

Nuclear Control & Consulting GmbH Hinter dem Turme 24 38114 Braunschweig

ENGIE E&P Deutschland GmbH
Große Himmelsgasse 1


67346 Speyer


Prüfung und Bewertung radioaktiver Emissionen bei der Erdölförderung aus der Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer

Kurztitel: NI009-27 Speyer, Gutachten

Auftraggeber: ENGIE E&P Deutschland GmbH
Große Himmelsgasse 1
67346 Speyer

Auftragnehmer: Nuclear Control & Consulting GmbH
Hinter dem Turme 24
38114 Braunschweig

Bearbeiter: 
.....
Dipl.-Geoökologin Kristin Nickstadt

Bestätigt: 
.....
Dr. Rainer Gellermann
Abteilungsleiter Radioökologie / Strahlenschutz

Datum: Braunschweig, 07.07.2016

I Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Allgemeine Beschreibung des Vorhabens.....	4
1.2	Aufgabenstellung	4
2	Standortbezogene Daten der Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer	5
2.1	Geologie.....	5
2.2	Lagerstättenwasser (LAWA).....	5
2.3	Roherdöl und Erdölbegleitgas	6
2.4	Radiologisch relevante Ablagerungen in Anlagen (Rückstände)	7
2.5	Radon in der Umgebungsluft.....	9
3	Vorhabenbedingte radiologische Auswirkungen	10
3.1	Bohrungen	10
3.2	Fördermengen von täglich mehr als 500 t Erdöl.....	10
3.2.1	Erdölbegleitgas	10
3.2.2	Lagerstättenwasser.....	11
3.2.3	Roherdöl	12
3.3	Zusatzwasser	12
3.4	NORM-Rückstände.....	12
3.4.1	Mögliche Expositionssituationen.....	12
3.4.2	Abschätzung radiologischer Auswirkungen.....	13
3.4.3	Expositionen von Personen der allgemeinen Bevölkerung durch NORM-Rückstände	14
3.4.4	Bodenkontaminationen	14
4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	15
5	Literaturverzeichnis.....	16

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Aktivitätskonzentrationen [Bq/l] Lagerstättenwasser	6
Tabelle 2-2:	ODL-Messwerte [nSv/h] auf Clusterplatz 1	8
Tabelle 2-3:	ODL-Messwerte [nSv/h] auf Clusterplatz 2	8
Tabelle 2-4:	Spezifische Aktivitäten [Bq/kg] ölhaltige Feststoffablagerungen	9
Tabelle 3-1:	Errechnete mittlere Radonkonzentrationen [Bq/m ³] am Expositionsort	10
Tabelle 3-2:	Errechnete Dosisleistung für theoretisch mögliche NORM-Ablagerungen mit spezifischen Aktivitäten von 100 Bq/g U-238max+Th-232max	13
Tabelle 3-3:	Zusätzliche potentielle Strahlenexposition durch Direktstrahlung [mSv/a]	14

III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Geologisches Profil einer exemplarischen Bohrung	5
----------------	--	---

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Beschreibung des Vorhabens

Zur Entwicklung und Förderung des Vorkommens der Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer hat sich im Jahre 2007 ein Konsortium zusammengeschlossen, welches sich aus dem Konzessionsinhaber Palatina GeoCon GmbH & Co. KG und dem Erdgas- und Erdölproduzenten ENGIE E&P Deutschland GmbH (im Weiteren ENGIE) als Betriebsführer zusammensetzt.

Zurzeit werden auf Grundlage der bestehenden Genehmigungen und Zulassungen auf zwei Clusterplätzen täglich bis zu 500 t Erdöl gefördert und per Tankkraftwagen zur weiteren Verarbeitung (Raffination) transportiert. Die zuvor notwendige Aufbereitung des Nassöls zur Abtrennung von Lagerstättenwasser und Erdölbegleitgas erfolgt in Aufbereitungsanlagen auf den zwei Clusterplätzen.

Die ENGIE plant die weitere Feldesentwicklung des Erdölfeldes Römerberg-Speyer. Teil dieses Projektes ist das UVP-pflichtige Vorhaben:

Die Gewinnung von Erdöl zu gewerblichen Zwecken mit einem Fördervolumen von mehr als 500 t/d gemäß § 1 Nr. 2 lit. a) UVP-V Bergbau.

Die ENGIE beabsichtigt die Durchführung eines bergrechtlichen Planfeststellungsverfahrens mit UVP und Öffentlichkeitsbeteiligung. Das Vorhaben der Erdölgewinnung von mehr als 500 t/d beinhaltet die Einrichtungen und Anlagen der Erdölgewinnung auf den Clusterplätzen 1 und 2. Weitere Anlagen und Einrichtungen auf den Clusterplätzen (insbesondere Aufbereitungsanlagen und BHKWs) werden erweitert bzw. erneuert, sind jedoch nicht Gegenstand des bergrechtlichen Planfeststellungsverfahrens betreffend die Gewinnung. Sie sind bzw. werden im Rahmen anderer Zulassungsverfahren betriebsplanmäßig zugelassen. Ihre Umweltauswirkungen werden jedoch aufgrund der engen Wechselwirkungen mit den Anlagen der Gewinnung im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung für die Gewinnung mitbetrachtet und bewertet.

1.2 Aufgabenstellung

Bei der Erdölgewinnung treten neben dem eigentlichen Erdöl weitere natürliche, aus der Lagerstätte stammende Stoffe mit zu Tage, darunter Lagerstättenwasser und Erdölbegleitgas. Diese Stoffe können natürlich vorkommende Radionuklide enthalten. Aufgabe dieses Gutachtens ist es:

- die radiologische Ausgangssituation zu beschreiben;
- die aus dem Vorhaben resultierende mögliche oder zu erwartende Veränderung der Ausgangssituation zu ermitteln;
- die aus Veränderungen der radiologischen Situation resultierenden möglichen oder zu erwartenden Auswirkungen abzuschätzen,
- die möglichen oder zu erwartenden Auswirkungen zu prüfen, anhand der derzeitigen gesetzlichen Maßstäbe zu bewerten und ggf. Möglichkeiten zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen abzuleiten.

