstücke unbedeutend zu machen. Die wenigen, sehr kleinen Uran- und Thoriumminerale (Micromounts) in den Schubladen der Sammlungsschränke gehen praktisch „im Rauschen“ unter. Die Messungen zeigen, dass die Maßnahmen 1. – 12. durchaus dazu beitragen, die Strahlenexposition zu senken.

Neben den Mineralen in der Sammlung besitzt der Autor noch eine Sammlung ausschließlich mit radioaktiven Mineralen in drei „Einsatzkoffern“, die für Demonstrationen bei Vorträgen und Fortbildungen, von denen einzelne Stufen aber auch für Versuche im Schulunterricht eingesetzt werden. Diese im Keller mit häufiger Lüftung in der kalten Jahreszeit und Dauerlüftung in der warmen Jahreszeit aufbewahrten Koffer liefern folgende Werte in  $\mu\text{Sv/h}$ :

Koffer 1: geöffnet 7,60; geschlossen 3,90

Koffer 2: geöffnet 9,50; geschlossen 2,0

Koffer 3: geöffnet 15,20; geschlossen 7,1

Die Koffer sind in einer Kellerecke auf einem Schrank gelagert. In einem Abstand von ca. 1 m beträgt die Dosisleistung  $0,23 \mu\text{Sv/h}$ . Im restlichen Keller ist keine messbare Zunahme der Dosisleistung festzustellen. Eine übermäßige Belastung oder gar Gefahr ist auch hier nicht gegeben. Bei den Koffern handelt es sich um kleine Aluminiumkoffer; eine Auslegung mit Bleiblech würde die im geschlossenen Zustand gemessene Dosisleistung auf Werte weit unter  $1 \mu\text{Sv/h}$  senken.

Um die gemessenen und berechneten Werte in ihrer Bedeutung einschätzen zu können, sind Vergleichswerte notwendig. Tabelle 2 zeigt die mittlere effektive Dosis für einen Deutschen. Bei dieser Auflistung handelt es sich um Durchschnittswerte. Je nach Höhenlage des Wohnortes, der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes des Wohnortes sowie durch die individuellen Wohn-, Lebens- und Ernährungsgewohnheiten variiert die natürliche Strahlenexposition zwischen  $1 \text{ mSv}$  und  $10 \text{ mSv}$  pro Jahr.

Die kosmische Strahlung, die auf Meereshöhe ca. 0,3 mSv pro Jahr beiträgt, steigt in ihrem Beitrag in Flughöhen von 10 bis 12 km auf etwa 30 mSv. Einzelne Flüge tragen nicht zu einem deutlichen Anstieg der natürlichen Strahlenexposition bei, aber beim Flugpersonal ist die berufliche Strahlenexposition durch die Höhenstrahlung durchaus zu berücksichtigen. Das Bundesamt für Strahlenschutz gibt eine jährliche effektive Dosis von 8 mSv bei einer maximal zulässigen Arbeitszeit von 1000 jährlichen Flugstunden an.

Auch die zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition kann durch notwendige medizinische Untersuchungen unter Umständen stark schwanken. Tabelle 3 soll dazu Richtwerte liefern.

Ein Vergleich der gemessenen Werte für Mineralstufen mit den Strahlenexpositionen in Deutschland bzw. den medizinisch bedingten Strahlenbelastungen zeigt, dass das maßvolle Sammeln von Mineralien unter Beachtung der genannten Sicherheitsbestimmungen ungefährlich ist.

Dies gilt auch für das tatsächliche Sammeln im Gelände. Es sollte selbstverständlich sein, dass nach dem Sammeln von Mineralstufen Wasser zum Waschen der Hände vorhanden ist. Ebenso sollte auf sehr staubigen Halden mit radioaktiven Mineralien nicht gegessen werden, auch wenn es dem Autor in einer bisher mehr als 35-jährigen Sammeltätigkeit nicht geschadet hat. Werden Stücke mit radioaktiven Mineralen zerkleinert, so sollte dies immer im Freien geschehen. Wenn die Zerkleinerung ohne besondere Vorsicht auf Kristalle erfolgen kann, umhüllt man die Stufe u. U. mit einem sehr starken Plastikmantel und nimmt dann die Zerkleinerung vor. Ebenso sollte Sägen solcher Stücke nass erfolgen. Wichtig ist, dass Staub und kleine Stücke im Freien entsorgt werden und nicht in die Wohnung gelangen.

