



Aktennotiz

Datum: 27.02.2014 Seiten: 8 Anhänge: - Beilagen: -
Verteiler intern: Bereich S, Archiv
Verteiler extern: [REDACTED]
Sachbearbeiter: [REDACTED]
Visum [REDACTED]
Visum Vorgesetzte [REDACTED]

Klassifizierung keine
Aktenzeichen 10KEX.APFUKU7
Referenz ENSI-AN-8733
Schlagwörter Notfallschutz, schwerer Unfall, Wasserpfad



Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fließzeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein

Inhalt:

1	Einleitung	2
2	Bestimmung des Abflussregimes	2
3	Fließzeiten	3
4	Aktivitätskonzentrationen	6
5	Referenzen	8



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/PubliDocs: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fließzeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 / [REDACTED]

1 Einleitung

Diese Aktennotiz enthält die Faustregeln zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen und Fließzeiten am Ort der Trinkwasserentnahmen der Städte Biel und Basel nach einem Unfall in einem schweizerischen Kernkraftwerk mit einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Aare bzw. Rhein.

2 Bestimmung des Abflussregimes

Die Fließzeiten sind abhängig von den Abflussmengen von Aare und Rhein. In der Tabelle 1 sind die drei Zustände der Flüsse Niedrig-, Normal- und Hochwasser (kursiv geschriebene Werte) anhand ihrer Eintretenshäufigkeit definiert worden /1/, /2/.

Die Messstelle mit dem höchsten Abfluss bestimmt, ob es sich um Niedrigwasser, Normalwasser oder Hochwasser handelt.

	Hagneck 1935 – 2012 [m ³ /s]	Brügg 1935 – 2012 [m ³ /s]	Murgenthal 1935 – 2012 [m ³ /s]	Stilli 1935 – 2012 [m ³ /s]	Rheinfelden 1935 – 2012 [m ³ /s]
an 347 Tagen/Jahr vorhanden oder überschritten	63	105	127	225	478
<i>Niedrigwasser</i>	<i>60</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>500</i>
Durchschnittliche Jahresabflussmenge	174	244	286	559	1035
<i>Normalwasser</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>600</i>	<i>1000</i>
an 9 Tagen/Jahr vorhanden oder überschritten	404	507	596	1157	2051
<i>Hochwasser</i>	<i>400</i>	<i>500</i>	<i>600</i>	<i>1200</i>	<i>2000</i>

Tabelle 1: Bestimmung von Niedrig-, Normal- bzw. Hochwasser (kursiv geschriebene Werte)



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Publidocs:
Titel:
Datum / Sachbearbeiter:

keine
10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fliesszeiten nach einem KKW-
Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
27.02.2014 / [REDACTED]

3 Fliesszeiten

Abhängig vom Zustand der Flüsse wie Niedrig-, Normal- und Hochwasser lassen sich die Fliesszeiten zwischen den Kernkraftwerken und den Trinkwasserentnahmestellen der Städte Biel und Basel bestimmen /1/, /2/.

3.1 Aktivitätsabgabe aus dem Kernkraftwerk Mühleberg

Für die Fliesszeiten vom KKM bis zur Mündung der Aare in den Bielersee gelten folgende Zeiten. Die Fliesszeiten in Tabelle 2 wurden auf Basis von Fliesszeitexperimenten mit Tracern oder mit realen Abgaben aus dem KKM /3/ abgeschätzt.

	Fliesszeit KKM bis Hagneck (Mündung Bielersee) [h]
Niedrigwasser	9
Normalwasser	4
Hochwasser	2

Tabelle 2: Fliesszeiten vom KKM bis Hagneck

Die Verweilzeit des Aare-Wassers im Bielersee ist im Sommer und Winter unterschiedlich. Im Sommer fließt das relativ warme Aare Wasser auf der Oberfläche des „kalten“ Bielerseewassers. Es verlässt nach ungefähr 6 Tagen den Bielersee, wobei sich seine Aktivitätskonzentration durch die Vermischung mit dem Oberflächenwassers des Bielersees um einen Faktor 3 vermindert hat /3/. Im Winter taucht das kalte Aare-Wasser in den relativ warmen Bielersee ein und füllt diesen sukzessiv vom Grund des Sees her auf. Nach ungefähr 70 Tagen hat die kalte Aare das gesamte Seevolumen aufgefüllt und verlässt dann den Bielersee. In der Tabelle 3 sind die Verweilzeiten im Bielersee zusammengefasst.

