

Chapitre

Kapitel

4

Environnement

Umwelt

Aérosols et précipitations

URAnet Aero

Surveillance de l'air avec des avions militaires

Radioactivité dans les systèmes aquatiques

URAnet Aqua

Tritium dans l'Aar

Sols et herbes

Aerosol und Niederschlag

URAnet Aero

Überwachung der Luft mit Militärflugzeugen

Aquatische System

URAnet Aqua

Tritium in der Aare

Boden und Gras

2021

# 4.6

## Tritium-Monitoring (Kanton Bern und Raum Leibstadt)

**Th. Stocker, R. Purtschert, T. Wagner**

Abt. Klima- und Umweltphysik, Physikalisches Institut Universität Bern, Sidlerstrasse 5, BERN

### Zusammenfassung

Im Jahr 2021 setzte die Abteilung für Klima- und Umweltphysik (KUP) der Universität Bern das Monitoring von Tritium ( $^3\text{H}$ ) in Fließgewässern und im Niederschlag an ausgewählten Standorten im Kanton Bern fort. Das Monitoring wurde 2017 im Auftrag der BKW Energie AG (BKW) und des Kantons Bern sowie mit Unterstützung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) begonnen und in dieser Partnerschaft bis zum 31.12.2019 durchgeführt. Seit dem 1.1.2020 wird das Tritium-Monitoring vom BAG und der KUP in reduzierter Form weitergeführt. Die höchsten Tritiumwerte wurden auch im Jahr 2021 im Niederschlag aus dem Raum Niederwangen gemessen.

### Hintergrund

Tritium ( $^3\text{H}$ ) ist eines der Radionuklide, die in der Schweiz durch das BAG überwacht werden. Im Hinblick auf die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM), welche am 20.12.2019 erfolgte, besteht u.a. aufgrund der Richtlinien des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) zur Stilllegung von Kernanlagen (ENSI, 2014, Art. 4.5 und 5.4.4) der Bedarf, Tritium im Wasser der Aare in hoher zeitlicher Auflösung zu messen. Um den Zustand vor der Stilllegung des KKM bezüglich Tritium in den Fließgewässern zu charakterisieren, führte die KUP von Anfang 2017 bis Ende 2019 Tritium-Messungen durch, die eine Detektion von allfälligen späteren Veränderungen ermöglichen. Tritium wurde dabei jährlich in mehr als 900 Wasserproben gemessen.

**Tabelle 1:**

*Tritium-Messungen Januar bis Dezember 2021 nach Art oder Entnahmeort der Probe*

Art oder Entnahmeort der Probe	Anzahl
Aare Mühleberg Rewag	328
Niederschlag Niederwangen	25
Stadtbach Niederwangen	26
Niederschlag Physikalisches Institut	12
Rhein flussabwärts vom KKL	143
Standards/Nulleffekt/Vergleichsmessungen	104
Total: 638	

### Probenahmen

Im Jahr 2021 wurden im Rahmen dieses Monitorings die folgenden Standorte beprobt:

- Aare flussabwärts vom KKM (Tagesmischproben vom Standort Mühleberg-Rewag)
- Niederschlag Niederwangen (Sammelproben, Standort 240 m östlich der Firma mb-microtec)
- Stadtbach Niederwangen (Stichproben alle zwei Wochen)
- Niederschlag vom Dach des Physikalischen Instituts der Universität Bern (Sammelproben)

Während der Jahresrevision des Kernkraftwerks Leibstadt (KKL) wurden ausserdem Tagesmischproben aus dem Rhein entnommen und auf ihren Tritiumgehalt hin untersucht.

Die in den Vorjahren beprobten Aare-Standorte Eymatt, Wynau und Thun werden seit 2020 nicht mehr beprobt.

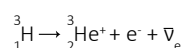
Tabelle 1 (links) zeigt die im Jahr 2021 gemessenen Proben im Einzelnen.

Die täglichen Probenahmen aus der Aare am Standort Mühleberg sowie aus dem Rhein flussabwärts vom KKL erfolgten mit Hilfe von automatischen Probenehmern vom Typ ISCO 6712, welche in regelmässigen Abständen einige Milliliter Flusswasser in Probeflaschen abfüllen, sodass jede Probeflasche eine Mischprobe eines 24-Stunden-Intervalls enthält.

