

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 2023 setzte die Abteilung für Klima- und Umweltphysik (KUP) der Universität Bern das Monitoring von Tritium (^3H) 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 2023 im Niederschlag aus dem Raum Niederwangen gemessen.

Hintergrund

Tritium (^3H) 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 2023 nach Art oder Entnahmeort der Probe

Art oder Entnahmeort der Probe	Anzahl
Aare Mühleberg Rewag	318
Niederschlag Niederwangen	27
Stadtbach Niederwangen	26
Niederschlag Physikalisches Institut	12
Rhein flussabwärts vom KKL	44
Standards/Nulleffekt/Vergleichsmessungen	104
Total: 531	

Probenahmen

Im Jahr 2023 wurden im Rahmen dieses Monitorings die folgenden Standorte beprobt:

- Aare flussabwärts vom KKM (Tagesmischproben vom Standort Mühleberg-Rewag)
- Niederschlag Niederwangen (Sammelproben)
- 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.

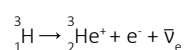
Tabelle 1 (links) zeigt die im Jahr 2023 gemessenen Proben im Einzelnen.

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 ^3He (Beta-Minus-Zerfall):



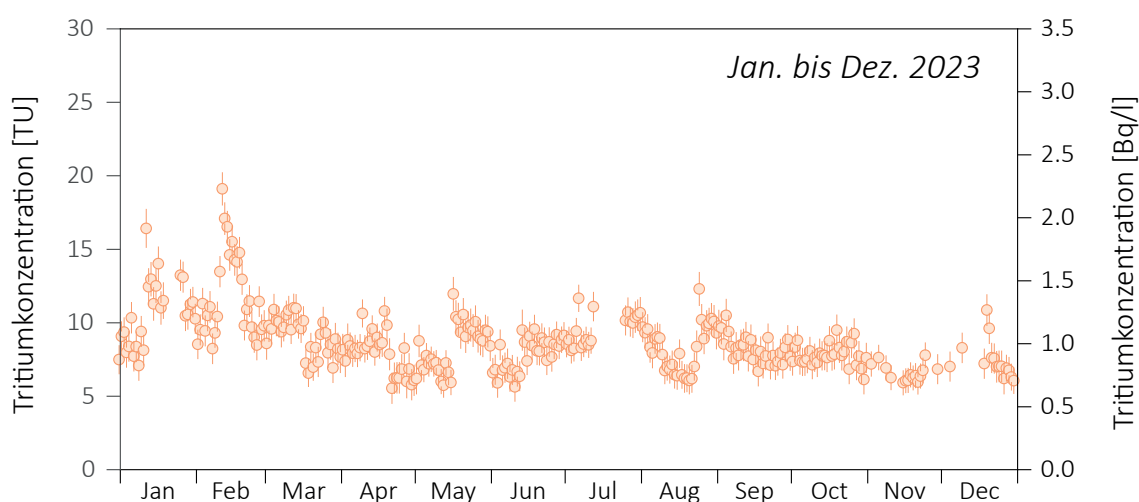
Zum Nachweis und zur Ladungsmessung der in den Wasserproben emittierten Elektronen kam wie in den Vorjahren ein Liquid-Szintillationsmessgerät vom Typ Aloka LSC-LBIII zum Einsatz, welches im Tieflabor des Physikalischen Instituts der Universität Bern installiert ist. Die Nachweisgrenze liegt bei 4 Tritium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

Messergebnisse Januar bis Dezember 2023

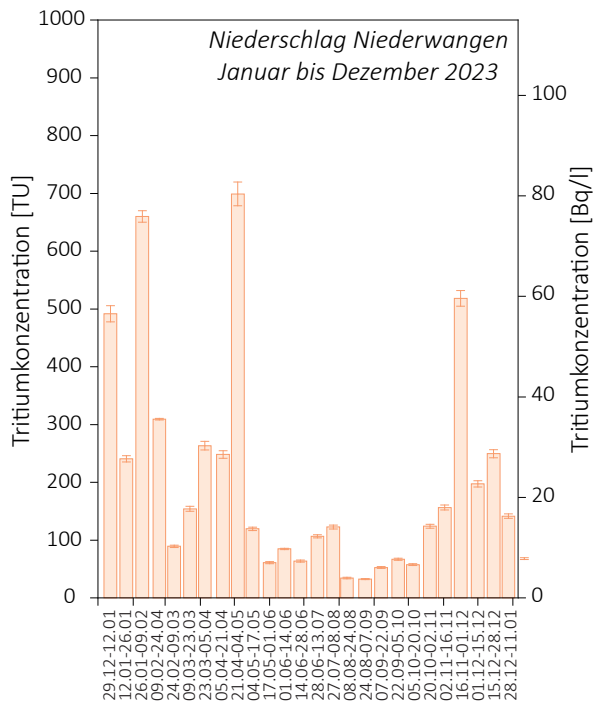
Standort Mühleberg Rewag (Aare)