Nicht betrachtet werden mögliche Strahlenexpositionen der Beschäftigten. Die Begrenzung und Überwachung dieser Expositionen ist als Teil des Arbeitsschutzes und Strahlenschutzes in Betriebsplänen zu organisieren und zu regeln.

2 Standortbezogene Daten der Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer

2.1 Geologie

Das Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer befindet sich in einer Tiefe von etwa 1.900 – 2.500 m. In dieser Tiefe befinden sich poröse und permeable Gesteine – vor allem aus der geologischen Formation des Buntsandsteins aber auch darüber liegender jüngerer Schichten – die das Erdöl im Laufe der Erdgeschichte in sich aufgenommen haben. In Abbildung 2-1 ist das geologische Profil einer exemplarischen Bohrung dargestellt.

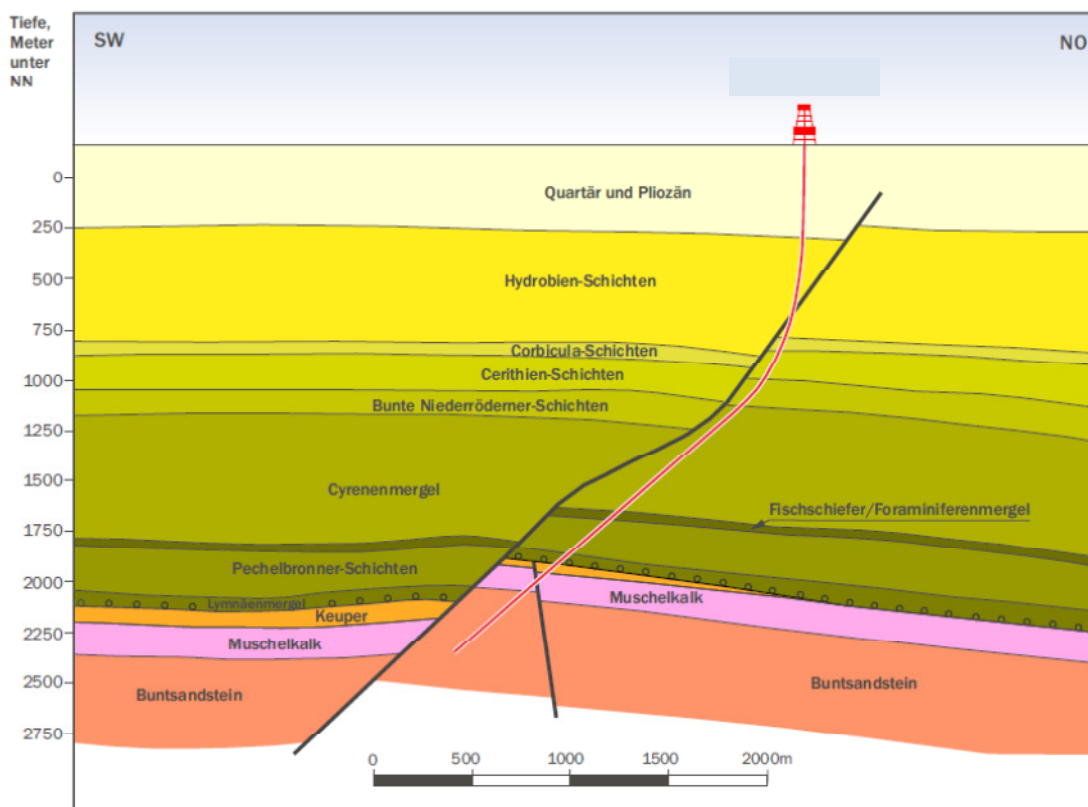


Abbildung 2-1: Geologisches Profil einer exemplarischen Bohrung

2.2 Lagerstättenwasser (LAWA)

Gemäß den Angaben des Vorhabenträgers liegt die Verwässerung im Ölfeld Römerberg-Speyer derzeit bei bis zu 20 %. Die Menge des mitgeführten Lagerstättenwassers ist daher gering. Bevor das Roherdöl zur Weiterverarbeitung in die Raffinerie transportiert wird, werden aus dem Dreiphasengemisch (Nassöl) das mitgeführte Lagerstättenwasser und das Erdölbegleitgas abgetrennt.

Lagerstättenwasser soll zukünftig über gesonderte Bohrungen (Hilfsbohrungen) wieder in die Lagerstätte eingebracht werden. Primäre Zielstellung dieser Einbringung ist ein Beitrag zur Erhaltung des Lagerstätten-drucks. Diese Druckerhaltung dient dem schonenden Umgang mit der Lagerstätte und einer möglichst optimalen Entölung des Trägergesteins im Einzugsgebiet.

Reicht die Menge des Lagerstättenwassers zum Druckerhalt nicht aus, wird das Lagerstättenwasser durch Zusatzwasser ergänzt, welches aus einem hierfür angelegten Förderbrunnen gewonnen werden soll. Dieses Zusatzwasser muss vor der Einbringung konditioniert werden, um eine Verträglichkeit mit den in der Lagerstätte natürlicherweise vorhandenen Fluiden zu gewährleisten. Die Anlagen zur Konditionierung des Zusatzwassers werden auf Clusterplatz 2 aufgebaut.

