

Messung der Neutronenstrahlung am Betriebsgelände von Eckert & Ziegler (EZN), neben Wohnhäusern und Schulen

Im Auftrag der BISS (Bürgerinitiative Strahlenschutz Braunschweig e.V.)

Oda Becker

Hannover, Dezember 2013

Autorin:

Dipl. Phys. Oda Becker, Hannover (Germany), oda.becker@web.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Messungen des Betreibers und des NLWKN	3
2.1 Gammastrahlung	3
2.2 Neutronenstrahlung	5
3 Messungen der BISS	5
3.1 Verwendetes Messgerät	5
3.2 Durchführung der Messungen.....	6
3.3 Ergebnisse der Messungen	7
3.3.1 In der Umgebung.....	7
3.3.2 Am Betriebsgelände	8
3.3.3 Vergleich mit Messungen des Betreibers.....	9
3.3.4 Gammastrahlung.....	9
3.3.5 Jahresdosis	10
4 Diskussion der Ergebnisse	11
4.1 Unzulässige Anwendung der 2000-Stunden-Regel	11
4.2 Ignorieren der Grundsätze des Strahlenschutzes.....	11
4.3 Unterschätzung der RBW von Neutronenstrahlung.....	12
5 Fazit	13
6 Quellen	14

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: NLWKN Messpunkte MP 1 – 7 am Zaun des Betriebsgeländes EZN.....	4
Tabelle 1: Jahresdosis der Gammastrahlung am Betriebsgelände EZN in 2011 (NLWKN) .	4
Tabelle 2: Neutronen-Ortsdosisleistung am Betriebsgelände EZN am 26.06.2013.....	6
Tabelle 3: Jahresdosis der Neutronenstrahlung aus Messung am 26.06.2013 (BISS).....	8
Tabelle 4: Vergleich der Neutronendosis 2013 (BISS) und 2005-2010 (Betreiber)	9
Tabelle 5: Vergleich der Gamma-Jahresdosen 2013 (BISS) und 2011 (NLWKN).....	10
Tabelle 6: Jahresdosis aus Neutronen- und Gammastrahlung am NLWKN MP 7.....	10
Tabelle 7: Jahresdosis aus Neutronen- und Gammastrahlung an NLWKN MP 1, 3, 7.....	11

1 Einleitung

Die Firma Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH (EZN) arbeitet im Braunschweiger Stadtteil Thune in unmittelbarer Nähe zu Wohnbebauung und Schulen mit radioaktiven Stoffen. Die Entfernung zum Zentrum der Großstadt Braunschweig beträgt nur sieben Kilometer.

Die Firma beabsichtigt den Geschäftsbereich der Verarbeitung radioaktiver Materialien weiter auszubauen. Die geplante Betriebserweiterung sieht einen Hallenneubau auf dem Nachbargrundstück vor. Ein Bauantrag wurde im November 2011 eingereicht.

Am 26. Juni 2013 wurde von der Physikerin Oda Becker am Betriebsgelände im Auftrag der Bürgerinitiative Strahlenschutz Braunschweig e.V. (BISS) die Neutronenstrahlung gemessen. Zwei Mitglieder der Bürgerinitiative führten parallel Messungen der Gammastrahlung durch. Für die Messungen wurden Leihgeräte von Greenpeace Deutschland (Hamburg) verwendet.

2 Messungen des Betreibers und des NLWKN

Die Firma EZN ist verpflichtet, mögliche radiologische Auswirkungen auf die Umgebung aufgrund des Umganges mit radiologischen Stoffen auf dem Betriebsgelände im Rahmen der Eigenüberwachung zu untersuchen.

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) führt zur Überprüfung der Eigenüberwachung der Firma EZN ein ergänzendes und kontrolliertes Programm durch. Der NLWKN ist als sachverständige Stelle im Auftrag der Aufsichtsbehörde, dem staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Braunschweig, tätig.

Das Messprogramm umfasst die Umgebungsüberwachung der Luft durch Messung der Direktstrahlung der Anlage und der Aktivitätskonzentration in der Abluft mittels Gamma-spektrometrie. Zusätzlich wird der Bodenpfad durch stichprobenartige Beprobung des Bodens und des Bewuchses überwacht.

Die Umgebungsüberwachung für die Firma EZN erfolgt gemeinsam mit der Umgebungsüberwachung für die Firma GE.

Gemäß dem Auftrag für die Ermittlung der Direktstrahlung aus der Anlage misst und bewertet der NLWKN ausschließlich die Gammaortsdosis. Die Neutronenstrahlung wird vom NLWKN nicht gemessen.

2.1 Gammastrahlung

Am Zaun des Betriebsgeländes wird sowohl vom Betreiber als auch von der offiziellen Messbehörde die Gammaortsdosis (Direktstrahlung der Anlage) ermittelt. Hierfür werden Thermolumineszenzdetektoren (TLD) verwendet. Zusätzlich wird vom Betreiber am Zaun die Gammaortsdosisleistung kontrolliert. Dieses erfolgt zum einen durch permanente Messung mit 10-Minuten-Intervallen und anschließender Auswertung im 14-täglichen Intervall. Weiterhin erfolgt im 14-täglichen Rhythmus eine Bestimmung der Ortsdosisleistung mit mobilen Geräten an mehreren Messpunkten am Zaun.

In der folgenden Abbildung sind die NLWKN-Messpunkte am Zaun des Betriebsgeländes eingezeichnet.

