



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Überwachung nach der Richtlinie zur
Emissions- und Immissionsüberwachung
kerntechnischer Anlagen (REI)

Standortzwischenlager Lingen

Jahresbericht 2024

Immissionsüberwachung



Niedersachsen

Aufsichtsbehörde Atomrecht:

Niedersächsisches Ministerium für
Umwelt, Energie und Klimaschutz
Archivstr. 2
30169 Hannover

Auftrag:

Erlass vom 13.12.2002, Az.: 43 – 40518/4/5

Zulassungsbehörde Wasserrecht:

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Geschäftsbereich 6: Wasserwirtschaftliche Zulassungsverfahren
Göttinger Chaussee 76 A
30453 Hannover

Rechtliche Grundlage:

Wasserrechtliche Erlaubnis der Stadt Lingen vom 05.05.2000, Az.: 6611/eg

Herausgeber:

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung	1
2	Messprogramm zur Umgebungsüberwachung	2
2.1	Allgemeines	2
2.2	Tabellen zum Messprogramm	3
2.3	Darstellungen der Messpunkte und Probenahmeorte	5
3	Durchführung des Messprogramms	11
3.1	Messungen und Probennahme	11
3.1.1	Gamma-Ortsdosis	11
3.1.2	Neutronen-Ortsdosis	11
3.1.3	Grundwasser	11
3.2	Messverfahren	11
3.2.1	Thermolumineszenzdosimetrie	11
3.2.2	Gammaspektrometrie	12
3.2.3	Flüssigszintillationsspektrometrie	12
3.3	Qualität der Messungen	13
4	Bewertung der Messergebnisse	14
4.1	Zusammenfassende Bewertung	14
4.2	Bewertung der einzelnen Bestimmungen	14
4.2.1	Gamma-Ortsdosis	15
4.2.2	Neutronen-Ortsdosis	16
4.2.3	Grundwasser	17
5	Messergebnisse	18
5.1	Gamma-Ortsdosis	18
5.2	Neutronen-Ortsdosis	21
5.3	Grundwasser	24
6	Tabellenverzeichnis	26
7	Abbildungsverzeichnis	26
8	Literaturverzeichnis	27

1 Veranlassung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) führt als unabhängige Messstelle beim Standortzwischenlager (SZL) Lingen ein Programm zur Umgebungsüberwachung durch. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im Dezember 2002.

Die Beauftragung zur Immissionsüberwachung des Luftpfades nach Atomrecht erfolgte mit Erlass des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 13.12.2002 (Az.: 43 – 40518/4/5) /1/. Die Messungen wurden bzw. werden nach Vorgaben der Aufsichtsbehörde auf Grundlage der REI /6/ in der jeweils geltenden Fassung durchgeführt.

Gemäß Auftrag der Stadt Lingen (Ems) vom 05.05.2000 (Az.: 6611/eg) /2/ wird die wasserrechtliche Beweissicherung des Grundwassers seit 2002 vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie (NLÖ) bzw. von der Nachfolgebehörde NLWKN durchgeführt. Die Messungen wurden 2003 begonnen und bis heute fortgeführt. Sie wurden bzw. werden nach Vorgaben der Zulassungsbehörde auf Grundlage der REI /6/ in der jeweils geltenden Fassung durchgeführt.

Der vorliegende Bericht behandelt die atomrechtliche und wasserrechtliche Umgebungsüberwachung des auf dem Gelände des Kernkraftwerkes befindlichen Trockenlagers. Der Inhalt erstreckt sich auf die ergänzenden Maßnahmen gemäß Anhang C der REI /6/. Maßnahmen die sich auf das Trockenlager und das Kernkraftwerk beziehen, sind dem Jahresbericht der Immissionsüberwachung des Kernkraftwerkes Emsland zu entnehmen.

Die Durchführung und Bewertung der Messungen finden unter Berücksichtigung folgender Regelwerke statt:

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) /3/
- Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) /4/
- Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) /5/
- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) /6/
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG) /7/
- Niedersächsische Wassergesetz (NWG) /8/

Die Dokumentation und Berichterstattung an die Aufsichtsbehörden erfolgt gemäß REI /6/.

2 Messprogramm zur Umgebungsüberwachung

2.1 Allgemeines

Die Festlegung des Überwachungsprogramms erfolgte in Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden auf Grundlage der REI /6/. Der innerhalb der aktuellen REI eingeführte Begriff des Strahlenschutzverantwortlichen entspricht dem des Genehmigungsinhabers.

Die eingesetzten Mess- und Probenahmeverfahren erfolgen auf Grundlage der „Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung“ /9/.

Das Programm zur Umgebungsüberwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb ist in der Tab. 2-1 aufgeführt. Die Karten zur Darstellung der Messpunkte und Probenahmeorte sind in den Abb. 2-1 und Abb. 2-2 dargestellt.

Für den Störfall/Unfall sind neben den Verfahren für die Umgebungsüberwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb zusätzliche Probenahme- und Messverfahren vorzusehen. Die zusätzlichen Maßnahmen zur Überwachung der Umgebung der Anlage im Störfall/Unfall sind in Tab. 2-2 aufgeführt. Die Karten zur Darstellung der Messpunkte und Probenahmeorte sind in den Abb. 2-3 und Abb. 2-4 dargestellt. Die Gamma-Ortsdosis-Messpunkte sind identisch mit denen des Kernkraftwerkes Emsland.

2.2 Tabellen zum Messprogramm

Tab. 2-1: Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung der Umgebung im bestimmungsgemäßen Betrieb (REI-Tabelle C.1.2, C.2.2)

Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung des SZL Lingen im bestimmungsgemäßen Betrieb (REI-Tabelle C.1.2, C.2.2)						
Prog.-punkt	überwachter Umweltbereich mit Kennziffer (xx)	Art der Messung, Messgröße	Erforderliche Nachweisgrenze	Probenahme- bzw. Messorte	Art und Häufigkeit der Probenahme und der Messungen	Bemerkungen
C1.2: 1.	Luft (01):					
C1.2: 1.1	Gammastrahlung	Gamma-Ortsdosis	0,1 mSv im Jahr ¹⁾	4 Festkörperdosimeter am Betriebsgeländezaun	Der Dosimeterwechsel erfolgt halbjährlich. Die Halbjahreswerte werden addiert und auf das Kalenderjahr normiert. jährliche Auswertung	Überwachung der Dosisbeiträge aus der Direktstrahlung der Anlage Dosimeter Z 1, Z 2, Z 4 und Z 12 aus der Überwachung des KKE
C1.2: 1.2	Neutronenstrahlung	Neutronen-Ortsdosis	0,1 mSv im Jahr ¹⁾	4 Festkörperdosimeter am Betriebsgeländezaun 1 Festkörperdosimeter als Referenzdosimeter		Überwachung der Dosisbeiträge aus der Direktstrahlung der Anlage
C2.2: 6.2	Grundwasser (10)	Gammastrahlung	0,05 Bq/l bezogen auf Co-60	SZL-Lingen Brunnen BZL5	vierteljährliche Entnahme von Stichproben mit anschließender Auswertung	
		H-3	10 Bq/l			

¹⁾ bezogen auf die Zusatzdosis (= anlagenbedingter Ortsdosisbeitrag, d.h. Ortsdosis abzüglich Untergrunddosis)

Tab. 2-2: Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung der Umgebung im Störfall/Unfall (REI-Tabelle C.1.4)

Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung des SZL Lingen im Störfall/Unfall (REI-Tabelle C.1.4)						
Prog.-punkt	überwachter Umweltbereich mit Kennziffer (xx)	Art der Messung, Messgröße	erforderliche(r) Nachweisgrenze/ Messbereichsendwert	Probenahme- bzw. Messorte	Art und Häufigkeit der Probenahme und der Messungen	Bemerkungen
1.	Luft (01):					
1.1	äußere Strahlung	Gamma-Ortsdosisleistung	50 nSv/h	je ein Messort in den Sektoren der weiteren Umgebung nach REI Abbildung C.1.1	Kurzzeitmessungen/ halbjährliches Training in jeweils drei Sektoren	
		Gamma-Ortsdosis	0,1 mSv ¹⁾	12 Festkörperdosimeter an ausgewählten Orten in den Sektoren der weiteren Umgebung nach REI Abbildung C.1.1	Einsammeln der Dosimeter im Ereignisfall bzw. halbjährliche Auswertung	Beim Einsammeln der Dosimeter ist jeweils ein neues Dosimeter auszulegen.
1.2	Luft / an Schwebstoffengebundene radioaktive Stoffe (Aerosole)	durch Gammaspektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration einzelner Radionuklide	20 Bq/m ³ bezogen auf Co-60	Probenahmeorte wie Prog.-punkt 1.1	10 Minuten Sammelzeit mit anschließender Auswertung/ halbjährliches Training an wechselnden Messorten	
2.	Boden/Oberfläche (03):					
2.1	Bodenoberfläche	Kontaminationsdirektmessung durch In-situ-Gammaspektrometrie	200 Bq/m ² bezogen auf Co-60	6 Messorte in der unmittelbaren Umgebung und je 1 Messort in den Sektoren der weiteren Umgebung nach REI Abbildung C.1.1	Kurzzeitmessungen/ halbjährliches Training an 1 Messort in der unmittelbaren Umgebung und 2 Messorten in der weiteren Umgebung nach REI Abbildung C.1.1	
3.	Pflanzen/Bewuchs (04):					
3.1	Bewuchs	durch Gammaspektrometrie ermittelte spezifische Einzelradionuklidaktivität	0,5 Bq/kg bezogen auf Co-60 und TM ²⁾	Probenentnahmeorte wie Prog.-punkt 2.1	Stichproben mit anschließender Auswertung/ jährliches Training an den Probenahmeorten wie Prog.-punkt 2.1	

Zur Vereinheitlichung der Berichterstattung innerhalb der Messprogramme nach REI /6/ und IMIS /10/ werden K-40-Werte der Gammaspektrometrie ausgewiesen. Die berichteten K-40-Werte besitzen keinerlei Aussagekraft zur Beurteilung von Immissionen.

¹⁾ bezogen auf die Zusatzdosis (= anlagenbedingter Ortsdosisbeitrag, d.h. Ortsdosis abzüglich Untergrunddosis)

²⁾ TM = Trockenmasse

2.3 Darstellungen der Messpunkte und Probenahmeorte

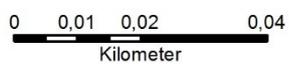


Abb. 2-1: Gamma-Ortsdosis-Messpunkte (MP Z 1, Z 2, Z 4 und Z 12) an der Betriebsgeländegrenze



Legende

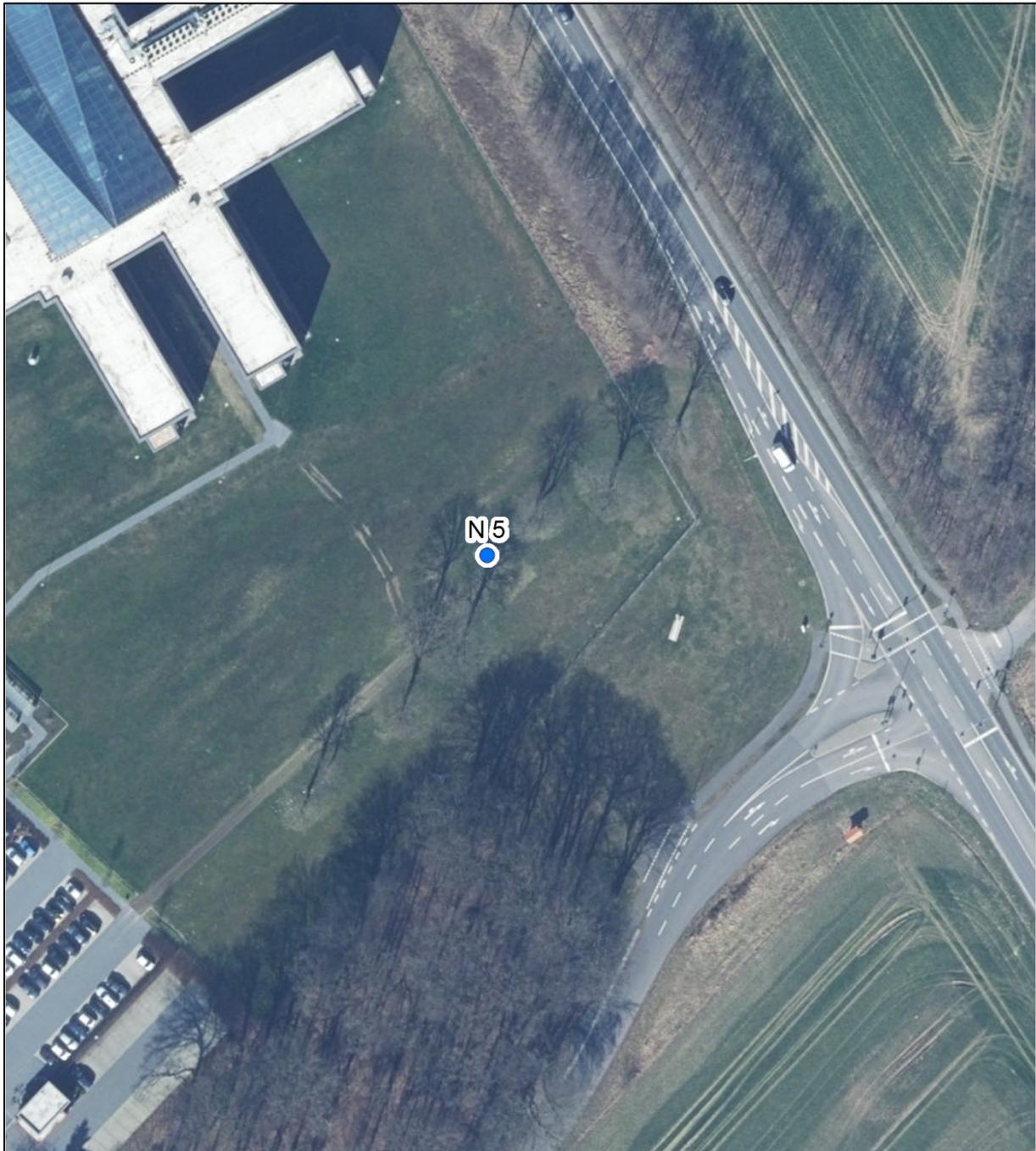
● Neutronen-TLD



Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

© 2018  LGLN

Abb. 2-2: Neutronen-Ortsdosis-Messpunkte (MP N 1 bis N 4) an der Betriebsgeländegrenze



Legende

- Neutronen-TLD



0 0,01 0,02 0,04
Kilometer

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

© 2018  LGLN

Abb. 2-3: Neutronen-Ortsdosis-Messpunkt (MP N 5; Neutronen-Referenzort auf dem Messhausdach in Estringen in ca. 2,1 km Entfernung)



Legende

● Probenahme Grundwasser



0 0,03 0,06 0,12
Kilometer

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

© 2023  LGLN

Abb. 2-4: Probenahmeort für Grundwasserproben (Brunnen BZL5)

