



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Strategische Umweltprüfung zum Nationalen Entsorgungsprogramm

Umweltbericht für die Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung

Mai 2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung des Umweltberichts zum Nationalen Entsorgungsprogramm	13
Summary of the Environmental Report on the National Waste Management Program	17
1 Einleitung	21
1.1 SUP-Pflicht	21
1.2 Kurzdarstellung des NaPro	21
1.3 Untersuchungsrahmen	23
1.3.1 Untersuchungsraum	24
1.3.1.1 Untersuchungsräume in Verbindung mit der Endlagerung von radioaktiven Abfällen	24
1.3.1.2 Untersuchungsräume in Verbindung mit der Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen	25
1.3.1.3 Untersuchungsraum in Verbindung mit der Rückholung, Konditionierung und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus der Schachtanlage Asse II	28
1.3.2 Prüfgegenstand und Datenquellen	29
1.4 Methodisches Vorgehen	30
1.5 Verfahrensschritte und Beteiligung	34
2 Ziele des Umweltschutzes	35
2.1 Umweltschutzziele gemäß Regelwerk	35
2.1.1 Gesetzlich verankerte Umweltziele	37
2.1.1.1 Grundgesetz	37
2.1.1.2 Bundesklimaschutzgesetz	38
2.1.1.3 Bundes-Immissionsschutzgesetz	39
2.1.1.4 Bundesnaturschutzgesetz	39
2.1.1.5 Bundesartenschutzverordnung	40
2.1.1.6 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU	40
2.1.1.7 Vogelschutzrichtlinie der EU	41
2.1.1.8 Bundes-Bodenschutzgesetz	41

2.1.1.9	Wasserhaushaltsgesetz	42
2.1.1.10	Kreislaufwirtschaftsgesetz	43
2.1.1.11	Atom- und Strahlenschutzrecht	44
2.1.1.12	Raumordnungsgesetz	45
2.1.1.13	Bundesberggesetz	46
2.1.2	Ziele aus relevanten nationalen Plänen oder Strategien	47
2.1.2.1	Klimaschutzplan 2050	47
2.1.2.2	Agenda 2030, Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	47
2.1.2.3	Nationale Biodiversitätsstrategie	49
2.1.2.4	Nationale Wasserstrategie	50
2.1.2.5	Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie	50
2.2	Wirkfaktoren	51
2.2.1	Flächeninanspruchnahme	51
2.2.2	Luftschadstoffe und Treibhausgase	52
2.2.3	Lärm und Erschütterungen	55
2.2.4	Direktstrahlung	59
2.2.5	Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)	60
2.2.6	Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)	60
2.2.7	Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe	61
2.2.8	Wärmeeintrag in den Untergrund	62
2.2.9	Veränderungen der Tagesoberfläche	64
2.2.10	Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser	66
2.2.11	Lichtemissionen	70
2.2.12	Landschaftswirkung	72
2.2.13	Wassergefährdende und chemotoxische Stoffe	73
2.2.14	Konventionelle Abfälle	74
2.2.15	Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen	75
2.2.16	Konventionelles Abwasser aus Sanitärabwasser	76
2.2.17	Radonemissionen	77
2.2.18	Medieneintrag und Blow Out	78
2.2.19	Radioaktive Betriebsabfälle	79
3	Merkmale der Umwelt, derzeitiger Umweltzustand und Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro	81

3.1	Derzeitiger Umweltzustand im Gesamtraum	81
3.2	Vorbelastungen im Gesamtraum	86
3.3	Alternativenprüfung	86
3.3.1	Diskussion möglicher Alternativen zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen	87
3.3.2	Diskussion möglicher Alternativen zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen	87
3.3.3	Zu betrachtende vernünftige Alternativen	88
3.4	Voraussichtliche Entwicklung des Gesamtraums bei Nichtdurchführung des NaPro	89
3.4.1	Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle	90
3.4.2	Langzeitlagerung der rückgeholten Asse-Abfälle, der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und der „Delta-Abfälle“	92
4	Beschreibung der geplanten Maßnahmen des NaPro	94
4.1	Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	94
4.1.1	Verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	95
4.1.2	Rücktransport von verfestigten Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente	97
4.1.3	Erweiterte Nutzung bestehender Zwischenlager zur Aufbewahrung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren	100
4.1.4	Stilllegung der Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle	101
4.2	Standortauswahlverfahren und Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle	103
4.2.1	Übertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager	104
4.2.2	Untertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager	106
4.2.2.1	Errichtung eines Erkundungsbergwerkes	106
4.2.2.2	Betrieb eines Erkundungsbergwerkes	109
4.2.2.3	Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes	111
4.2.3	Aufbewahrung der endzulagernden Abfälle im Eingangslager des Endlagers	112
4.2.4	Überführung der hochradioaktiven Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort	116
4.2.5	Endlagergerechte Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle	118
4.2.6	Endlagerung insbesondere der hochradioaktiven Abfälle	123
4.2.6.1	Errichtung des Endlagers	123
4.2.6.2	Einlagerungsbetrieb des Endlagers	126
4.2.6.3	Verschluss des Endlagers	130

4.2.6.4	Zeitraum nach Verschluss des Endlagers	134
4.3	Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle und Überführung ins Endlager Konrad	135
4.3.1	Verlängerter Betrieb der Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle	135
4.3.2	Überführung in das Endlager Konrad	138
4.3.3	Stilllegung der Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle	139
4.4	Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle und Stilllegung der Schachanlage Asse II	139
4.4.1	Rückholung der radioaktiven Abfälle	140
4.4.2	Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Charakterisierungs- und Konditionierungseinrichtungen zur Bearbeitung und Verpackung der rückgeholten Abfälle	143
4.4.3	Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Zwischenlagers für die konditionierten radioaktiven Abfälle	147
4.4.4	Stilllegung der Schachanlage Asse II	151
4.5	Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung	152
4.5.1	Zwischenlagerung der bei der Urananreicherung angefallenen und anfallenden Reststoffe	153
4.5.2	Endlagerechte Konditionierung der Abfälle	153
4.5.3	Stilllegung und Rückbau des Zwischenlagers und der Freilager	157
4.6	Entsorgung der „Delta-Abfälle“	157
4.7	Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in einem weiteren Endlager	158
4.7.1	Überführung der im Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle endzulagernden Abfälle zum Endlagerstandort	158
4.7.2	Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am gleichen Standort wie die hochradioaktiven Abfälle	160
4.7.2.1	Errichtung des Endlagers	160
4.7.2.2	Einlagerungsbetrieb des Endlagers	163
4.7.2.3	Verschluss des Endlagers	167
4.7.2.4	Zeitraum nach Verschluss des Endlagers	172
4.7.3	Option: Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle an einem anderen Standort als die Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle nach StandAG	172
4.8	Kumulative Effekte paralleler Maßnahmen und Projekte des NaPro	173
5	Umweltauswirkungen (positiv/negativ)	174

5.1	Umweltauswirkungen der geplanten Maßnahmen des NaPro im Vergleich zum Prognose-Nullfall	175
5.1.1	Umweltauswirkungen der geplanten Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in einem Endlager nach StandAG im Vergleich zur entsprechenden Einzelmaßnahme im Prognose-Nullfall	176
5.1.2	Umweltauswirkungen der geplanten Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in einem weiteren Endlager nach StandAG im Vergleich zur entsprechenden Einzelmaßnahme im Prognose-Nullfall	180
5.2	Umweltauswirkungen des NaPro insgesamt im Vergleich zum Prognose-Nullfall	183
5.3	Schlussfolgerungen	185
6	Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben	186
7	Überwachungsmaßnahmen	187
	Literaturverzeichnis	191

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Karte der 90 Teilgebiete bei der Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle	25
Abbildung 1-2: Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle	26
Abbildung 1-3: Standorte von Anlagen und Einrichtungen der Entsorgung	27
Abbildung 1-4: Potenziellen Zwischenlagerstandortflächen der Schachtanlage Asse II	28
Abbildung 3-1: FFH-Gebiete in Deutschland (Stand 2019)	82
Abbildung 3-2: Europäische Vogelschutzgebiete in Deutschland (Stand 2019)	83
Abbildung 3-3: Schutzgebiete in Deutschland (Stand 2024)	84
Abbildung 3-4: Bevölkerungsdichte in Deutschland (Stand 2022)	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Umweltschutzziele und jeweilige rechtliche Grundlage	36
Tabelle 5-1: Geplante Entsorgungspfade des NaPro und Prognose-Nullfall	175

Abkürzungsverzeichnis

ALARA	Optimierungsgebot für Strahlenexpositionen ("As Low As Reasonably Achievable")
AtG	Atomgesetz
AtVfV	Atomrechtliche Verfahrensverordnung
AVV-Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BBergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
DCRL	Derived Consideration Reference Level
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
ESK	Entsorgungskommission
EU	Europäische Union
Euratom	Europäische Atomgemeinschaft
ewG	einschusswirksamer Gebirgsbereich

FFH	Fauna Flora Habitat
GGBefG	Gefahrgutbeförderungsgesetz
HAA	Hochaktive Abfälle
ICRP	International Commission on Radiological Protection
KfZ	Kraftfahrzeug
KKW	Kernkraftwerk
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
LAI	Länderausschuss für Immissionsschutz
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LKW	Lastkraftwagen
NaPro	Nationales Entsorgungsprogramm
NBS	Nationale Biodiversitätsstrategie / Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt
NKWS	Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie
NWS	Nationale Wasserstrategie
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung
StandAG	Standortauswahlgesetz
StandAV	Standortauswahlverfahren
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
TLB	Transport- und Lagerbehälter
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungen
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VSG	Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben

WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
-----	-------------------------------------

WHG	Wasserhaushaltsgesetz
-----	-----------------------

ZLR	Zwischenlager Rossendorf
-----	--------------------------

Zusammenfassung des Umweltberichts zum Nationalen Entsorgungsprogramm

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) als federführende Behörde hat mit Datum vom 5. Juli 2024 das „Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm)“ im Entwurf veröffentlicht.