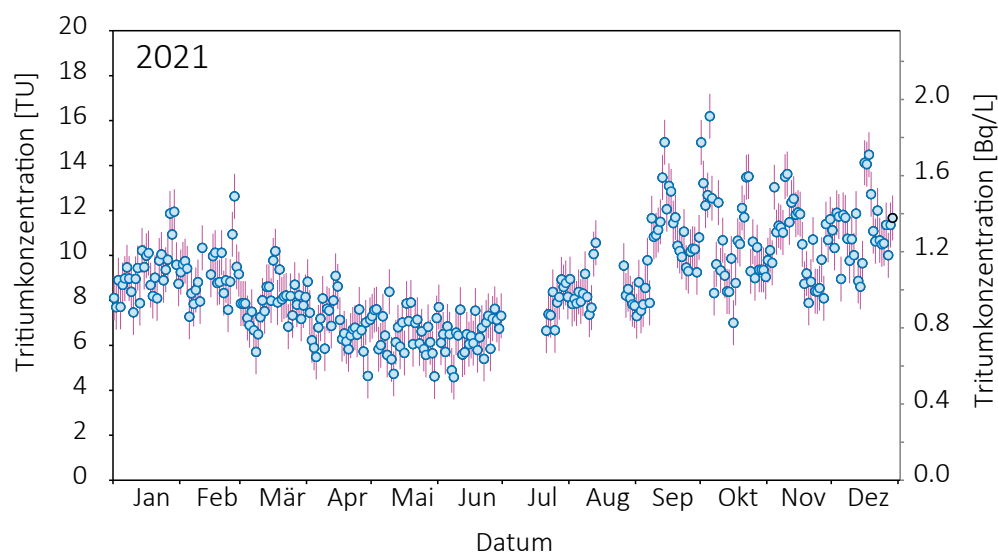
Im Raum Niederwangen wurde alle zwei Wochen eine Stichprobe aus dem Stadtbach entnommen und gemessen. Seit Herbst 2020 erfolgen diese Probenahmen wieder regelmässig alle zwei Wochen. Der Niederschlag (Regen bzw. Schnee), der unweit der Firma MB Microtec in Niederwangen in einem Regensammler erfasst wird, wurde alle zwei Wochen gemessen, sofern eine ausreichende Menge Niederschlag vorlag.

## Nachweis und Messung des Tritiumgehalts

Der Tritiumgehalt der Wasserproben wurde indirekt über den radioaktiven Zerfall des in den Proben enthaltenen Tritiums bestimmt. Tritiumkerne sind instabil und zerfallen mit einer Halbwertszeit von  $4'500 \pm 8$  Tagen (12.32 Jahren) unter Emission eines Elektrons und eines Antineutrinos in das Heliumisotop  $^3\text{He}$  (Beta-Minus-Zerfall):



Zum Nachweis und zur Ladungsmessung der in den Wasserproben emittierten Elektronen kam wie in den Vorjahren ein Liquid-Szintillationsmessgerät vom Typ Aloka LSC-LBIII zum Einsatz, welches im Tieflabor des Physikalischen Instituts der Universität Bern installiert ist. Die Nachweisgrenze liegt bei 4 Tritium Units (TU, entsprechend 0.5 Bq/L), womit auch die natürliche Hintergrundaktivität von  $^3\text{H}$  im Niederschlag bestimmt werden kann



**Figur 1:** Tritium-Messwerte Mühleberg Rewag. Die fehlenden Messwerte im Sommer 2021 sind auf das Hochwasser bzw. einen technischen Defekt des Probenehmers zurückzuführen.

## Messergebnisse Januar bis Dezember 2021

### Standort Mühleberg Rewag (Aare)

Die Tritium - Messwerte des Wassers vom Standort Mühleberg Rewag bewegten sich grösstenteils relativ stabil in einem Band zwischen 5 und 15 TU (entsprechend 0.6 - 2 Bq/L). Leider stand der Autosampler während des Hochwassers im Juli 2021 vollständig unter Wasser und war nicht zugänglich, sodass die Messreihe im Juli 2021 eine Lücke aufweist. Ein paar Tage nach der erneuten Inbetriebnahme trat ein technischer Defekt auf, was zu einer zweiten, etwas kleineren Messlücke führte.