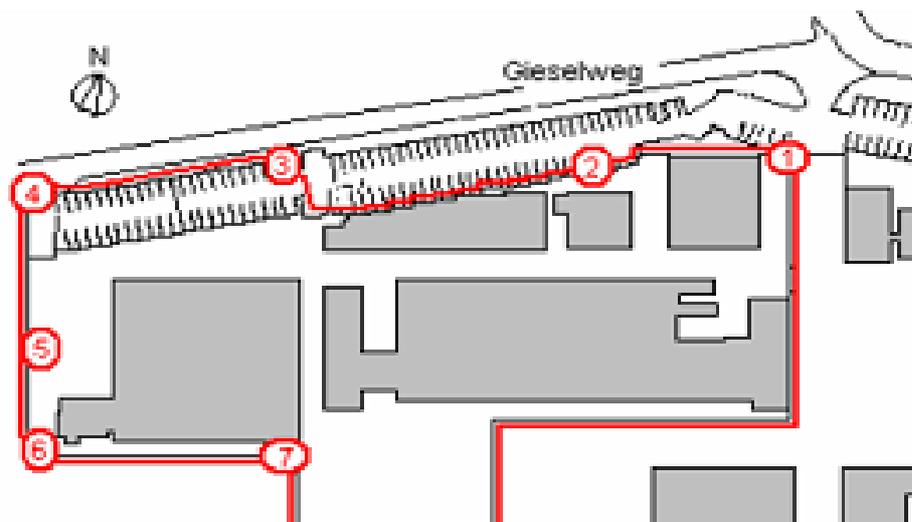


Abbildung 1: NLWKN Messpunkte MP 1 – 7 am Zaun des Betriebsgeländes EZN

Die eingesetzten TLD erfassen neben der Direktstrahlung der Anlage auch die Untergrundstrahlung, die von den Bodeneigenschaften und/oder den Eigenschaften der eingesetzten Baustoffe in der Umgebung der Messpunkte beeinflusst wird. Der Betreiber zieht für die Ermittlung der Gammadosis einen festen Untergrundwert von 0,5 mSv/a ab.

Der NLWKN betreibt einen Referenzpunkt, den Messpunkt (MP) 26, in der weiteren Umgebung des Betriebsgeländes am ehemaligen Klärwerk Waggum. Er zieht diesen Messwert als Untergrundwert ab, da dieser aufgrund des Abstandes zum Umgang mit radioaktiven Stoffen als nicht beeinflusst angesehen wird. Im Jahr 2011 betrug die Gammaortsdosis für diesen Messpunkt 0,61 mSv/a (Wert 2010: 0,615 mSv/a, 2009: 0,669 mSv/a, 2008: 0,661 mSv).

2011 lagen die Ergebnisse der NLWKN-Messungen der Jahresdosis der Gammastrahlung an den verschiedenen Messpunkten zwischen 0,02 und 0,39 mSv. Nach Meinung des NLWKN bestätigen die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung für EZN die Einhaltung der Grenzwerte der Personendosis mit den dort festgelegten Randbedingungen. Diese Werte waren jedoch lediglich auf einen Zeitraum von 2000 Stunden bezogen.

Die Bürgerinitiative BISS hat mehrfach darauf hingewiesen, dass die von EZN angewendete 2000-Stunden-Regel unzulässig ist (siehe Kapitel 4.1).

In der folgenden Tabelle sind die errechneten Jahresdosen für die Gammastrahlung an den verschiedenen Messpunkten für das gesamte Jahr (8760 Stunden) und für die Jahresdosis aus nur 2000 Stunden aufgelistet.

Tabelle 1: Jahresdosis der Gammastrahlung am Betriebsgelände EZN in 2011 (NLWKN)

NLWKN MP	Jahresdosis für 2000 Stunden [mSv/a]	Jahresdosis [mSv/a]
1	0,02±0,004	0,09±0,016
2	0,07±0,013	0,31±0,055
3	0,13±0,023	0,57±0,102
4	0,07±0,013	0,31±0,055
5	0,39±0,070	1,71±0,307
6	0,05±0,009	0,22±0,039
7	0,17±0,031	0,74±0,134

Es zeigt sich, dass die Jahresdosis am MP 5 den Grenzwert von 1 Milli-Sievert pro Jahr (mSv/a) überschreitet und nur bei Anwendung der 2000-Stunden Regel unter dem Grenzwert bleibt. Auch am MP 7 reicht die Jahresdosis dicht an den Grenzwert heran.

2.2 Neutronenstrahlung

Die Neutronenortsdosis wird – nur vom Betreiber – durch kalibrierte Neutronendosimeter gemessen, die von der GSF-Forschungsstelle ausgewertet werden.

Der NLWKN misst die Neutronenstrahlung nur qualitativ: Zusätzlich zu den neutronenunempfindlichen TLD (Typ 700) werden neutronenempfindliche TLD (Typ 100) eingesetzt. Eine Abweichung zwischen Ergebnissen der beiden TLD-Typen gibt einen Hinweis auf das Vorhandensein von Neutronen.

Der Betreiber hat im Rahmen der Eigenüberwachung am Zaun an den NLWKN Messpunkten (MP) 1, 3 und 7 Neutronendosimeter aufgestellt. Bei der Bewertung der Neutronendosis durch den Betreiber wird momentan keine separate Betrachtung des Untergrundes durchgeführt. Es werden direkt die ermittelten Bruttowerte verwendet.

3 Messungen der BISS

Im Auftrag – und in Zusammenarbeit mit zwei Mitgliedern – der Bürgerinitiative BISS wurde von der Autorin dieses Berichts am 26. Juni 2013 die Direktstrahlung am Zaun des Betriebsgeländes gemessen. Der Schwerpunkt der Messungen lag auf der Messung der Neutronenstrahlung. Der Grund dafür ist zum einen die Tatsache, dass die Aufsichtsbehörde keine eigenen Messungen beauftragt hat, sondern nur der Betreiber die Neutronendosis misst. Zum anderen ist aber gerade die biologische Wirksamkeit der Neutronenstrahlung relativ hoch.

Das Messprogramm wurde durch die Tatsache begrenzt, dass nur ein Messtag zur Verfügung stand. Die Dosisleistung der Gammastrahlung wurde ergänzend gemessen.