Dieser Umweltbericht ermittelt, beschreibt und bewertet die potenziell relevanten Umweltauswirkungen, die durch die Umsetzung des Nationalen Entsorgungsprogramms (NaPro) entstehen können und stellt sie den Umweltauswirkungen bei Nichtdurchführung des NaPro gegenüber. Dazu wird davon ausgegangen, dass bei Nichtdurchführung des NaPro – dem sogenannten „Prognose-Nullfall“ – alle radioaktiven Abfälle und Reststoffe an den derzeitigen Standorten über Tage dauerhaft langfristigelagert werden. Der Vergleich soll zeigen, ob und inwieweit eine Umsetzung des NaPro die für diese Belange relevanten Umweltziele eher begünstigt oder verfehlt.

Das Erreichen der für Deutschland geltenden Umweltziele setzt voraus, dass die dafür relevanten Wirkfaktoren, die sich negativ auf die zu schützenden Güter – darunter die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser und weitere Schutzgüter – auswirken können, minimiert oder vermieden werden.

Zum Zweck dieser Aufgabe wird das NaPro zunächst in einzelne Maßnahmen und Projekte unterteilt und im Hinblick auf das mögliche Auftreten dieser Wirkfaktoren untersucht. Im zweiten Schritt werden die daraus potenziell resultierenden erheblichen Umweltauswirkungen ermittelt und bewertet.

Das Nationale Entsorgungsprogramm

Gemäß (BMUV 2024e) erfolgt die Entsorgung von radioaktiven Abfällen grundsätzlich im Inland und in nationaler Verantwortung. Dafür sollen drei Endlager errichtet werden: Ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, das Endlager Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und ein weiteres Endlager für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können.

Entsprechend entstehen drei Entsorgungspfade:

- Für den ersten Entsorgungspfad der hochradioaktiven Abfälle findet ein Standortauswahlverfahren statt. Sobald der Endlagerstandort festgelegt ist, soll dort neben dem Endlager ein Eingangslager sowie eine Konditionierungseinrichtung für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung genehmigt und errichtet werden. Dadurch wird die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle geschaffen. Bis zur endgültigen Verbringung an den Endlagerstandort sollen die bestrahlten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung an den vorhandenen Zwischenlagerstandorten aufbewahrt werden.
- Im zweiten Entsorgungspfad werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle in das Endlager Konrad verbracht. Das Endlager Konrad hat bereits ein Planfeststellungsverfahren durchlaufen, in dessen Verlauf eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wurde. Geplant ist, zu Beginn der 2030er Jahre mit der Einlagerung von bis zu 303.000 Kubikmetern radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in das Endlager Konrad zu beginnen und

diese etwa 2070 abzuschließen.

Der Rückbau aller Leistungsreaktoren, für die eine Abbauverpflichtung besteht, sowie anderer kerntechnischer Anlagen und Einrichtungen, die im Betrachtungszeitraum außer Betrieb gehen, soll so rechtzeitig erfolgen, dass die dabei entstehenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in das Endlager Konrad eingelagert werden können.

- Im dritten Entsorgungspfad mit dem Ziel eines weiteren Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (nicht Konrad) werden die aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten Abfälle, das angefallene und anfallende abgereicherte Uran aus der Urananreicherung (Urantails), soweit keine weitere Verwertung erfolgt, sowie weitere Abfälle – die sogenannten „Delta-Abfälle“ –, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können, entsorgt. Die in der Schachtanlage Asse II eingelagerten schwach- und mittelradioaktive Abfälle sollen rückgeholt, charakterisiert, konditioniert und bis zur Endlagerung zwischengelagert werden.

Zu untersuchende Maßnahmen des Nationalen Entsorgungsprogramms

In der SUP des NaPro werden im Einzelnen die Umweltauswirkungen folgender geplanter Maßnahmen zur Entsorgung von bestrahlten Brennelementen und radioaktiven Abfällen untersucht:

Für den Entsorgungspfad Endlager nach Standortauswahlverfahren:

- Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
- Standortauswahlverfahren und Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

Für den Entsorgungspfad Endlager Konrad:

- Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle und Überführung ins Endlager Konrad

Für den Entsorgungspfad weiteres Endlager:

- Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle und Stilllegung der Schachtanlage Asse II
- Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung
- Entsorgung der „Delta-Abfälle“
- Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in einem weiteren Endlager

Jede dieser Maßnahmen wird in einzelne Projekte gegliedert, für die die Umweltauswirkungen ermittelt werden.

Dabei lässt sich feststellen, dass aufgrund des vorliegenden Abstraktionsgrades dieser Strategischen Umweltprüfung (SUP) und der häufig fehlenden konkreten räumlichen wie zeitlichen Einordnung der Maßnahmen die Erheblichkeit vieler Umweltauswirkungen nicht oder nur sehr eingeschränkt beurteilt werden kann. Aus diesem Grund wurden konservativ auch die potenziell relevanten Umweltauswirkungen bei der SUP berücksichtigt. Inwieweit eine Erheblichkeit dieser Umweltauswirkungen vorliegt, muss mit zunehmender Konkretisierung der Planungen des NaPro in einer späteren SUP oder in projektabhängigen Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) erneut untersucht werden.

Die geplanten, oben genannten Maßnahmen des NaPro werden in Anlagen oder Einrichtungen realisiert, deren Standorte und Auslegung überwiegend noch nicht festgelegt sind. Daher sind in der SUP des NaPro in vielen Fällen keine realen Anlagen oder Umweltbestandteile von Untersuchungsgebieten darstellbar. Deshalb werden die von Anlagen oder Einrichtungen ausgehenden Wirkfaktoren qualitativ oder als quantitative Bandbreite abgeschätzt und beschrieben. Dabei sind diejenigen Wirkfaktoren betrachtet, die negative Auswirkungen auf die gemäß § 2 (1) UVPG zu berücksichtigenden Schutzgüter haben können und damit den Umweltzielen entgegenstehen. Zu den Schutzgütern gehören Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt sowie Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Unter konservativen Annahmen zur Betroffenheit von Schutzgütern werden die potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch die Wirkfaktoren prognostiziert und damit die voraussichtliche Einhaltung bzw. ein mögliches Verfehlen der Umweltziele bewertet. Mögliche Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung wurden bei der Bewertung aus Vorsorgegründen nicht berücksichtigt. Im Realfall werden viele der aufgeführten potenziell relevanten Umweltauswirkungen bei der Realisierung der Maßnahmen und Projekte des NaPro durch entsprechende Maßnahmen vermindert oder vermieden.

Der Vergleich des NaPro mit dem Prognose-Nullfall erfolgt zunächst auf Ebene der Maßnahmen. Dabei werden diejenigen Maßnahmen und Projekte, die sowohl bei Umsetzung als auch bei Nichtdurchführung des NaPro auftreten, ausgeklammert. Entsprechend werden zum einen die Projekte des ersten Entsorgungspfads Endlager nach Standortauswahlverfahren ohne die vorherige Zwischenlagerung der hochradioaktiven Abfälle mit der Langzeitlagerung aller bestrahlten Brennelemente sowie der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Prognose-Nullfall verglichen. Zum anderen werden die Projekte des dritten Entsorgungspfads Weiteres Endlager ohne die bereits festgelegte Rückholung der Asse-Abfälle aus der Schachanlage Asse II sowie der mit der Zwischenlagerung und Konditionierung dieser Abfälle verbundenen baulich notwendigen Schritte mit der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall verglichen.

Der zweite Entsorgungspfad Endlager Konrad findet hier keine Betrachtung, da mit dem Endlager Konrad bereits ein genehmigter Entsorgungspfad zur Verfügung steht und die Zwischenlagerung den aktuellen Ist-Stand widerspiegelt. Das bedeutet, dass selbst im Prognose-Nullfall für diesen Entsorgungspfad keine hypothetische Variante im Zuge dieser SUP zur Verfügung steht.

Danach wird die Umsetzung des NaPro insgesamt der Nichtdurchführung im Prognose-Nullfall gegenübergestellt und auch generische Aspekte und Risiken benannt, die zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen und damit dem Erreichen von Umweltzielen entgegenstehen können. Aus beiden Vergleichen werden schließlich Schlussfolgerungen für die Umsetzung des NaPro gezogen, und es werden Möglichkeiten für Maßnahmen zur Überwachung der Wirkfaktoren vorgestellt.

Ergebnisse der Strategischen Umweltprüfung des Nationalen Entsorgungsprogramms

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt und unter Berücksichtigung des bisher wenig eingrenzbaren Untersuchungsraums lässt sich festhalten, dass die Durchführung des NaPro gegenüber dem Prognose-Nullfall zu bevorzugen ist. Auch wenn bei Umsetzung des NaPro bis zur Verbringung der radioaktiven Abfälle unter Tage zunächst das Umweltziel, die Flächeninanspruchnahme möglichst

gering zu halten, weniger gut erreicht und damit der Umweltzustand verschlechtert wird, so lässt sich auch für dieses Umweltziel auf lange Sicht eine deutliche Verbesserung des Umweltzustandes durch die Umsetzung des NaPro erreichen.

Für die Einzelmaßnahmen im ersten und dritten Entsorgungspfad Endlager nach Standortauswahl und Weiteres Endlager zeigt sich im Vergleich zu ihrem jeweiligen Pendant im Prognose-Nullfall, dass die Umweltziele der Verminderung von Direktstrahlung und Reduktion von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad sowie auch das Umweltziel der Vermeidung von störfallbedingten Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit Umsetzung des NaPro deutlich besser erreicht werden als im Prognose-Nullfall. Weitere Umweltziele wie die Vermeidung oder Verminderung von Luftschadstoffen, von Lärm oder von Erschütterungen werden sowohl mit Umsetzung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall temporär beeinträchtigt.

Bei der Umsetzung des NaPro kann ein zusätzliches Risiko für Veränderungen der Tagesoberfläche, Grundwasserabsenkungen oder ein Austritt von chemotoxischen Stoffen aus einem verschlossenen Endlager entstehen, die im Prognose-Nullfall ausgeschlossen sind. Die Bewertung dieser Wirkfaktoren ist aufgrund des aktuell noch sehr abstrakten Planungscharakters des NaPro noch nicht möglich und muss in einer späteren SUP vorgenommen werden.