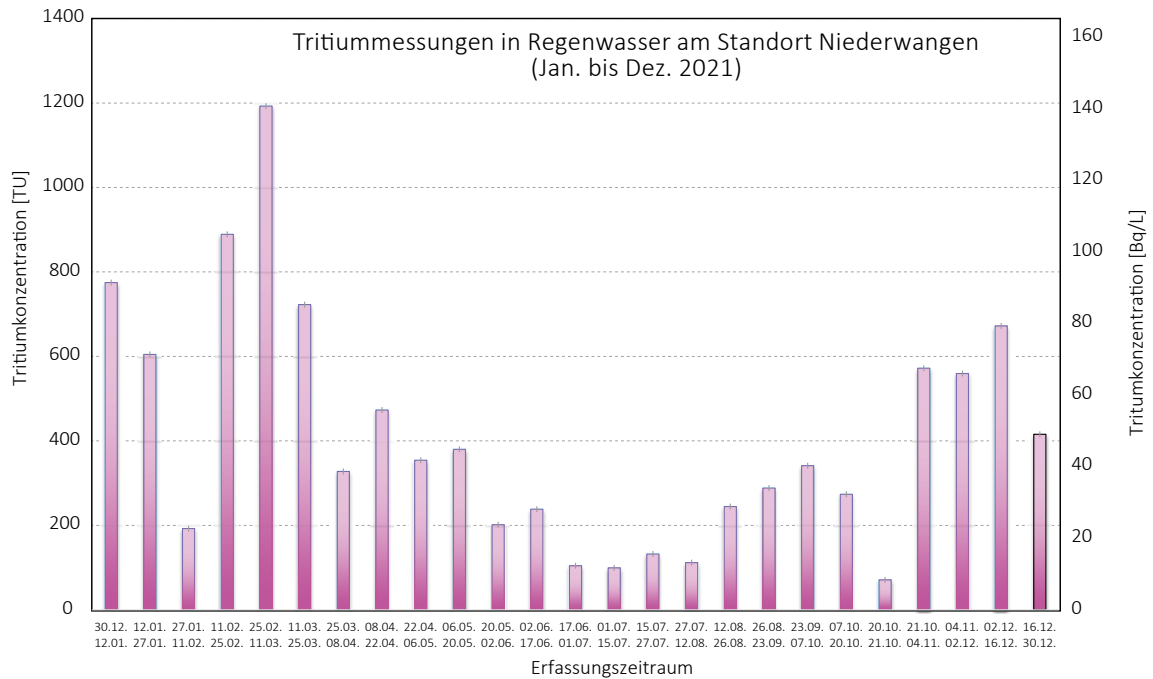
### Standorte Niederwangen

Im Raum Niederwangen wurden 25 Messungen am lokalen Niederschlag durchgeführt (Figur 2). Die Messwerte der Schnee- oder Regenwasserproben lagen bei maximal ca. 1'200 TU.

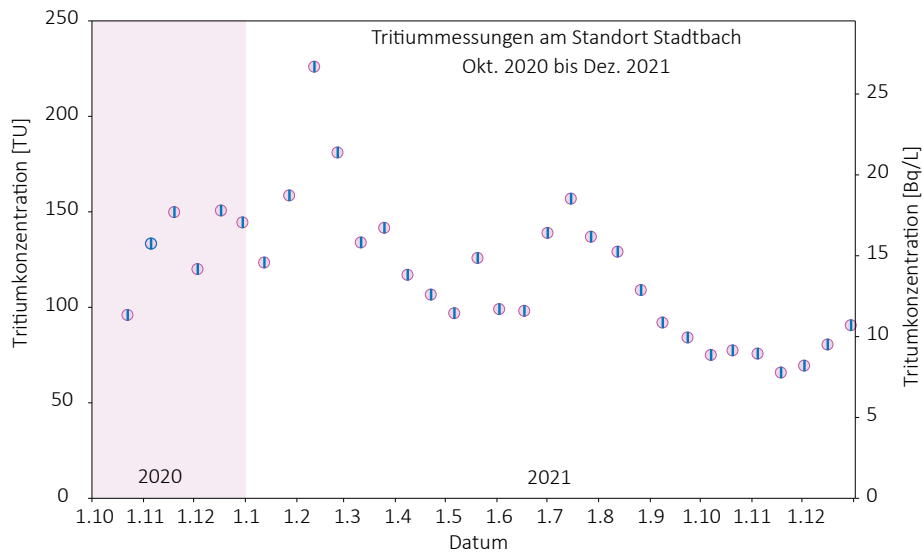
Seit Herbst 2020 wird in Niederwangen auch der Stadtbach wieder regelmässig alle zwei Wochen beprobt. Die Messwerte lagen im langjährigen Mittel, welches 110 TU beträgt (Figur 3).