3.1 Verwendetes Messgerät

Die Neutronen-Messungen wurden mit einer Neutronensonde vom Typ LB 6411 sowie dem dazugehörigen Universellen Monitor für den Strahlenschutz Typ UMo LB 123 der Firma EG&G Berthold durchgeführt. Die Geräte waren voll funktionstüchtig, eine Überprüfung und Wartung durch den Hersteller erfolgte im Juni 2013.

Die Neutronensonde LB 6411 besteht aus einem zylindrischen Proportionalzählrohr (einem Detektor für ionisierende Strahlung), das mit Helium-3 gefüllt und von einer Moderatorkugel aus Polyäthylen umgeben ist. Das Zählrohr ist hauptsächlich für thermische (langsame) Neutronen empfindlich. Um auch Neutronen höherer Energie nachweisen zu können, müssen sie abgebremst werden. Dies geschieht durch Kollision (und damit Energieverlust) schneller Neutronen mit Atomkernen im Moderator material. Das Ansprechvermögen des Geräts auf Neutronen eines breiten Energiespektrums wurde vom Hersteller so optimiert, dass die Zählrate für jede Neutronenenergie möglichst gut zu der Äquivalentdosisleistung proportional ist. Der vom Hersteller angegebene konventionelle Kalibrierfaktor der Neutronensonde beträgt 1,27 Mikrosievert pro Stunde / Impulse pro Sekunde (($\mu\text{Sv/h}$)/IPS).

Demzufolge werden die gemessenen Impulse pro Sekunde (IPS) mit dem Faktor 1,27 ($\mu\text{Sv/h}$)/IPS multipliziert, um die Neutronen-Äquivalentdosisleistung in Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$) gemäß der derzeit gültigen Fassung der deutschen Strahlenschutzverordnung zu ermitteln. Diesem Faktor liegt die Annahme einer relativen biologischen Wirksamkeit für Neutronen von ca. 15 zugrunde.

Die Messunsicherheit (in Prozent) wird vom Gerät direkt angezeigt.

3.2 Durchführung der Messungen

Der Umfang des Messprogramms wurde durch die Tatsache begrenzt, dass nur ein Messtag (26. Juni 2013) zur Verfügung stand. Der Schwerpunkt der Messungen lag auf der Messung der Neutronenstrahlung. Ergänzend wurde auch die Dosisleistung der Gammastrahlung gemessen.

Die ersten beiden Messungen (Nr. 1 und 2) zielten auf eine Überprüfung der Neutronenstrahlung in der weiteren Umgebung des Betriebsgeländes ab. Die erste Messung wurde auf der gegenüberliegenden Seite des Kanals im Bereich der dort gelegenen Schule (Lessing-Gymnasium) durchgeführt. Die zweite Messung erfolgte im Garten eines Wohnhauses vor dem Betriebsgelände.

Messung Nr. 3 wurde – aus Vergleichsgründen – direkt am Messpunkt 3 der offiziellen Messbehörde (NLWKN) durchgeführt (siehe Abbildung 1). Auch Messung Nr. 9 fand an diesem Ort statt, um den Einfluss zeitlicher Schwankungen zu minimieren.

Um zu überprüfen, ob der vom NLWKN gewählte Messort wie vorgeschrieben der Ort mit der maximalen Neutronenstrahlung ist, wurden in 20m und 40m Entfernung von diesem Messpunkt in Richtung Eingang zwei weitere Messungen durchgeführt (Nr. 4 und 5).

Zweimal wurde an dem an das Feld angrenzenden Teil des Gebäudes – dort liegt der NLWKN Messpunkt 7 (siehe Abbildung 1) – gemessen (Nr. 6 und 8). Auch dort erfolgte eine Kontrollmessung in 20m Abstand (Nr. 7), insbesondere da an dieser Stelle eine besonders hohe Gammadosisleistung auftrat.

Die letzten beiden Messungen (Nr. 10 und 11) fanden am Eingang des Gebäudes in der Nähe des NLWKN Messpunkts 1 statt. Messung Nr. 10 musste nach Aufforderung des betrieblichen Sicherheitsdienstes zum Verlassen des Firmengebietes vorzeitig beendet werden. Messung Nr. 11 wurde daher 17m weiter vom Gebäude entfernt an der Einfahrt zum Betriebsgelände durchgeführt.

Während an den NLWKN MP 3 und 7 die Messungen in unmittelbarer Nähe zu den Messgeräten des Betreibers durchgeführt werden konnten, betrug die Entfernung zur Messkugel des Betreibers am NLWKN MP 1 einige Meter.

Das Neutronen Messgerät stand während der Messungen auf einem Messtisch von etwa einem 80 cm Höhe, um den Einfluss kleiner Unebenheiten sowie der Streuung im Boden zu reduzieren. Zudem sollten die Messungen in einer für die Menschen relevanten Höhe durchgeführt werden. Während der Messungen Nr. 1 bis 5 war es bewölkt, während Messungen Nr. 6 bis 11 sonnig.

Die Messdauer betrug zwischen 1500 und 1800 Sekunden. Die Länge der Messdauer wurde aus der Abwägung zwischen den beiden Zielsetzungen geringe Messunsicherheiten und große Anzahl von Messungen gewählt. In Tabelle 2 sind die Messergebnisse der Neutronen-Ortsdosisleistung zusammengefasst.