Auch im Prognose-Nullfall entstehen Risiken, die gegenwärtig nicht eingeschätzt werden können. Dies betrifft insbesondere Risiken, deren Eintrittswahrscheinlichkeit innerhalb des extrem langen Zeitraums von einer Million Jahre kontinuierlich ansteigt. Darunter fallen sowohl klimatische Veränderungen infolge des Klimawandels als auch ein steigendes Risiko, dass Staat und Gesellschaft die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle nicht über den gesamten Betrachtungszeitraum übernehmen können oder das dafür notwendige Know-how verloren geht. In instabilen Verhältnissen steigt die Wahrscheinlichkeit für Gefahren wie Direktstrahlung, ungeplante Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad und störfallbedingte Freisetzungen radioaktiver Stoffe, was zu Beeinträchtigungen der Schutzgüter Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sowie Fläche, Boden, Wasser, Luft und Klima führen kann.

Insgesamt führt die Umsetzung des NaPro demnach zu einer Verbesserung des Umweltzustands und sollte, insbesondere auch vor dem Hintergrund der Unwägbarkeiten, die mit einer Langzeitlagerung über einen dermaßen langen Zeitraum von einer Million Jahre einhergehen, gegenüber dem Prognose-Nullfall eindeutig bevorzugt werden.

Summary of the Environmental Report on the National Waste Management Program

On 5 July 2024, the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV), as the lead authority, published a draft of the “Programme for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste (National Programme)”.

This environmental report identifies, describes and assesses the potentially relevant environmental effects that may arise from the implementation of the National Programme (NaPro) and compares them with the environmental effects in case of non-implementation of the NaPro. For this purpose, it is assumed that all radioactive waste and residues at the current sites will be permanently stored above ground in the long term if the NaPro is not implemented, the so-called “hypothetical zero alternative”. The comparison is intended to show whether and to what extent the implementation of the NaPro will have a more positive or negative impact on the environmental objectives relevant with regard to these interests.

Achieving the environmental objectives applicable to Germany requires that the relevant impact factors that could have a negative effect on the goods to be protected – including human health, fauna, flora, soil, water and other protected goods – are minimised or avoided.

For the purpose of this task, the NaPro is first subdivided into individual measures and projects and analysed with regard to the possible occurrence of these impact factors. In the second step, the potentially resulting significant environmental effects are determined and assessed.

National Programme

According to the NaPro (BMUV 2024e), the management of radioactive waste is generally carried out on German national territory and under national responsibility. Three disposal facilities are to be constructed for this purpose: A disposal facility for high-level radioactive waste, the Konrad repository for low- and intermediate-level radioactive waste and a disposal facility for low- and intermediate-level radioactive waste that cannot be disposed of in the Konrad repository.

Accordingly, there are three waste management paths:

- A site selection procedure is carried out for the first management path, i.e. for high-level radioactive waste. As soon as the site for a disposal facility has been determined, a receiving storage facility and a conditioning facility for spent fuel and waste from reprocessing will be licensed and constructed there in addition to the disposal facility. This will create the conditions for starting the removal of spent fuel from the existing storage facilities for high-level radioactive waste. The spent fuel and waste from reprocessing are to be stored at the existing storage facility sites until transfer to the disposal facility site.
- In the second waste management path, low- and intermediate-level radioactive waste is transferred to the Konrad repository. The Konrad repository has already undergone a plan approval procedure in the course of which an environmental impact assessment was carried out. It is planned to start emplacement of up to 303,000 m³ of radioactive waste with negligible heat generation in the Konrad repository at the beginning of the 2030s and to complete this in around 2070.

The dismantling of all power reactors for which a dismantling obligation exists as well as of other nuclear installations and facilities that are decommissioned during the period under

consideration is to take place in such a timely manner that the resulting low- and intermediate-level radioactive waste can be emplaced in the Konrad repository.

- In the third waste management path with the aim of establishing an additional disposal facility for low- and intermediate-level radioactive waste (besides Konrad), the waste retrieved from the Asse II mine, the depleted uranium from uranium enrichment (uranium tails), as far as no further utilisation takes place, as well as other waste – the so-called “delta waste” – that cannot be disposed of in the Konrad repository, will be disposed of there. The low- and intermediate-level radioactive waste stored in the Asse II mine is to be retrieved, characterized, conditioned and stored until disposal.

Measures of the National Programme to be assessed

The Strategic Environmental Assessment (SEA) of the NaPro assesses in detail the environmental effects of the following planned measures for the management of spent fuel and radioactive waste:

For the waste management path disposal facility according to the site selection procedure:

- Storage of spent fuel and waste from reprocessing
- Site selection procedure and disposal of high-level radioactive waste

For the waste management path Konrad repository:

- Storage of low- and intermediate level radioactive waste and transfer to the Konrad repository

For the waste management path additional disposal facility:

- Disposal of the retrieved Asse waste and closure of the Asse II mine
- Disposal of the radioactive residues from uranium enrichment
- Disposal of the “delta waste”
- Disposal of the low- and intermediate level waste in an additional disposal facility

Each of these measures are divided into individual projects for which the environmental effects are determined.

It can be stated that due to the present level of abstraction of this SEA and the lack of a concrete spatial and temporal dimension of the measures in many cases, the significance of many environmental effects cannot be assessed or can only be assessed to a very limited extent. For this reason, the potentially relevant environmental effects were conservatively also taken into account in the SEA. The extent to which these environmental effects are significant must be re-examined in a later SEA as the planned measures of the NaPro become more concrete.

The planned measures of the NaPro mentioned above are realised in installations or facilities the locations and design of which have largely not been decided yet. Therefore, in many cases, no real installations, environmental elements or investigation areas can be presented in the SEA of the NaPro. For this reason, the impact factors emanating from installations or facilities are assessed and described qualitatively or quantitatively. The impact factors considered here are those that may have adverse effects on the protected goods to be taken into account in accordance with § 2(1) UVPG

and thus conflict with the environmental objectives. The protected goods include human beings, in particular human health, fauna, flora and biodiversity as well as land, soil, water, air, climate and landscape, cultural heritage and other material assets as well as the interrelationship between these protected goods.

The potentially relevant environmental effects of the impact factors are predicted on the basis of conservative assumptions regarding the impact on protected goods and thus the likely compliance with or possible failure to achieve the environmental objectives assessed. Possible avoidance and minimisation measures were not taken into account in the assessment to follow a conservative approach. In the real case, many of the potentially relevant environmental effects listed will be reduced or avoided by appropriate measures when realising the measures and projects of the NaPro.

The comparison of the NaPro with the hypothetical zero alternative is initially carried out at the level of the measures. Those measures and projects are excluded that occur both when the NaPro is implemented and when it is not implemented. Accordingly, on the one hand, the projects of the first waste management path – disposal facility according to the site selection procedure without prior storage of high-level radioactive waste – are compared with the long-term storage of all spent fuel and waste from reprocessing in the hypothetical zero alternative. On the other hand, the projects of the third waste management path of an additional disposal facility without the already determined retrieval of the waste from the Asse II mine as well as the structurally necessary steps associated with the storage and conditioning of this waste are compared with long-term storage in the hypothetical zero alternative.

The second waste management path, the Konrad repository, is not considered here since the Konrad repository is already a licensed waste management path and storage reflects the current status. That means that even in the hypothetical zero alternative, no hypothetical variant is available for this waste management path in the course of this SEA.

The implementation of the NaPro as a whole is then compared with non-implementation in the hypothetical zero alternative. Furthermore, generic aspects and risks are identified that could lead to potentially relevant environmental effects and thus may adversely affect the achievement of environmental objectives. Finally, conclusions for the implementation of the NaPro are drawn from both comparisons and options for measures to monitor the impact factors are presented.

Results of the Strategic Environmental Assessment of the National Programme

At present and taking into account the fact that the investigation area is still difficult to be narrowed down, it can be stated that the implementation of the NaPro is preferable to the hypothetical zero alternative. Even if the environmental objective of minimising land consumption is initially achieved less well with the implementation of the NaPro until the radioactive waste is emplaced underground and the environmental condition is therefore impaired, a significant improvement in the environmental condition can also be achieved for this environmental objective in the long term when implementing the NaPro.

For the individual measures in the first and third waste management path – disposal facility according to the site selection procedure and additional disposal facility – it shows in comparison to their respective analogies in the hypothetical zero alternative that the environmental objectives of reducing direct radiation and reducing emission of radioactive materials via air and water as well as the environmental objective of avoiding accidental releases of radiological materials are achieved

significantly better with the implementation of the NaPro than in the hypothetical zero alternative. The achievement of other environmental objectives such as the avoidance or reduction of air pollutants, noise or vibrations is temporarily affected both with the implementation of the NaPro and in the hypothetical zero alternative.

The implementation of the NaPro may result in an additional risk of surface changes, groundwater lowering or the release of chemotoxic substances from a sealed geological disposal facility, which are excluded in the hypothetical zero alternative. The assessment of these impact factors is not yet possible due to the currently still very abstract planning character of the NaPro and must be carried out in a later SEA.

Risks arise also in the hypothetical zero alternative that cannot be assessed at present. This applies, in particular, to risks whose probability of occurrence increases continuously over the extremely long period of one million years. These include both climatic developments due to climate change and an increasing risk that the state and society will not be able to assume responsibility for radioactive waste over the entire period under consideration or that the necessary expertise will be lost. In unstable conditions, the probability of hazards such as direct radiation, unplanned emission of radioactive materials via air and water and accidental release of radiological materials increases, which can lead to adverse effects on the protected goods of human beings, in particular human health, fauna, flora and biodiversity as well as land, soil, water, air and climate.

Overall, implementation of the NaPro thus leads to an environmental improvement and should be clearly preferred to the hypothetical zero alternative, particularly in view of the uncertainties associated with a long-term storage over such a long period of one million years.

1 Einleitung

Der vorliegende Umweltbericht bezieht sich auf das öffentlich ausgelegte „Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm) vom 5. Juli 2024. Er beschreibt und bewertet die Auswirkungen der im Nationalen Entsorgungsprogramm (NaPro) dargestellten Maßnahmen auf die Umwelt. Der Umweltbericht wird im Rahmen der strategischen Umweltprüfung (SUP) vorgelegt und dient in Ergänzung zum Entwurf des NaPro der Beteiligung der Öffentlichkeit. Der Umweltbericht umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der relevanten Auswirkungen des NaPro auf die Schutzgüter. Sie dienen einer wirksamen Umweltvorsorge nach Maßgabe der geltenden Gesetze.