Die Tritium-Messwerte des Wassers vom Standort Mühleberg Rewag (Figur 1) bewegten sich grösstenteils relativ stabil in einem Band zwischen 5 und 15 TU (entsprechend 0.6 - 2 Bq/L). Leicht erhöhte Werte traten wie in vergangenen Jahren jeweils vor allem im Januar und Februar auf.

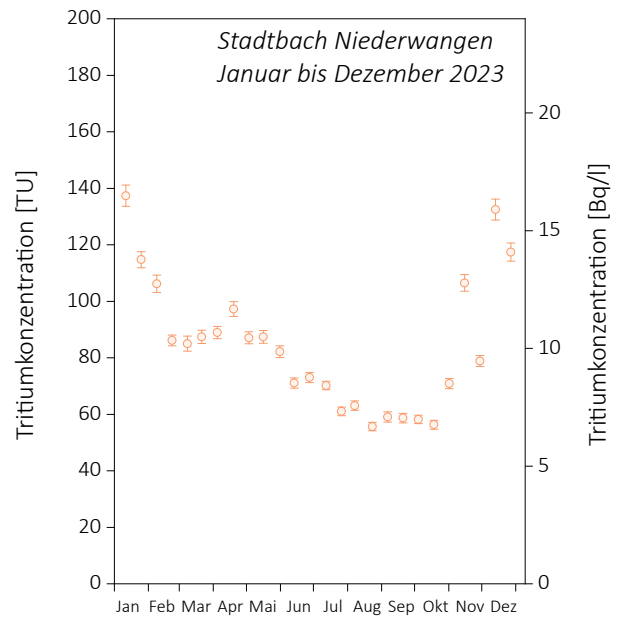
Da der Probennehmer im Juli 2023 aufgrund eines Defekts des Akku-Ladegerätes mehrere Tage lang ausfiel, konnten in diesem Zeitraum keine Proben entnommen werden. Ausserdem wurden Ende November 2023 der Probennehmer und die darin befindlichen Flaschen wegen Hochwasser überschwemmt. Daher liegen für diese Zeiträume nur einige Stichproben und keine täglichen Sammelpunkten vor.



Figur 1 :
Tritium-Messwerte Mühleberg Rewag. Die höchsten Messwerte traten im Januar/Februar auf.



Figur 2 :
Tritium-Messwerte im Niederschlag von Niederwangen
(Messungen alle 2 Wochen).

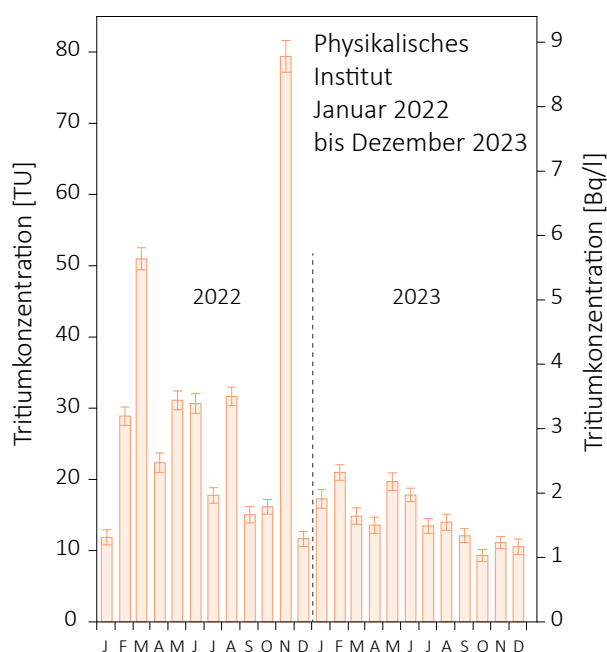


Figur 3 :
Tritium-Messwerte am Stadtbach Niederwangen
(Stichproben alle 2 Wochen).