Tabelle 2: Neutronen-Ortsdosisleistung am Betriebsgelände EZN am 26.06.2013

Messung Nr.	Zeit	Messort	Messdauer [s]	Messwert [IPS]	Unsicherheit [%]	Unsicherheit [IPS]
1	12:24	Kanal, Nähe Lessing-Gymnasium	1800	0,008	25,8	0,002
2	13:12	Privatgrundstück Gieselweg	1800	0,007	28,9	0,002
3	13:47	NLWKN MP 3, nördlicher Zaun (Firmenparkplatz)	1500	0,030	14,9	0,004

4	14:14	ca. 20 m östlich von NLWKN MP 3	1500	0,023	16,9	0,004
5	14:45	ca. 40 m östlich von NLWKN MP 3	1500	0,018	19,2	0,003
6	15:15	NLWKN MP 7, südlicher Zaun (Feld)	1500	0,059	10,6	0,006
7	15:43	ca. 20 m westlich von NLWKN MP 7	1500	0,037	13,5	0,005
8	16:10	NLWKN MP 7	1500	0,059	10,6	0,006
9	16:52	NLWKN MP 3	1500	0,027	15,6	0,004
10	17:05	NLWKN MP 1, nordöstlicher Zaun (Eingang)	600	0,020	28,9	0,006
11	17:33	ca. 17 m von NLWKN MP 1 (Gieselweg)	1500	0,012	23,6	0,003

3.3 Ergebnisse der Messungen

Die gemessenen Neutronen-Ortsdosisleistungen setzen sich aus der Neutronenstrahlung aus dem Betriebsgelände und der Neutronen-Hintergrundstrahlung zusammen. Die Neutronen-Hintergrundstrahlung resultiert überwiegend aus kosmischer Strahlung (Höhenstrahlung) aus dem Weltall. Sie variiert großräumig mit geographischer Breite und Höhe sowie zeitlich mit der Sonnenaktivität und dem Luftdruck.

Messungen zur Neutronen-Hintergrundstrahlung konnten am 26. Juni 2013 aus Zeitgründen nicht erfolgen. Da diese relativ niedrig ist, sind lange Messzeiten erforderlich. Allerdings verfälscht deshalb der Hintergrundwert die Messergebnisse am Betriebsgelände nur unwesentlich. Anders ist es in der weiteren Umgebung des Betriebsgeländes. Dort wären genaue Hintergrundwerte erforderlich, um einen möglichen Beitrag aus dem Betriebsgelände zu bestimmen.

Einen orientierenden Neutronen-Hintergrundwert liefern die Messungen der Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) am Firmensitz Braunschweig. Der im September 2011 dort gemessene Wert betrug $0,0072 \pm 0,0003$ Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$). Daraus errechnet sich eine Neutronen-Jahresdosis von $0,0631$ mSv/a.

Weitere Orientierung können Messungen der Neutronen-Hintergrundstrahlung geben, die die Autorin dieses Berichts im Rahmen der Atommülltransporte ins oberirdische Zwischenlager Gorleben mit demselben Neutronen-Messgerät in Dannenberg durchführte. 2008 lag dort der ermittelte Neutronen-Hintergrundwert zwischen $0,006$ und $0,011$ $\mu\text{Sv/h}$, der Mittelwert bei $0,008 \pm 0,003$ $\mu\text{Sv/h}$. 2010 errechnete sich eine mittlere Dosisleistung von $0,01 \pm 0,0028$ $\mu\text{Sv/h}$. Die Einzelmessungen lagen zwischen $0,006$ und $0,014$ $\mu\text{Sv/h}$.

3.3.1 In der Umgebung

Im Bereich der Schule und des nah gelegenen Wohngrundstück lag die Dosisleistung bei $0,01 \pm 0,003$ $\mu\text{Sv/h}$ bzw. bei $0,009 \pm 0,003$ $\mu\text{Sv/h}$. Auch wenn die Messwerte über den Mittelwert der Messungen der PTB liegen, zeigt doch ein Vergleich mit den Messungen in Dannenberg, dass die Messwerte durchaus in der Brandbreite der gemessenen Hintergrundwerte liegen. Aufgrund der Entfernung zum Betriebsgelände ist – wenn überhaupt – nur eine sehr geringe Neutronenstrahlung zu erwarten. Aufgrund der Rahmenbedingungen der Messungen (relativ kurze Messdauer, keine Bestimmung des Neutronenhintergrunds) war eine Neutronenstrahlung aus dem Betriebsgelände im Rahmen des durchgeführten Messprogramms nicht nachweisbar.

3.3.2 Am Betriebsgelände

Die maximale gemessene und nach der derzeit gültigen deutschen Strahlenschutzverordnung ermittelte Neutronendosisleistung entspricht $0,075 \pm 0,008 \mu\text{Sv/h}$. Im Vergleich zum Neutronenhintergrundwert ist die Neutronenortsdosisleistung deutlich (etwa um einen Faktor zehn) erhöht. Diese wurde am NLWKN MP 7 gemessen, der sich am südlichen Betriebsgelände-Zaun am Feld befindet.

Der höchste gemessene Wert am Teil des Betriebsgelände-Zauns der an den Weg angrenzt, ist $0,036 \pm 0,008 \mu\text{Sv/h}$ (NLWKN MP 3).

Die stichprobenartige Kontrolle der Messorte zeigte, dass die NLWKN MP 3 und 7 höhere Neutronen-Ortsdosisleistungen aufwiesen als andere Stellen am Zaun. Eine systematische Untersuchung war allerdings im Rahmen des durchgeführten Messprogramms nicht möglich.

An der Straße vor dem Betriebsgelände (Gieselweg) war noch eine Neutronenortsdosisleistung von $0,015 \pm 0,004 \mu\text{Sv}$ messbar, die etwa dem 1,5 fachen des Hintergrundwerts entspricht.

In Tabelle 3 sind die berechneten Neutronen-Ortsdosisleistungen und die daraus berechnete Jahresdosis zusammengestellt. Hinsichtlich der Jahresdosis ist zu bedenken, dass jede Messung nur eine Dauer von etwa einer halben Stunde hatte, und so die Umrechnung auf eine Jahresdosis mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Das betrifft insbesondere geringe Ortsdosisleistungen.

