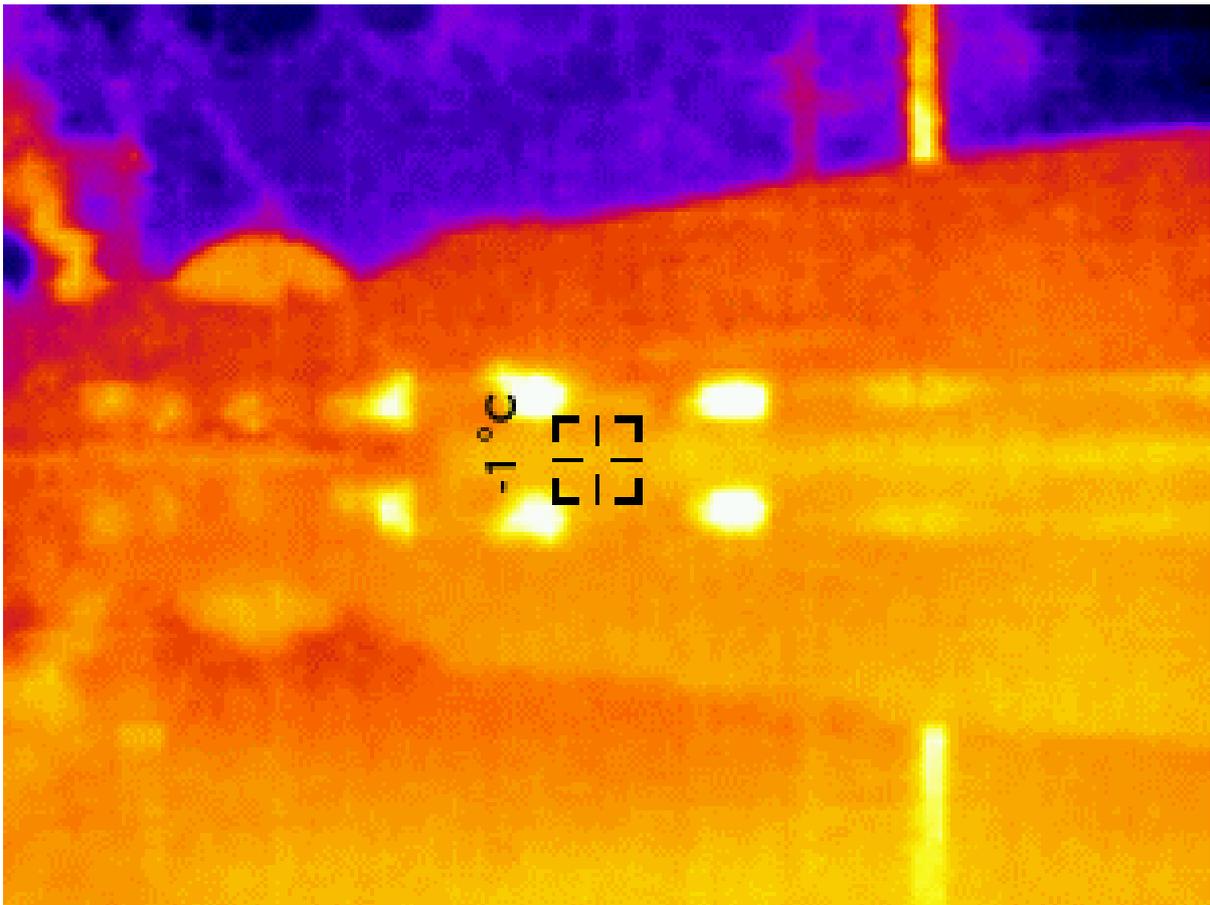


Messprotokoll zur Strahlenmessung bei den Neckar-Castortransporten 2017



Autor:

Jürgen Böhringer, www.boehri.de

Dokument-Versionen:

- 2017_06_29 erste Version mit Castor 1
- 2017_07_04 genauere Ausführung, Vergleich mit LUBW-Messung
- 2017_07_04 genauere Beschreibung der LUBW-Messung
- 2017_09_08 Castor 2 hinzugefügt
- 2017_11_03 Castor 3 hinzugefügt, neuer Aufbau des Dokuments
- 2017_11_04 geringfügige Verbesserungen
- 2017_12_10 Castor 4 hinzugefügt, geringfügige Verbesserungen
- 2017_12_10 Castor 5 hinzugefügt

Hintergrund

Im Jahr 2017 werden von Kernkraftwerk Obrigheim zum Zwischenlager Neckarwestheim insgesamt 15 Castor-Behälter mit hoch-radioaktivem Abfall transportiert. Transportiert wird die gefährliche Fracht in fünf Transporten auf dem Neckar mit den Schubleichter "Lastdrager 40" mit jeweils drei Castoren an Bord. Bei diesem umstrittenen Transporten führe ich eigene Strahlenmessungen (Gamma- und Neutronenstrahlung) durch. In diesem Dokument werden die Ergebnisse dokumentiert und mit den Messungen der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) verglichen. Im Anhang befinden sich noch Thermografie-Messungen.

Hinweis

Meine gemessenen Werte sind mit Vorsicht zu genießen - insbesondere weil mein Gerät nicht vorher vom Hersteller überprüft und kalibriert wurde. Der Vergleich mit den LUBW-Werten zeigt jedoch dass sie plausibel sind.