Chemische Analysen von Lagerstättenwasser werden vom Vorhabenträger regelmäßig veranlasst. Durch den Parameter Salinität / Leitfähigkeit erlauben diese Daten grundsätzlich eine Einschätzung, inwieweit auch Radionuklide im Lagerstättenwasser vorhanden sind. Das ist insbesondere bei hoher Salinität der Fall.

Die Ergebnisse von Radionuklidanalysen von Proben aus dem Lagerstättenwassertank der Bohrung Römerberg 1 auf dem Clusterplatz 1 und aus der Testanlage 4 (Clusterplatz 2) sind in Tabelle 2-1 zusammengefasst. Die im Auftrag des Vorhabenträgers im Jahr 2014 und 2015 durchgeführten Messungen zeigen ähnliche Aktivitätskonzentrationen im Lagerstättenwasser. Die Salzgehalte liegen bei 60-70 g/l und liegen im Bereich der vom Vorhabenträger übergebenen Analysenergebnisse.

Tabelle 2-1: Aktivitätskonzentrationen [Bq/l] Lagerstättenwasser

Probe	Probenahmedatum	Salzgehalt	Ra-226	Ra-228
LAWA ROEB 1	21.05.2014	69,7 g/l	7,1 Bq/l	10,2 Bq/l
LAWA ROEB 1	04.11.2015	93,7g/l	6,3 Bq/l	10 Bq/l
LAWA TA4	21.05.2014	59,3 g/l	6,8 Bq/l	10,5 Bq/l
LAWA TA4	05.11.2015	73,1 g/l	6,8 Bq/l	12 Bq/l

2.3 Roherdöl und Erdölbegleitgas

Nach /1/ wurden im Jahr 2012 im Ölfeld Römerberg-Speyer 181.941 t Erdöl und 1.482.090 m³ Erdölbegleitgas gefördert. Als Träger einer radioaktiven Komponente ist das Erdölbegleitgas und das darin enthaltene Radon zu beachten.

Das Erdölbegleitgas setzt sich im Wesentlichen aus den Hauptbestandteilen Kohlenwasserstoffe (Methan, Ethan Propan, Butan), Kohlendioxid und Stickstoff zusammen. Daneben finden sich in geringen Anteilen Begleitstoffe, wie Wasserstoff, Hg und H₂S. Die Anteile der einzelnen Komponenten können dabei boh-rungsabhängig schwanken. Das auf den Clusterplätzen 1 und 2 anfallende Erdölbegleitgas stammt aus einer Mischung von den verschiedenen Bohrungen.

Im Erdölbegleitgas ist das inerte Edelgas Radon (Rn-222) enthalten. Gemäß den Angaben des Vorhabenträgers ergaben Messungen der Aktivitätskonzentration von Radon im Erdölbegleitgas der Lagerstätte Römerberg-Speyer 1 kBq/m³ Rn-222. Konservativ wurde für die Betrachtungen in Kapitel 3 mit einer Radonkonzentration von 3 kBq/m³ gearbeitet. Das entspricht im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung dem gerundeten Maximalwert aus /2/.

Das Erdölbegleitgas wird jeweils auf den Clusterplätzen in modular aufgebauten Blockheizkraftwerken genutzt. Nur für den Fall des nicht bestimmungsgemäßen Betriebes sind jeweils Hochtemperaturverbrennungsanlagen (Fackeln) vorhanden.

Roherdöl enthält, außer dem sehr gut in unpolaren Stoffen löslichen Radon, keine radiologisch relevanten Radionuklide. Diese generelle Erkenntnis kann auf die Erdöllagerstätte Römerberg-Speyer übertragen werden, da selbst die ölhaltigen Feststoffablagerungen (siehe Tabelle 2-4) sehr geringe spezifische Aktivitäten aufweisen. Analysen von Aktivitätskonzentrationen im Roherdöl sind daher aus radiologischer Sicht nicht nötig.

2.4 Radiologisch relevante Ablagerungen in Anlagen (Rückstände)

Im Auftrag des Vorhabenträgers wurde im März 2012 an bestehenden obertägigen Anlagenteilen ein Screening auf ionisierende Strahlung durch Vor-Ortmessungen durchgeführt, um eventuell vorhandene Ablagerungen mit erhöhter Radioaktivität zu ermitteln. Unter Bezug auf die natürliche Hintergrundstrahlung waren sämtliche Messwerte unauffällig. Da die Anlagen zum diesem Zeitpunkt sehr neu waren, wurden im Mai 2014 und November 2015 die Messungen wiederholt. Danach zeigen sich auch aktuell keine Hinweise auf gammastrahlende Ablagerungen in den Anlagenteilen. Um betastrahlende Ablagerungen (Pb-210) lokalisieren zu können, sind Messungen mit einem Kontaminationsmonitor an offenen Anlagenteilen bzw. direkt am Material notwendig. Eine Messung innerhalb von Anlagenteilen ist im Regelbetrieb nicht möglich. In Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3 sind die Brutto-Messwerte der Ortsdosisleistung (ODL) dargestellt.

Alle Messwerte lagen im Bereich natürlicher Hintergrundwerte. Allerdings ist zu beachten, dass die Messwerte im Einzelfall maßgeblich von der Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe in den umgebenen Böden und Gesteinen (terrestrische Strahlung) beeinflusst werden. Die an Anlagenteilen gemessenen Werte werden von den verwendeten Baustoffen Vor-Ort bestimmt (Beton ca. 80 nSv/h, Asphalt ca. 100 nSv/h). Daher ist der jeweilige Messwert stets in Bezug auf den konkreten örtlichen Hintergrundwert zu betrachten. Zusätzlich ist die Abschirmwirkung der dicken Stahlwände der Anlagenteile zu berücksichtigen. Geringfügige lokale Unterschiede direkt am Objekt könnten bereits Hinweise auf z.B. Ablagerungen im Tankboden sein.