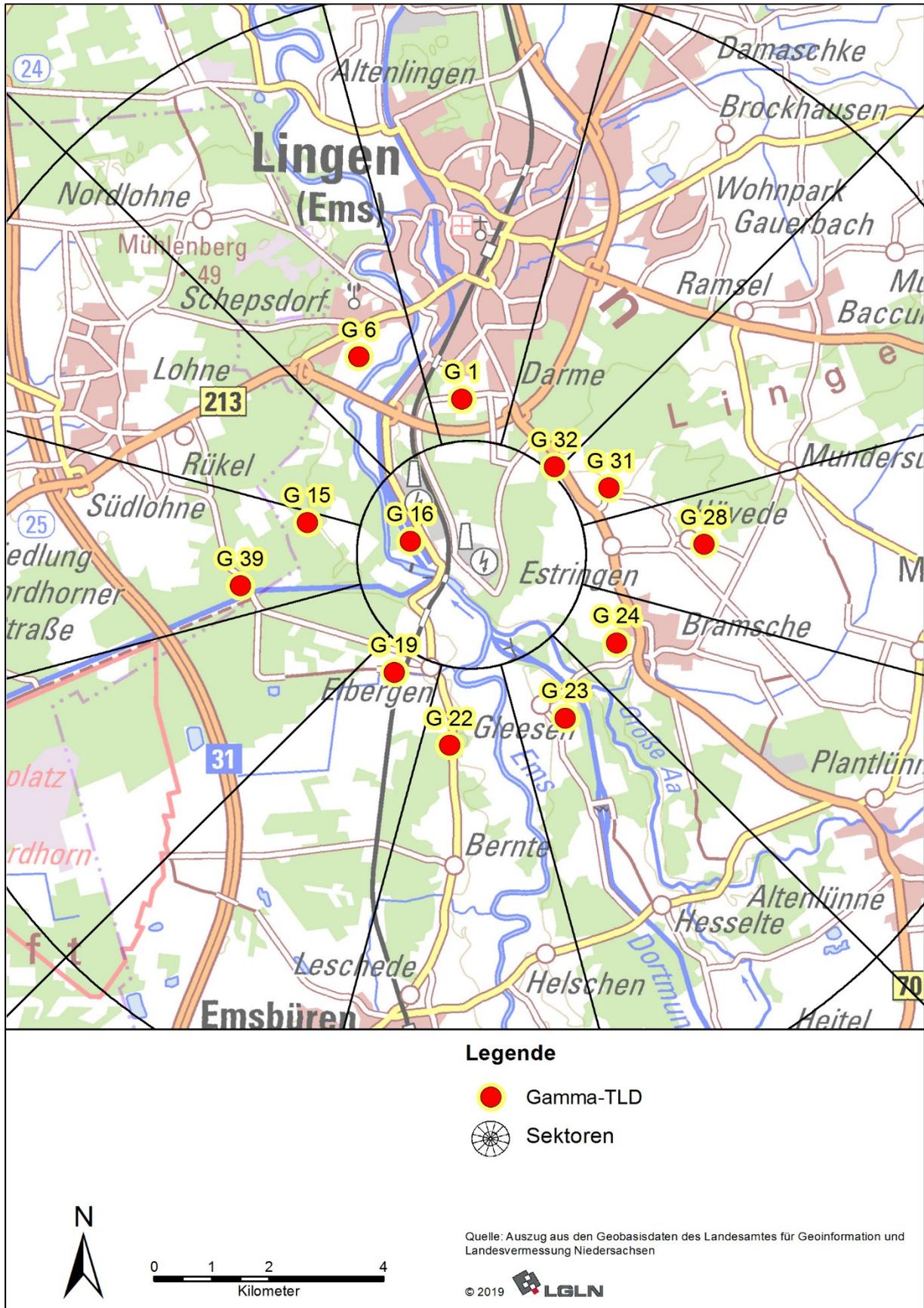


Abb. 2-5: Gamma-Ortsdosis-Messpunkte im Störfall/Unfall (MP G 1, G 6, G 15, G 16, G 19, G 22 bis 24, G 28, G 31, G 32, G 39)

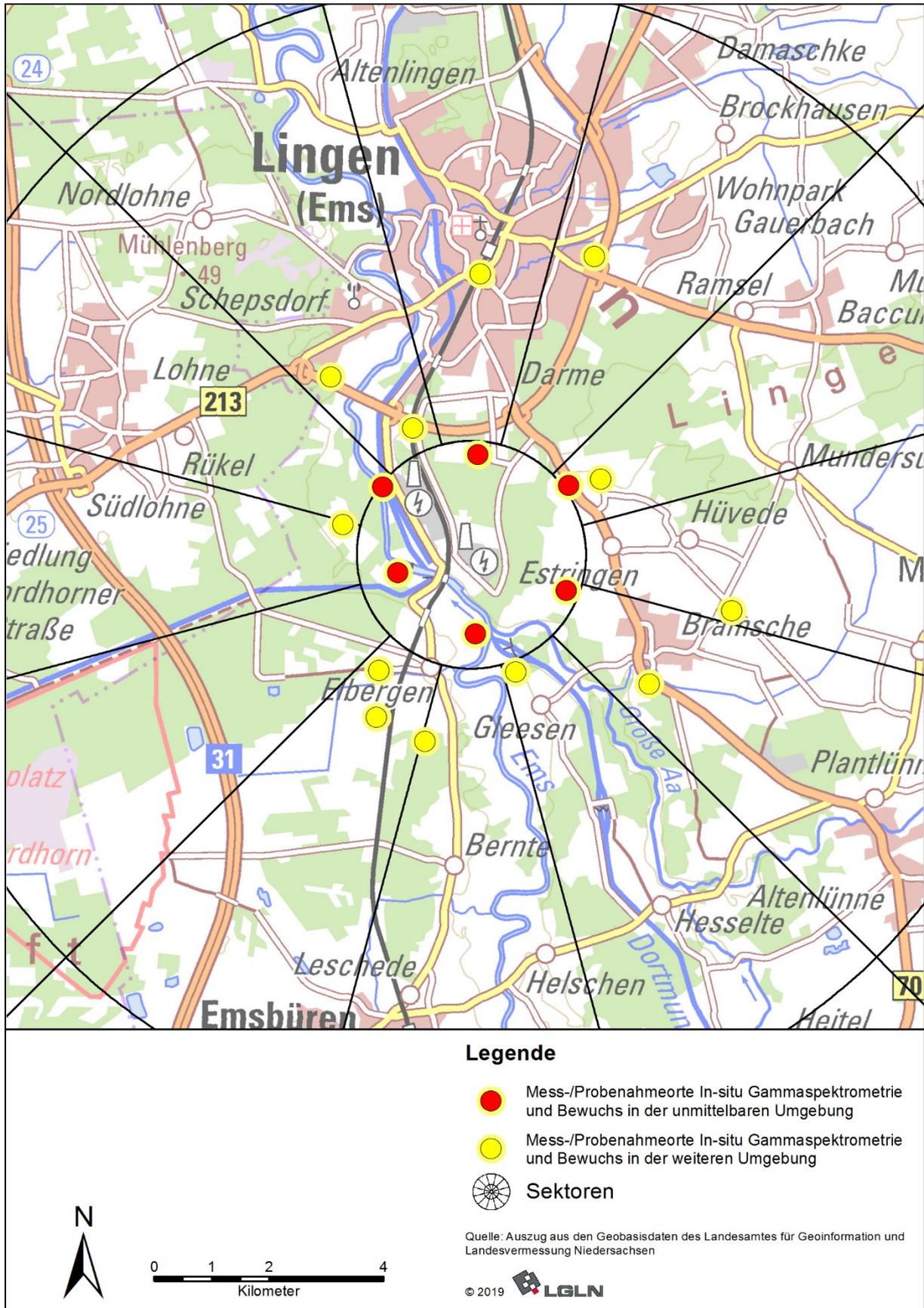


Abb. 2-6: Messpunkte und Probenahmeorte im Störfall/Unfall

3 Durchführung des Messprogramms

3.1 Messungen und Probennahme

3.1.1 Gamma-Ortsdosis

Zur Ermittlung der Gamma-Ortsdosis werden an 4 Messpunkten am Zaun des Betriebsgeländes (MP) Thermolumineszenzdosimeter (TLD) eingesetzt (MP Z 1, MP Z 2, MP Z 4 und MP Z 12; siehe Abb. 2-1).

