



Dr. Anja Pregler

# Rheinüberwachung

## Radioaktivität

Anzahl untersuchte Proben: 52 Wasserproben und 12 Schwebstoffproben

Anzahl beanstandete Proben: 0



### Ausgangslage

Im Rahmen des Schweizerischen Überwachungsprogrammes der Radioaktivität werden Wasser- und Schwebstoffproben des Rheins unterhalb von Basel untersucht. Die Schwebstoffproben des Rheins dienen zur Überwachung der schweizerischen Kernkraftwerke. Ein erheblicher Teil der über den Wasserpfad abgegebenen Radionuklide lagert sich an Tonmineralien an und wird in Form von Schwebstoffen stromabwärts transportiert. Die adsorbierten Nuklide werden schliesslich im Flusssediment abgelagert. Der Rheinschwebstoff ist somit ein geeignetes Untersuchungskompartiment für die langzeitliche Radioaktivitätsüberwachung der rheinaufwärts liegenden Kernkraftwerke und weiterer Emittenten der Schweiz.

### Untersuchungsziele

Die vorliegenden Untersuchungen sind Bestandteil des jährlichen Überwachungsprogrammes der Umweltradioaktivität des Bundes<sup>1</sup>.

Dies beinhaltet ein Tritium-Monitoring des Rheinwassers in der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RüS) auf der Basis von Wochen-Mischproben. Anhand der Untersuchung von monatlich gezogenen Schwebstoffproben werden Emissionen aus AKWs und Industriebetrieben durch periodische Analyse der Rheinschwebstoffe überwacht.

### Gesetzliche Grundlagen

Aktivitätskonzentrationen in öffentlich zugänglichen Gewässern dürfen im Wochenmittel festgelegte Immissionsgrenzwerte für Gewässer ( $IG_{Gw}$ ) nicht überschreiten. In Anhang 7 der eidgenössischen Strahlenschutzverordnung (StSV)<sup>2</sup> sind diese Immissionsgrenzwerte für öffentlich zugängliche Gewässer festgelegt. Sie sind so definiert, dass die kritische Person, die den gesamten Trinkwasserbedarf mit Wasser decken würde, das mit dem Immissionsgrenzwert kontaminiert wäre, dadurch eine jährliche Ingestionsdosis von 0,3 mSv erhalten würde. Nachfolgend ist der jeweils strengste Grenzwert der unterschiedlichen Altersgruppen aufgeführt.

<sup>1</sup> Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz: BAG-Probenahmeplan 2021

<sup>2</sup> Eidgenössische Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017, in Kraft seit 1.1.2018

Parameter	Immissionsgrenzwert für Gewässer $IG_{GW}$ (Bq/L)
$^3H$ (Tritium, als HTO)	20'000
$^{54}Mn$ (Mangan-54)	360
$^{60}Co$ (Cobalt-60)	42
$^{65}Zn$ (Zink-65)	72
$^{111}In$ (Indium-111)	1'590*
$^{122}Sb$ (Antimon-122)	271
$^{131}I$ (Iod-131)	6.7
$^{153}Sm$ (Samarium-153)	624*
$^{137}Cs$ (Cäsium-137)	36
$^{169}Er$ (Erbium-169)	1'240*
$^{177}Lu$ (Lutetium-177)	870*
$^{177m}Lu$ (Lutetium-177m)	270*
$^{223}Ra$ (Radium-223)	4.6*

\* Diese Werte wurden mit Hilfe der Dosisfaktoren für Erwachsene berechnet.

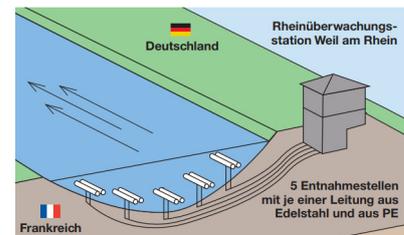
In der StSV sind Materialien natürlicher Herkunft (NORM = Naturally Occurring Radioactive Material) in Kapitel 4 geregelt. Gemäss Anhang 2 der StSV gelten folgende NORM-Befreiungsgrenzen:

Parameter	(Bq/kg)
Natürliche Radionuklide der $^{238}U$ Reihe	1'000
Natürliche Radionuklide der $^{232}Th$ Reihe	1'000
$^{40}K$	10'000

## Probenbeschreibung

An fünf diskreten Stellen quer über den Rhein wird permanent Rheinwasser gesammelt und gekühlt rückgestellt. Im Normalfall wird das repräsentative Mischwasser von jeweils 24 Stunden analysiert. Im Bedarfsfall kann auf 12 Stunden-Mischproben jeder einzelnen Probenahmestelle zurückgegriffen werden. Bei erhöhter Tritiumaktivität (> 40 Bq/L) kann durch die Messung der fünf Einzelstränge ermittelt werden, ob die Tritiumeinleitung im Raum Basel oder oberhalb von Basel (Staustufe Birsfelden) stattgefunden hat. Zudem lassen sich durch die feinere Auflösung Tritiumfrachten exakter berechnen.