### Standort Physikalisches Institut, Stadt Bern (Regenwasser)

Die Tritiumkonzentration im Niederschlag im Raum Bern ist generell höher als in der Aare und auch höher als in Niederschlägen andernorts in der Schweiz. Dies ist auf lokale gasförmige Emissionen zurückzuführen. Die im Jahr 2021 gemessenen Monatsproben wurden auf dem Dach des Physikalischen Instituts der Universität Bern gesammelt und liegen im Bereich 13 - 44 TU.



Figur 2:  
Tritium-Messwerte im Niederschlag von Niederwangen (Probenahmen in der Regel alle 2 Wochen).



Figur 3:  
Tritium-Messwerte am Stadtbach Niederwangen (Stichproben alle 2 Wochen).

### Standort Leibstadt (Rhein)

Von Mitte Mai bis Anfang Dezember 2021 wurde stromabwärts vom Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) vorübergehend ein automatischer Probenehmer betrieben, um den Tritiumgehalt des Rheins vor, während und nach dem Revisionsstillstand zu ermitteln, welcher ursprünglich vom 24.06.2021 bis 26.10.2021 terminiert war, aber bis Anfang Dezember 2021 dauerte. Es wurden Tagesproben mit einem Sampling-Intervall von je 60 Minuten entnommen.

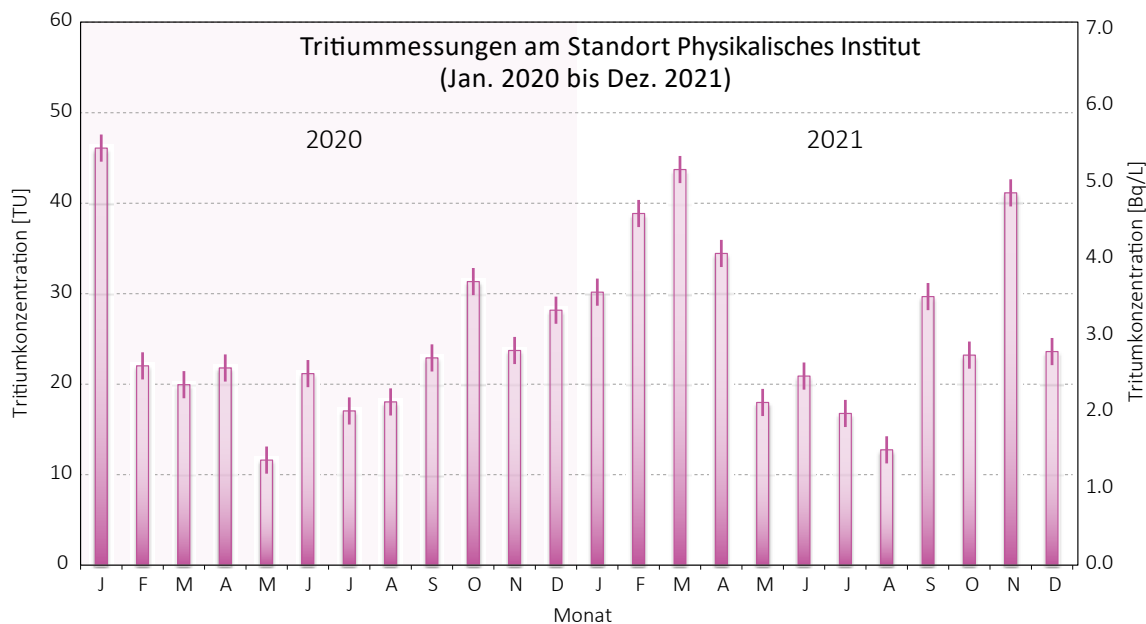
Kurz nach Revisionsbeginn zeichnete sich ein deutlicher Anstieg von ca. 10 TU auf ca. 80 TU ab (Figur 5). In den darauffolgenden Wochen gingen die Messwerte wieder auf Werte um 10 TU zurück.