Die Handhabung der TLD erfolgt in Eigenregie des NLWKN. Die TLD werden halbjährlich gewechselt, die Messwerte aufaddiert und jeweils auf ein Kalenderjahr normiert. Die Gamma-Ortsdosis wird als Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ angegeben. Im Berichtszeitraum erfolgten die Messungen programmgemäß.

3.1.2 Neutronen-Ortsdosis

Zur Ermittlung der Neutronen-Ortsdosis werden an insgesamt 5 MP TLD eingesetzt. Von diesen TLD befinden sich 4 am Zaun des Betriebsgeländes (MP N 1 bis MP N 4; siehe Abb. 2-2) und 1 als Referenz ca. 2,1 km westlich der Anlage auf dem Dach des Messhauses in Estringen (MP N 5; siehe Abb. 2-3).

Die Vorbereitung und Auswertung der Dosimeter erfolgt durch die Firma Mirion Medical GmbH. Die sonstige Handhabung der TLD erfolgt durch den NLWKN. Die TLD werden halbjährlich gewechselt, die Messwerte aufaddiert und jeweils auf ein Kalenderjahr normiert. Die Neutronen-Ortsdosis wird als Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ angegeben. Im Berichtszeitraum erfolgten die Messungen programmgemäß.

3.1.3 Grundwasser

Die Probenahme erfolgt an einem festgelegten Probenahmeort (siehe Abb. 2-4). Laut Messprogramm werden seit dem 01.01.2023 die Brunnen 1 und 3 nicht mehr beprobt. Im Berichtszeitraum wurden die Proben an Brunnen BZL 5 programmgemäß genommen.

Die Proben werden mit Trägermaterial und Natriumchlorid versetzt, bis zur Trockne eingedampft und gegebenenfalls gepresst. Der Trockenrückstand wird gammaspektrometrisch gemessen. Die Aktivitätskonzentrationen werden in Bq/l angegeben.

Für die Bestimmung von H-3 wird die Probe durch Destillation unter Zusatz von Oxidationsmitteln gereinigt, mit einem Szintillator versetzt und mittels Flüssigszintillation gemessen. Die Aktivitätskonzentration wird in Bq/l angegeben.

3.2 Messverfahren

3.2.1 Thermolumineszenzdosimetrie

Die Bestimmung der Gamma- und Neutronen-Ortsdosis erfolgt mit Hilfe spezieller Festkörperdosimetrieverfahren. Dabei kommen zur Bestimmung der unterschiedlichen Strahlungsarten geeignete Dosimetertypen zum Einsatz. Ermittelt wird die vorgeschriebene Messgröße Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$.

Zur Bestimmung der Gamma-Ortsdosis werden TLD mit neutronenunempfindlichem Detektormaterial aus 7-Lithiumfluorid eingesetzt. Um geringe Energie- und Richtungsabhängigkeit sowie Wetterschutz zu gewährleisten, wird eine zylinderförmige Detektorkapsel aus Polyethylen (PE) mit Aluminiumhülle mit den Abmessungen von ca. 6 cm Durchmesser und 6 cm Höhe benutzt. Zur Kalibrierung der Dosimeter und Erfassung von Umwelteinflüssen werden pro Messintervall Vergleichsdosimetergruppen mit Gammastrahlung einer Cäsium-137-Strahlenquelle definiert exponiert. Diese Bestrahlungseinrichtung ist von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) kalibriert.

Für die Auswertung der Dosimeter wird ein vollautomatisiertes TLD-Auslesegerät eingesetzt.

Die eingesetzten TLD erfassen neben der Direktstrahlung der Anlage auch die Strahlung natürlicher Herkunft (Untergrundstrahlung). Diese wird von Bodeneigenschaften und/oder den Eigenschaften ggf. eingesetzter Baustoffe in der Umgebung der Messpunkte beeinflusst (Brutto-Gamma-Ortsdosis).

Zur Bestimmung der Neutronen-Ortsdosis werden TLD mit neutronen- und photonempfindlichen Detektormaterial aus 6-Lithiumfluorid und mit nur photonempfindlichen 7-Lithiumfluorid Detektormaterial verwendet. Aus der Differenz der Messwerte wird die Neutronen-Ortsdosis bestimmt. Um die benötigte Moderation und eine geringe Energie- und Richtungsabhängigkeit zu gewährleisten wird eine Moderator-Kugel aus PE von 30 cm Durchmesser benutzt.

Die eingesetzten TLD erfassen neben der Direktstrahlung der Anlage auch die Strahlung natürlicher Herkunft (Untergrundstrahlung), die stark von der Höhe über dem Meeresspiegel (von der Dicke der durchlaufenen Luftschicht) und folglich auch vom Luftdruck, von der geografischen Breite und langfristig vom 11-jährigen Sonnenzyklus beeinflusst wird.

Die Auswertung der Neutronen-TLD erfolgt bei der beauftragten Auswertestelle.

3.2.2 Gammaspektrometrie

Es werden hochauflösende Gammaspektrometer mit Reinstgermanium-Detektoren, digitaler Auswerteelektronik und einer Abschirmung gegen die Untergrundstrahlung (Low-Level-Messgeräte) verwendet.

Die Analyse der Proben erfolgt anhand vorgegebener Nuklidtabellen, die relevante natürliche und künstliche Nuklide enthalten. Bei den Gammaspektren werden alle auswertbaren Gammalinien entsprechend des Messauftrags berichtet.

Das nahezu in allen Umweltmedien vorhandene natürliche Radionuklid Kalium-40 (K-40) dient in den Auswertungen ausschließlich als Qualitätsindikator für die Messung. Die geforderten Nachweisgrenzen im Messprogramm beziehen sich auf Cobalt-60 (Co-60). Ausnahme sind Messungen von Jodnukliden, bei denen das Bezugsnuklid I-131 ist. Bei Messungen außerhalb der REI /6/ und dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) /10/ werden die jeweiligen Bezugsnuklide dem Messauftrag entsprechend gewählt und angegeben.

3.2.3 Flüssigszintillationsspektrometrie

Es werden Flüssigszintillationsspektrometer mit Antikoinzidenzschaltung, digitaler Auswerteelektronik, einer Abschirmung gegen die Untergrundstrahlung und zwei bzw. drei Photomultipliern verwendet.

3.3 Qualität der Messungen

Die Tätigkeiten und Dokumentationen des radiochemischen Labors sind in einem Qualitätsmanagementsystem eingebunden. Das Radiochemische Labor ist von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) akkreditiert, die akkreditierten Verfahren sind in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-14356-01-00 /11/ nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03 /12/ öffentlich einsehbar.

Die Festkörperdosimetrie und die Probenahme durch den Betreiber unterliegen nicht den akkreditierten Verfahren. Akkreditierte Verfahren sind in Abschnitt 5 mit dem DAkkS-Logo gekennzeichnet.