1.1 SUP-Pflicht

Die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union haben gemäß der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle festgelegt, ein Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro) zu erstellen und spätestens alle 10 Jahre fortzuschreiben. Das erste NaPro wurde im August 2015 vorgelegt. Die zweite Fassung des NaPro soll dementsprechend bis 23. August 2025 überprüft und an den aktuellen Stand angepasst werden. Das Nationale Entsorgungsprogramm ist nach § 35 Absatz 1 Nr. 1 UVPG iVm. Anlage 5 Nr. 1.13 des UVPG (UVPG 2024) SUP-pflichtig.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) als federführende Behörde führt in diesem Zusammenhang eine Strategische Umweltprüfung (SUP) des NaPro mit Beteiligung der Öffentlichkeit nach den Maßgaben der europäischen SUP-Richtlinie 2001/42/EG (RL 2001/42/EG) bzw. auf Basis des nationalen Gesetzes zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) – hier insbesondere Teil 3 „Strategische Umweltprüfung“ – durch.

Mit der europäischen SUP-Richtlinie 2001/42/EG (RL 2001/42/EG) bzw. mit Teil 3 „Strategische Umweltprüfung“ des UVPG soll sichergestellt werden, dass ein hohes Umweltschutzniveau besteht und dass Umwelterwägungen bei der Ausarbeitung, Annahme und Durchführung von Plänen und Programmen einbezogen werden.

1.2 Kurzdarstellung des NaPro

Das NaPro (BMUV 2024e) verfolgt das Ziel, Anlagen in tiefen geologischen Formationen zur sicheren Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle einzurichten und bis zur Verfügbarkeit der Endlageroptionen die Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle gemäß AtG sicherzustellen. Diese Planung wird durch folgende Eckpunkte gekennzeichnet (BMUV 2024e):

- Die Entsorgung von radioaktiven Abfällen erfolgt grundsätzlich im Inland und in nationaler Verantwortung.
- Es sollen drei Endlager errichtet werden: Ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, das Endlager Konrad für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und ein weiteres Endlager für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können.

- Endlager für hochradioaktive Abfälle:
Der Standort für das Endlager für hochradioaktive Abfälle soll bis Mitte des Jahrhunderts festgelegt werden. Nach der Festlegung des Standorts soll das Endlager für hochradioaktive Abfälle inkl. eines Eingangslagers für die Transport- und Lagerbehälter und einer Konditionierungsanlage errichtet werden.
- Endlager für die schwach- und mitterradioaktiven Abfälle:
Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle wird auch bewertet, ob am Standort des Endlagers für hochradioaktive Abfälle ein Endlager für die aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten Abfälle und weitere Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können, errichtet werden kann. Dazu gehören auch das angefallene und anfallende abgereicherte Uran aus der Urananreicherung (Urantails), sollte eine weitere Verwertung nicht erfolgen.
- Endlager Konrad:
Zu Beginn der 2030er Jahre soll die Einlagerung von bis zu 303.000 Kubikmetern radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in das Endlager Konrad beginnen. Die Dauer des Einlagerungsbetriebs für das planfestgestellte Abfallvolumen von 303.000 m³ soll einen Zeitraum von 40 Jahren nicht überschreiten.
Der Rückbau aller Leistungsreaktoren für die eine Abbauverpflichtung besteht, sowie anderer kerntechnischer Anlagen und Einrichtungen, die im Betrachtungszeitraum außer Betrieb gehen, soll so rechtzeitig erfolgen, dass die dabei entstehenden radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in das Endlager Konrad eingelagert werden können.
- Eingangslager am Endlagerstandort und Konditionierungseinrichtung:
Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager für hochradioaktive Abfälle soll am Standort auch ein Eingangslager sowie eine Konditionierungseinrichtung für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (beide in Verantwortung der BGE) genehmigt werden. Dadurch wird die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Brennelemente-Zwischenlager geschaffen werden.
- Zwischenlagerung an den Zwischenlagerstandorten:
Die bestrahlten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sollen bis zur endgültigen Entsorgung an den vorhandenen Zwischenlagerstandorten aufbewahrt werden.
- Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben:
Die Einlagerung von schwach- und mittelfradioaktiven Abfällen in das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben ist beendet. Das Endlager soll stillgelegt und langfristig sicher verschlossen werden.
- Schachtanlage Asse II
In der Schachtanlage Asse II wurden schwach- und mittelfradioaktive Abfälle eingelagert. Diese sollen geborgen, konditioniert und bis zur Endlagerung (s. o.) zwischengelagert werden.
- Natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (Naturally Occuring Radioactive Material – NORM) werden in Deutschland grundsätzlich nicht als radioaktiver Abfall betrachtet.

1.3 Untersuchungsrahmen

Umweltauswirkungen entstehen durch unmittelbare und mittelbare Auswirkungen der Durchführung der im NaPro geplanten Vorhaben auf die im UVPG (UVPG) definierten Schutzgüter. Als Schutzgüter sind gemäß § 2 (1) UVPG zu berücksichtigen:

1. Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit,
2. Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
3. Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
4. kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie
5. die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Im Sinne von § 2 (4) UVPG sind alle Neuvorhaben wie die Errichtung und der Betrieb einer technischen Anlage, der Bau einer sonstigen Anlage oder die Durchführung einer sonstigen in Natur und Landschaft eingreifenden Maßnahme, sowie Änderungsvorhaben wie Änderungen (einschließlich Erweiterungen) der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer technischen oder sonstigen Anlage oder der Durchführungen einer sonstigen in Natur und Landschaft eingreifenden Maßnahme zu prüfen. Bei neu zu realisierenden Anlagen und Einrichtungen sind grundsätzlich die Phasen Errichtung, Betrieb, Stilllegung / Verschluss im Umweltbericht zu berücksichtigen. Bei Projekten, die die Änderung oder Verlängerung der Nutzung bestehender Anlagen vorsehen, beschränken sich die Betrachtungen in der Regel auf die Betriebsphase.

Aufgrund der Eckpunkte des NaPro lassen sich verschiedene Maßnahmen¹ (siehe Kapitel 1.3.2) ableiten, die im Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen zu betrachten sind. Jede Maßnahme lässt sich in einzelnen Bestandteile, wie beispielsweise Transporte, Erkundungen oder Lagerung von Abfällen, zerlegen. Diese werden im Folgenden als „Projekte“ bezeichnet. In manchen Projekten ist für die SUP eine kleinteiligere Betrachtung notwendig, weshalb die Projekte in einigen Fällen zusätzlich in Phasen aufgeteilt werden. Das methodische Vorgehen für die SUP wird in Kapitel 1.4 genau erläutert.

Die zu betrachtenden Maßnahmen und Projekte des NaPro haben sowohl eine zeitliche als auch eine räumliche Dimension. Anhand der räumlichen Dimension lassen sich die Schutzgüter bestimmen, die von den Maßnahmen betroffen sind (siehe Kapitel 1.3.1). Die zeitliche Dimension der zu betrachtenden Maßnahmen gibt Aufschluss über die Einwirkungsdauer von schädlichen Wirkfaktoren² auf die Schutzgüter. Einige Wirkfaktoren zeichnen sich durch eine lange Einwirkungsdauer aus (zum Beispiel bleibt die Landschaftswirkung eines Neubaus über den Zeitraum seines Bestands bestehen), andere sind abhängig von der Dauer der einzelnen Umsetzung eines Projektes bzw. der Phase eines Projektes (zum Beispiel Lärm infolge von Baumaßnahmen oder Transporten) und muss deshalb spezifisch betrachtet werden.

Prüfgegenstand der SUP sind die Maßnahmen, die im NaPro (BMUV 2024e) als Planung aufgeführt sind oder aus entsprechenden Planungen resultieren (siehe Kapitel 1.3.2). Da für bereits

¹ Im Folgenden wird ausschließlich der Begriff „Maßnahme“ für alle Vorhaben innerhalb des NaPro verwendet, unabhängig davon, ob es sich um Neu- oder Änderungsvorhaben handelt. Mit „Vorhaben“ ist im Folgenden die Gesamtplanung des NaPro – also die Summe der einzelnen Maßnahmen gemeint.

² Als „Wirkfaktoren“ werden im Folgenden Einwirkungen und Immissionen bezeichnet, die aufgrund von Maßnahmen und Projekten des NaPro auftreten können und Schutzgüter positiv oder negativ beeinträchtigen können.

bestehende bzw. zugelassene Maßnahmen im Rahmen der jeweiligen Zulassungsverfahren Umweltauswirkungen bereits berücksichtigt wurden, werden diese hier nicht betrachtet.

1.3.1 Untersuchungsraum

Die räumliche Dimension der im NaPro geplanten Maßnahmen ist die Umgebung um die geplanten Maßnahmen und Projekte, innerhalb der die dabei ausgelösten Wirkfaktoren auf die Umwelt einwirken (z. B. Immissionen). Der Untersuchungsraum ist für die einzelnen Schutzgüter unterschiedlich groß, beispielsweise sind Auswirkungen auf die Landschaft in einem größeren Raum zu untersuchen als Auswirkungen auf den Boden.