Parameter

Verwendete Messgeräte:

- "Quantrad Sensor, Ranger"
 - Gamma-Detektor: Natrium-Iodid-Szintillator
 - Neutronen-Detektor: He³, mit 13 mm Polyethylen-Moderator
 - Spezifikationen: siehe:
www.boehri.de/publications/additional_docs/Ranger_Leaflet.pdf
www.boehri.de/publications/additional_docs/RangerBkg_History.pdf
www.boehri.de/publications/additional_docs/Ranger_Manual.pdf Seite 79 ff
 - Verwendete Messmodi:
 - Live-Anzeige: Sekunden-Werte, mit Mittelung über 3 Sekunden (s. Anleitung/Spezifikationen)
 - 1000 Sekunden-Messung: Summierung aller Pulse (Neutronen / Gamma) über 1000 Sekunden Messzeit, auslesen über RS232-Schnittstelle
- "Polymaster PM1703GNA"
 - Gamma-Detektor: Cäsium-Iodid-Szintillator (CsI (Tl)), 4 cm³
 - Neutronen-Detektor: Lithium- Iodid-Szintillator (LiI (Eu)), 2 cm³
 - Spezifikationen: siehe:
www.polimaster.com/products/personal_radiation_detectors/pm1703gn/
 - Verwendeter Messmodus:
 - Live-Anzeige: "Neutron registration mode" (s. Anleitung/Spezifikationen)

Messorte

- Heilbronn:
 - GPS: N49.14580, E9.20144
 - Neckar-Kanal (linke Seite), ca. 1 km Fluss-Abwärts der Schleuse Heilbronn
 - Castor in Vorbeifahrt in ca. 60 m Entfernung
- Gegenüber GKN:
 - GPS: N49.04262, E9.16848
 - "Lastdrager 40" liegt gegenüber am GKN-Haven in ca. 100 m Entfernung (Entfernung kann in Google Maps abgeschätzt werden)
- 300 m vor GKN:
 - GPS: N49.04741, E9.17405
 - Ufer ca. 300 m vor GKN
 - Fluss-km 128,5 rechts
 - Castor in Vorbeifahrt in ca. 60 m Entfernung

Castor-Transporte:

- Castor 1: 28.06.2017
- Castor 2: 06.09.2017
- Castor 3: 11.10.2017
- Castor 4: 16.11.2017
- Castor 5: 19.12.2017

Vergleichende Messung der Transporte

Jeweils nach den Transporten und vor der Entladung stand der mit drei Castoren beladene Schubleichter an der Anlegestelle am Kernkraftwerk Neckarwestheim. Diese Zeit nutzte ich um aus ca. 100 m Entfernung zu messen. Durch den immer gleichen Standort lassen sich die Messungen gut miteinander vergleichen.



Im Hintergrund: der beladene Lastdrager 40
Im Vordergrund: mein Messgerät in ca. 100 m Entfernung

Parameter:

- Messgerät: "Quantrad Sensor, Ranger" und "Polymaster PM1703GNA"
- Messort: "Gegenüber GKN"

Messungen mit "Quantrad Sensor, Ranger":

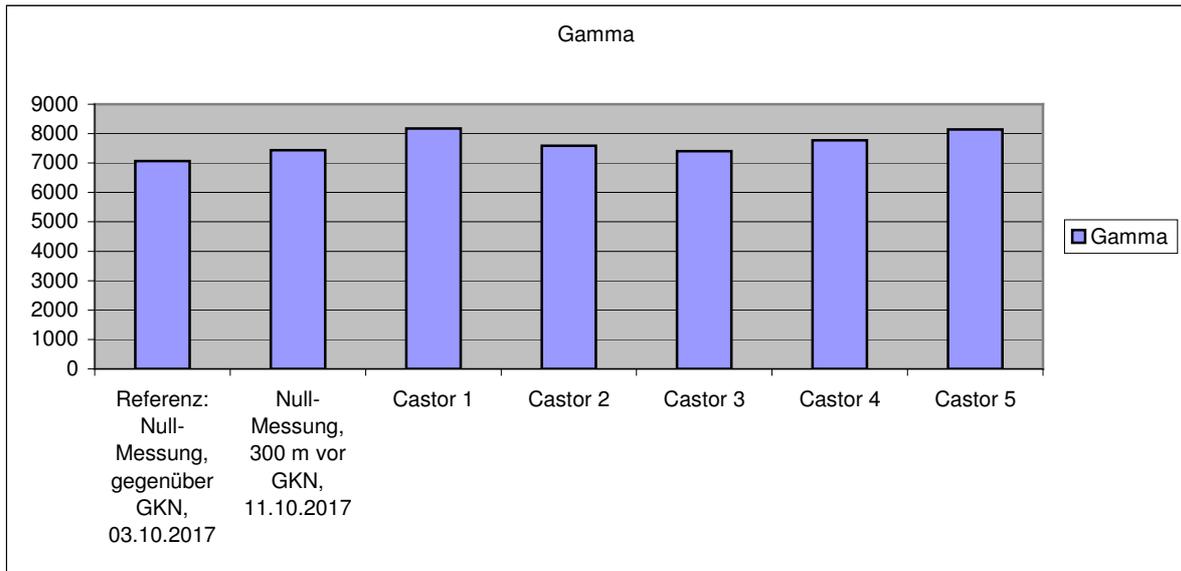
<u>Messung</u>	<u>Neutronen</u> [mCPS]	<u>Gamma</u> [mCPS]	<u>Faktor</u>	
			<u>Neutronen</u> [-]	<u>+x %</u> <u>Gamma</u> [%]
Referenz: Null-Messung, gegenüber GKN, 03.10.2017	21	7070		
Null-Messung, 300 m vor GKN, 11.10.2017	27	7438		
Castor 1	548	8170	26,1	15,6
Castor 2	622	7587	29,6	7,3
Castor 3	629	7403	29,9	4,7
Castor 4	556	7778	26,5	10,0
Castor 5	568	8142	27,0	15,2

Hinweise:

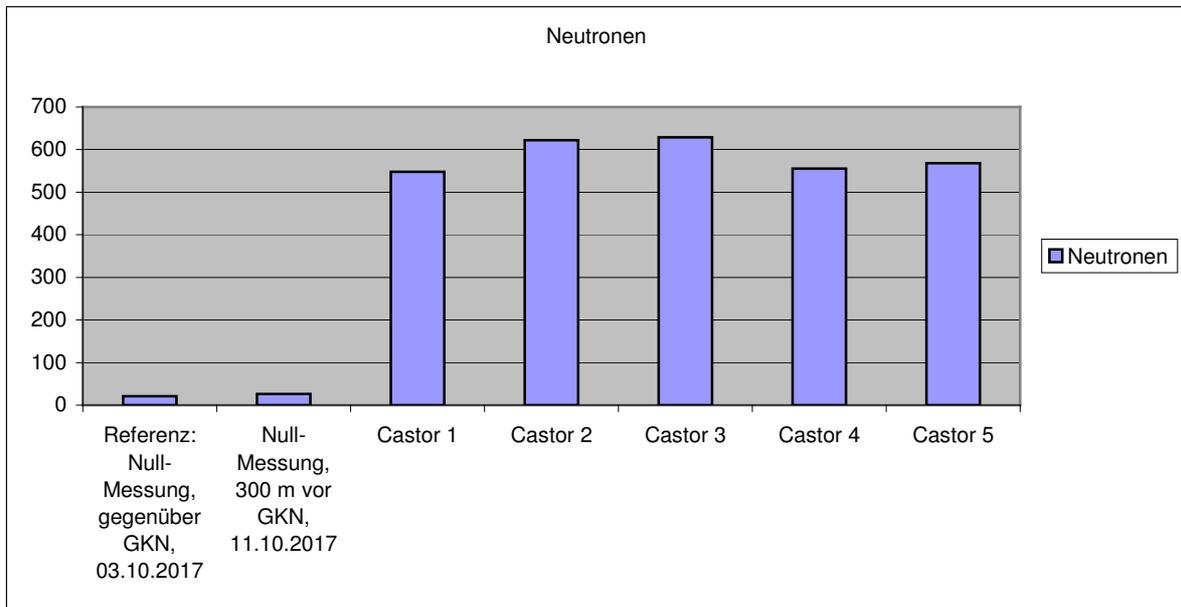
- In früheren Messung habe ich als Referenz eine Messung aus Böblingen genommen. Mittlerweile habe ich eine Nullmessung am Ort "gegenüber GKN" gemacht. Evtl. aufgrund der niedrigeren Lage (170 m ü. NN, statt 460 m ü. NN) (s. Höhenstrahlung) fällt diese wesentlich geringer aus: 21 statt 40 mCPS.
- Jede Messung besteht, aus Gründen der Genauigkeit, aus je zwei gemittelten Messungen a 1000 Sekunden

Video-Dokumentation Nullmessung:

<https://www.youtube.com/watch?v=JuXbKw8d6vY>



Gammastrahlung



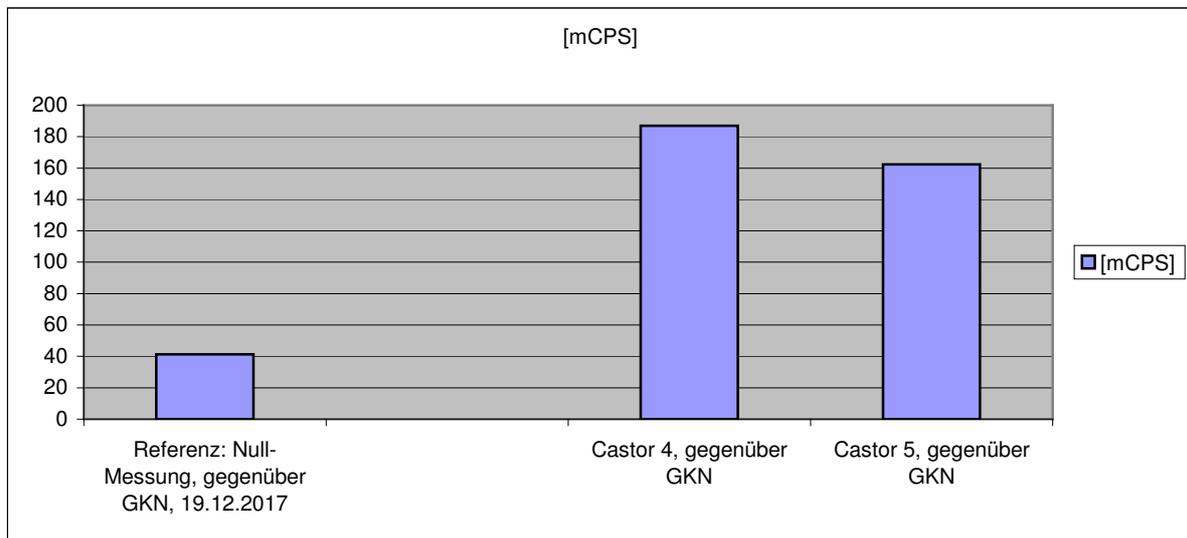
Neutronenstrahlung

Messungen mit "Polymaster PM1703GNA":

<u>Messung</u>	<u>Neutronenstrahlung</u>	<u>Faktor über</u>	<u>Messzeit</u>	<u>Messwert</u>
	<u>Messwert</u>	<u>Hintergrund</u>		
	[mCPS]	[--]	[Sekunden]	[Counts]
Referenz: Null-Messung, gegenüber GKN, 19.12.2017	41		1260	52
Castor 4, gegenüber GKN	187	4,53	963	180
Castor 5, gegenüber GKN	162	3,93	2280	370

Hinweise:

- Das Gerät habe ich erst seit dem Castor 4 im Einsatz - daher gibt es von früheren Castoren keine Werte.