Die Schwebstoffproben werden vom Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt im Rahmen der Rheinüberwachung monatlich erhoben. Mit einer Zentrifuge werden die Schwebstoffteilchen aus dem Rheinwasser abgetrennt, gefriergetrocknet und gemahlen.



Schematische Darstellung der Wasserentnahmestellen der Rheinüberwachungsstation.  
Quelle: [Prospekt der Rheinüberwachungsstation Weil a. R.](#), Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, 2020)

## Prüfverfahren

### Flüssigszintillation

Für die Tritiumanalysen wird aus den Wasser-Tagesproben eine Wochenmischprobe erstellt. Davon werden 8 mL filtriert (0.45  $\mu m$ ), mit 12 mL Ultimagold LLT Cocktail gemischt und mit dem Flüssigszintillationszähler während 5 Stunden gemessen.

### Gammaskpektrometrie

Die Schwebstoffproben werden in kalibrierte Petrischalen gefüllt und mit einem hochauflösenden Gammaskpektrometer während ca. 24 Stunden gemessen. Für die Identifizierung und Quantifizierung der Radionuklide werden die entsprechenden Gammaemissionslinien verwendet.

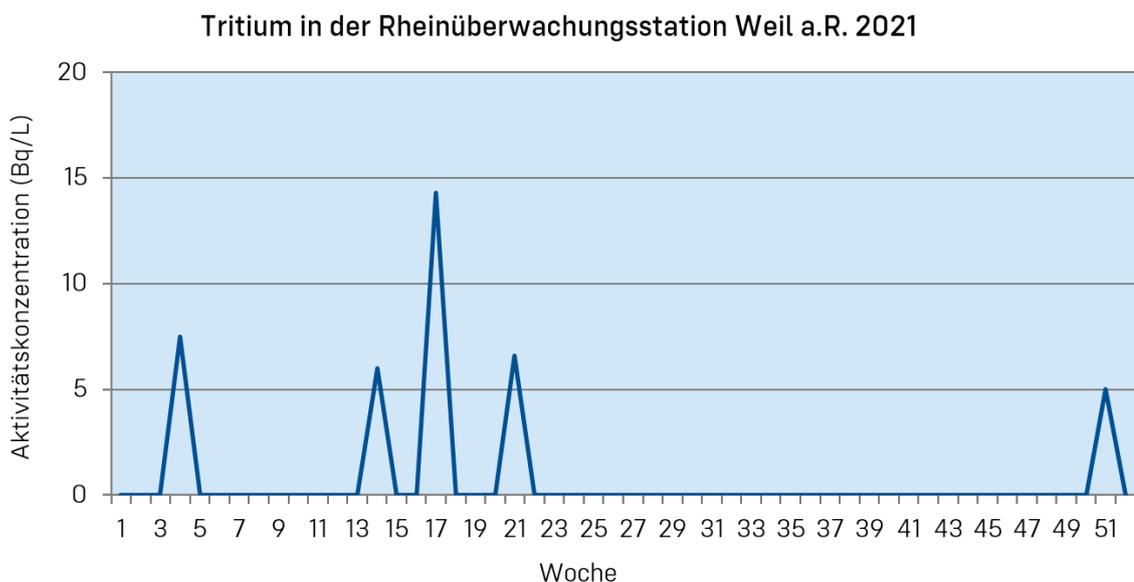
## Alphaspektrometrie

Für die Bestimmung von Polonium ( $^{210}\text{Po}$ ) wird Schwebstoff mit Säure/Wasserstoffperoxid im Mikrowellenofen aufgeschlossen und an einer Silberfolie adsorbiert. Anschliessend wird die Silberfolie mit dem adsorbierten Polonium während ca. 24 Stunden mittels Alphaspektrometrie gemessen.

## Ergebnisse

### Tritium in der Wasserphase

- Tritium war in 5 von 53 Wochenmischproben nachweisbar ( $> 4 \text{ Bq/L}$ ).
- Die durchschnittliche Tritium-Wochenaktivität betrug im Berichtsjahr  $7.9 \pm 3.7 \text{ Bq/L}$ .
- Die maximale Tritiumaktivität wurde mit  $14 \pm 2 \text{ Bq/L}$  in Woche 17 festgestellt.
- Der Immissions-Grenzwert von  $20'000 \text{ Bq/L}$  war ganzjährig eingehalten.