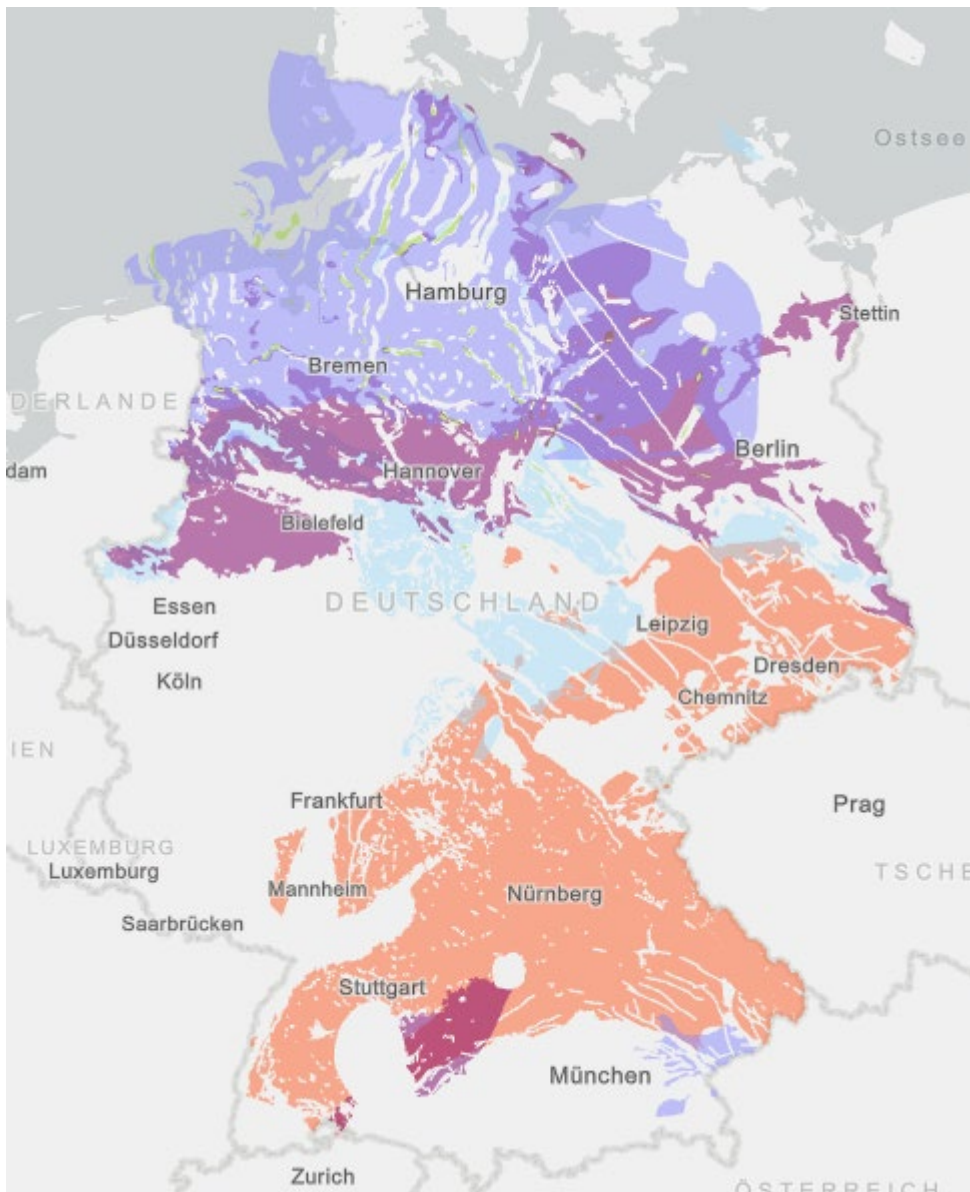
1.3.1.1 Untersuchungsräume in Verbindung mit der Endlagerung von radioaktiven Abfällen

Bei zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch fehlenden Standortfestlegungen ist eine räumliche Eingrenzung auf konkrete Untersuchungsgebiete sowie eine Beschreibung realer Umweltbestandteile für diese Maßnahmen nicht möglich. Im Standortauswahlverfahren ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, durch den Zwischenbericht Teilgebiete bisher erst auf 54 % der bundesdeutschen Fläche reduziert (siehe farbige Flächen in Abbildung 1-1). Eine stärkere Eingrenzung dieser Flächen wird erst mit Bekanntgabe der Standortregionen nach Phase I des Standortauswahlverfahrens erfolgen.

Die im NaPro dargelegten Maßnahmen werden demnach zum Teil in Anlagen und Einrichtungen (z. B. auch Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Konditionierungseinrichtungen) realisiert, über deren Standorte und Auslegung noch nicht entschieden ist. Im Falle der Transporte sind die Verkehrswege von den Zwischenlagerstandorten in ein Endlager für hochradioaktive Abfälle sowie in das weitere Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle neben Konrad nicht definierbar. Daher sind insoweit in dieser SUP keine realen Untersuchungsgebiete mit realen Umweltbestandteilen darstellbar. Zur Bewertung der potenziell relevanten Umweltauswirkungen wird deshalb das Vorkommen von empfindlichen Schutzgütern im Untersuchungsraum grundsätzlich unterstellt. Entsprechend ist davon auszugehen, dass sowohl Menschen, empfindliche Flora und Fauna sowie historisch, architektonisch oder archäologisch bedeutende Stätten, Bauwerke und Kulturlandschaften in unmittelbarer Nähe der Maßnahme vorhanden und von den Maßnahmen und Projekten ebenso betroffen sein können wie Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft. Weiterhin ist auch die Landschaftswirkung der Maßnahme im Einzelfall zu prüfen.

Das Endlager Konrad liegt im niedersächsischen Salzgitter und ist das bisher einzige bereits genehmigte Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Es ist nicht Gegenstand dieser SUP, da es bereits ein Planfeststellungsverfahren durchlaufen hat, in dessen Verlauf eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wurde. Die Beschreibungen der Vorkehrungen zum Schutz der Umwelt sind dem Planfeststellungsbeschluss (Niedersächsisches Umweltministerium 2002b) zu entnehmen.

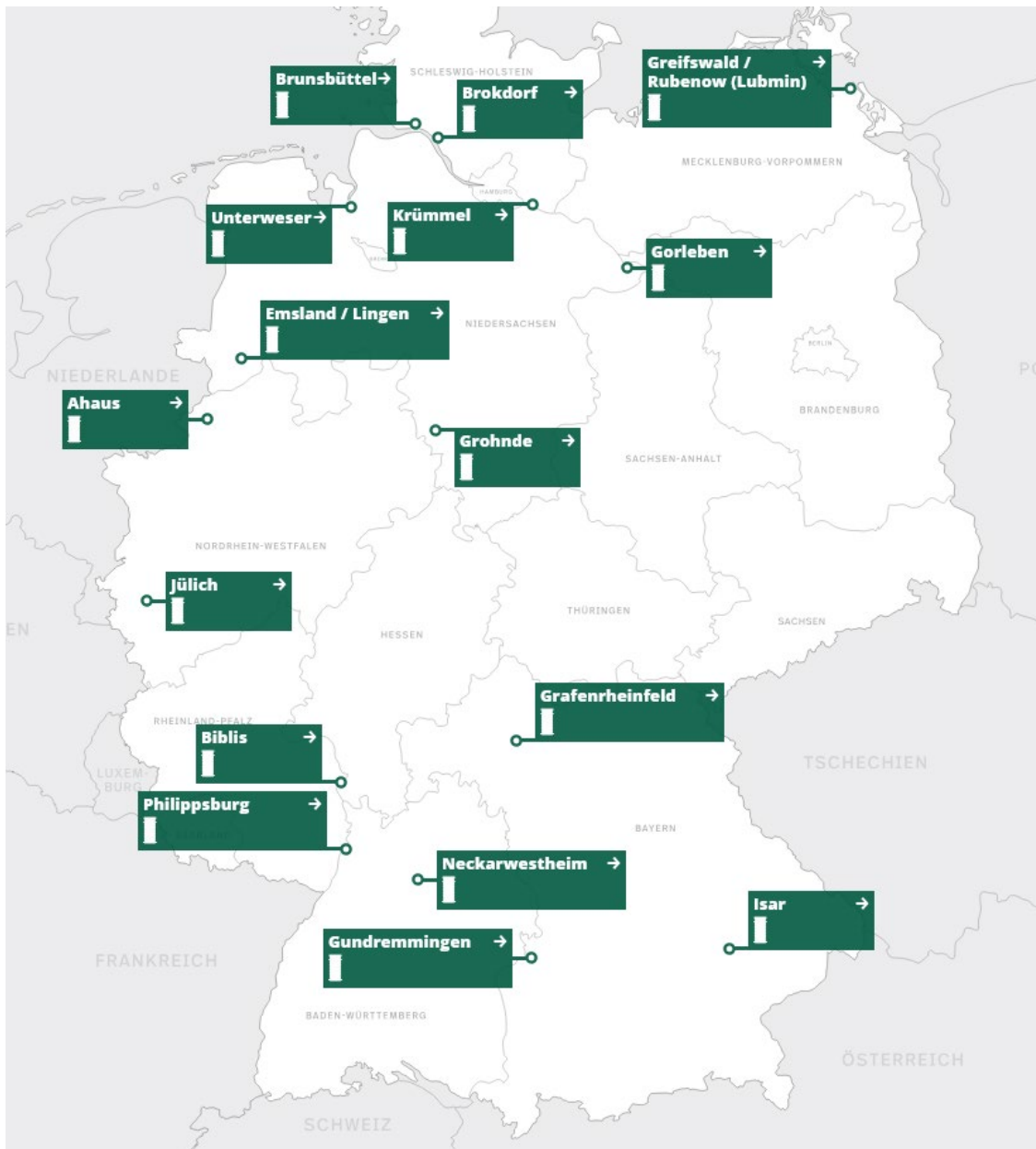
Abbildung 1-1: Karte der 90 Teilgebiete bei der Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle



Quelle: Interaktive Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE)

1.3.1.2 Untersuchungsräume in Verbindung mit der Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen

Die Maßnahmen an den Zwischenlagerstandorten verteilen sich ebenfalls über viele Standorte in Deutschland, und auch eine verlängerte Zwischenlagerung soll weiter an den bisherigen Standorten erfolgen. Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle befinden sich einerseits an den zentralen Zwischenlagerstandorten Ahaus und Jülich sowie Greifswald / Rubenow (Lubmin). Außerdem wurden an insgesamt zwölf Kernkraftwerksstandorten dezentrale Brennelemente-Zwischenlager errichtet und in Betrieb genommen. Abbildung 1-2 zeigt die 16 Zwischenlager, in denen hochradioaktive Abfälle bis zur Entsorgung in ein Endlager gelagert werden.