Zum Vergleich: Auf dem Domplatz in Speyer wurde eine Ortsdosisleistung von bis zu 300 nSv/h gemessen, die auf eine Belegung mit Natursteinpflaster zurückzuführen ist.

Tabelle 2-2: ODL-Messwerte [nSv/h] auf Clusterplatz 1

	Messung am 05.03.2012	Messung am 21.05.2014	Messung am 04.11.2015
ROEB 1 Bohrlochkeller, Gitter	50-75	65-72	59-66
ROEB 1 Bohrlochverflanschung	55-70	55-68	53-65
Rohölbehälter 100 m³ Tank 1	70-90	80-86	76-84
Rohölbehälter 100 m³ Tank 2	75-85	78-85	74-84
Rohölbehälter 100 m³ Tank 3	70-85	75-84	72-82
Rohölbehälter 300 m³ Tank 4	75-96	80-90	75-85
LAWA Tank (40 m³)	78-92	70-75	80-85
3 Phasen Separator	75-95	72-85	75-84
Wärmeaustauscher 1	76-88	70-78	70-80
Wärmeaustauscher 2	72-79	70-78	70-80
Kondensattank	74-88	65-78	70-75
Fackel	72-84	70-80	71-84
Kondensatabscheider B17	70-92	65-80	70-80
Adsorber B11	65-78	70-76	75-78
Adsorber B4	70-80	68-74	72-78
ASP ölhaltige Betriebsmittel	60-80	76-78	75-80 und 65-70
gebrauchte Rohre / Rohrteile	55-75	65-70	-
ROEB 7 Bohrlochkeller, Gitter	-	-	55-69
ROEB 7 Bohrlochverflanschung	-	-	52-88

Tabelle 2-3: ODL-Messwerte [nSv/h] auf Clusterplatz 2

	Messung am 05.03.2012	Messung am 21.05.2014	Messung am 05.11.2015
Bohrung ROEB H2 Bohrlochkeller, Gitter	60-70	55-65	39-56
Bohrung ROEB H2 Bohrlochverflanschung	65-75	55-70	56-65
Bohrung ROEB H1 Bohrlochkeller, Gitter	58-68	56-60	41-54
Bohrung ROEB H1 Bohrlochverflanschung	56-65	50-65	56-62
Bohrung ROEB 2 Bohrlochkeller, Gitter	62-78	50-65	67-72
Bohrung ROEB 2 Bohrlochverflanschung	60-65	55-70	62-66
TA 4: 3 Phasen Separator (35 m³)	78-86	68-82	69-74
TA 4: Rohöltank LBH1 (300 m³)	68-82	65-80	68-84
TA 4: Rohöltank LBH2 (300 m³)	64-84	60-78	60-76
TA 4: LAWА Tank LBH3 (100 m³)	70-85	70-83	69-74
TA 5: LAWА-Tank (30 m³)	-	60-68	62-70
TA 5: Roherdöltank PBH 3 (30 m³)	-	62-70	85-68
TA 5: Roherdöltank PBH 2 (30 m³)	-	58-72	62-74

	Messung am 05.03.2012	Messung am 21.05.2014	Messung am 05.11.2015
TA 5: Separator	-	50-70	52-68
TA 5: Wärmetauscher 2	-	65-75	57-72
TA 5: Wärmetauscher 1	-	55-65	60-70
TA 5: Aufbereitungstank Nassöl PBH 1 (30 m³)	-	66-82	62-84
TA 5: HD Modul	-	50-60	62-80
ASP mit ölhaltigen Betriebsmitteln	-	76-85	74-84
Bohrung ROEB 4 Bohrlochkeller, Gitter	-	-	30-50
Bohrung ROEB 4 Bohrlochverflanschung	-	-	48-65

Im Rahmen der bereits genehmigten Betriebstätigkeiten führt die ENGIE regelmäßig Kontaminationsmessungen durch. Die vom Vorhabenträger übergebenen Messprotokolle deuten auch innerhalb der Anlagen auf keine radiologisch relevanten Ablagerungen hin.

Proben aus Anlagenbereichen mit potentieller Anreicherung für natürliche Radionuklide werden mittels Gammaskopmetrie auf die vorkommenden Radionuklide untersucht. In Tabelle 2-4 sind die im Labor ermittelten spezifischen Aktivitäten von einer Probe ölhaltiger Feststoffablagerungen aus dem Separator enthalten. Die spezifischen Aktivitäten beziehen sich auf Originalmasse. Es handelte sich um relativ trockenes Probenmaterial, so dass eine Umrechnung auf Trockenmasse entfallen kann.

Tabelle 2-4: Spezifische Aktivitäten [Bq/kg] ölhaltige Feststoffablagerungen

Probe	Ra-228	Th-228	U-238	Ra-226	Pb-210
Separator 27.08.2013	3,2 ± 0,5	1,8 ± 0,3	2 ± 1	5,5 ± 1,5	3 ± 1

Aufgrund der insgesamt sehr geringen spezifischen Aktivitäten, die deutlich unterhalb von 200 Bq/kg je Einzelradionuklid liegen, resultieren keine rechtlichen Anforderungen. Für den Fall, dass signifikant höhere spezifische Aktivitäten auftreten, können diese als aquagenetische Materialien dem Materialtyp 2 nach /3/ zugeordnet werden. In solchen Materialien sind die sogenannten primordialen Mutternuklide Uran-238 (aus der Uran-Zerfallsreihe) und Thorium-232 (aus der Thorium-Zerfallsreihe) aufgrund der Entstehung aus dem Lagerstättenwasser in sehr geringen Gesamtkonzentrationen anzutreffen.