	Verweilzeit Bielersee [h]
Sommer (Oberflächenwasser)	144
Winter (Tiefenwasser)	1680

Tabelle 3: Verweilzeit im Bielersee

3.1.1 Trinkwasserentnahme der Stadt Biel

Die Stadt Biel entnimmt in ungefähr 20 m Wassertiefe in der Nähe des Aare-Ausflusses Trinkwasser. Ob im Sommer das kontaminierte Oberflächenwasser die Wasserentnahmestelle erreicht, ist nicht



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/PubliDocs: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fliesszeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 [REDACTED]

sicher. Jedoch muss sowohl im Sommer wie auch im Winter konservativ angenommen werden, dass das kontaminierte Wasser die Entnahmestelle 6 Tage nach Eintritt in den Bielersee erreicht.

	Fließzeit KKM bis Trinkwasserentnahme Biel [h]
Niedrigwasser	153
Normalwasser	148
Hochwasser	146

Tabelle 4: Fließzeiten vom KKM bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Biel

3.1.2 Trinkwasserentnahme der Stadt Basel

Die Stadt Basel entnimmt bei Muttenz Trinkwasser aus dem Rhein. Die Fließzeiten vom Ausfluss des Bielersees bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

	Fließzeit Ausfluss Bielersee bis Trinkwasserentnahme Basel [h]
Niedrigwasser	135
Normalwasser	60
Hochwasser	37

Tabelle 5: Fließzeiten vom Ausfluss des Bielersees bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel

Mit den Tabellen 2, 3 und 5 ergeben sich folgende Fließzeiten vom KKM bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel. Man muss zwischen Sommer und Winter unterscheiden.

	Fließzeit KKM bis Trinkwasserentnahme Basel [h]	
	Sommer	Winter
Niedrigwasser	288	1824
Normalwasser	208	1744
Hochwasser	183	1719

Tabelle 6: Fließzeiten vom KKM bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Publidocs: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fliesszeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 / [REDACTED]

3.2 **Aktivitätsabgabe aus dem Kernkraftwerk Gösgen**

3.2.1 **Trinkwasserentnahme der Stadt Basel**

Die Fliesszeiten vom KKG bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.

	Fliesszeit KKG bis Trinkwasserentnahme Basel [h]
Niedrigwasser	62
Normalwasser	31
Hochwasser	18

Tabelle 7: Fliesszeiten vom KKG bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel

3.3 **Aktivitätsabgabe aus dem Kernkraftwerk Beznau**

3.3.1 **Trinkwasserentnahme der Stadt Basel**

Die Fliesszeiten vom KKB bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel sind in der Tabelle 8 zusammengestellt.

	Fliesszeit KKB bis Trinkwasserentnahme Basel [h]
Niedrigwasser	43
Normalwasser	22
Hochwasser	11

Tabelle 8: Fliesszeiten vom KKB bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Publidos: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fliesszeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 / [REDACTED]

3.4 Aktivitätsabgabe aus dem Kernkraftwerk Leibstadt

3.4.1 Trinkwasserentnahme der Stadt Basel

Die Fliesszeiten vom KKL bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel sind in der Tabelle 9 zusammengestellt.

	Fliesszeit KKL bis Trinkwasser- entnahme Basel [h]
Niedrigwasser	33
Normalwasser	18
Hochwasser	9

Tabelle 9: Fliesszeiten vom KKB bis zur Trinkwasserentnahme der Stadt Basel

4 Aktivitätskonzentrationen

Abhängig vom Zustand der Flüsse wie Niedrig-, Normal und Hochwasser lassen sich die Aktivitätskonzentrationen an den Trinkwasserentnahmestellen der Städte Biel und Basel bestimmen.

4.1 Aktivitätsabgabe aus dem Kernkraftwerk Mühleberg

Zur Berechnung der Aktivitätskonzentration im Bielersee muss man, wie bereits in Kap. 3.1 dargelegt, zwischen Sommer und Winter unterscheiden. Im Sommer fließt das relativ warme Aare-Wasser auf der Oberfläche des „kalten“ Bielerseewassers. Es verlässt nach ungefähr 6 Tagen den Bielersee, wobei sich seine Aktivitätskonzentration durch die Vermischung mit dem Oberflächenwassers des Bielersees um einen Faktor 3 vermindert hat /3/.

