



Dr. Anja Pregler

# Rheinüberwachung

## Radioaktivität

Anzahl untersuchte Proben: 53 Wasserproben und 13 Schwebstoffe

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

<sup>1</sup> Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz: BAG-Probenahmeplan 2020

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

Grenzwert der unterschiedlichen Altersgruppen aufgeführt.

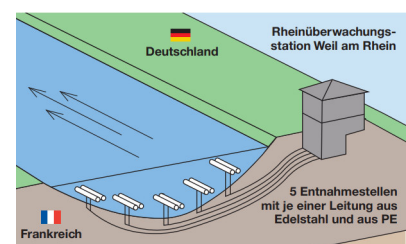
In der StSV sind Materialien natürlicher Herkunft und Nuklidzusammensetzung von der Beurteilung ausgenommen, wenn sie zu einer Dosis von weniger als 1 mSv pro Jahr führen (Art. 2 Abs.1 StSV). Bei den natürlichen Radionukliden des Urans, Radiums und Poloniums wird deshalb auf eine rechtliche Beurteilung verzichtet.

Parameter	Immissionsgrenzwert für Gewässer $IG_{GW}$ (Bq/L)
$^3\text{H}$ (Tritium, als HTO)	20'000
$^{54}\text{Mn}$ (Mangan-54)	360
$^{60}\text{Co}$ (Cobalt-60)	42
$^{65}\text{Zn}$ (Zink-65)	72
$^{111}\text{In}$ (Indium-111)	1'590
$^{122}\text{Sb}$ (Antimon-122)	271
$^{131}\text{I}$ (Iod-131)	6.7
$^{153}\text{Sm}$ (Samarium-153)	976
$^{137}\text{Cs}$ (Cäsium-137)	36
$^{169}\text{Er}$ (Erbium-169)	1'240
$^{177}\text{Lu}$ (Lutetium-177)	870
$^{177m}\text{Lu}$ (Lutetium-177m)	270
$^{223}\text{Ra}$ (Radium-223)	0.08

## 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

### 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.

### Flüssigszintillation

Für die Tritiumanalysen wird aus den Tagesproben eine Wochenmischprobe erstellt. Davon werden 8 mL filtriert ( $0.45 \mu\text{m}$ ), mit 12 mL Ultimagold LLT Cocktail gemischt und mit dem Flüssigszintillationszähler Hidex 300 SL 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: Aus der  $^{238}\text{U}$ -Reihe können  $^{214}\text{Bi}$  und  $^{214}\text{Pb}$  mit Gammaskpektrometrie direkt bestimmt werden.  $^{226}\text{Ra}$  lässt sich nach entsprechender Gleichgewichtseinstellung zwischen  $^{226}\text{Ra}$  und  $^{222}\text{Rn}$  indirekt aus den Aktivitäten von  $^{214}\text{Bi}$  bzw.  $^{214}\text{Pb}$  be-

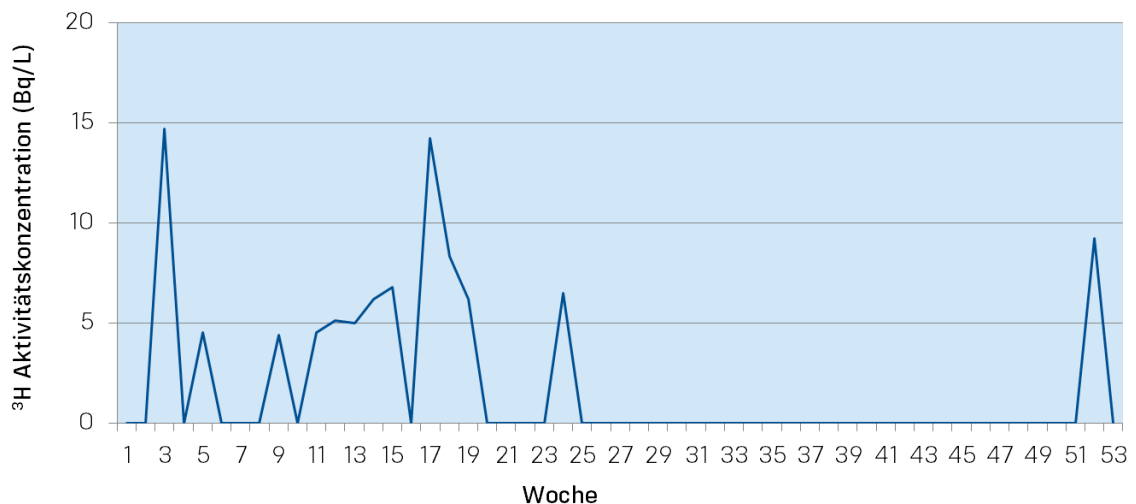
stimmen. Aus der  $^{232}\text{Th}$ -Reihe sind die Nuklide  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$  und  $^{208}\text{Tl}$  direkt messbar.  $^{228}\text{Th}$  lässt sich indirekt via  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  bzw.  $^{212}\text{Bi}$  bestimmen.  $^{228}\text{Ra}$  steht mit  $^{228}\text{Ac}$  im Gleichgewicht und weist somit die gleiche Aktivität auf.