Tabelle 3: Jahresdosis der Neutronenstrahlung aus Messung am 26.06.2013 (BISS)

Messung Nr.	Messort	Neutronen-Dosisleistung [$\mu\text{Sv/h}$]	Neutronen- Jahresdosis (8760 Stunden) [mSv/a]
1	Kanal, Nähe Lessing-Gymnasium	$0,010 \pm 0,003$	$0,089 \pm 0,023$
2	Privatgrundstück Gieselweg	$0,009 \pm 0,003$	$0,078 \pm 0,023$
3 und 9	NLWKN MP 3 , nördlicher Zaun (Firmenparkplatz)	$0,036 \pm 0,008$	$0,317 \pm 0,072$
4	ca. 20 m östlich von NLWKN MP 3	$0,029 \pm 0,005$	$0,256 \pm 0,043$
5	ca. 40 m östlich von NLWKN MP 3	$0,023 \pm 0,004$	$0,200 \pm 0,038$
6 und 8	NLWKN MP 7 , südlicher Zaun (Feld)	$0,075 \pm 0,008$	$0,656 \pm 0,070$
7	ca. 20 m westlich von NLWKN MP 7	$0,047 \pm 0,006$	$0,412 \pm 0,056$
10	NLWKN MP 1 , nordöstl. Zaun (Eingang)	$0,025 \pm 0,007$	$0,223 \pm 0,064$
11	ca. 17 m nördl. von NLWKN MP 1 (Gieselweg)	$0,015 \pm 0,004$	$0,134 \pm 0,032$

Es zeigt sich, dass ohne Anwendung der umstrittenen 2000-Stunden-Regel (siehe Kapitel 4.1) allein die Neutronen-Jahresdosis am NLWKN MP 7 dicht an den Grenzwert von 1 mSv/a herankommt.

3.3.3 Vergleich mit Messungen des Betreibers

Wie bereits erwähnt, misst das NLWKN die Neutronen-Ortdosisleistung (-ODL) in der Umgebung des Betriebsgeländes nicht. Der Betreiber misst die Neutronendosisleistung an drei Punkten am Zaun. An diesen Messpunkten wurde am 26. Juni 2013 im Auftrag der BISS Messungen der Neutronen-ODL durchgeführt.

In Tabelle 4 sind die vom Betreiber gemessenen Bruttowerte der Neutronenortsdosis der Jahre 2005 bis 2010 im Vergleich mit den 2013 im Auftrag der BISS gemessenen Werte zusammengestellt. Aktuellere Messwerte des Betreibers lagen der Autorin des Berichtes nicht vor.

In den veröffentlichten NLWKN-Jahresberichten sind diese Werte nicht aufgeführt. Für diesen Bericht sind diese Werte einer Antwort der Niedersächsischen Landesregierung auf eine „Kleine Anfrage“ entnommen [NDSL 2012].

Tabelle 4: Vergleich der Neutronendosis 2013 (BISS) und 2005-2010 (Betreiber)

NLWKN MP	Jahresdosis Neutronenstrahlung [mSv/a]							BISS 2013
	Betreiber						2013	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
1	0,07	0,11	0,05	0,10	0,06	0,00	0,223 ± 0,064	
3	0,38	0,40	0,34	0,35	0,16	0,21	0,317 ± 0,072	
7	1,19	0,90	0,94	0,86	0,43	0,47	0,656 ± 0,070	

Das Ergebnis lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Vergleich mit den Messwerten des Betreibers zeigt, dass die gemessenen Werte an allen drei Messpunkten deutlich über den Messwerten der Jahre 2009 und 2010 liegen.
- An den NLWKN MP 3 und 7 hatte der Betreiber in den Jahren 2005 bis 2008 höhere Werte gemessen als im Rahmen der BISS-Messungen in 2013.
- An NLWKN MP 1 war bisher vom Betreiber in den Jahren 2005 bis 2010 kein derart hoher Wert gemessen worden wie im Rahmen der BISS-Messungen in 2013. Da könnte auch daran liegen, dass die Messungen einige Meter entfernt zur Messkugel des Betreibers stattfand, während die Messungen an den NLWKN MP 3 und 7 in unmittelbarer Nähe zu den Messgeräten des Betreibers durchgeführt werden konnten.

3.3.4 Gammastrahlung

Die Gammastrahlung wurde mit dem tragbaren digitalen Messgerät RadEye PRD-ER gemessen. Dieses Gerät weist eine extrem hohe Empfindlichkeit speziell für niederenergetische Gammastrahlung auf. Es hat bei dieser Strahlung eine überproportional hohe Zählrate (counts per second – cps), andererseits ist aber gerade deshalb keine direkt verwertbare Messung möglich. Nach telefonischer Auskunft der Herstellerfirma (ThermoScientific) ist dieses Gerät daher nicht eichfähig.

Aus diesem Grund wurde von den beiden Mitgliedern der Bürgerinitiative BISS am 28. August 2013 eine zweite Messung mit einem geeichten Gerät (Berthold LB133) durchgeführt. Dabei wurde sich auf die beiden Messorte konzentriert, bei denen im 26. Juni 2013 besonders hohe Werte gemessen wurden. Die Ergebnisse dieser Messungen sind an anderer Stelle dokumentiert.

Da aus den beschriebenen Gründen keine belastbaren Werte für alle Messpunkte vorliegen, werden hier nur die Ergebnisse (Tabelle 5) aufgelistet, für die am 27.08.2013 eine Kontrollmessung erfolgte.

Da die Messwerte für das Jahr 2013 nicht vorliegen, wird im Folgenden wie vom Betreiber ein fester Untergrundwert von 0,5 mSv/a von den gemessenen Bruttowerten abgezogen. Es muss nochmal daraufhin gewiesen werden, dass die gemessenen Werte für die Gammastrahlung nur als Orientierung dienen können.