2.5 Radon in der Umgebungsluft

Um die Radonkonzentrationen in der Umgebungsluft der Clusterplätze 1 und 2 zu prüfen, wurden im Auftrag des Vorhabenträgers stichprobenhafte Vor-Ortmessungen durchgeführt. Diese lagen im Bereich der natürlichen Hintergrundwerte im Freien (10 Bq/m³).

3 Vorhabenbedingte radiologische Auswirkungen

3.1 Bohrungen

Das Nassöl wird mittels Bohrungen zu Tage gefördert. Beim Abteufen der Bohrungen werden unvermeidbar Aquifere und wasserundurchlässige Schichten durchbohrt. Der Aufbau der Bohrungen sowie der Nachweis hinsichtlich der sicheren Errichtung und Betriebes ist in /4/ beschrieben. Die Bohrungen sind im Hinblick auf radiologische Auswirkungen nicht relevant.

3.2 Fördermengen von täglich mehr als 500 t Erdöl

3.2.1 Erdölbegleitgas

Bei den derzeitigen Fördermengen an Roherdöl werden bei einem Gas-Öl-Verhältnis von 10:1 ca. 2.000.000 m³/a Erdölbegleitgas mitgefördert. Da das im Erdölbegleitgas enthaltene Radon inert und nicht brennbar ist, wird es, sofern noch nicht zerfallen (Halbwertszeit 3,8 Tage), mit den Abgasen der Blockheizkraftwerke oder über die jeweiligen Hochtemperaturverbrennungsanlagen im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb abgegeben. Bei einer Rn-222-Konzentration von bis zu 3 kBq/m³ (Worst-Case) im Erdölbegleitgas werden derzeit ca. 6 GBq Rn-222 pro Jahr abgeleitet.

Die geplante Förderung ist auf eine Nassölproduktion von 106 m³/h mit einer Verwässerung von 10 % bis 95 % und einer Sondenkopf-Fließtemperatur von maximal 120°C ausgelegt. Der Auslegungsfall stellt allerdings keine Begrenzung der Fördermengen dar. Mit einer Verwässerung von 10 % und einem Gas-Öl-Verhältnis von 10:1 errechnen sich zukünftig ca. 8.360.000 m³/a Erdölbegleitgas und Ableitungen von ca. 25 GBq Rn-222 pro Jahr.

Radiologische Auswirkungen

Je Clusterplatz wurde für die Freisetzung von 4.180.000 m³/a Erdölbegleitgas (3 kBq/m³ Rn-222) mit den Modellen der Berechnungsgrundlagen Bergbau /5/ (dort Gleichung A3.3) die mittlere Radonkonzentrationen am Expositionsort errechnet (siehe Tabelle 3-1). Die Aktivitätskonzentration von Radon in der Luft ist abhängig vom Abstand des Expositionsortes von der Emissionsquelle. Das in /5/ definierte Ausschlusskriterium von 5 Bq/m³ kann bei Entfernungen von weniger als 11 m überschritten werden. Daher kann der Aufenthalt eine Einwirkungsstelle darstellen und die bergbaubedingte Radondosis ist zu ermitteln. Der andere Clusterplatz wurde in der Berechnung entsprechend berücksichtigt.

Tabelle 3-1: Errechnete mittlere Radonkonzentrationen [Bq/m³] am Expositionsort

	Radonkonzentrationen [Bq/m ³]
Entfernung 20 m	1,9
Entfernung 10 m	5,6
Entfernung 5 m	16,8
Entfernung 3 m	37,6

Auf dem jeweiligen Clusterplatz wird das Erdölbegleitgas in einem modular aufgebauten Blockheizkraftwerk genutzt. Durch den kompakten Aufbau können die davon ausgehenden Emissionen als eine Punktquelle betrachtet werden. Für einen Abstand von 3 m ergibt sich eine mittlere Radonkonzentration von 37,6 Bq/m³. Da es sich um eine modelltechnisch abgeschätzte zusätzliche Konzentration zum Hintergrund handelt, ist kein Hintergrundabzug vorzunehmen. Mit Gleichung 3.1 aus /5/ ergibt sich eine zusätzliche potentielle Dosis von 0,09 mSv/a durch die Inhalation von Radon, wenn sich eine Person für 1000 h in 3 m Abstand von dem Punkt aufhält, wo das im Erdölbegleitgas enthaltene Radon freigesetzt wird.

Die Schutzziele des Strahlenschutzes sind eingehalten, wenn die Strahlenexpositionen von Einzelpersonen der Bevölkerung den Richtwert für die effektive Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr einhält. Dieser Richtwert orientiert sich an der Schwankungsbreite natürlicher Strahlenexpositionen.

3.2.2 Lagerstättenwasser

Bei Beginn der Förderung in einem neuen Erdölfeld ist der Anteil mitgeförderten Lagerstättenwassers gering. Mit einer Verwässerung von 20 % fallen pro Jahr ca. 186.000 m³ Lagerstättenwasser an. Mit diesem Lagerstättenwasser werden nach den Analysedaten aus Tabelle 2-1 ca. 1300 MBq Ra-226 und ca. 1900 MBq Ra-228 mitgefördert.

Im zeitlichen Verlauf der Erdölförderung nimmt die Verwässerung zu. In langjährig genutzten Erdölfeldern kann die Verwässerung bei 95 % liegen, so dass nur noch 5 % Roherdöl gefördert werden. In solchen Fällen nimmt auch die Gesamtmenge an mitgeförderten Radionukliden zu. Mit einer Verwässerung von 95 % fallen pro Jahr ca. 882.000 m³ Lagerstättenwasser an. Mit diesem Lagerstättenwasser werden nach den Analysedaten aus Tabelle 2-1 ca. 6200 MBq Ra-226 und ca. 8800 MBq Ra-228 mitgefördert.