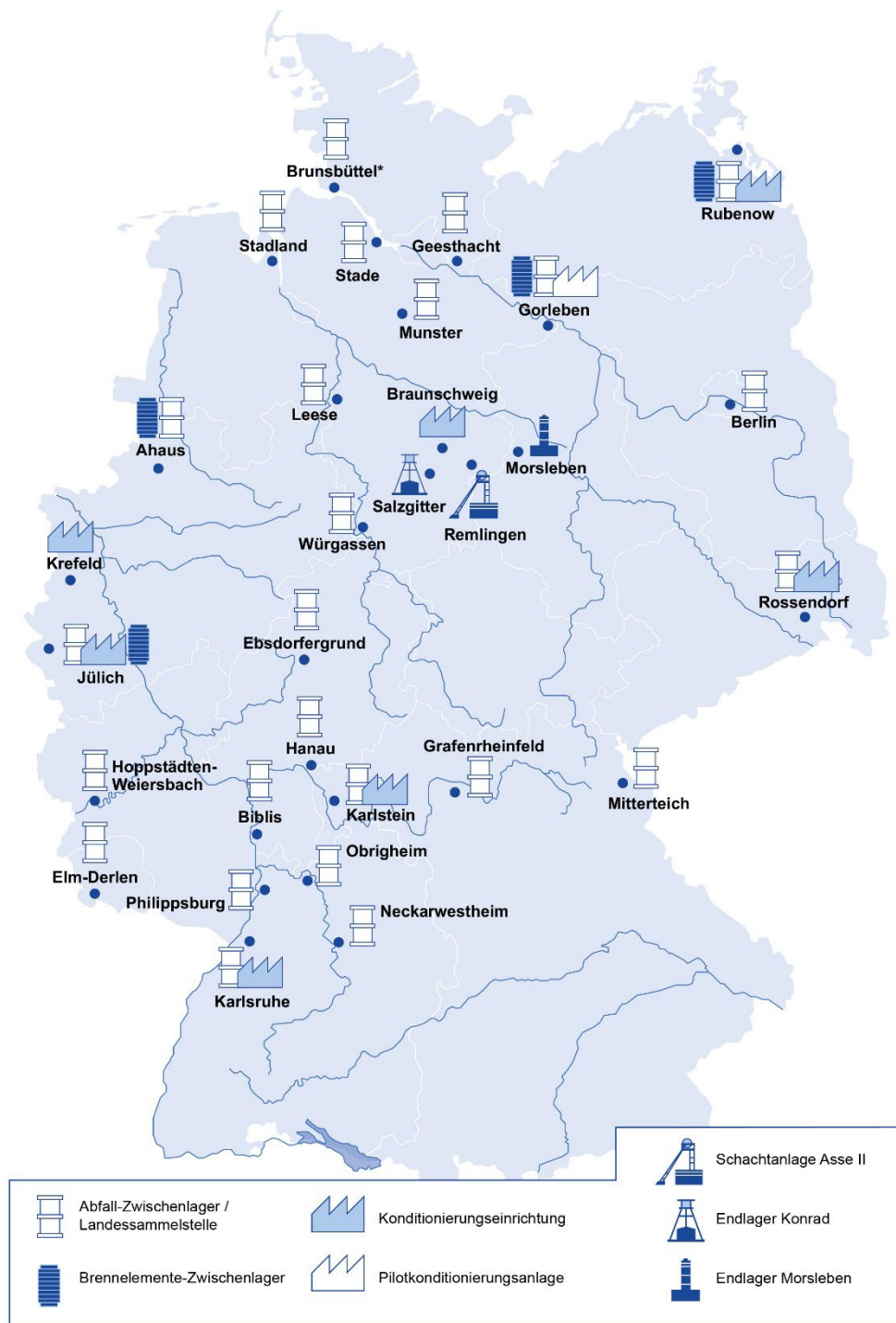
Abbildung 1-2: Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle

Quelle: (BASE 2024b)

Schwach- und mittelfradioaktiven Abfälle aus Kernkraftwerken und der kerntechnischen Industrie werden sowohl zentral als auch dezentral zwischengelagert. Zur Aufnahme der aus der Schachanlage Asse II rückzuholenden Abfälle ist ein Zwischenlager noch zu errichten. Für Abfälle, die aus der Anwendung von und dem Umgang mit Radioisotopen in Forschung, Industrie und Medizin anfallen, werden die von den Ländern betriebenen Landessammelstellen als Zwischenlager genutzt. Zusätzlich werden Zwischenlager für radioaktive Abfälle in Deutschland an den Standorten von fünf Forschungseinrichtungen, dem Zwischenlager Rossendorf (ZLR), dem Zwischenlager des Forschungsreaktors in Braunschweig, dem Zwischenlager am Forschungszentrum in Geesthacht, dem Zwischenlager am Forschungszentrum in Jülich und am Zwischenlager des Helmholtz-Zentrums in Berlin betrieben. Abbildung 1-3 zeigt diejenigen Zwischenlagerstandorte, die nicht im

Rahmen der Genehmigung von Kernkraftwerken nach § 7 AtG (AtG) errichtet wurden, sowie weitere Anlagen und Einrichtungen zur Entsorgung.

Abbildung 1-3: Standorte von Anlagen und Einrichtungen der Entsorgung



Hinweis: Nicht dargestellt sind in dieser Abbildung dezentrale Brennelemente-Zwischenlager oder Einrichtungen, die durch Genehmigungen nach § 7 AtG mit erfasst sind.

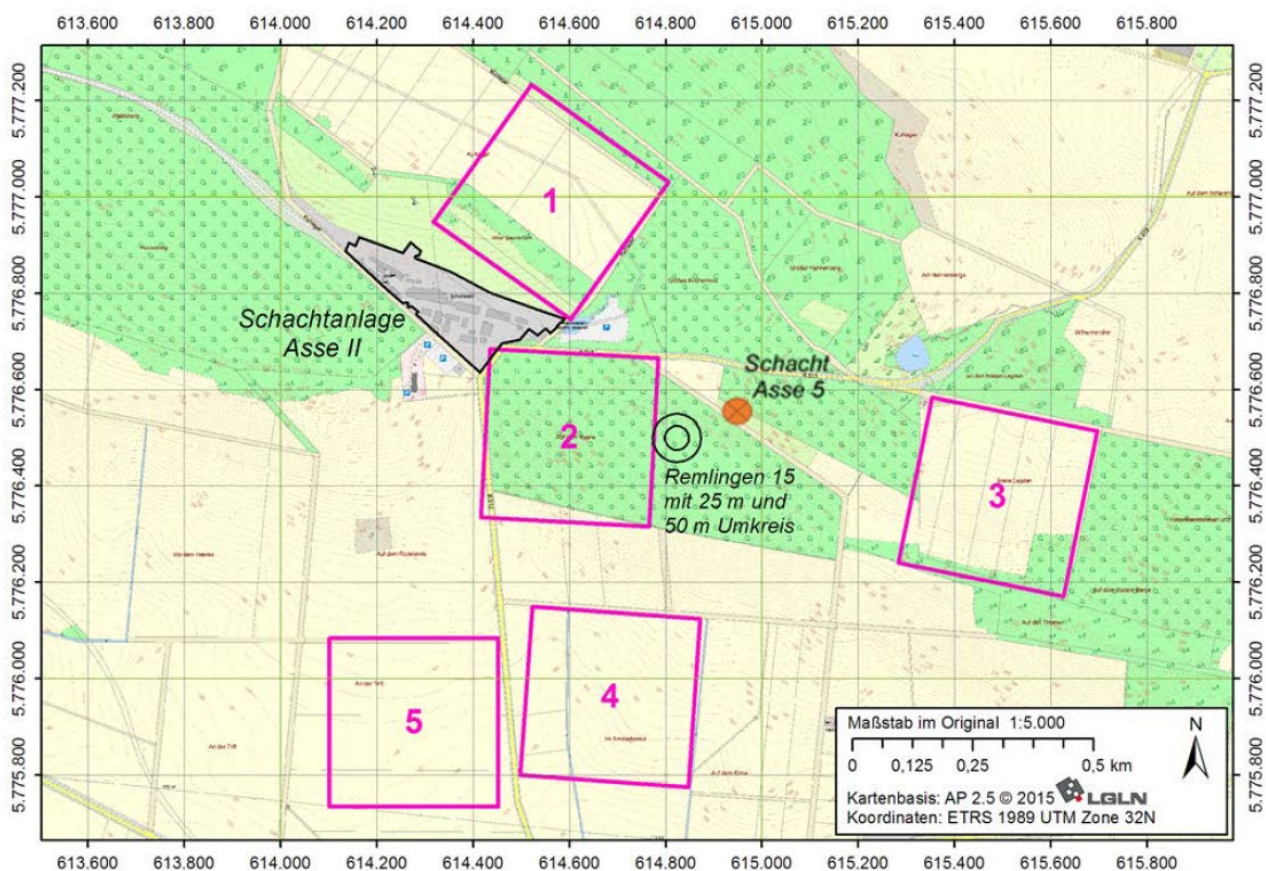
Quelle: (BMUV 2024b)

Für die Beurteilung der Umweltauswirkungen von Maßnahmen, die an diesen sehr unterschiedlichen Standorten umgesetzt werden, wird abdeckend das Vorkommen aller empfindlichen Schutzgüter unterstellt. Entsprechend ist davon auszugehen, dass sowohl Menschen, empfindliche Flora und Fauna sowie historisch, architektonisch oder archäologisch bedeutende Stätten, Bauwerke und Kulturlandschaften in unmittelbarer Nähe der Maßnahme vorhanden und von den Maßnahmen und Projekten ebenso betroffen sein können wie Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft. Weiterhin ist auch die Landschaftswirkung der Maßnahme im Einzelfall zu prüfen.

1.3.1.3 Untersuchungsraum in Verbindung mit der Rückholung, Konditionierung und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus der Schachtanlage Asse II

Für die Rückholung und endlagergerechte Konditionierung sowie für die Zwischenlagerung der Asse-Abfälle ist der Untersuchungsraum der Standort der Schachtanlage Asse II und des neu zu errichtenden Zwischenlagers im niedersächsischen Landkreis Wolfenbüttel sowie dessen Umgebung. Die Abfälle sollen vor Ort konditioniert und in einem am Standort neu zu errichtenden Zwischenlager bis zu ihrer Endlagerung aufbewahrt werden. Die BGE hat in einem Standortauswahlverfahren mehrere potenzielle Standorte für das Zwischenlager miteinander verglichen (siehe Abbildung 1-4) und einen Standort (Standort 1) als am besten geeignet ausgewählt (BGE 2019).