Tabelle 5: Vergleich der Gamma-Jahresdosen 2013 (BISS) und 2011 (NLWKN)

Messort	Messung 26.06.2013		Messung 27.08.2013		NLWKN Messung 2011	
	Jahresdosis [mSv/a]	Jahresdosis (2000h) [mSv/a]	Jahresdosis [mSv/a]	Jahresdosis (2000h) [mSv/a]	Jahresdosis [mSv/a]	Jahresdosis (2000h) [mSv/a]
ca. 20 m westlich von NLWKN MP 7	3,0	0,69	2,48±0,70	0,57±0,16	-	-
NLWKN MP 7	0,81	0,19	0,99±0,35	0,23±0,08	0,74±0,134	0,17±0,031

Ohne Anwendung der 2000-Stunden Regel ist die errechnete Jahresdosis der Gammastrahlung auf Grundlage der Messungen der BISS in 2013 am NLWKN MP 7 sehr dicht am Grenzwert und am zweiten Messort sogar deutlich über dem Grenzwert.

3.3.5 Jahresdosis

Es soll im Folgenden für die beiden Messorte, an denen sowohl Gammastrahlung als auch Neutronenstrahlung gemessen wurde, die Jahresdosen aus Direktstrahlung aus dem Betriebsgelände ermittelt werden. Dazu wird der Mittelwert der Gammastrahlung verwendet.

Tabelle 6: Jahresdosis aus Neutronen- und Gammastrahlung am NLWKN MP 7

Messort	Jahresdosis [mSv/a]			Jahresdosis nur 2000 Stunden [mSv/a]		
	Gammastrahlung	Neutronenstrahlung	Gesamt	Gammastrahlung	Neutronenstrahlung	Gesamt
ca. 20 m westlich von NLWKN MP 7	2,74±1,07	0,412±0,056	3,15±1,13	0,63±0,24	0,094±0,013	0,72±0,26
NLWKN MP 7	0,90±0,47	0,656±0,070	1,56±0,54	0,21±0,11	0,15±0,016	0,36±0,12

Es zeigt sich, dass ohne die Anwendung der 2000 Stunden Regel an beiden Messorten der Grenzwert von 1 mSv/a überschritten wird.

Es zeigt sich auch, dass am NLWKN MP 7 die Neutronenstrahlung einen großen Anteil (42 %) an der Gesamtdosis hat.

In der folgenden Tabelle wird die Jahresdosis aus den gemessenen Neutronendosisleistungen an den NLWKN MP 1, 3 und 7 und – da keine eigenen Messungen vorliegen – mit den Messungen der Gammastrahlung des NLWKN aus den Jahren 2011 gebildet.

Tabelle 7: Jahresdosis aus Neutronen- und Gammastrahlung an NLWKN MP 1, 3, 7

Messort	Jahresdosis [mSv/a]			Jahresdosis nur 2000 Stunden [mSv/a]		
	Gammastrahlung	Neutronenstrahlung	Gesamt	Gammastrahlung	Neutronenstrahlung	Gesamt
NLWKN MP 1	0,09±0,016	0,22±0,064	0,31±0,080	0,02±0,004	0,05±0,015	0,07±0,018
NLWKN MP 3	0,57±0,102	0,32±0,072	0,89±0,174	0,13±0,023	0,07±0,016	0,20±0,040
NLWKN MP 7	0,74±0,134	0,66±0,070	1,40±0,204	0,17±0,031	0,15±0,016	0,32±0,046

Auch diesen hilfsweise konstruierten Jahresdosen zeigen, dass ohne Anwendung der 2000-Stunden Regel die Strahlendosis für den NLWKN-MP 7 deutlich über dem Grenzwert von 1 mSv/a liegt und für den MP 3 dicht an diesen heranreicht.

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Unzulässige Anwendung der 2000-Stunden-Regel

Die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) enthält zum Schutz des Menschen und der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung Grundsätze und Anforderungen für Vorsorge- und Schutzmaßnahmen. Laut § 46 „Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung“ Absatz (1) beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis für den Schutz von Einzelpersonen der Bevölkerung ein Milli-Sievert im Kalenderjahr (1 mSv/a). Nach Absatz (3) richten sich die für die Strahlenexposition aus Direktstrahlung maßgeblichen Aufenthaltszeiten nach den räumlichen Gegebenheiten der Anlage oder des Standortes. Liegen keine begründeten Angaben für die Aufenthaltszeiten vor, ist Daueraufenthalt anzunehmen.

Dieser Paragraph ist nach Auffassung des Strahlenschutzexperten Wolfgang Neumann nur dahin gehend zu interpretieren, dass eine Ausnahme von dem zu unterstellenden Daueraufenthalt nur gerechtfertigt ist, wenn faktisch eine derartige Aufenthaltszeit räumlich nicht möglich ist. Dieses ist aber am Betriebsgelände EZN nicht der Fall.

Dennoch ist es nach Auffassung des Betreibers gerechtfertigt, von einer maximalen Aufenthaltsdauer von 2000 Stunden pro Kalenderjahr auszugehen. Begründung: an der Grenze des umzäunten Betriebsgeländes ist eine lückenlose Überwachung gegeben, sodass der Aufenthalt von Personen sofort festgestellt werden kann.

Die Bürgerinitiative BISS hat mehrfach darauf hingewiesen, dass die von EZN angewendete 2000-Stunden-Regel nach StrlSchV unzulässig und damit gesetzeswidrig ist. Nur damit werden die gemessenen Jahresdosen wieder herunter gerechnet, so dass sie unter dem Grenzwert bleiben.