Neutronenstrahlung

Fazit:

- Eine leicht erhöhte Gammastrahlung kann gemessen werden. Allerdings beträgt die Erhöhung nur wenige Prozent
- Selbst in ca. 100 m Entfernung zum beladenen Schubleichter liegt die gemessene **Neutronenstrahlung um Faktoren über dem natürlichen Wert!!!**
 - beim "Polymaster PM1703GNA" ca. **Faktor 4**
 - beim "Quantrad Sensor, Ranger" ca. **Faktor 30**

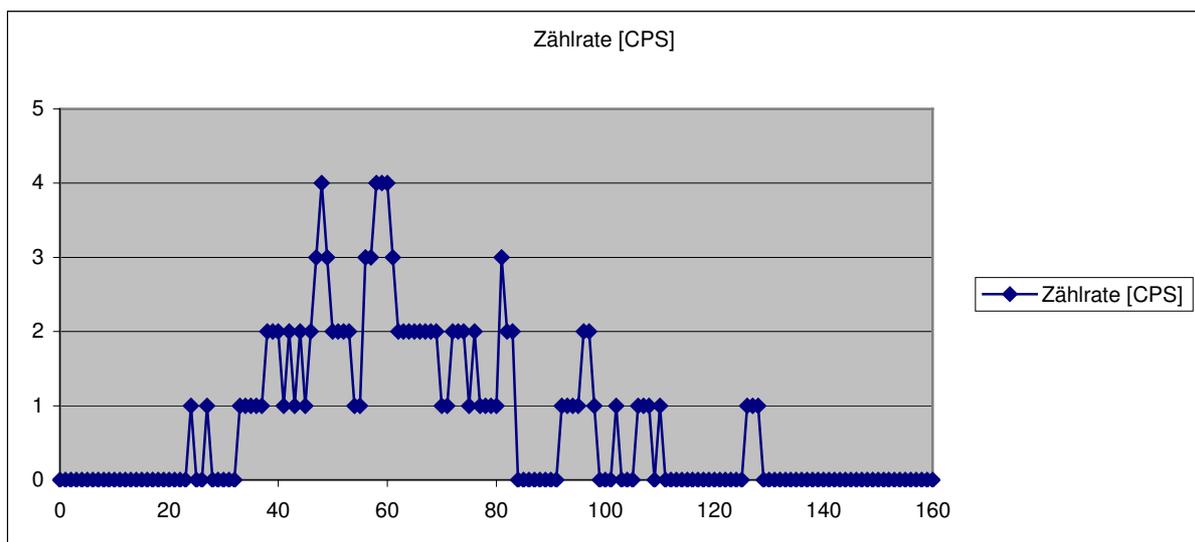
Messungen am vorbeifahrenden Castor-Schiff

Zwei mal hatte ich auch die Möglichkeit eine Vorbeifahrt des Castors zu vermessen und zu dokumentieren. Da die Gammastrahlung bei diesen Castoren relativ gering ist, wurde lediglich die Neutronenstrahlung ausgewertet.

Vorbeifahrt "Heilbronn":



Vorbeifahrt in Heilbronn, unten rechts der aktuell gemessene Neutronenwert: 4 CPS!!!



Vorbeifahrt in Heilbronn, Messgerät: "Quantrad Sensor, Ranger",
Neutronenmessung via "Live-Anzeige", X-Achse: Sekunden

Video-Dokumentation:

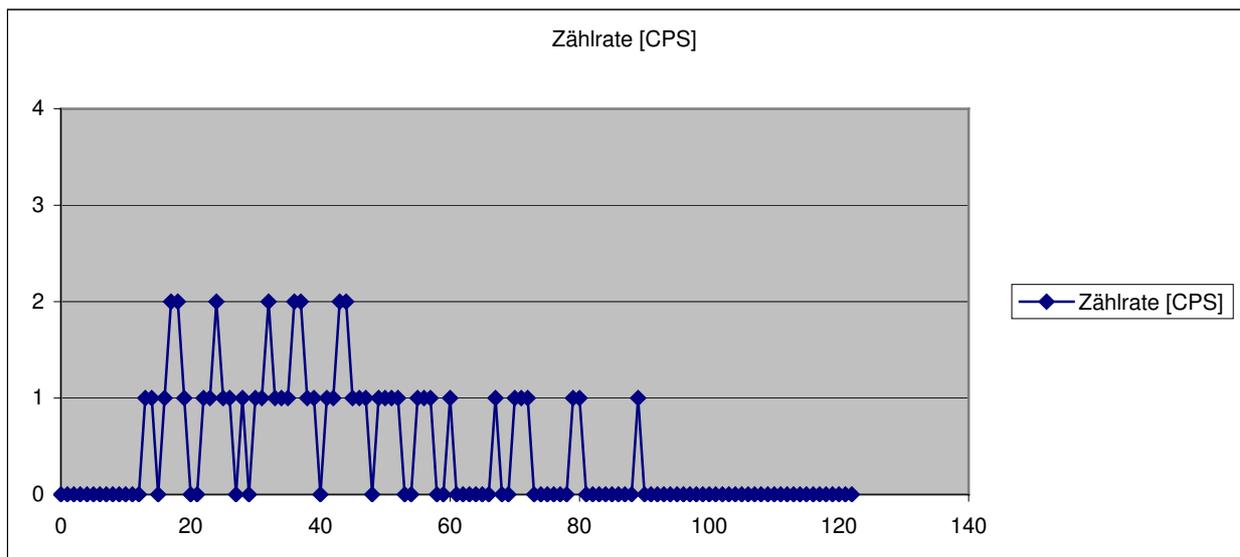
<https://www.youtube.com/watch?v=B5BLtfzG87w>

Vorbeifahrt "300 m vor GKN":



Vorbeifahrt "300 m vor GKN",

- Rechts unten: meine Mobius-Video-Kamera
- links daneben: mein Messgerät mit Karton-Halterung für Kamera- Aufzeichnung
- links daneben: das Neutronen-Messgerät der LUBW
- im Hintergrund: der soeben vorbeifahrende beladene "Lastdrager 40"
- im Vordergrund: Die Mitarbeiter des LUBWs



Vorbeifahrt "300 m vor GKN", Messgerät: "Quantrad Sensor, Ranger",
Neutronenmessung via "Live-Anzeige", X-Achse: Sekunden

Mittelung der Messwerte

Neutronen-Messgeräte haben, im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Geigerzähler oder zu einem Szintillations-Zähler, eine sehr geringe Zählrate. Daher muss eine relativ lange Zeit abgewartet werden bis genügend Pulse zusammen gekommen sind. Bei zu wenigen Pulsen hat man ansonsten einen sehr großen statistischen Fehler (die Standardabweichung ist ca. die Wurzel der gezählten Pulse). Wird die Zeit bei so einer kurzen Vorbeifahrt allerdings zu lange gewählt, so misst man sehr viel der vor und nach der Vorbeifahrt gemessenen "Nulllinie" mit und reduziert so fälschlicher Weise den Maximal-Messwert.