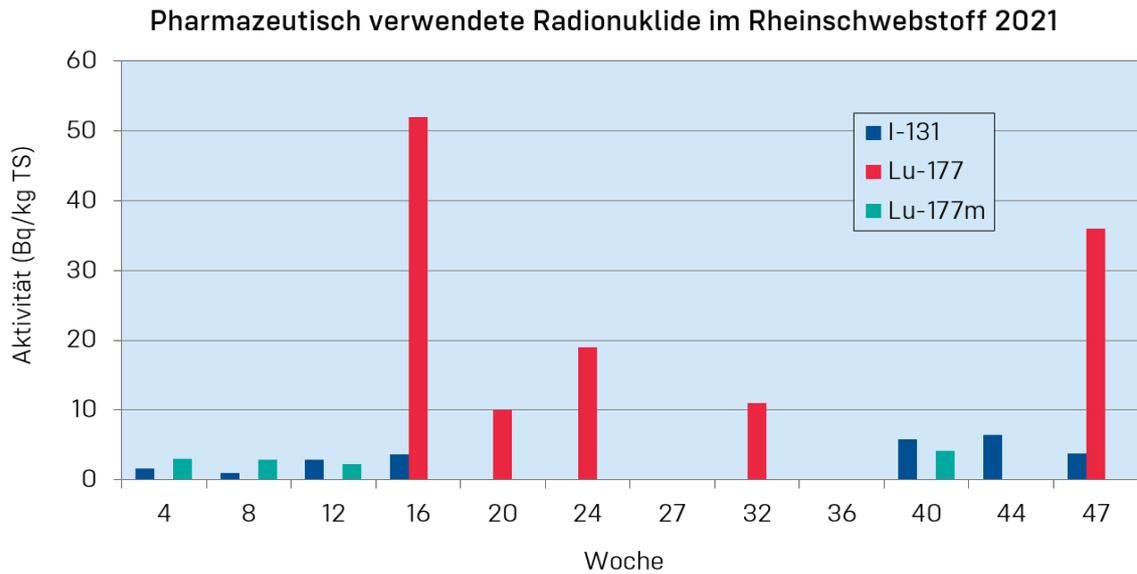
### Medizinisch angewendete Radionuklide im Rheinschwebstoff

- Nuklearmedizinisch verwendete, kurzlebige Radionuklide konnten wie in den Vorjahren nachgewiesen werden. Insbesondere  $^{177}\text{Lu}$  und  $^{131}\text{I}$  werden im Universitätsspital Basel häufig eingesetzt und sind in vielen Proben präsent. Es konnten jedoch keine Verstösse gegen die Immissionsgrenzwerte festgestellt werden.
- Anstelle des  $^{177}\text{Lu}$  wird sporadisch auch  $^{177\text{m}}\text{Lu}$  eingesetzt. Dessen Halbwertszeit ist jedoch erheblich länger (161 Tage), weshalb der Immissionsgrenzwert auch deutlich tiefer angesetzt ist als beim  $^{177}\text{Lu}$ . Das Nuklid wurde in 4 Schwebstoffproben mit einem Mittelwert von  $3.1 \text{ Bq/kg}$  nachgewiesen.
- Seit 2013 wird  $^{223}\text{Ra}$ , ein Präparat mit dem Handelsnamen Xofigo, (Halbwertszeit: 11.4 Tage) zur Behandlung von Prostatakarzinomen eingesetzt<sup>3</sup>. Folglich kann dieses Radionuklid auch im Rhein nachgewiesen werden. In allen Schwebstoffproben im Jahr 2021 war  $^{223}\text{Ra}$  nachweisbar.
- Die Nuklide  $^{169}\text{Er}$  und  $^{153}\text{Sm}$  waren in keiner Probe detektierbar.

### Mittlere Aktivitäten medizinisch verwendeter Radionuklide im Rheinschwebstoff 2021

Nuklid	$^{153}\text{Sm}$	$^{169}\text{Er}$	$^{131}\text{I}$	$^{177}\text{Lu}$	$^{177\text{m}}\text{Lu}$	$^{223}\text{Ra}$
Mittlere Aktivität (Bq/kg)	-	-	$3.6 \pm 1.9$	$26 \pm 16$	$3.1 \pm 0.7$	$9 \pm 4$
Anzahl Messungen	0 von 12	0 von 12	7 von 12	5 von 12	4 von 12	12 von 12
Immissionsgrenzwert (Bq/kg)*	624	1'240	6.7	870	270	4.6

\* Die angegebenen Immissionsgrenzwerte gelten für das Rheinwasser selbst. Die Rheinschwebstoffe sind im Vergleich zum Wasser um mindestens einen Faktor 1000 angereichert. Somit liegt bei den nachgewiesenen Radionukliden keine Überschreitung des Immissionsgrenzwerts vor.