Die Bestimmung der Erkennungs- und Nachweisgrenzen und des probabilistischen Überdeckungsintervall sowie der Messergebnisse und deren Messunsicherheiten erfolgt bei den Laboranalysen gemäß DIN EN ISO 11929-1-2021-11 /13/. Zur Berechnung der Erkennungs- und Nachweisgrenzen werden die Fehlerwahrscheinlichkeiten von $k_{1-\alpha} = 3$ bei $\alpha = 0,14\%$ und $k_{1-\beta} = 1,65$ mit $\beta = 5,0\%$ verwendet. Die Wahrscheinlichkeit zum probabilistischen Überdeckungsintervall ist für $k_{1-\gamma/2} = 1,96$ mit $1-\gamma = 95\%$. Der Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit ist 1. Die Bestimmung der Messunsicherheit der Gamma-Ortsdosis erfolgt auf der Grundlage des „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (GUM) /14/.

Gemäß den Vorgaben der REI /6/ werden Werte unterhalb der Erkennungsgrenze in Abschnitt 5 als kleiner Nachweisgrenze (<NWG) berichtet.

Für die Auswertung und Berichterstattung der akkreditierten Analytik gilt: Liegen weniger als 80 % der Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze, werden für die Mittelwertberechnung diese mit halbem Wert berücksichtigt (siehe „Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung“ /9/). Sind mehr als 80 % der Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze, werden diese für die Mittelwertberechnung mit vollem Wert berücksichtigt und der Mittelwert mit kleiner als (<) gekennzeichnet /9/. Als Maximalwert wird der größte signifikante Messwert angegeben. Die Festkörperdosimetrie (Gamma- und Neutronen-Ortsdosis) ist nicht Teil der akkreditierten Analytik.

4 Bewertung der Messergebnisse

4.1 Zusammenfassende Bewertung

Der Betreiber der Anlage ist verpflichtet, mögliche radiologische Auswirkungen auf die Umgebung im Rahmen einer Eigenüberwachung zu untersuchen.

Der Auftrag an den NLWKN als unabhängige Messstelle umfasst Maßnahmen auf Grundlage der REI /6/ zur Überwachung der Umgebung, über deren Ergebnisse sind die Aufsichtsbehörden gemäß der REI /6/ zu unterrichten.

Für eine Bewertung der Strahlenexposition aus der Direktstrahlung der Anlage muss sowohl die Gamma- als auch die Neutronenstrahlung berücksichtigt werden. An der Betriebsgeländegrenze wurde für die Gammastrahlung- als auch für die Neutronenstrahlung im Vergleich zum natürlichen Untergrund keine erhöhte Ortsdosis ermittelt. Die daraus resultierende Strahlenexposition liegt somit in der Größenordnung der natürlichen Umgebungsstrahlung.

Für H-3 kann in Grundwässern ohne anthropogenen Einfluss ein natürlicher Hintergrund bis zu 5 Bq/l erwartet werden (in 2020 liegt der Medianwert bei <4,6 Bq/l) /16/. Auf natürliche Weise entsteht H-3 durch kosmische Strahlung und gelangt so mit den Niederschlägen ins Grundwasser.

Für den Berichtszeitraum gibt es keine Hinweise, dass der in § 80 StrlSchG /4/ festgelegte Grenzwert für die Summe der Strahlenexposition, sowie der in der Genehmigung der Anlage festgelegte Wert überschritten wird.

In den jeweiligen Abschnitten sind Übersichtsdiagramme mit Messergebnissen aus den Vorjahren dargestellt.

4.2 Bewertung der einzelnen Bestimmungen

Nach § 80 Abs. 1 StrlSchG /4/ beträgt für Einzelpersonen der Bevölkerung der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen 1 mSv im Kalenderjahr. Gemäß den Aufträgen misst und bewertet der NLWKN die Neutronen-Ortsdosis, die Gamma-Ortsdosis sowie Immissionen aufgrund der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser aus der Anlage.

4.2.1 Gamma-Ortsdosis

An der Grenze des Betriebsgeländes erreicht die Brutto-Gamma-Ortsdosis einen Jahresmittelwert von 0,58 mSv (siehe Abb. 4-1). Die einzelnen Jahresdosen an den vier Messpunkten liegen im Bereich von 0,53 mSv bis 0,66 mSv (vgl. Abschnitt 5.1).

Die Brutto-Gamma-Ortsdosis an der Betriebsgeländegrenze liegt im Bereich der natürlichen Umgebungsstrahlung in Niedersachsen.

Der aus dem IMIS /10/ ermittelte Mittelwert für die Gamma-Ortsdosisleistung in Niedersachsen beträgt 0,08 $\mu\text{Sv/h}$. Die einzelnen Messwerte liegen im Bereich von 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ bis 0,12 $\mu\text{Sv/h}$, das entspricht einer mittleren Jahresdosis von 0,7 mSv und Einzelwerten im Bereich von 0,44 mSv bis 1,1 mSv.

Für den Berichtszeitraum ist kein Eintrag aus dem Betrieb der Anlage erkennbar.

In der Abb. 4-1 sind die Jahresmittelwerte der Brutto-Gamma-Ortsdosis am Zaun der Anlage der zurückliegenden zehn Jahre dargestellt. Anhand der Jahresreihen ist kein Einfluss der Anlage auf die gemessenen Werte zu erkennen.

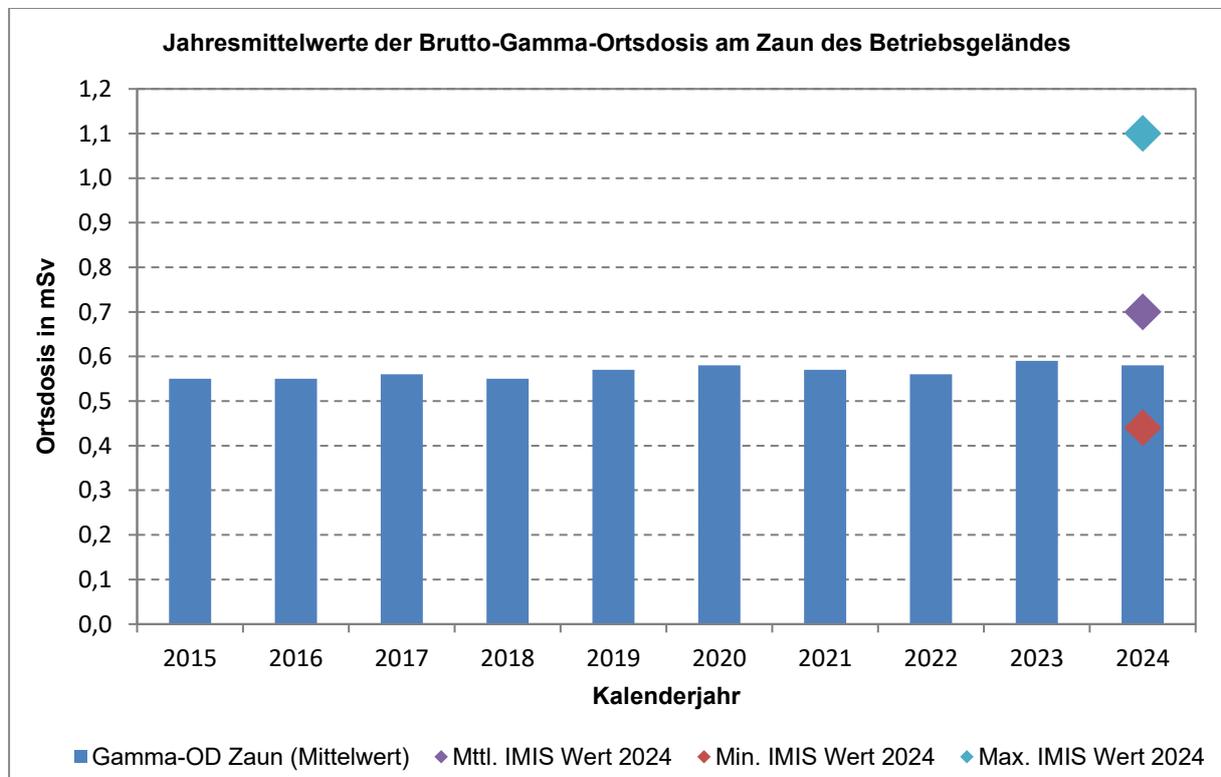


Abb. 4-1: Jahresmittelwerte der Brutto-Gamma-Ortsdosis am Zaun des Betriebsgeländes

4.2.2 Neutronen-Ortsdosis

An der Grenze des Betriebsgeländes erreicht die Brutto-Neutronen-Ortsdosis einen Jahresmittelwert von 0,09 mSv (siehe Abb. 4-2). Die einzelnen Jahresdosen an den vier Messpunkten liegen zwischen 0,07 mSv bis 0,09 mSv (vgl. Abschnitt 5.2). Am Referenzpunkt liegt die Brutto-Neutronen-Ortsdosis unterhalb der Nachweisgrenze (siehe Abb. 4-2).