## Ergebnisse

### Tritium in der Wasserphase

- Tritium war in 13 von 53 Wochenmischproben nachweisbar ( $> 2 \text{ Bq/L}$ ).
- Die durchschnittliche Tritium-Wochenaktivität betrug im Berichtsjahr  $7.4 \pm 3.5 \text{ Bq/L}$ . Der Immissions-Grenzwert von  $20'000 \text{ Bq/L}$  war ganzjährig eingehalten.

Rheinüberwachungsstation Weil a.R. 2020



### Medizinisch angewendete Radionuklide im Rheinschwebstoff

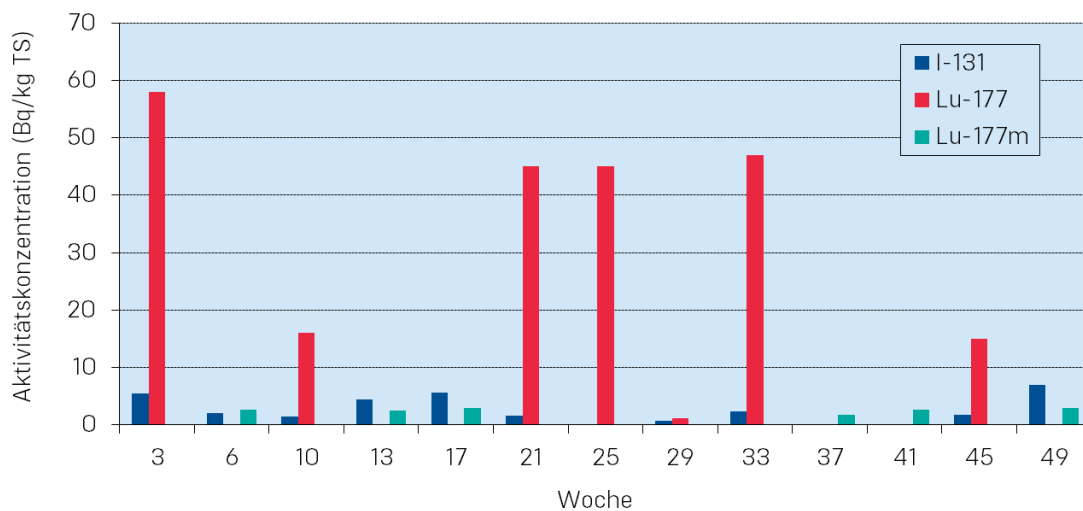
- Nuklearmedizinisch verwendete, kurzlebige Radionuklide konnten wie in den Vorjahren nachgewiesen werden. Insbesondere  $^{177}\text{Lu}$  und  $^{131}\text{I}$  werden im Universitätsspital Basel häufig eingesetzt und sind in nahezu allen Proben präsent. Es konnten jedoch keine Verstösse gegen die 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 nur in 6 Schwebstoffproben mit einem Mittelwert von  $2.6 \text{ Bq/kg}$  nachgewiesen.
- Seit 2013 wird  $^{223}\text{Ra}$ , ein Präparat mit dem Handelsnamen Xofigo, (Halbwertszeit: 11.4 Tage) zur Behandlung von Prostatakarzinomen eingesetzt. Folglich kann dieses Radionuklid auch im Rhein nachgewiesen werden. In allen Schwebstoffproben im Jahr 2020 war  $^{223}\text{Ra}$  nachweisbar.
- In einer Schwebstoffprobe wurde das Radionuklid  $^{169}\text{Er}$  nachgewiesen. Die Ursache für diese Emissionen konnte nicht festgestellt werden.  $^{153}\text{Sm}$  war in keiner Probe detektierbar.