Für den **Sommer** gilt folgende Formel:

Aktivitätskonzentration K im Oberflächenwasser des Bielersees:

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{3} \cdot \frac{A \text{ [Bq]}}{\Delta T \text{ [h]}} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Aktivität, die von KKM in die Aare abgegeben wurde

ΔT Zeitdauer der Aktivitätsabgabe

D_{Hagneck} Abflussmenge der Aare bei Hagneck, entweder aktueller Messwert oder Werte aus Tabelle 1

Im Winter taucht das kalte Aare-Wasser in den relativ warmen Bielersee ein und füllt diesen sukzessiv vom Grund des Sees her auf. Nach ungefähr 70 Tagen hat die kalte Aare das gesamte Seevolumen aufgefüllt und verlässt dann den Bielersee. Zur Berechnung der Aktivitätskonzentration im Wasser,



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/PubliDocs: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fließzeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 [REDACTED]

das den Bielersee verlässt, geht man davon aus, dass sich die Aktivität im gesamten Seewasservolumen verteilt.

Für den **Winter** gilt folgende Formel:

Aktivitätskonzentration K im Wasser, das den Bielersee verlässt.

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{A \text{ [Bq]}}{1,2 \cdot 10^9 \text{ [m}^3\text{]}}$$

Seewasservolumen = $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

4.1.1 Trinkwasserentnahme der Stadt Biel

Die Stadt Biel entnimmt in ungefähr 20 m Wassertiefe in der Nähe des Aare-Ausflusses Trinkwasser. Ob im Sommer das kontaminierte Oberflächenwasser die Wasserentnahmestelle erreicht, ist nicht sicher. Jedoch muss sowohl im Sommer wie auch im Winter konservativ angenommen werden, dass kontaminiertes Wasser mit der Aktivitätskonzentration des Oberflächenwassers, wie es im Sommer auftritt, an die Entnahmestelle gelangt.

Für **Sommer und Winter** gilt folgende Formel:

Aktivitätskonzentration K im Wasser an der Probeentnahmestelle der Stadt Biel:

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{3} \cdot \frac{A \text{ [Bq]}}{\Delta T \text{ [h]}} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Aktivität, die von KKM in die Aare abgegeben wurde

ΔT Zeitdauer der Aktivitätsabgabe

D_{Hagneck} Abflussmenge der Aare bei Hagneck, entweder aktueller Messwert oder Werte aus Tabelle 1

4.1.2 Trinkwasserentnahme Basel

Bei der Trinkwasserentnahme in Basel muss man ein Sommer- und Winter-Regime unterscheiden. Das Wasser, das den Bielersee verlässt, wird bis Basel unabhängig von der Wasserführung von Aare und Rhein ungefähr um einen Faktor 4 verdünnt.

Sommer: Aktivitätskonzentration K im Rhein bei Basel:

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{A \text{ [Bq]}}{\Delta T \text{ [h]}} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Aktivität, die von KKM in die Aare abgegeben wurde

ΔT Zeitdauer der Aktivitätsabgabe

D_{Hagneck} Abflussmenge der Aare bei Hagneck, entweder aktueller Messwert oder Werte aus Tabelle 1



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/PubliDocs: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-8733
Titel: Faustregeln zur Abschätzung der Aktivitätskonzentrationen und der Fließzeiten nach einem KKW-Unfall mit einer Abgabe von radioaktiven Stoffen in Aare bzw. Rhein
Datum / Sachbearbeiter: 27.02.2014 / [REDACTED]

Winter: Aktivitätskonzentration K im Rhein bei Basel:

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{4} \cdot \frac{A [\text{Bq}]}{1,2 \cdot 10^9 [\text{m}^3]}$$

A Aktivität, die von KKM in die Aare abgegeben wurde

Seewasservolumen = $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

4.2 Aktivitätsabgaben aus den Kernkraftwerken Gösgen, Beznau und Leibstadt

4.2.1 Trinkwasserentnahme Basel

Bei einer Aktivitätsabgabe aus den Kernkraftwerken Gösgen, Beznau und Leibstadt lässt sich die Aktivitätskonzentration K im Rhein bei Basel wie folgt berechnen:

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{A [\text{Bq}]}{\Delta T [\text{h}]} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Rheinfelden}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Aktivität, die von einem Kernkraftwerk in die Aare bzw. Rhein abgegeben wurde

ΔT Zeitdauer der Aktivitätsabgabe

$D_{\text{Rheinfelden}}$ Abflussmenge des Rheins bei Rheinfelden, entweder aktueller Messwert oder Werte aus Tabelle 1

5 Referenzen

- /1/ Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich: Fließzeiten in der Aare, im Auftrag der Landeshydrologie und -geologie, Mai 1992
- /2/ Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich: Fließzeiten im Rhein, im Auftrag der Landeshydrologie und -geologie und des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Februar 1990
- /3/ Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz: Abschlussbericht, Verhalten von Radionukliden aus Kernkraftwerken in Aare und Rhein, Oktober 1995