Die Brutto-Neutronen-Ortsdosis an der Betriebsgeländegrenze liegt im Bereich der natürlichen Umgebungsstrahlung in Niedersachsen.

Die PTB ermittelte eine Neutronenäquivalentdosisleistung für den Messort Braunschweig (Gelände der PTB) im Jahr 2005/2006 von $(11,2 \pm 1,1)$ nSv/h /15/, was einer Jahres-Neutronen-Ortsdosis von ca. 0,1 mSv entspricht.

In der Abb. 4-2 sind die Jahresmittelwerte der Brutto-Neutronen-Ortsdosis am Zaun der Anlage und am Referenzpunkt der zurückliegenden zehn Jahre dargestellt. Anhand der Jahresreihen ist kein Einfluss der Anlage auf die gemessenen Werte zu erkennen.

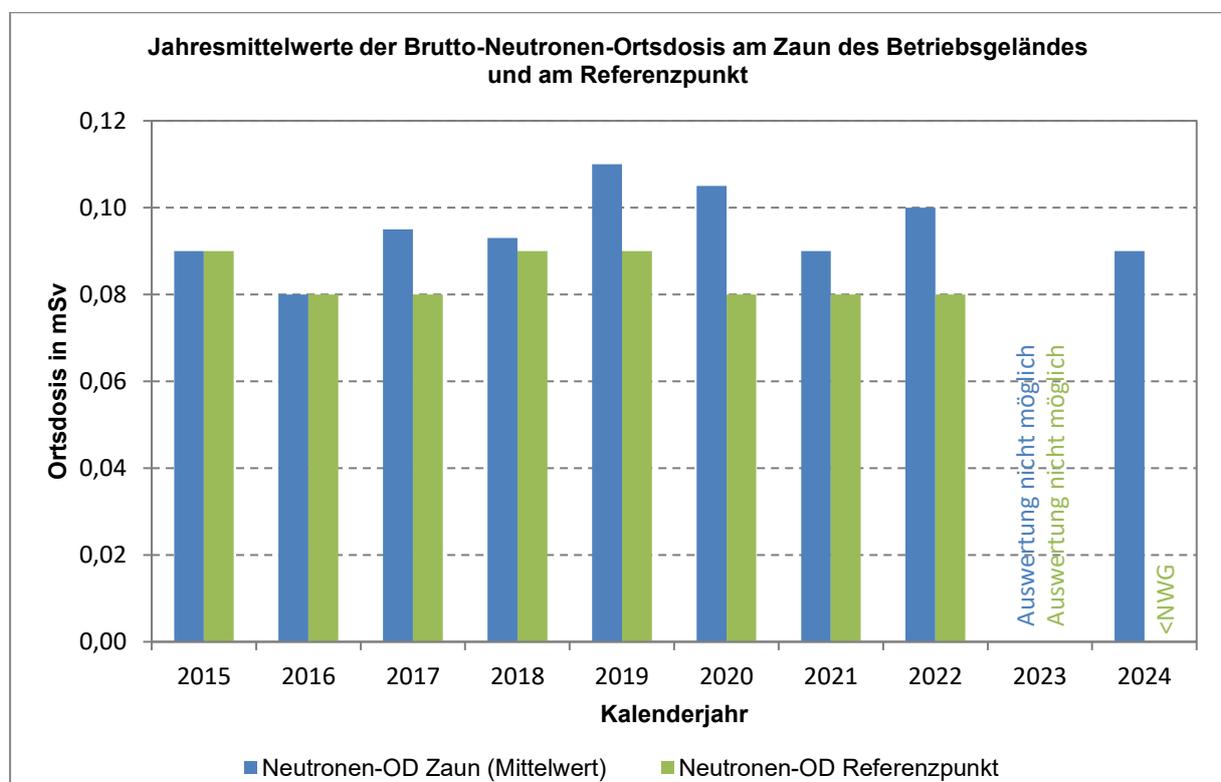


Abb. 4-2: Jahresmittelwerte der Brutto-Neutronen-Ortsdosis am Zaun des Betriebsgeländes und am Referenzpunkt

4.2.3 Grundwasser

In den Grundwasserproben wurden Tritium (H-3)-Aktivitätskonzentrationen zwischen <NWG und 4,2 Bq/l (vergl. Abschnitt 5.3) nachgewiesen. Das in den Proben nachgewiesene Nuklid Blei-214 (Pb-214) repräsentiert die natürliche Uran/Radium-Zerfallsreihe.

Der aus IMIS /10/ ermittelte Mittelwert für die H-3-Aktivitätskonzentration von Wasserproben (Grundwasser) in Niedersachsen für den Berichtszeitraum liegt unterhalb der Nachweisgrenze (< 2,5 Bq/l).

Für den Berichtszeitraum ist kein Eintrag aus dem Betrieb der Anlage erkennbar.

In der Abb. 4-2 sind die H-3-Aktivitätskonzentrationen im Jahresmittel der zurückliegenden zehn Jahre für die Probenahmeorte Brunnen 1, Brunnen 3 und Brunnen BZL 5 dargestellt. Der Brunnen BZL 5 wird seit dem 4. Quartal 2022 beprobt. Seit dem 01.01.2023 werden die Brunnen 1 und 3 nicht mehr beprobt. Anhand der Jahresreihen ist kein Einfluss der Anlage auf die gemessenen Aktivitätskonzentrationen zu erkennen.