<u>Mittelungszeit</u> <u>[Sekunden]</u>	<u>Gesamte Pulse</u> <u>[Pulse]</u>	<u>Durchschnittsrate</u> <u>[CPS]</u>
10	29	2,90
30	63	2,10
200	118	0,59

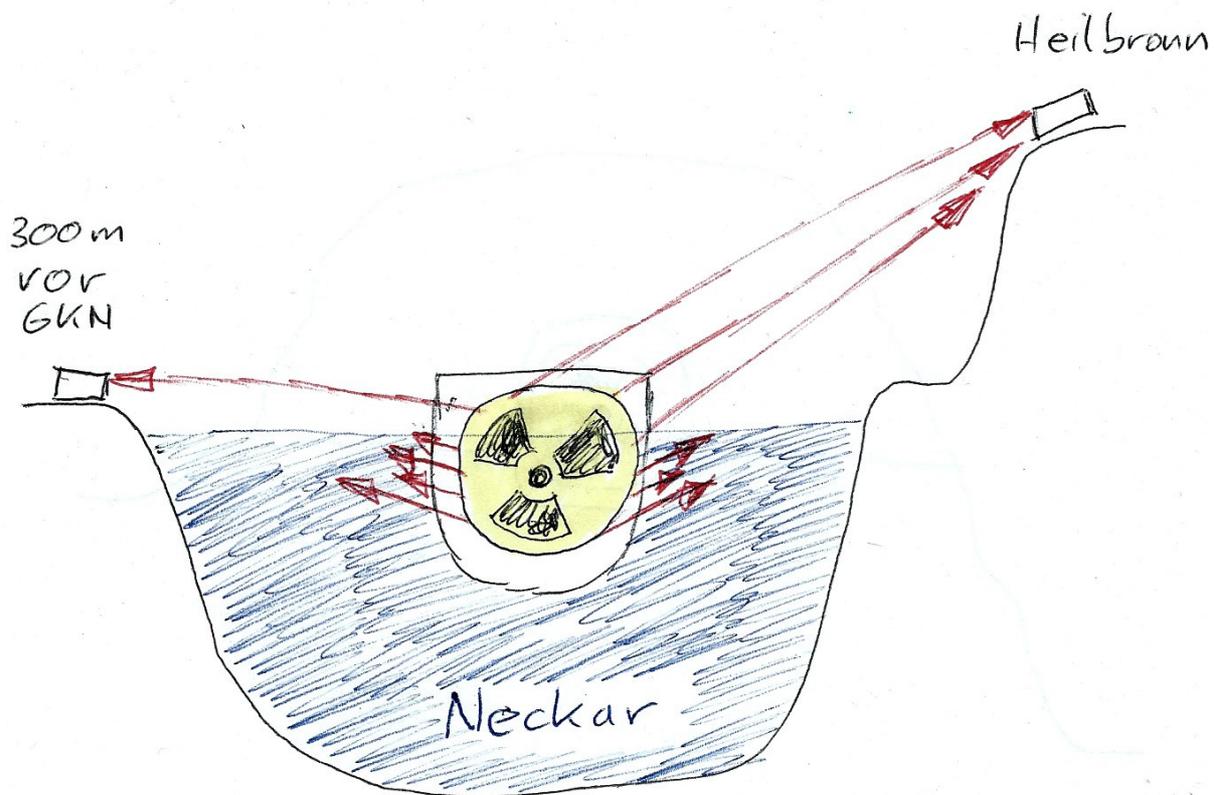
Mittelung der Vorbeifahrt "Heilbronn"

<u>Mittelungszeit</u> <u>[Sekunden]</u>	<u>Gesamte Pulse</u> <u>[Pulse]</u>	<u>Durchschnittsrate</u> <u>[CPS]</u>
10	13	1,30
30	33	1,10
200	52	0,26

Mittelung der Vorbeifahrt "300 m vor GKN"

Fazit:

- Mittelt man die "300 m vor GKN"-Messung über 30 Sekunden so erhält man mit 33 Pulsen bereits eine ausreichend genaue Messung (Standardabweichung von ca. +/- 6 Pulse). Der Messwert hier liegt bei **1,10 CPS**. Die Nullmessung an dieser Stelle ist 27 mCPS. Sprich die Neutronenstrahlung ist hier um ein **Faktor von 41** erhöht.
- Geht man davon aus dass eine Nullmessung in Heilbronn (aufgrund einer ähnlichen Höhe ü. NN) einen ähnlichen Nullmessungs-Wert ergeben würde, so liegt hier die Neutronenstrahlung um ein **Faktor von 78** über dem natürlichen Wert.
- Der Grund warum der Wert in "Heilbronn" deutlich höher ist vermutlich die höher gelegene Messstelle über dem Neckar. Hierdurch liegt zwischen Castor und Messgerät weniger Wasser das die Neutronenstrahlung abschirmen könnte.