Durch die Verteilung der Radionuklide im Wasser verursachen auch große Massen Lagerstättenwasser keine messbare Direktstrahlung. Daher kommt es beim Aufenthalt von Personen nahe am Lagerstättenwasser zu keiner Exposition durch Direktstrahlung. Eine relevante innere Exposition durch Verschlucken (Ingestion) ist durch den Salzgehalt des Lagerstättenwassers ausgeschlossen.

Die aus der Mitförderung von Lagerstättenwasser resultierenden möglichen radiologischen Auswirkungen sind an Arbeiten an Anlagen mit radioaktiv kontaminierten Ablagerungen und die Entsorgung von NORM-Rückständen gebunden. Soweit Anlagen an den Grundstücksgrenzen der Betriebsflächen radioaktiv kontaminiert sind, kann es durch die Direktstrahlung zur Erhöhung der Umgebungsstrahlung auch außerhalb der Betriebsfläche kommen.

Durch doppelwandige Tanks ist eine Kontamination von Boden und Grundwasser auszuschließen.

Die radiologischen Auswirkungen des Lagerstättenwassers in Form von NORM-Rückständen werden in Kapitel 3.4 bewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass das mitgeförderte Lagerstättenwasser durch Hilfsbohrungen zum Druckerhalt in die Lagerstätte wieder eingebracht wird. Eine externe Entsorgung des Lagerstättenwassers wird nicht betrachtet.

3.2.3 Roherdöl

Im Roherdöl muss aufgrund seiner guten Löslichkeit ausschließlich mit Radon (Rn-222) als potentiell relevantes Radionuklid gerechnet werden. Durch radioaktiven Zerfall können als langlebige Folgeprodukte Pb-210 und Po-210 entstehen. Daraus bedingte radiologisch relevante Ablagerungen in Raffinerien sind nach /2/ allerdings nicht bekannt.

Das mit dem Roherdöl geförderte Erdölbegleitgas und Lagerstättenwasser wird in Kapitel 3.2.1 bzw. Kapitel 3.2.2 behandelt.

3.3 Zusatzwasser

Das abgetrennte Lagerstättenwasser soll zunächst von Clusterplatz 2, später gegebenenfalls aber auch von Clusterplatz 1 über sogenannte Hilfsbohrungen wieder in die Lagerstätte eingebracht werden. Vor der Einbringung wird das Lagerstättenwasser konditioniert. Diese untertägige Einbringung in die Lagerstätte hat die Produktionsunterstützung zum Ziel und dient dem Druckerhalt in der Lagerstätte. Sie ermöglicht somit den schonenden Umgang mit der Lagerstätte und eine möglichst optimale Entölung des Trägergesteins im Einzugsgebiet.

Wenn die Menge des anfallenden Lagerstättenwassers zur Druckerhaltung in der Lagerstätte nicht ausreicht, wird das Lagerstättenwasser durch Zusatzwasser ergänzt. Das Zusatzwasser wird mittels Brunnenanlage außerhalb des Clusterplatzes 2 aus dem Grundwasser entnommen und über eine Zusatzwasserleitung auf einer Länge von ca. 3 km zum Clusterplatz 2 befördert. Dort wird es für die Einbringung in die Lagerstätte in einer Zusatzwasserkonditionierung aufbereitet.

Später, mit Zunahme der Verwässerung wird wieder genug Lagerstättenwasser vorhanden sein, so dass weniger Zusatzwasser notwendig ist.

Für die Gewinnung von Grundwasser sind derzeit Vorschriften nach Teil 3 StrlSchV (insbesondere § 95) zu beachten. Personen der Bevölkerung sind davon nicht betroffen.

3.4 NORM-Rückstände

3.4.1 Mögliche Expositionssituationen

NORM-Rückstände aus der Erdölgewinnung sind seit langem bekannt und sind in der Liste der Anlage XII Teil A Strahlenschutzverordnung explizit als zu berücksichtigende Rückstände benannt. Bestehende Erdölfelder mit salinarem Tiefenwasser zeigen insbesondere radiumhaltige Ablagerungen.

Momentan sind trotz der in den Lagerstättenwässern vorhandenen Radiumkonzentrationen keine radiologisch relevanten Ablagerungen mit erhöhter Radioaktivität in den Anlagen auf dem Clusterplatz 1 und 2 vorhanden.

Für die Zukunft muss allerdings mit dem Entstehen von NORM-Rückständen auf den Clusterplätzen 1 und 2 gerechnet werden. Das maximale Potential an abgelagerter Aktivität kann durch die mit dem Lagerstättenwasser zugeführten Radionuklide angegeben werden.

NORM-Rückstände können zu folgenden Strahlenexpositionen der allgemeinen Bevölkerung führen:

- Expositionen durch NORM-Rückstände auf dem Betriebsgelände
- Bodenkontaminationen durch Handhabungsverluste oder Verschleppungen.

Die möglichen Strahlenexpositionen von Beschäftigten auf den Clusterplätzen werden im vorliegenden Gutachten nicht betrachtet.

3.4.2 Abschätzung radiologischer Auswirkungen

Da die Modellierung der Direktstrahlung für ein zukünftiges Expositionsszenario durchzuführen war, konnten reale Messwerte nicht herangezogen werden. Zunächst wurde die Dosisleistung von NORM-kontaminierten Materialien mit einer konservativ angesetzten spezifischen Aktivität von 100 Bq/g abgeschätzt. Tabelle 3-2 enthält die Ergebnisse der Modellierung der Dosisleistung für unterschiedliche Abstände zu einem 4 m langen Tank mit 10 cm mächtiger NORM-Ablagerung und Fässern mit NORM-kontaminierten Schlämmen.