Standorte Niederwangen

Im Raum Niederwangen wurden in der Nähe der Firma MB-Microtec 27 Messungen am lokalen Niederschlag durchgeführt (Figur 2). Der höchste Messwert der Schnee- oder Regenwasserproben lag bei 700 TU (82.5 Bq/L) und trat im April auf. Die Tritiumkonzentration im Niederschlag und in der Luftfeuchtigkeit in der näheren Umgebung ist örtlich stark unterschiedlich (siehe Kap. 9.3, Fig. 1 für Niederschlag und Kap. 9.5, Fig. 3 für Luftfeuchtigkeit).

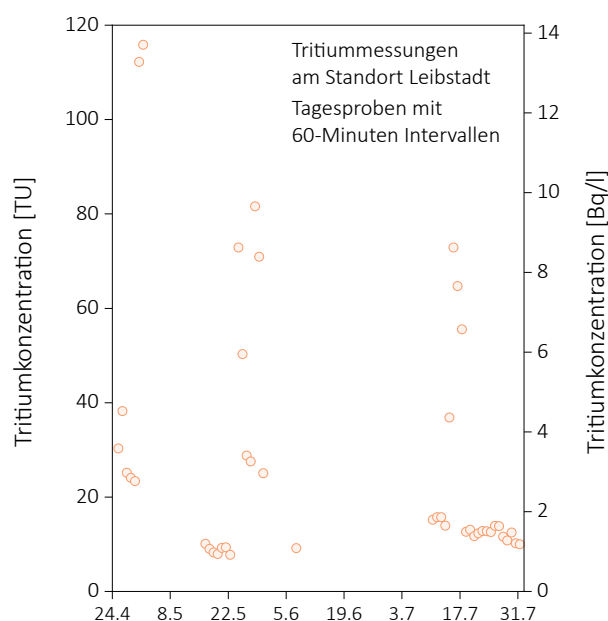
Seit Herbst 2020 wird in Niederwangen auch der Stadtbach wieder regelmässig alle zwei Wochen beprobt. Die Messwerte lagen im langjährigen Mittel von ca. 100 TU (Figur 3). Die höchsten Messwerte traten während der kalten Jahreszeit am Anfang und Ende des Jahres auf.



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

Standort Physikalisches Institut, Stadt Bern (Regenwasser)

Die Aufgrund der lokalen gasförmigen Emissionen, vor allem durch MB-Microtec, ist die Tritiumkonzentration im Niederschlag im Raum Bern generell höher als in der Aare und auch höher als in Niederschlägen andernorts in der Schweiz. Die im Jahr 2023 gemessenen Monatsproben wurden auf dem Dach des Physikalischen Instituts der Universität Bern gesammelt. Die Werte lagen generell deutlich unter den Werten der Vorjahre. Der höchste Messwert von 21 TU (2.5 Bq/L) trat im Februar auf.



Figur 5:
Tritium-Messwerte im Rhein stromabwärts vom Kernkraftwerk Leibstadt. Revisionsstillstand: 01.05.2023 bis 30.05.2023.

Standort Leibstadt (Rhein)

Um den Tritiumgehalt des Rheins vor, während und nach dem Revisionsstillstand zu ermitteln, welcher vom 01.05.2023 bis 30.05.2023 stattfand, wurde stromabwärts vom Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) wieder ein automatischer Probennehmer betrieben. Es wurden Tagesproben mit einem Sammelintervall von je 60 Minuten entnommen.

Kurz nach Revisionsbeginn zeichnete sich ein deutlicher Anstieg von ca. 20 TU auf über 100 TU ab (Figur 5). Da die Stromversorgung auch an diesem Standort aufgrund des defekten Ladegerätes nur für wenige Tage lang gewährleistet war, entstand eine Datenlücke von einigen Tagen. Im weiteren Verlauf des Sommers wurden jedoch zwei weitere Messreihen durchgeführt, bei denen jeweils wieder ein deutlicher Peak von 82 TU (9.6 Bq/L) bzw. 73 TU (8.6 Bq/L) gemessen wurde.

Die höheren Messwerte im April und Mai sind auch von den Abgaben der stromaufwärts gelegenen Kernkraftwerke Gösgen und Beznau beeinflusst. Diese beiden Werke geben deutlich mehr Tritium ab, als KKL (siehe auch Kap. 8.1 Fig. 1b und Kapitel 8.5 Fig. 4). Im Juli wurden geringfügig erhöhte Tritiumgehalte auch bei Weil am Rhein gemessen (Kap. 4.4 Fig. 5).