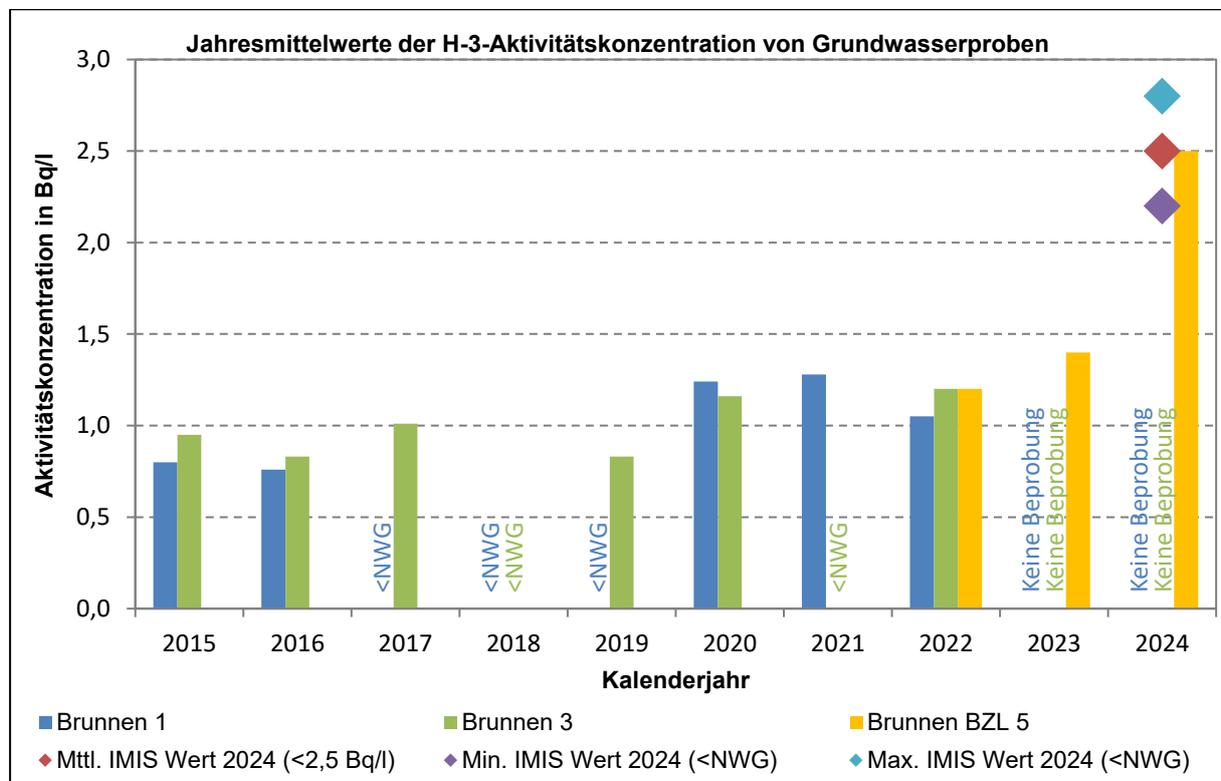


Abb. 4-3: H-3-Aktivitätskonzentration im Jahresmittel von Grundwasserproben in den Brunnen 1, 3 und BZL5

5 Messergebnisse

5.1 Gamma-Ortsdosis

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C1.2 Zeitraum: 1. Halbjahr 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Pro- gramm- punkt	Probenahme-/ Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahme- datum/Sammel- zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess- ergebnis in mSv	Mess- unsicher- heit in %	Erreichte Nachweis- grenze (NWG) in mSv	Probennummer/ Bemerkungen
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 1	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 29.05.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	2,9 E-01	18,0	5,0 E-02	24#1005
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 2	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 29.05.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	3,0 E-01	18,0	5,0 E-02	24#1006
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 4	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 29.05.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	3,3 E-01	18,0	5,0 E-02	24#1007
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 12	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 29.05.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	2,7 E-01	18,0	5,0 E-02	24#1008

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderhalbjahr angepasst

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C1.2 Zeitraum: 2. Halbjahr 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Pro- gramm- punkt	Probenahme-/ Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahme- datum/Sammel- zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess- ergebnis in mSv	Mess- unsicher- heit in %	Erreichte Nachweis- grenze (NWG) in mSv	Probennummer/ Bemerkungen
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 1	Gamma-Ortsdosis	29.05.2024 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	2,7 E-01	18,0	5,0 E-02	25#0108
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 2	Gamma-Ortsdosis	29.05.2024 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	2,8 E-01	18,0	5,0 E-02	25#0109
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 4	Gamma-Ortsdosis	29.05.2024 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	3,3 E-01	18,0	5,0 E-02	25#0110
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 12	Gamma-Ortsdosis	29.05.2024 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	2,6 E-01	18,0	5,0 E-02	25#0111

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderhalbjahr angepasst

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C1.2 Zeitraum: 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Pro- gramm- punkt	Probenahme-/ Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahme- datum/Sammel- zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess- ergebnis in mSv	Mess- unsicher- heit in %	Erreichte Nachweis- grenze (NWG) in mSv	Probennummer/ Bemerkungen
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 1	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	5,6 E-01	18,0	1,0 E-01	25#0112
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 2	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	5,8 E-01	18,0	1,0 E-01	25#0113
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 4	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	6,6 E-01	18,0	1,0 E-01	25#0114
1.1	Standortzwischen- lager Lingen Z 12	Gamma-Ortsdosis	28.11.2023 - 26.11.2024	Gamma-OD	Gamma-OD- Brutto	5,3 E-01	18,0	1,0 E-01	25#0115

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderjahr angepasst

5.2 Neutronen-Ortsdosis

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN					
				Messprogramm gemäß REI-Tabelle:		C1.2			
				Zeitraum:		1. Halbjahr 2024			
				Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit:		1			
REI-Programmpunkt	Probenahme-/Messort	Überwachter Umweltbereich	Probenahmedatum/Sammelzeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Messergebnis in mSv	Messunsicherheit in %	Erreichte Nachweisgrenze (NWG) in mSv	Probennummer/Bemerkungen
1.2	Standortzwischenlager Lingen N 1	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 11.06.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	5,0 E-02	18,0	5,0 E-02	24#1155
1.2	Standortzwischenlager Lingen N 2	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 11.06.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	5,0 E-02	18,0	5,0 E-02	24#1156
1.2	Standortzwischenlager Lingen N 3	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 11.06.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	5,0 E-02	18,0	5,0 E-02	24#1157
1.2	Standortzwischenlager Lingen N 4	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 11.06.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	4,0 E-02	23,0	5,0 E-02	24#1158
1.2	Standortzwischenlager Lingen N 5	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 11.06.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	<NWG		5,0 E-02	24#1159

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderhalbjahr angepasst

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C1.2 Zeitraum: 2. Halbjahr 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Pro- gramm- punkt	Probenahme-/ Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahme- datum/Sammel- zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess- ergebnis in mSv	Mess- unsicher- heit in %	Erreichte Nachweis- grenze (NWG) in mSv	Probennummer/ Bemerkungen
1.1	Standortzwischen- lager Lingen N 1	Neutronen-Ortsdosis	11.06.2024 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD- Brutto	4,0 E-02	20,0	5,0 E-02	25#0642
1.1	Standortzwischen- lager Lingen N 2	Neutronen-Ortsdosis	11.06.2024 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD- Brutto	4,0 E-02	20,0	5,0 E-02	25#0643
1.1	Standortzwischen- lager Lingen N 3	Neutronen-Ortsdosis	11.06.2024 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD- Brutto	4,0 E-02	23,0	5,0 E-02	25#0644
1.1	Standortzwischen- lager Lingen N 4	Neutronen-Ortsdosis	11.06.2024 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD- Brutto	<NWG		5,0 E-02	25#0645
1.1	Standortzwischen- lager Lingen N 5	Neutronen-Ortsdosis	11.06.2024 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD- Brutto	<NWG		5,0 E-02	25#0646

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderhalbjahr angepasst

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C1.2 Zeitraum: 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Programm-punkt	Probenahme-/Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahmedatum/Sammelzeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Messergebnis in mSv	Messunsicherheit in %	Erreichte Nachweisgrenze (NWG) in mSv	Probennummer/Bemerkungen
1.1	Standortzwischenlager Lingen N 1	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	9,0 E-02	19,0	1,0 E-01	25#0647
1.1	Standortzwischenlager Lingen N 2	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	9,0 E-02	19,0	1,0 E-01	25#0648
1.1	Standortzwischenlager Lingen N 3	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	9,0 E-02	20,0	1,0 E-01	25#0649
1.1	Standortzwischenlager Lingen N 4	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	7,0 E-02	26,0	1,0 E-01	25#0650
1.1	Standortzwischenlager Lingen N 5	Neutronen-Ortsdosis	20.12.2023 - 10.12.2024	Neutronen-OD	Neutr-OD-Brutto	<NWG		1,0 E-01	25#0651