4.2 Ignorieren der Grundsätze des Strahlenschutzes

Die grundsätzliche Kritik der Bürgerinitiative an den Strahlenwerte am Zaun ist auch unabhängig von der Kritik an der 2000 Stunden-Regel nicht unbegründet. Auch wenn der Grenzwert von 1 mSv/a formal eingehalten wird, widerspricht es den Grundsätzen des Strahlenschutzes und der Strahlenschutzverordnung, den Grenzwert als alleinigen Maßstab für die Bewertung anzusetzen. Denn eine Einhaltung der Grenzwerte ist nicht gleichzusetzen mit einer Ungefährlichkeit der Strahlung. Bei der stochastischen (zufallsbedingten) Strahlenwirkung wird derzeit davon ausgegangen, dass es keine Schwellendosis gibt: Auch kleine

Strahlendosen können Zellveränderungen verursachen, die z.B. zu genetischen Veränderungen führen. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit für Schäden bei geringen Dosen deutlich kleiner als bei höheren Dosen.

Neuere Untersuchungen zeigen, dass – ohne Überschreitung der Grenzwerte – in der Umgebung von Atomanlagen vermehrt Krebserkrankungen auftreten. Die KIKK-Studie aus dem Jahr 2007 [BFS 2007] zeigt z.B. einen Zusammenhang zwischen der Entfernung des Wohnorts zum Atomkraftwerk und dem Auftreten von Leukämie bei Kindern. Der Befund lässt sich mit bisherigem Wissen über die Wirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Organismus nicht erklären. Daraus folgt jedoch nicht zwangsläufig, dass niedrigdosierte ionisierende Strahlung nicht die Ursache der Krebserkrankungen ist. Daraus folgt eher, dass die Wissenslücken im Gebiet der Strahlenwirkung heute noch groß sind.

Gerade die biologische Wirksamkeit der Neutronenstrahlung ist in der Vergangenheit Gegenstand wissenschaftlicher Kontroversen gewesen. Es ist nach wie vor nicht auszuschließen, dass die Neutronenstrahlung eine stärker schädigende Wirkung hat, als momentan für die Berechnung der Strahlendosis vorausgesetzt wird (siehe unten).

Eine Dosisleistung bis nahe an den zurzeit gültigen Grenzwert heran ist aufgrund der Wissenslücken zur biologischen Wirkung von Strahlung einerseits und der Befunde in der Umgebung von Atomanlagen andererseits nicht vertretbar. Im Gegenteil, eine angemessene Reaktion wäre eine Verringerung der Dosisleistung. Dies umzusetzen wäre Aufgabe des Staates, so sieht es auch das System des Strahlenschutzes vor, das auf den Grundsätzen „Rechtfertigung“, „Dosisbegrenzung“ und „Minimierung“ basiert. [BFS 2004]

4.3 Unterschätzung der RBW von Neutronenstrahlung

Die Wirkung ionisierender Strahlung auf lebendes Gewebe – die Art und Anzahl der in den Zellen erzeugten Strahlenschäden – hängt u.a. von Art und Energie der Strahlung ab. Bei gleicher Energiedosis ist die biologische Wirkung der Neutronenstrahlung deutlich höher als die der Gammastrahlung.¹ Sogenannte Strahlenwichtungsfaktoren spiegeln die relative biologische Wirksamkeit (RBW) wieder. Für Röntgen- und Gammastrahlung mit einer Energie von 200 kV ist ein Strahlungswichtungsfaktor von 1 definiert. Laut zurzeit gültiger Strahlenschutzverordnung wird der Wichtungsfaktor für Neutronenstrahlung durch eine Stufenfunktion beschrieben, er liegt (in Abhängigkeit von der Energie) bei 5 bis 20.²

Bei den Strahlenwichtungsfaktoren und der daraus berechneten Strahlendosis in Sievert (Äquivalentdosis)³ ist zu beachten, dass es sich nicht um physikalische Messgrößen handelt. Es sind lediglich Abschätzungen, die vor allem aus Experimenten und aus Auswertungen gesundheitlicher Folgen bei den Überlebenden der Atombombenabwürfe ermittelt worden sind. Diese Abschätzungen dienen dazu, das schwer zu quantifizierende Strahlungsrisiko rechnerisch zu erfassen. Die Strahlungswichtungsfaktoren, die auf Basis der wissenschaftlich ermittelten RBW festgelegt wurden, können sich also mit neuen Erkenntnissen ändern.⁴

Insgesamt gibt es noch viele Unsicherheiten hinsichtlich der RBW von Neutronenstrahlung. Die Ermittlung der RBW von Neutronen wird z.B. dadurch beeinflusst, ob 200-kV-Röntgen- oder ⁶⁰Co-Gammastrahlung als Referenzstrahlung verwendet wird. Denn diese beiden Strahlenarten unterscheiden sich in ihrer biologischen Wirksamkeit erheblich. Die durch den Ab-

¹ Wegen des größeren linearen Energietransfers (Energieabgabe eines ionisierenden Teilchens an die durchstrahlte Materie). Neutronen sind in der Lage, ihre Energie über Stöße optimal auf die etwa gleich schweren Wasserstoffkerne zu übertragen und sie dabei aus ihren chemischen Bindungen zu entfernen. Da Organismen vorwiegend aus Wasserstoffverbindungen aufgebaut sind, verursachen Neutronen besonders schwere Strahlenschäden.

² In der ICRP 103 (2007) sind die Strahlungswichtungsfaktoren für Neutronen durch eine kontinuierliche Funktion in Abhängigkeit von der Energie ersetzt.

³ Sie errechnet sich aus der Multiplikation der Energiedosis mit dem Strahlungswichtungsfaktor.

⁴ Das war in der Vergangenheit bereits der Fall.

wurf der Atombomben freigesetzte Strahlung entsprach in etwa der Gammastrahlung von ^{60}Co , dementsprechend wird diese meist als Referenzstrahlung verwendet [KRUMREY 2005].