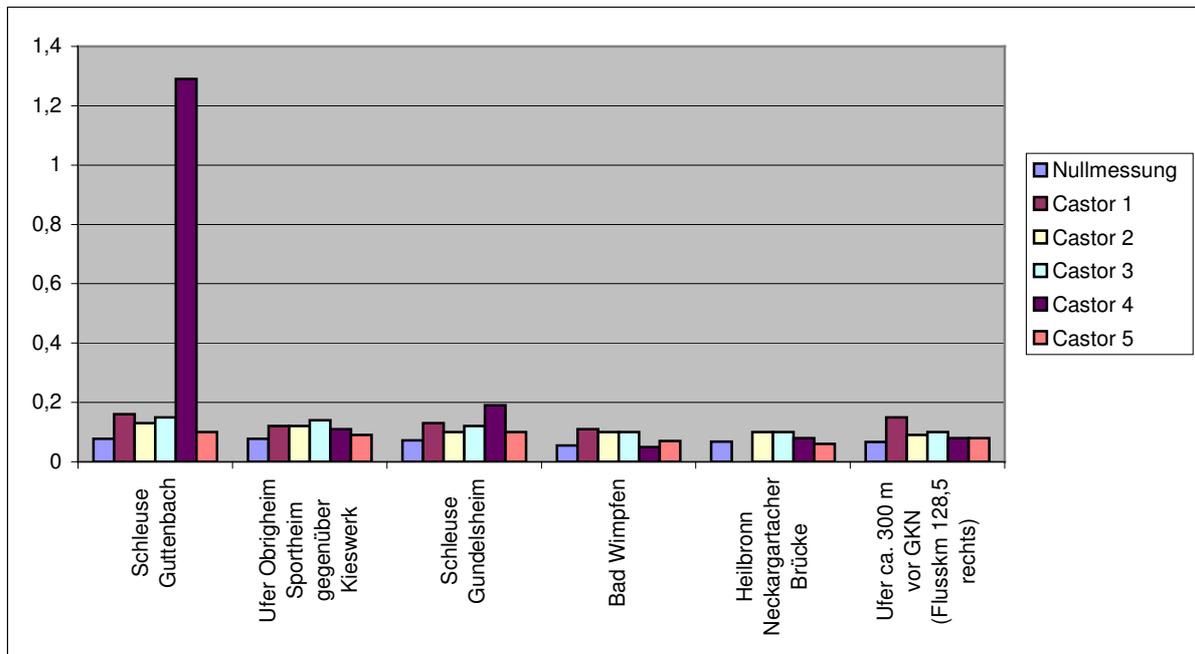
Höhere Lage => weniger Abschirmung => höhere Neutronenstrahlung

Messungen des LUBWs (Landes-Umweltamt Baden-Württemberg)

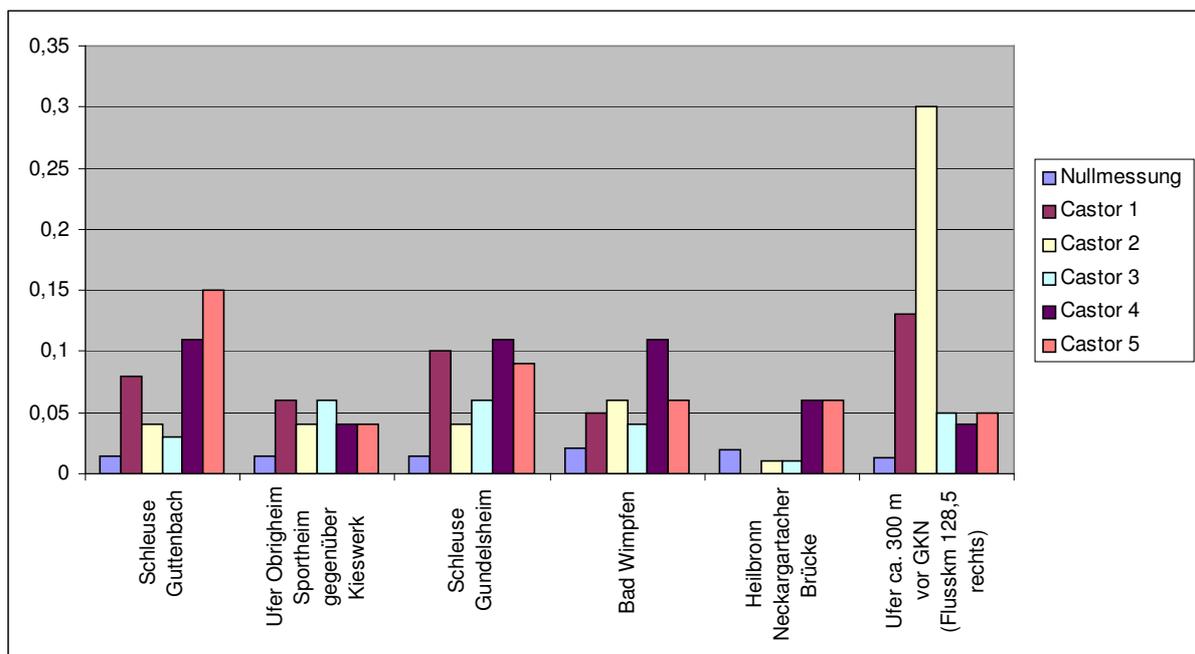
Auch das LUBW macht Gamma- und Neutronenstrahlungsmessungen. Sie werden hier veröffentlicht:

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/radioaktivitaet/CASTOR#Messwerte>

Hier ein paar von mir visualisierte Werte:



Gammastrahlung



Neutronenstrahlung

Es fällt auf dass:

- alle Werte sehr stark streuen.
=> dies verwundert
- die Gammastrahlung sich durch den Castor nur um einige Prozent zu ändern scheint (abgesehen von einem heftigen Ausreißer)
=> dies deckt sich mit meinen Messungen
- die Neutronenstrahlung teilweise mit Castoren geringer ist als bei der Nullmessung (siehe Messung "Heilbronn, Neckargartacher Brücke")
=> dies verwundert sehr, da ich immer eine massive und klare Erhöhung gemessen habe
- die Neutronenstrahlung teilweise um Faktoren ansteigt - z. B. eben an dem Ort an dem ich auch gemessen habe: "Ufer ca. 300 m vor GKN". Hier stieg der Wert von 0,013 uSv/h (Nullmessung) auf 0,30 uSv/h (Castor 2) - was einem **Faktor von 23** entspricht.
=> dies deckt sich in etwa mit meinen Messungen. Allerdings sind meine Werte hier (Faktor 41) noch höher.
- Beim Castor 3 hatte ich die Gelegenheit mit den Mitarbeitern des LUBW zu sprechen. Ihrer Aussage nach macht Ihr Gerät eine Mittelung über 200 Sekunden. Wie oben erklärt (s. Tabelle) führt diese Praktik zu wesentlich kleineren Messwerten - ca. um einen Faktor von 4 bei einer Vorbeifahrt.
=> Der vom LUBW gemessene Faktor 23 könnte somit bei 30-Sekunden Mittelung einem Faktor 92 entsprechen und würde damit noch über meinem Faktor 41 liegen. Somit sind meine gemessenen Werte plausibel.
- Die Messungen von Greenpeace ergaben bei Castor-Transporten noch wesentlich höhere Messwerte:
Strahlenmessungen von Greenpeace: Faktor 600:
<https://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/castorbehaelter-die-sind-nicht-ganz-dicht>
Messprotokoll von Greenpeace: Faktor 500:
https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/Messungen_Neutronen_2008.pdf
Strahlenmessungen von Greenpeace: Faktor 230:
<https://www.greenpeace.de/themen/energiewende/atomkraft/castor-neutronenstrahlung-230-fach-erhoeht>

Woher kommen Unterschiede zwischen meinen und den LUBW-Messwerten?



Das Equipment des LUBWs, Mittig der Neutronendetektor Berthold LB6411

Das LUBW misst (ebenso wie Greenpeace) mit dem Gerät "Berthold LB6411". Es ist im Prinzip vergleichbar aufgebaut wie mein "Quantrad Sensor, Ranger": außen ein Polyethylen-Moderator, innen ein He^3 -Zählrohr.

Neutronen können unterschiedliche Geschwindigkeiten und analog dazu unterschiedliche Energien haben. Abhängig von der Energie ist die schädliche biologische Wirksamkeit der Strahlung. Wie schädlich welche Neutronen mit welcher Energie sind ist festgelegt in der deutschen Strahlenschutzverordnung bzw. in der "ICRP 60". Allerdings sind diese so genannten "Strahlungswichtungsfaktoren", insbesondere bei Neutronenstrahlen, wissenschaftlich noch längst nicht ausdiskutiert - da einfach bisher entsprechend belastbare Studien fehlen.

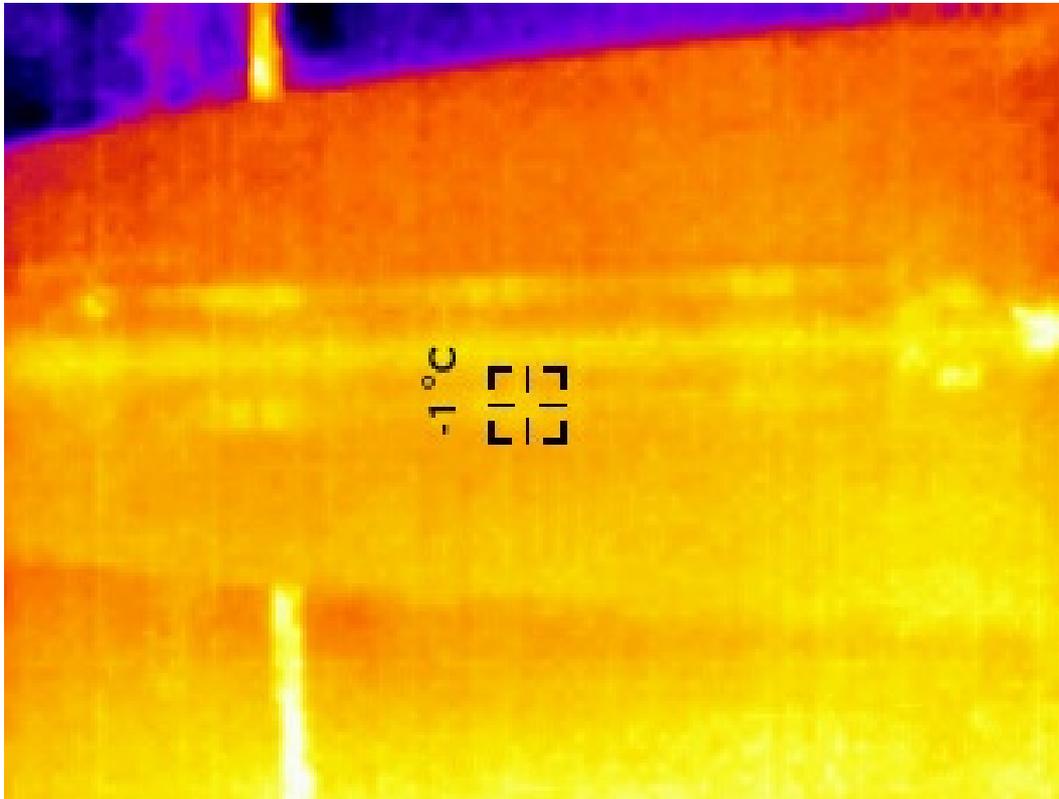
Beim "Berthold LB6411" wurde, im Gegensatz zu meinen Geräten, ein großer Aufwand getrieben die Empfindlichkeit abhängig von der Energie entsprechend der Norm "ICRP 60" anzupassen.

Daher kann es sein dass meine Geräte Neutronen mit unterschiedlichen Energien anders bewerten wie der "Berthold LB6411".