Die Messwerte wurden rechnerisch an das Kalenderjahr angepasst

5.3 Grundwasser

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim				 <small>Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL 14356-01-00</small>		Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN			
				Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C2.2		Zeitraum: 1. Halbjahr 2024			
				Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1					
REI-Pro-gramm-punkt	Probenahme-/ Messort	Überwacher Umweltbereich	Probenahme-datum/Sammel-zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess-ergebnis in Bq/l	Mess-unsicher-heit in %	Erreichte Nachweis-grenze (NWG) in Bq/l	Probennummer/ Bemerkungen
6.2	Standortzwischen-lager Lingen Brunnen 5	Grundwasser (nicht zur Trinkwasser-gewinnung)	13.03.2024 - 13.03.2024	Gamma-Spektrometrie	K-40	8,2 E-02	24,5	8,9 E-02	24#0504
					Mn-54	<NWG		3,9 E-03	
					Co-58	<NWG		4,3 E-03	
					Co-60	<NWG		4,3 E-03	
					Ru-106	<NWG		3,4 E-02	
					Sb-125	<NWG		1,2 E-02	
					Cs-134	<NWG		4,1 E-03	
					Cs-137	<NWG		3,8 E-03	
				Pb-214	<NWG		9,3 E-03		
			H3-Bestimmung	H-3	2,8 E+00	18,9	2,2 E+00		
6.2	Standortzwischen-lager Lingen Brunnen 5	Grundwasser (nicht zur Trinkwasser-gewinnung)	12.06.2024 - 12.06.2024	Gamma-Spektrometrie	K-40	<NWG		1,8 E-01	24#0934
					Mn-54	<NWG		5,8 E-03	
					Co-58	<NWG		6,9 E-03	
					Co-60	<NWG		6,9 E-03	
					Ru-106	<NWG		5,3 E-02	
					Sb-125	<NWG		1,9 E-02	
					Cs-134	<NWG		6,8 E-03	
					Cs-137	<NWG		6,2 E-03	
				Pb-214	<NWG		1,4 E-02		
			H3-Bestimmung	H-3	4,2 E+00	15,8	2,8 E+00		

Radiochemisches Labor beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Laborstandort Hildesheim An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim			 <small>Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14356-01-00</small>		Immissionsüberwachung: ZL-LINGEN		Messprogramm gemäß REI-Tabelle: C2.2 Zeitraum: 2. Halbjahr 2024 Erweiterungsfaktor k für die Messunsicherheit: 1		
REI-Pro-gramm-punkt	Probenahme-/ Messort	Überwachter Umweltbereich	Probenahme-datum/Sammel-zeitraum oder Messintervall	Messmethode	Messgröße	Mess-ergebnis in Bq/l	Mess-unsicher-heit in %	Erreichte Nachweis-grenze (NWG) in Bq/l	Probennummer/ Bemerkungen
6.2	Standortzwischen-lager Lingen Brunnen 5	Grundwasser (nicht zur Trinkwasser-gewinnung)	11.09.2024 - 11.09.2024	Gamma-Spektrometrie	K-40	8,7 E-02	26,0	1,0 E-01	24#1613
					Mn-54	<NWG		4,3 E-03	
					Co-58	<NWG		6,6 E-03	
					Co-60	<NWG		4,6 E-03	
					Ru-106	<NWG		4,1 E-02	
					Sb-125	<NWG		1,3 E-02	
					Cs-134	<NWG		5,7 E-03	
					Cs-137	<NWG		4,6 E-03	
				Pb-214	<NWG	9,5 E-03			
H3-Bestimmung	H-3	<NWG	3,1 E+00						
8.0	Standortzwischen-lager Lingen Brunnen 5	Grundwasser (nicht zur Trinkwasser-gewinnung)	11.12.2024 - 11.12.2024	Gamma-Spektrometrie	K-40	1,1 E-01	22,8	1,2 E-01	24#2048
					Mn-54	<NWG		4,8 E-03	
					Co-58	<NWG		7,0 E-03	
					Co-60	<NWG		5,1 E-03	
					Ru-106	<NWG		4,1 E-02	
					Sb-125	<NWG		1,4 E-02	
					Cs-134	<NWG		6,2 E-03	
					Cs-137	<NWG		4,4 E-03	
				Pb-214	7,5 E-03	30,1	1,1 E-02		
H3-Bestimmung	H-3	1,5 E+00	32,8	2,2 E+00					

6	Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 2-1:	Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung der Umgebung im bestimmungsgemäßen Betrieb (REI-Tabelle C.1.2, C.2.2)	3
Tab. 2-2:	Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Überwachung der Umgebung im Störfall/Unfall (REI-Tabelle C.1.4).....	4
7	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 2-1:	Gamma-Ortsdosis-Messpunkte (MP Z 1, Z 2, Z 4 und Z 12) an der Betriebsgeländegrenze	5
Abb. 2-2:	Neutronen-Ortsdosis-Messpunkte (MP N 1 bis N 4) an der Betriebsgeländegrenze	6
Abb. 2-3:	Neutronen-Ortsdosis-Messpunkt (MP N 5; Neutronen-Referenzort auf dem Messhausdach in Estringen in ca. 2,1 km Entfernung)	7
Abb. 2-4:	Probenahmeorte für Grundwasserproben (Brunnen BZL5)	8
Abb. 2-5:	Gamma-Ortsdosis-Messpunkte im Störfall/Unfall (MP G 1, G 6, G 15, G 16, G 19, G 22 bis 24, G 28, G 31, G 32, G 39)	9
Abb. 2-6:	Messpunkte und Probenahmeorte im Störfall/Unfall	10
Abb. 4-1:	Jahresmittelwerte der Brutto-Gamma-Ortsdosis am Zaun des Betriebsgeländes.....	15
Abb. 4-2:	Jahresmittelwerte der Brutto-Neutronen-Ortsdosis am Zaun des Betriebsgeländes und am Referenzpunkt.....	16
Abb. 4-3:	H-3-Aktivitätskonzentration im Jahresmittel von Grundwasserproben in den Brunnen 1, 3 und BZL5	17

8 Literaturverzeichnis

- /1/ Erlass des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 13.12.2002 (Az.: 43 – 40518/4/5)
- /2/ Auftrag der Stadt Lingen (Ems) vom 05.05.2000 (Az.: 6611/eg)
- /3/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 15. Juli 1985 (BGBl. I 1985, Nr. 41, S. 1565-1583) in der jeweils gültigen Fassung
- /4/ Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) in der jeweils gültigen Fassung
- /5/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S 2034, 2036) in der jeweils gültigen Fassung
- /6/ Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) vom 1. Oktober 2023 (GMBI. 2024, Nr. 29-32, S. 536), RdSchr. v. 6.9.23
- /7/ Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) in der jeweils gültigen Fassung
- /8/ Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. 2010, S. 64) in der jeweils gültigen Fassung
- /9/ Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung, Internetseiten des BMUV: <https://www.bmuv.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/ionisierende-strahlung/ueberwachung-der-radioaktivitaet-in-der-umwelt/messanleitungen>, zuletzt aufgerufen am 11. März 2025
- /10/ Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)
- /11/ D-PL-14356-01-00 Akkreditierungsbereich
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Chemisch-ökotoxikologisch-radiologisches Labor
<https://www.dakks.de/de/akkreditierte-stelle.html?id=D-PL-14356-01-00>
- /12/ DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- /13/ DIN ISO 11929-1 VDE 0493-9291:2021-11, Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen
- /14/ JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)

- /15/ Messungen von Neutronenspektren induziert durch kosmische Strahlung in Höhen von 85 m, 1195 m und 2650 m, Internetseiten der PTB:
https://www.ptb.de/cms/servicesseiten/news/newsdetails.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=4592&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=a27c274be02204ba73f905533f51d3bb , zuletzt aufgerufen am 11. März 2025
- /16/ Aktuellster Bericht des BMUV über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2020, Internetseiten des BfS:
<https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2023092039276> zuletzt aufgerufen am 19. März 2025