Abbildung 1-4: Potenzielle Zwischenlagerstandortflächen der Schachtanlage Asse II



Quelle: (BGE 2019)

Bei der Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II (BGE 2019) wurden bereits Bewertungskriterien in den Beurteilungsfeldern „Landschaft und Erholung“ und „Lebensräume, Flora und Fauna“ berücksichtigt. Der Bericht zum Standortauswahlverfahren (BGE 2019) stellt diese wie folgt dar:

Schützenswerte Kultur- und Sachgüter befinden sich rund um den Höhenzug Asse sowie ein punktförmig ausgeprägte archäologische Fund- oder Verdachtsfläche nördlich der Schachtanlage Asse II. Standort 1 befindet sich östlich dieser Verdachtsfläche und tangiert diese nicht. Die bedeutendsten Baudenkmäler innerhalb des zu betrachtenden Gebiets sind die auf der Schachtanlage Asse II befindlichen Denkmäler des Förderturms und der Maschinenhalle.

Der gesamte Höhenzug Asse wird als besonders attraktives Erholungsgebiet eingestuft und wird im Regionalen Raumordnungsprogramm als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiet für Erholung geführt. Das gesamte Gebiet des Höhenzuges Asse inklusive der vorgelagerten landwirtschaftlichen Nutzflächen ist durch ein vielfältiges Wegenetz gut erschlossen, so dass auch die Feldwege zwischen den bewirtschafteten Nutzflächen zur Erholung genutzt werden. Nahe dem Standort Asse II ist ein regional bedeutsamer Reit- und Wanderweg von Groß Vahlberg kommend ausgewiesen. Entlang der K 513 verläuft der „Eulenspiegel-Radweg“ zwischen Wolfenbüttel und Schöppenstedt.

Die Umgebung des Standorts Asse II inklusive des potenziellen Zwischenlagerstandorts umfasst eine strukturreiche Fläche mit hügeligem Relief, welche sowohl durch landwirtschaftliche Nutzfläche als auch durch klein gruppierten Baumbestand geprägt ist. Eingefasst wird er durch Waldgebiet und landwirtschaftliche Nutzflächen.

Aufgrund des vorhandenen Forstbestandes bestehen kaum Sichtbeziehungen über diesen hinweg. Einzig der markante Fernblick aus erhöhter Position aufgrund der Lage auf der Kuppe des Höhenzuges in Richtung Süden, ist deutlich geprägt durch die Schachtanlage Asse II, die sich in direkter Einsehbarkeit befindet. In Bezug auf die Sichtbeziehungen stellt die Schachtanlage Asse II ein dominierendes Bauwerk im zu betrachtenden Gebiet dar. Aufgrund der vorgenommenen bzw. natürlich gewachsenen Eingrünung, ist die Schachtanlage von Osten, Süden und Westen, nicht als dominanter Störfaktor im Landschaftsbild erkenntlich. Nördlich der Schachtanlage, am potenziellen Zwischenlagerstandort ist die Sichtbeziehung in Richtung Süden zur Gemeinde Remlingen hin deutlich beeinträchtigt und das Landschaftsbild hierdurch geprägt. Ein zweites Bauwerk, welches die Sichtbeziehungen beeinträchtigen kann, ist der in der Planung befindliche Schacht Asse 5.

Die aktuelle Planung sieht das Abteufen des Schachtes im Osten des Geländes der Schachtanlage Asse II (siehe Abbildung 1-4) vor (BGE 2019).

Mit Stand März 2025 wurde für die Konditionierungsanlage und das Zwischenlager für die rückgeholten Abfälle die Genehmigung noch nicht beantragt. Damit besteht noch keine Genehmigung für den von der BGE am Standort der Schachtanlage Asse II geplanten Gebäudekomplex.

1.3.2 Prüfgegenstand und Datenquellen

Entsprechend den Zielen und tragenden Elementen des NaPro (siehe hierzu die Kurzdarstellung in Kapitel 1.2) ergeben sich folgende im NaPro aufgeführte Maßnahmen, die als Prüfgegenstand in dieser SUP näher bewertet werden sollen:

1. Die Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung an den Zwischenlagerstandorten (Kapitel 4.1),

2. das Standortauswahlverfahren, die Überführung der hochradioaktiven Abfälle aus den Zwischenlagern an den Endlagerstandort und die Endlagerung sowie die Einrichtung eines Eingangslagers und einer Konditionierungseinrichtung (Kapitel 4.2),
3. die Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle und deren Transport in das Endlager Konrad (Kapitel 4.3),
4. der Entsorgungspfad der Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können, darunter fallen
 - a. die Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle (Kapitel 4.4),
 - b. die Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung (Kapitel 4.5),
 - c. die Entsorgung der „Delta-Abfälle“ (Kapitel 4.6) und
 - d. die Endlagerung der schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Kapitel 4.7).

Dabei beschränken sich die Betrachtungen im Zuge des Umweltberichts auf solche Maßnahmen, die im NaPro als Planung aufgeführt sind, da für bestehende bzw. zugelassene Maßnahmen (z. B. vorhandene Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente, Errichtung und Betrieb des Endlagers Konrad sowie Stilllegung des Endlagers Morsleben) im Rahmen der Zulassungsverfahren die mit den Maßnahmen verbundenen Umweltauswirkungen bereits berücksichtigt wurden. Die geplanten Maßnahmen werden unabhängig davon betrachtet, ob sie neben der Planung im NaPro auch Gegenstand gesetzlicher Festlegungen sind.

Dieser Umweltbericht verwendet mit Stand Januar 2025 jeweils aktuelle, frei verfügbare Daten zum Standortauswahlverfahren, den Zwischenlagern, zum Endlager Konrad und der Schachtanlage Asse sowie zu der aktuellen Umweltsituation in Deutschland. Die jeweils verwendeten Datenquellen können dem Literaturverzeichnis im Anhang des Berichts entnommen werden.

1.4 Methodisches Vorgehen

In der SUP sollen die Umweltauswirkungen der Maßnahmen und Projekte des NaPro beurteilt und diejenigen Maßnahmen und Projekte ausgewählt werden, die ein Erreichen der deutschen Umweltziele möglichst wenig beeinträchtigen. Zu diesem Zwecke werden zunächst die für das Vorhaben relevanten Umweltziele zusammengestellt (Kapitel 2). Diese Umweltziele ergeben sich aus dem nationalen Regelwerk (Kapitel 2.1).

Für die SUP relevante Umweltziele schützen Schutzgüter

Für die SUP sind diejenigen Umweltziele sachlich relevant, „die für die SUP relevante Schutzgüter betreffen, einen räumlichen Bezug zum Untersuchungsraum aufweisen, ausreichend konkret und verbindlich formuliert sind und bei denen voraussichtlich erhebliche Umweltauswirkungen durch die Umsetzung der Maßnahmen des NaPro erwartet werden können.“ (UBA; BMUB 2010)

Sollen die Umweltziele erreicht werden, so sind voraussichtlich erhebliche Umweltauswirkungen zu vermeiden oder zu minimieren. Alle Umweltziele sind auf den Schutz eines oder mehrerer Schutzgüter (siehe Kapitel 1.3) ausgerichtet und besitzen aufgrund des in dieser SUP zu

betrachtenden großen Untersuchungsraums (siehe Kapitel 1.3.1) grundsätzlich einen räumlichen Bezug zu den Maßnahmen des NaPro. Konkret und verbindlich werden die Umweltziele dadurch, dass sie im deutschen Regelwerk verankert sind. Welche Umweltziele jeweils wie rechtlich geregelt werden bzw. aus welchen nationalen Plänen oder Strategien sie abgeleitet werden können, ist in Kapitel 2.1 erläutert.

Umweltauswirkungen auf Schutzgüter werden durch Wirkfaktoren hervorgerufen.

Voraussichtlich negative Umweltauswirkungen der Maßnahmen und Projekte des NaPro auf die Schutzgüter können von unterschiedlichen Wirkfaktoren hervorgerufen werden. Allen in Kapitel 2.1 beschriebenen Umweltziele wurden dementsprechend die Wirkfaktoren zugeordnet, durch die sie beeinträchtigt werden könnten. Das Erreichen der Umweltziele einerseits bedeutet, dass andererseits diese Wirkfaktoren zu vermeiden, zu reduzieren oder zu minimieren sind.

Die Wirkfaktoren sind in Kapitel 2.2. näher betrachtet. Dort wird konkret ausgeführt, ob sie aufgrund von Maßnahmen und Projekte des NaPro ausgelöst werden können, welche negativen Auswirkungen sie auf Schutzgüter haben können und wie der gesetzliche Bewertungsrahmen aussieht. Da der Untersuchungsraum für einige Maßnahmen des NaPro zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht eingegrenzt werden kann (siehe hierzu Kapitel 1.3.1.1 und 1.3.1.2), werden Wirkfaktoren als quantitative Bandbreite oder qualitativ beschrieben.

Grundlage für die SUP ist der derzeitige Umweltzustand und die voraussichtliche Entwicklung desselben bei Nicht-Durchführung des NaPro.

Der derzeitige Umweltzustand im Untersuchungsraum, inklusive seiner Vorbelastungen, und seine voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro – der „Prognose-Nullfall“ – stellen die Vergleichsgrundlagen für die Bewertung der Veränderungen durch den NaPro dar (Kapitel 3). Veränderungen, die sich aufgrund der Maßnahmen des NaPro im Vergleich zum derzeitigen Umweltzustand ergeben, sollen in der SUP dahingehend bewertet werden, wie erheblich die damit einhergehenden Umweltauswirkungen ausfallen.

Bewertet wird das mögliche Auftreten von Wirkfaktoren und die Erheblichkeit der daraus resultierenden Umweltauswirkungen.