Tabelle 3-2: Errechnete Dosisleistung für theoretisch mögliche NORM-Ablagerungen mit spezifischen Aktivitäten von 100 Bq/g U-238max+Th-232max

	NORM-Ablagerungen in einem Tank	NORM-kontaminierte Schlämme in Gebinden
0,1 m Abstand	13,2 $\mu\text{Sv/h}$	20,1 $\mu\text{Sv/h}$
1 m Abstand	1,07 $\mu\text{Sv/h}$	1,70 $\mu\text{Sv/h}$
2 m Abstand	0,42 $\mu\text{Sv/h}$	0,54 $\mu\text{Sv/h}$
3 m Abstand	< Hintergrund	0,26 $\mu\text{Sv/h}$

Da sich Tanks und Gebinde nicht direkt an der Grundstücksgrenze der Clusterplätze befinden, ist eine zusätzliche Dosisleistung von 0,26 $\mu\text{Sv/h}$ im Abstand von 3 m von NORM-kontaminierten Anlagenteilen realistisch. Im Vergleich dazu beträgt die Ortsdosisleistung auf dem Domplatz in Speyer etwa 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ (entspricht 300 nSv/h), die auf eine Belegung mit Natursteinpflaster zurückzuführen ist.

Mit der Gleichung 1.1 aus /5/ wurde für einen Aufenthalt der allgemeinen Bevölkerung von 1000 h die zusätzliche potentielle Strahlenexposition durch Direktstrahlung berechnet. Die Tabelle 3-3 fasst die Ergebnisse für die Altersgruppen nach Strahlenschutzverordnung zusammen. Da Referenzpersonen auch Kinder sein können, sind altersabhängige Umrechnungsfaktoren von Umgebungsäquivalentdosis in effektive Dosis zu verwenden (siehe /5/). Es ergibt sich eine zusätzliche potentielle Dosis von maximal 0,21 mSv/a durch Direktstrahlung.

Die Schutzziele des Strahlenschutzes sind eingehalten, wenn die Strahlenexpositionen von Einzelpersonen der Bevölkerung den Richtwert für die effektive Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr einhält. Dieser Richtwert orientiert sich an der Schwankungsbreite natürlicher Strahlenexpositionen.

Tabelle 3-3: Zusätzliche potentielle Strahlenexposition durch Direktstrahlung [mSv/a]

	Bevölkerung ≤ 1 Jahr	Bevölkerung 1-2 Jahre	Bevölkerung 2-7 Jahre	Bevölkerung 7-12 Jahre	Bevölkerung 12-17 Jahre	Bevölkerung. ≥17 Jahre
Direktstrahlung	0,21	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16

3.4.3 Expositionen von Personen der allgemeinen Bevölkerung durch NORM-Rückstände

Sofern es beim Betrieb der geplanten Anlagen zum Anfall von NORM-Rückständen kommt, kann es nötig sein, diese Rückstände zu sammeln und bis zu einem Abtransport zur Entsorgung bereitzustellen.

Bei der Demontage von Anlagenteilen, die NORM-Rückstände enthalten, werden bei ordnungsgemäßer Durchführung nur sehr geringe Mengen an Radioaktivität lokal frei (z.B. beim Trennschweißen oder Schleif-trennen). Eine Gefährdung von Personen außerhalb des jeweiligen Betriebsgeländes durch radioaktive Partikel ist durch solche Arbeiten nicht gegeben.

Nötig ist aber möglicherweise eine Bereitstellung zur Entsorgung bzw. zur weiteren Verwendung von ausgebauten Anlagenteilen mit NORM-Ablagerungen oder von NORM-Schlämmen. Auf den Clusterplätzen ist jeweils ein ca. 10 m von der Grundstücksgrenze gelegener Platz zur Bereitstellung angefallener NORM-Rückstände vorgesehen. Bei diesem Abstand resultiert keine relevante Dosis durch Direktstrahlung. An der Grundstücksgrenze wird eine Ortsdosisleistung von 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ nicht überschritten, was einem oberen Bereich allgemein akzeptierter Strahlungswerte entspricht.

Die Bereitstellung zur Entsorgung bzw. zur weiteren Verwendung erfolgt in geschlossenen Gebinden bzw. im Falle von NORM-kontaminierten Rohren mit durch Schutzkappen verschlossenen Rohrenden, so dass weitere Expositionspfade ausgeschlossen sind.

3.4.4 Bodenkontaminationen

Bei der Wartung von Anlagen oder durch Handhabungsverluste bei Arbeiten mit NORM-Rückständen kann es grundsätzlich zu Verunreinigungen des Bodens kommen. Da die Betriebsflächen im vorliegenden Fall überwiegend betonierte Flächen sind, kann eine solche Kontamination von diesen Flächen entfernt werden. Verbleibende Bodenkontaminationen mit Radionukliden sind daher in hohem Maße unwahrscheinlich.

Sofern Bodenkontaminationen durch NORM nicht von vornherein ausgeschlossen werden können, ist vor Beendigung der Arbeiten das Grundstück auf Radioaktivitätsfreiheit nach Maßstäben der StrlSchV (derzeit § 101) zu prüfen und durch die zuständige Behörde ist die Radioaktivitätsfreiheit des Grundstücks zu bestätigen. Sollten Bodenkontaminationen mit radiologisch relevanten Stoffen auftreten, so können diese durch Bodenaustausch entfernt werden.

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die ENGIE plant die weitere Feldesentwicklung des Erdölfeldes Römerberg-Speyer. Teil dieses Projektes ist das folgende UVP-pflichtige Vorhaben:

Die Gewinnung von Erdöl mit einem Fördervolumen von mehr als 500 t/d.