Mittlere Aktivitäten medizinisch verwendeter Radionuklide im Rheinschwebstoff 2020

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)	-	$79170 \pm 36140$	$3.1 \pm 2.2$	$33 \pm 21$	$2.6 \pm 0.5$	$9 \pm 4$
Anzahl Positivbefunde	0	1	10	7	6	13
Immissionsgrenzwert (Bq/kg)	976	1'240	6.7	870	270	0.1

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  $^{169}\text{Er}$  und  $^{223}\text{Ra}$  keine Überschreitung des Immissionsgrenzwerts vor.

Pharmazeutisch verwendete Radionuklide im Rheinschwebstoff 2020



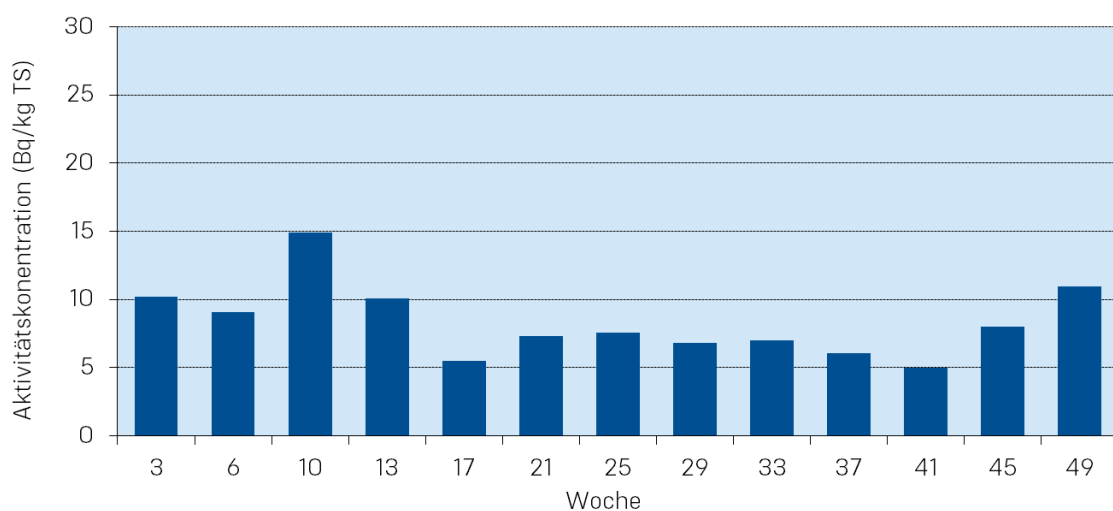
Weitere künstliche Radionuklide

- Künstliche Radionuklide, wie <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co und <sup>122</sup>Sb, 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 2020

Nuklid	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>122</sup> Sb	<sup>137</sup> Cs
Mittlere Aktivität (Bq/kg)	0.6 ± 0.2	0.4 ± 0.1	<1	8.3 ± 2.7
Anzahl Messungen	4	2	0	13
Immissionsgrenzwert (Bq/kg)	360	42	271	36

Radiocäsium in Rheinschwebstoff 2020



Natürliche Radionuklide

- Das natürliche Nuklid <sup>40</sup>K ist aufgrund des hohen Tonmineralienanteils des Rheinschwebstoffes dominant vertreten. In ähnlich hoher Aktivität liegt auch <sup>7</sup>Be (Beryllium-7) 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 Radium, Thorium, Uran und Polonium waren erwartungsgemäss relativ konstant. Diese Nuklide sind jedoch von einer Beurteilung gemäss StSV ausgenommen, da sie natürlichen Ursprungs sind.

Mittlere Aktivitäten natürlicher Radionuklide im Rheinschwebstoff bei Weil am Rhein 2020

Nuklid	<sup>40</sup> K	<sup>7</sup> Be	<sup>228</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ra	<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	<sup>235</sup> U	<sup>227</sup> Ac
Mittlere Aktivität (Bq/kg)	345	425	32	59	32	637	67	<15	3
Anzahl Positivbefunde	13	13	13	11	13	3	10	0	2

## Massnahmen

Für die Bevölkerung und Umwelt waren keine Massnahmen notwendig.

## Schlussfolgerungen

Das Monitoring-Programm wird 2021 gemäss Vorgaben des Bundes fortgesetzt.