Zudem sind laut eines Forschungsberichts des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) viele der bisherigen Untersuchungen zur RBW aus wissenschaftlicher Sicht mit methodischen Mängeln behaftet. So stammen z.B. die verwendeten biologischen Proben von unterschiedlichen Personen, die eine unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit besitzen können, oder es treten große Unsicherheiten bei der Bestimmung der erhaltenen Dosis auf. Beide Effekte führen zu einer großen Streuung der ermittelten Werte für die RBW [BFS 2009].

Insgesamt ist nicht auszuschließen, dass von einer erheblich höheren Gefährdung durch Neutronen auszugehen ist. Die Wissenschaftlerin Schmitz-Feuerhake z.B. schlussfolgert nach der Auswertung zahlreicher Forschungsergebnisse, dass die Unterschätzung der Neutronendosis erheblich ist. Einen Strahlenwichtungsfaktor von bis zu 90 hält sie für wissenschaftlich gut begründet [SCHMITZ-FEUERHAKE 2009]. Damit wäre die Jahresdosis an allen drei NLWKN Messpunkten überschritten, am NLWKN MP 7 selbst bei einer „Jahresdosis“ aus nur 2000 Stunden.

Die Strahlenschutzkommission (SSK), die die Bundesregierung in Fragen des Strahlenschutzes berät, berichtete im Jahr 2000 von wissenschaftlichen Ergebnissen, die in Richtung höherer Wichtungsfaktoren deuten. Sie kam damals bei der Bewertung des Risikos durch Neutronenstrahlung jedoch insgesamt zum Schluss, dass eine erneute Heraufsetzung der in der Strahlenschutzverordnung festgesetzten Faktoren nicht erforderlich sei. Die SSK stellte fest, dass sich die Unsicherheiten allenfalls im Bereich von 30 Prozent bewegen und dass auch künftig geprüft werden sollte, ob neue Erkenntnisse zur Modifikation Anlass geben könnten [SSK 2000]. Ob seit der Empfehlung der SSK eine Überprüfung erfolgte – und wie gegebenenfalls das Ergebnis war – ist nicht bekannt. Veröffentlicht hat die SSK zu diesem Thema seither keine weiteren Beiträge.

Zu betonen ist, dass die RBW nur eine von vielen ungeklärten Fragestellungen im Bereich ionisierender Strahlung ist. Das strahlenbiologische Wissen im Bereich niedriger Strahlung ist ebenfalls lückenhaft. Konsequenter muss daher jede unnötige Strahlendosis vermieden, bzw. auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich gehalten werden – so ist es in der Strahlenschutzverordnung auch vorgesehen. Eine Annäherung an den Grenzwert bzw. das „Erreichen“ des Grenzwerts, ist angesichts der Unsicherheiten bei den Strahlenwichtungsfaktoren nicht gerechtfertigt.

5 Fazit

Die Dosisleistung am Betriebsgelände-Zaun von EZN bleibt nur wegen Anwendung der umstrittenen 2000-Stunden Regel im Rahmen der Grenzwerte. Dies verstößt gegen die Strahlenschutzverordnung.

Außerdem existieren am Zaun Bereiche, an denen die Neutronenstrahlung einen bedeutenden Anteil an der Gesamtstrahlung hat. Falls aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse der biologische Wichtungsfaktor für Neutronenstrahlung angehoben werden müsste, wäre dort der Grenzwert vermutlich selbst bei Anwendung 2000-Stunden Regel überschritten.

Da insgesamt das strahlenbiologische Wissen noch lückenhaft ist, muss daher jede unnötige Strahlendosis vermieden, bzw. auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich gehalten werden – so ist es in der Strahlenschutzverordnung auch vorgesehen. Dieses vom Betreiber einzufordern ist Aufgabe der Aufsichtsbehörde!

Es wird daher empfohlen, dass die Aufsichtsbehörde eine Senkung der Direktstrahlung aus dem Betriebsgelände, insbesondere der Neutronenstrahlung, fordert. Weiterhin wird empfohlen, dass die Aufsichtsbehörde Messungen der Neutronenstrahlung beauftragt, auch im Bereich der Schule und des Wohngebiets.

6 Quellen

- BFS 2004: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Jahresbericht 2004;
www.bfs.de/de/bfs/druck/jahresberichte/jb2004_kompl.pdf
- BFS 2007: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie); 2007;
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100317939>
- BFS 2009: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Ressortforschungsbericht zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz – Bestimmung der RBW für hochenergetische, quasi monoenergetische Photonenstrahlung und hochenergetische Neutronenstrahlung, Vorhaben 3605S04499, Auftragnehmer: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig; Salzgitter, Dezember 2009
- KRUMREY 2005: Krumrey, M.: Bestimmung der relativen biologischen Wirksamkeit von Röntgenstrahlung; Sonderdruck aus PTB-Mitteilungen 115 (2005), Heft 3
- NDSL 2012 Niedersächsischer Landtag – 16. Wahlperiode Antwort auf die Kleine Anfrage mit der Abgeordneten Ursula Weisser-Roelle (LINKE), eingegangen am 20.12.2011: Welche Gefährdung durch radioaktive Strahlung ergibt sich aufgrund der Tätigkeit des Unternehmens Eckert & Ziegler für die Anwohner? Drucksache 16/4661 Hannover, den 29.03.2012
- NLWKN 2011: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Ergänzende Überwachung nach §46 StrlSchV am Standort Braunschweig, Gieselweg; Jahresbericht 2011
- SCHMITZ-FEUERHAKE 2009: Schmitz-Feuerhake, I.: Neutronen als Strahlenschutzproblem bei Atommülltransporten, Strahlentelex Nr. 532-533; 2009
- SSK 2000: Strahlenschutzkommission: Bewertung des Risikos durch Neutronenstrahlung – Empfehlung; verabschiedet auf der 170. Sitzung der SSK am 07. Dezember 2000