Leider wurde jedoch im Juli 2021 die gesamte am Rhein-Ufer aufgestellte temporäre Messstation vom Hochwasser fortgespült. Trotz intensiven Nachforschungen konnte sie nicht wieder aufgefunden werden, sodass die Messreihe im Sommer 2021 eine grosse Lücke aufweist. Im Juli

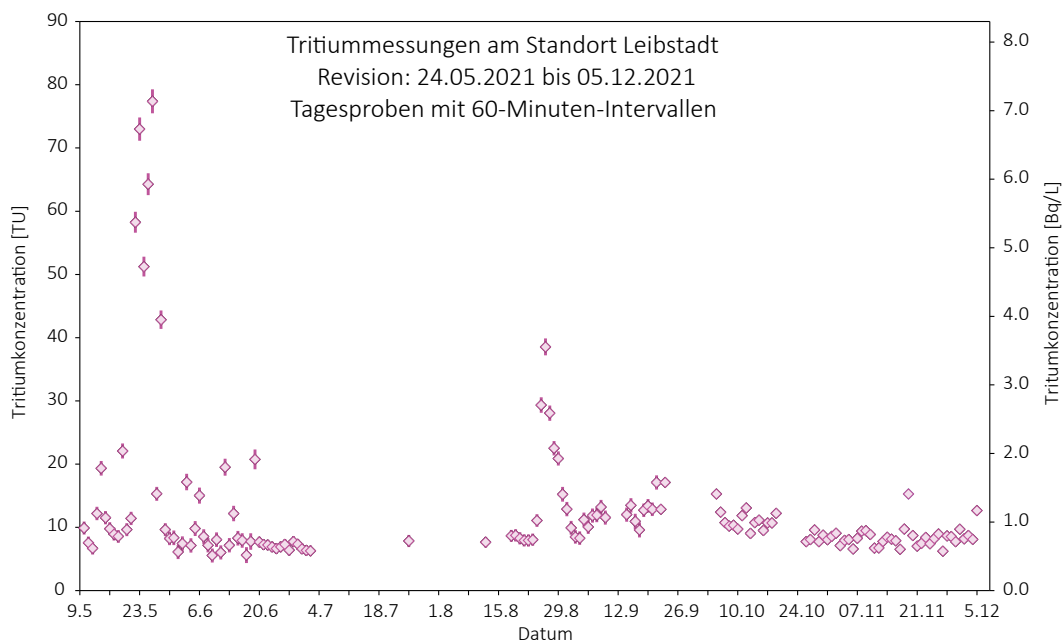
und August konnten lediglich zwei Stichproben im Rahmen eines Augenscheins entnommen werden. Am 20. August 2021 wurde jedoch ein neuer Probennehmer in Betrieb genommen, der in einem Betonschacht untergebracht ist und im Oktober mit einem verlängerten Ansaugrohr ausgestattet wurde. Auf diese Weise soll gewährleistet werden, dass in den

nächsten Jahren auch bei Hoch- und Niedrigwasser regelmässige Proben entnommen werden können.

In Figur 5 ist Ende August 2021 deutlich ein zweiter Peak erkennbar. Dieser ist wahrscheinlich auf die Revision des KKL Beznau zurückzuführen, welche am 6. August 2021 begonnen hatte.



**Figur 4:** Tritium-Messwerte des Regenwassers vom Dach des Physikalisches Instituts der Universität Bern (Monatsproben).



**Figur 5:** Tritium-Messwerte im Rhein stromabwärts vom Kernkraftwerk Leibstadt vor und während dem Revisionsstillstand. Die Messlücken sind auf das Hochwasser im Juli 2021 sowie den ab Ende September sehr tiefen Wasserstand des Rheins zurückzuführen.