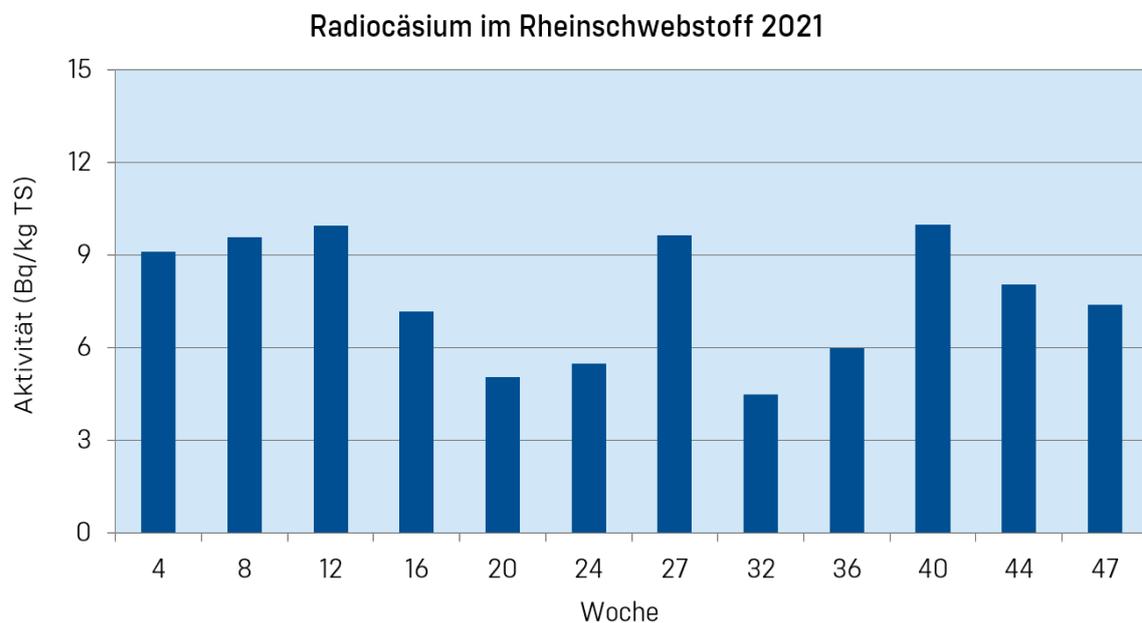
#### Weitere künstliche Radionuklide im Rheinschwebstoff

- Künstliche Radionuklide, wie <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co und <sup>65</sup>Zn, konnten sporadisch oder gar nicht im Rheinschwebstoff nachgewiesen werden. Diese Nuklide sind Korrosions- bzw. Aktivierungsprodukte aus den Kühlkreisläufen der Schweizerischen AKWs.
- Radiocäsium stammt vorwiegend von Fallout (Tschernobyl und Bombenfallout). Es gelangt durch die Abschwemmungen von Ackerböden in den Rhein.

#### Mittlere Aktivitäten von Radionukliden aus AKWs und Fallout 2021

Nuklid	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>137</sup> Cs
Mittlere Aktivität (Bq/kg)	0.7 ± 0.1	<1	<2	7.7 ± 1.9
Anzahl Messungen	7 von 12	0 von 12	0 von 12	12 von 12
Immissionsgrenzwert (Bq/kg)*	360	42	72	36

\* Die angegebenen Immissionsgrenzwerte gelten für das Rheinwasser selbst. Die Rheinschwebstoffe sind im Vergleich zum Wasser um mindestens einen Faktor 1000 angereichert. Somit liegt bei den nachgewiesenen Radionukliden keine Überschreitung des Immissionsgrenzwerts vor.



### Natürliche Radionuklide

- Das natürliche Nuklid  $^{40}\text{K}$  ist aufgrund des hohen Tonmineralienanteils des Rheinschwebstoffes dominant vertreten. In ähnlich hoher Aktivität liegt auch  $^7\text{Be}$  vor. Dieses Nuklid stammt aus der Atmosphäre und hat eine relativ kurze Halbwertszeit. Die gemessenen Aktivitäten belegen, dass die untersuchten Schwebstoffe rezenten Ursprunges sind.
- Die Aktivitäten der Radionuklide des Thorium, Polonium und Uran waren erwartungsgemäss relativ konstant. Sie liegen alle unterhalb der NORM-Befreiungsgrenzen.

Nuklid	$^{40}\text{K}$	$^7\text{Be}$	$^{228}\text{Th}$	$^{210}\text{Po}$	$^{235}\text{U}$
Mittlere Aktivität (Bq/kg)	$390 \pm 58$	$373 \pm 199$	$63 \pm 11$	$77 \pm 47$	$3.6 \pm 0.8$
Anzahl Positivbefunde	12 von 12	12 von 12	10 von 12	12 von 12	1 von 12

### Massnahmen

Für die Bevölkerung und Umwelt waren keine Massnahmen notwendig.

### Schlussfolgerungen

Das Monitoring-Programm wird 2022 gemäss Vorgaben des Bundes fortgesetzt.