Tabelle 1: Ausgewählte Messwerte zu Sammlungsstücken

Beschreibung der Mineralstufe	Messort	Dosisleistung in $\mu\text{Sv/h}$	Berechnete maximale Jahresdosis in mSv
Gemittelter Untergrund im Sammlungszimmer	Sammlungszimmer verschiedene Plätze, Abstand von Sammlungsschränken mit Uranglas, Uranglasur, Pechblende-Schwarzumdruck und Schubladen mit Uranmineralien minimal 1 m	0,12 – 0,18	1,0 – 1,6
Gemittelter Untergrund in einem Nebenzimmer ohne Minerale	Verschiedene Stellen	0,09 – 0,11	0,8 – 1,0
	Im Nebenzimmer mit einem niedrigeren Untergrund wurde das Mineral isoliert in der Schublade eines ähnlichen Schrankes gemessen.		
Pechblende-Gang in Gangstück von Joachimsthal, Anschliff, Pechblende-Gang ca. 1 bis 3 mm Breite, sehr stark strahlend, so genanntes „heißes Stück“, Größe 8,5 cm x 6,5 cm x 1,5 cm	Unmittelbar auf dem Pechblendegang	78,2	685
	Kristallglas (Sammlungsschranktür) zwischen Mineralstück und Dosisleistungsmessgerät	53,5	468,7
	Mineralstufe 20 cm hinter Kristallglas, Dosisleistungsmessgerät 20 cm vor Kristallglas	0,33	2,9
	Anmerkung: Die Mineralstufe wurde aus dem Sammlungsraum ausgelagert in einen Kellerraum.		
Pechblende-Saum am Rand von gediegen Bismuth, ca. 0,5 mm, anpolierte Oberfläche, relativ stark strahlend, Grube Svornost, Jáchymov (Joachimsthal), 4 cm x 2,5 cm x 2,5 cm	Unmittelbar an der Pechblende	0,30	2,6
	Stufe in Plastikdose, Messung auf der Oberfläche der Plastikdose	0,19	1,7
	Stufe ohne weitere Uranmineralien in Schublade Sammlungsschrank in 1 m Abstand zum Schrank	0,13	1,1
Johannit, Magnesium-Zippeit als Saum 2 cm x 0,1 – 0,3 cm auf kleinem Gesteinsstück, 2,5 cm x 1,6 cm, Dicke jeweils ca. 0,1 cm, stark kontaminierend, Grube Svornost, Jáchymov (Joachimsthal)	Unmittelbar am Uranmineral	0,23	2,0
	Stufe in Plastikdose, Messung auf der Oberfläche der Plastikdose	0,17	1,5
	Stufe ohne weitere Uranmineralien in Schublade Sammlungsschrank	0,10	0,9

**Tabelle 2: Mittlere effektive Dosis in der Bundesrepublik Deutschland****Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2005**

		Mittlere effektive Dosis in mSv pro Jahr	
<b>1. Natürliche Strahlenexposition durch</b>			
1.1	kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
	terrestrische Strahlung von außen		
1.2	bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)	ca. 0,4	ca. 0,1
	bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)		ca. 0,3
1.3	Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1	
1.4	Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
<b>Summe der natürlichen Strahlenexposition</b>		<b>ca. 2,1</b>	
<b>2. Zivilisatorische Strahlenexposition durch</b>			
2.1	kerntechnische Anlagen	< 0,01	
	Anwendung radioaktiver Stoffe u. ionisierender Strahlen in der		
2.2	Medizin	ca. 1,8	
	2.2.1 durch nuklearmedizinische Untersuchungen		ca. 0,1
	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender		
	Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt		
2.3	2.3.1 Industrieerzeugnisse	< 0,01	< 0,01
	2.3.2 technische Strahlenquellen		< 0,01
	2.3.3 Störstrahler		< 0,01
	durch Fallout von Kernwaffenversuchen		
2.4	2.4.1 von außen im Freien	< 0,01	< 0,01
	2.4.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe		< 0,01
2.5	Strahlenexposition durch den Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl	< 0,015	
<b>Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition</b>		<b>ca. 1,8</b>	
<b>Gesamte mittlere effektive Dosis</b>		<b>ca. 3,9</b>	

**Quelle:** Bundesamt für Strahlenschutz, veröffentlicht in: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2005, Reihe Umweltpolitik, Bonn, 2006

**Tabelle 3: Effektive Dosis bei medizinischen Untersuchungen**

<b>Untersuchungsart</b>	<b>Effektive Dosis in mSv</b>
<b>Untersuchung mit Röntgenaufnahmen</b>	
Zahn	≤0,01
Gliedmaßen	0,01 – 0,1
Schädel	0,03 – 0,1
Halswirbelsäule in 2 Ebenen	0,1 – 0,2
Brustkorb	0,02 – 0,08
Mammographie beidseits in je 2 Ebenen	0,2 – 0,6
Brustwirbelsäule in 2 Ebenen	0,5 – 0,8
Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen	0,8 – 1,8
Beckenübersicht	0,5 – 1,0
Bauchraum	0,6 – 1,1
<b>Röntgenuntersuchungen mit Aufnahmen und Durchleuchtung</b>	
Magen	6 – 12
Darm	10 – 18
Galle	1 – 8
Harntrakt	2 – 5
Arteriographie	10 – 30
<b>Computertomographie-Untersuchungen</b>	
Kopf	2 – 4
Wirbelsäule /Skelett	2 – 11
Brustkorb	6 – 10
Bauchraum	10 - 25