Ziel dieses Gutachtens ist es, die aus dem Vorhaben resultierenden möglichen oder zu erwartenden Auswirkungen zu ermitteln. Soweit dabei Situationen vorkommen, die zu Strahlenexpositionen von Einzelpersonen der Bevölkerung oder schädlichen Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Boden führen können, werden diese Auswirkungen abgeschätzt und anhand der derzeitigen gesetzlichen Maßstäbe bewertet.

Derzeit sind keine Ablagerungen mit erhöhter Radioaktivität (NORM-Rückstände) in den Anlagen auf dem Clusterplatz 1 und 2 vorhanden und es gibt gegenüber den standorttypischen Hintergrundwerten keine erhöhten Expositionen der Bevölkerung.

Eine Analyse der vorhabenbedingten radiologischen Auswirkungen auf die Schutzgüter ergab:

- Die geplanten Fördermengen führen auch zu einer Erhöhung der mitgeführten Erdölbegleitgase. Diese Gase enthalten stets das radioaktive Edelgas Radon (Rn-222). Dieses Edelgas wird bei einer Nutzung der Erdölbegleitgase in die Umgebungsluft abgeleitet. Die daraus resultierenden möglichen Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung wurden abgeschätzt.
- Das bei der Förderung von Erdöl mitgeführte Lagerstättenwasser enthält verglichen mit gering mineralisiertem Grundwasser erhöhte Radium-Aktivitätskonzentrationen. Daher ist eine Entstehung von radiologisch zu beachtenden Materialien (z.B. Ablagerungen) mit natürlich vorkommenden Radionukliden (NORM) prinzipiell möglich.
- Momentan sind trotz der im Lagerstättenwasser vorhandenen Radiumkonzentrationen keine radiologisch relevanten Ablagerungen (NORM-Rückstände) in den bereits betriebenen Anlagen vorhanden. Für die Zukunft muss allerdings mit dem Entstehen von NORM-Rückständen gerechnet werden. Diese NORM-Rückstände können in folgenden Szenarien zu Strahlenexpositionen von Personen führen, die nicht als Beschäftigte auf den Anlagen der ENGIE tätig sind:
 - Durch NORM-Rückstände auf den Clusterplätzen 1 und 2 können an den Grundstücksgrenzen grundsätzlich erhöhte Umgebungsstrahlungen vorkommen. Die daraus resultierende mögliche Strahlenexposition von Personen der Bevölkerung wurde mit 0,21 mSv/a abgeschätzt. Diese kann durch die Einhaltung ausreichender Abstände bei der Planung vermieden werden.
 - Bei der Wartung von Anlagen oder durch Handhabungsverluste bei Arbeiten mit NORM-Rückständen kann es grundsätzlich zu Verunreinigungen des Bodens kommen. Derartige Situationen sind aber in Hinblick auf die Bewertung der radiologischen Umweltauswirkungen nicht relevant, da sie durch gesetzliche Anforderungen an den Nachweis der Radioaktivitätsfreiheit abgedeckt sind.

Die Abschätzung von potenziellen Strahlenexpositionen durch Ableitungen von Radon aus dem Erdölbeigleitgas ergab bei konservativer Modellierung 0,09 mSv/a. Damit wurde gezeigt, dass der Dosisbeitrag durch die Inhalation von Radon gering ist.

Folgende Hinweise zur Vermeidung oder Verringerung von Strahlenexpositionen sollten beachtet werden:

- Anlagen auf den Clusterplätzen, in denen im Laufe des Betriebs NORM-Ablagerungen auftreten können, sollten einen Abstand von allgemein zugänglichen Flächen außerhalb der Betriebsgelände von mindestens 3 m aufweisen, um die Umgebungsstrahlung an der Grundstücksgrenze der Anlage nicht zu erhöhen.
- Gebinde mit NORM-kontaminierten Schlämmen bzw. Stapel aus NORM-kontaminierten Rohren sollten so abgelegt oder zum Abtransport bereitgestellt werden, dass die Umgebungsstrahlung am Zaun der Betriebsplätze nicht erhöht wird. Ein Abstand der Bereitstellungsflächen von allgemein zugänglichen Flächen außerhalb der Betriebsgelände von mindestens 3 m sollte eingehalten werden.
- Bei der Bereitstellung zur Entsorgung / weiteren Verwendung von Rohren mit NORM-Kontaminationen zum Abtransport sind die Rohrenden mit Kappen zu verschließen.

Insgesamt ist festzustellen, dass in Folge der geplanten Fördermengen im Erdölfeld Römerberg-Speyer keine aus Strahlenschutzsicht unzulässigen Expositionen von Einzelpersonen der Bevölkerung oder andere unzulässige radiologische Auswirkungen zu erwarten sind.

5 Literaturverzeichnis

- /1/ Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2012. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. Hannover 2013
- /2/ Kolb W, Wojcik, M. Strahlenschutzprobleme bei der Gewinnung und Nutzung von Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland. BM I-Forschungsvorhaben S1. Sch. 872. Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Bericht Ra-17. ISSN 0341-6747. Braunschweig, Februar 1985
- /3/ Gellermann, R., Schulz, H., Weiß, D.: Abschlussbericht zum Vorhaben StSch 4416: Methodische Weiterentwicklung des Leitfadens zur radiologischen Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten und Erweiterung des Anwendungsbereichs. Teil B: Erweiterung des Anwendungsbereichs auf NORM-Rückstände. Bericht I: Vorkommen und Entstehung von radiologisch relevanten Bodenkontaminationen aus bergbaulichen und industriellen Prozessen. Bundesamt für Strahlenschutz, 2006.
- /4/ Bohrlochintegritätsbetrachtung für die Bohrungen des Betriebs Römerberg-Speyer. ENGIE E&P Deutschland GmbH. 2016
- /5/ Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen - Bergbau). 2010