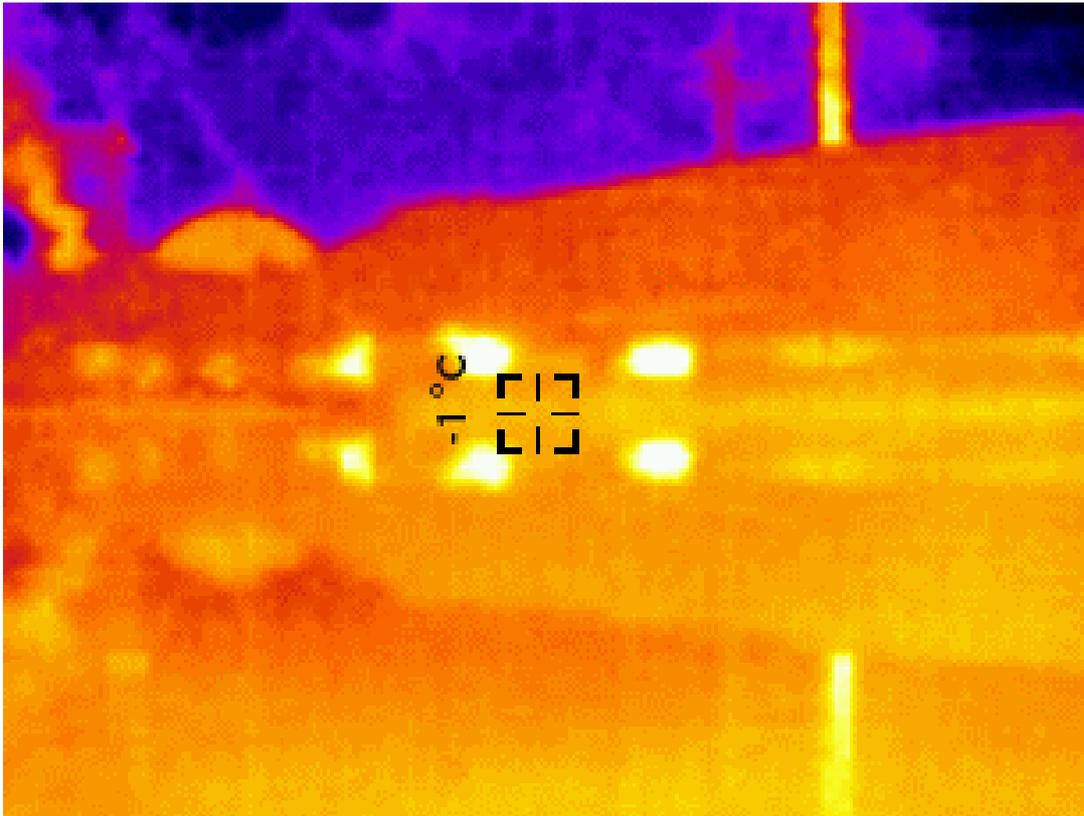
Informationen zum Neutronendetektor Berthold LB6411:
<https://www.berthold.com/de/neutronensonde-lb-6411>

Anhang: Thermografie-Aufnahmen

Beim Castor 5 hatte ich beim Entladen der Castoren von "Gegenüber GKN" die Möglichkeit Thermografie-Aufnahmen zu machen. Als Kamera wurde verwendet: "Wärmebildkamera Seek Thermal Reveal RW-XXX, Software: VERSION 1.4.6.0".



Die Thermografie zeigt den beladenen Lastdrager 40. (Unten ein Bild vom Castor 3 zur Referenz.) Man sieht die Garage des Lastdragers, die an drei Stellen von den Castoren von innen her aufgeheizt wurde (helle Flächen). Rechts heizt ein Motor den Lastdrager auf.



Thermografie: Entladung des 1. Castor-Behälters des 5. Transports:
die hellen = warmen Punkte entsprechen von links nach rechts:

- 1. LKW
- 2. LKW
- Der erste Castor-Behälter wurde soeben aus der "Garage" auf dem "Lastdrager 40" gezogen (die Nachzerfallswärme heizt ihn auf)
- man sieht auch die Stelle an der der Castor vorher in der "Garage" stand und diese erwärmt hat.

Das Referenzbild besteht aus zwei Bildern vom Castor 1.

Die hier gemessene, von Atommüll abgegebene, Nachzerfallswärme kann bis ca. 50 kW (Kilowatt) pro Castor betragen. Sie ist eine der großen Gefahren bei der Lagerung von Atommüll. Sie hat maßgeblich zu der "Katastrophe von Fukushima" geführt und könnte auch zukünftige und noch größere Atom-Katastrophen auslösen.

Meine Gedanken zum Abschluss:

Was mich überrascht und erschreckt hat ist dass die Neutronenstrahlung wirklich so stark erhöht ist.

Auch wenn von der Politik eine derartige Belastung als "dem Bürger zumutbar" erachtet wird muss man sich immer wieder klar machen:

- Würde das radioaktive Inventar ohne Abschirmung (Castor) einem Menschen gegenüberstehen, so würde er binnen kurzer Zeit die tödliche Strahlendosis erhalten.
- Gelangt das radioaktive Inventar dagegen in die Biosphäre so ist es kaum zu vermeiden dass die radioaktiven Stoffe von Menschen aufgenommen werden. Hier reichen, aufgrund der hohen Bestrahlungszeit, bereits minimale Mengen für eine tödliche Strahlendosis.
- Ob, bei einer Endlagerung das oben genannte Szenario wirklich dauerhaft verhindert werden kann ist sehr fraglich und auch wissenschaftlich hoch umstritten.
- Die in Fukushima in den ersten Monaten freigesetzte Menge an Radioaktivität beträgt in etwa der Menge eines viertel Castor-Behälters.
Quelle: <https://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/castorbehaelter-die-sind-nicht-ganz-dicht>
- Atomenergie ist und bleibt unbeherrschbar und bedroht viele Menschenleben: Bei der Gewinnung des Urans (radioaktiver Staub), beim Betrieb der Reaktoren (Emissionen, Gefahr einer Reaktor-Katastrophe) und bei der Lagerung.