Die Intensität und die Dauer einer Umweltauswirkung auf ein Schutzgut bestimmen, ob diese unterhalb einer Bagatellgrenze liegt, als potenziell relevant oder als potenziell erheblich einzustufen ist. Deshalb werden zunächst die geplanten Maßnahmen und Projekte des NaPro mit den dabei anfallenden Tätigkeiten und Veränderungen und die dabei möglicherweise ausgelösten Wirkfaktoren beschrieben (Kapitel 4). Diese Beschreibung erfolgt aufgrund des Abstraktionsgrads dieser SUP qualitativ und abdeckend für den jeweilig gültigen Untersuchungsraum. Darauf aufbauend können die potenziellen Umweltauswirkungen jedes einzelnen Projektes des NaPro näher eingeschätzt und ihre Erheblichkeit bewertet werden.

Zur Erfassung und Bewertung aller Umweltauswirkungen, die sich durch die geplanten Maßnahmen des NaPro ergeben können, wird im Einzelnen wie folgt vorgegangen:

- Im ersten Schritt werden die Wirkfaktoren (Emissionen/Wirkungen) beschrieben, die von den zu prüfenden Maßnahmen und Projekten des NaPro ausgehen.

- Im zweiten Schritt werden die Auswirkungen der Wirkfaktoren auf die Schutzgüter des UVPG - die Umweltauswirkungen - beschrieben.
- Im dritten Schritt erfolgt die Bewertung der Umweltauswirkungen im Hinblick auf die Einhaltung der Umweltziele. Es werden Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung dargestellt.

In dieser SUP erfolgt die Beschreibung und Bewertung von Umweltauswirkungen jeweils für die aus übergreifender Sicht der SUP relevanten Schutzgüter gemäß UVPG. Schutzgüter des UVPG, für die im Rahmen der übergreifenden Vorgehensweise dieser SUP hinsichtlich der jeweils zu betrachtenden Umweltauswirkungen keine wesentliche Betroffenheit erkennbar ist, werden nicht explizit erwähnt.

Die **Beschreibung der Wirkfaktoren** der Maßnahmen und Projekte des NaPro erfolgt durch Auswertung vorhandener Literatur zu Projektstudien, die mit den Projekten des NaPro plausible Vergleichbarkeiten aufweisen. Da anlagenspezifische Konzepte der Projekte des NaPro derzeit nicht vorliegen, ist eine vollständige quantitative Darstellung der Wirkfaktoren nicht möglich. Die Wirkfaktoren werden, soweit möglich, in der quantitativen Bandbreite ihrer Ausprägung dargestellt oder qualitativ beschrieben.

Bei Projekten der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (z.B. Standorterkundung, Endlagererrichtung und –betrieb) wird soweit vorhanden auf Studien zu geplanten Anlagen im Ausland oder auf Erkenntnisse zur Erkundung des Standortes zurückgegriffen. Sofern zur Beschreibung von Wirkfaktoren der Endlagerung aus einschlägigen Projektkonzepten keine plausiblen Erkenntnisse gezogen werden können, werden übertragbare Erkenntnisse aus anderen Projekten, beispielsweise aus Bergbauvorhaben, genutzt.

Zur Beschreibung der Wirkfaktoren von geplanten Zwischenlagern werden übertragbare Erkenntnisse aus bereits realisierten Zwischenlagerprojekten verwendet.

Bei Projekten des NaPro, die mit einer Errichtung von Anlagen verbunden sind (z. B. Endlager für hochradioaktive Abfälle, Konditionierungsanlagen und Zwischenlager) werden neben anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren auch relevante baubedingte Wirkfaktoren im Überblick berücksichtigt. Bei Projekten, die eine Verlängerung der Laufzeiten vorhandener Anlagen, beispielsweise der Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente an Kernkraftwerksstandorten, vorsehen, werden ausschließlich betriebsbedingte Auswirkungen betrachtet. Anlagen- und errichtungsbedingte Auswirkungen wie beispielsweise Flächeninanspruchnahmen wurden bereits bei der Genehmigung der Anlagen berücksichtigt.

Die Beschreibung der Wirkfaktoren für die geplanten Maßnahmen und Projekte des NaPro erfolgt fokussiert auf die nach heutigem Stand der Erkenntnisse wichtigsten Wirkungen im Hinblick auf relevante Auswirkungen auf die Schutzgüter des UVPG.

Wirkfaktoren eines Projektes, die entsprechend der übergreifenden Betrachtungsweise dieser SUP von vornherein erkennbar nicht zu Umweltauswirkungen führen, werden bei der nachfolgenden Beschreibung von Umweltauswirkungen nicht aufgegriffen.

Zur **Ermittlung der potenziellen Umweltauswirkungen** werden die Einwirkungen/Immissionen der Wirkfaktoren auf potenziell vorhandene Schutzgüter qualitativ und soweit möglich auch quantitativ beschrieben. Dazu werden zunächst die grundsätzlich plausiblen Beziehungen zwischen Wirkfaktoren und Schutzgütern zusammengestellt (z. B. die Wirkung von Lärm auf Menschen). Für die relevanten Beziehungen Wirkfaktor – Schutzgut wird die Bandbreite der Intensität möglicher Umweltauswirkungen dargestellt.

Umweltauswirkungen eines Wirkfaktors, die sich entsprechend der übergreifenden Betrachtungsweise dieser SUP bei der Beschreibung von potenziellen Umweltauswirkungen als vernachlässigbar darstellen, werden bei einer nachfolgenden Bewertung von Umweltauswirkungen des jeweiligen Projektes nicht aufgegriffen.

Bei der **Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen** wird auf Basis von Annahmen zu vorhandenen Schutzgütern überprüft, ob die Umweltziele eingehalten werden können.

Zur Prüfung der Umweltauswirkungen durch geplante Maßnahmen und Projekte des NaPro werden bei der Bewertung von Wirkfaktoren mit erheblichem Einwirkungspotenzial auf die Umwelt Annahmen zu empfindlichen Schutzgütern oder geschützten Umweltbestandteilen getroffen (z. B. vorhandene FFH-Gebiete oder Wohngebiete im Bereich von Immissionen). Es werden - soweit möglich und sinnvoll - Aussagen über Entfernungen zwischen Schutzgut und Emissionen getroffen, die als Orientierungswert zur Vermeidung von potenziell relevanten Umweltauswirkungen angesetzt werden können und innerhalb derer Minimierungspotenziale zu betrachten sind.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen erfolgt nach drei Kategorien:

- Keine relevante Umweltauswirkung. Die Ausprägung des jeweiligen Wirkfaktors ist weitgehend darstellbar. Die Umweltauswirkung ist aufgrund der geringen Ausprägung des Wirkfaktors oder der geringen Empfindlichkeit von potenziellen Schutzgütern nicht relevant. Die Einhaltung der Umweltziele ist nicht in Frage gestellt.
- Potenziell relevante Umweltauswirkung. Der Wirkfaktor kann zu signifikanten Einträgen in die Umwelt (Immissionen) führen. Das Ausmaß der Umweltauswirkung ist von der Ausprägung der Wirkfaktoren und der Betroffenheit ggf. vorhandener Schutzgüter abhängig. Unter Berücksichtigung von Minimierungspotenzialen und Berücksichtigung der Randbedingungen zur Betroffenheit von Schutzgütern kann von einer Einhaltung der Umweltziele ausgegangen werden.
- Potenziell erhebliche Umweltauswirkung. Erhebliche Wirkungen auf ggf. vorhandene besonders empfindliche Schutzgüter oder besonders geschützte Umweltbestandteile können nicht ausgeschlossen werden, so dass von einer Einhaltung der Umweltziele nicht ausgegangen werden kann.

Die in der SUP des NaPro generisch betrachteten Umweltauswirkungen sind bei der Realisierung der einschlägigen Projekte im Rahmen der vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfungen zu konkretisieren. Dabei erfolgt eine vertiefende Betrachtung der Umweltauswirkungen auf Basis definierter Anlagenkonzepte und Standorte.

Aufgrund des Abstraktionsniveaus dieser SUP lässt sich die Erheblichkeit der Umweltauswirkungen zum jetzigen Zeitpunkt nicht bewerten. Konservativ werden deshalb alle potenziell relevanten Umweltauswirkungen aufgeführt. Mit zunehmender Konkretisierung der Pläne sollte die Erheblichkeit der Umweltauswirkungen in einer späteren SUP besser einschätzbar sein.

Bewertet wird außerdem das Erreichen der Umweltziele mit der Durchführung des NaPro im Vergleich zum Prognose-Nullfall.

In Kapitel 5 werden die Maßnahmen und Projekte des NaPro schließlich im Vergleich zur hypothetischen Nichtdurchführung des NaPro betrachtet. Dafür werden die zu erwartenden relevanten Umweltauswirkungen bei Durchführung des NaPro im Vergleich zum Prognose-Nullfall beschrieben und sowohl einzeln für jede Maßnahme als auch kumuliert für die Umsetzung des NaPro insgesamt bewertet. Daraus können Schlussfolgerungen in Bezug auf das Erreichen der Umweltziele bei Umsetzung des NaPro abgeleitet werden (Kapitel 5.3).

Die SUP wird auf einem hohen Abstraktionsniveau durchgeführt. In Kapitel 6 sind die Unwägbarkeiten dieser SUP zusammengefasst erläutert.

Inwieweit generische Überwachungsmaßnahmen zu den einzelnen Wirkfaktoren trotz hohem Abstraktionsniveau sinnvoll sein können, wird in Kapitel 7 diskutiert.

Die zur Umsetzung der Eckpunkte des NaPro zukünftig zu realisierenden Maßnahmen und Projekte werden in späteren SUPs konkreter oder in projektabhängigen Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) im Detail geprüft. Diese Prüfungen werden dann auf Basis konkreter Anlagenbeschreibungen und Standorte einschließlich der betroffenen Umweltbestandteile im Untersuchungsraum erfolgen, so dass zum jetzigen Zeitpunkt eine weitere Konkretisierung des vorgesehenen generisch qualitativen Ansatzes nicht erforderlich ist. Aufgrund des Abstraktionsgrads dieser SUP werden hier keine Schwerpunkte der Umweltprüfung gegenüber nachgeordneten SUPs und UVPs (gemäß § 14f Abs. 3 UVPG) festgelegt.

1.5 Verfahrensschritte und Beteiligung

Der Entwurf des NaPro (BMUV 2024e) sowie die Unterlage für den Scoping-Termin zur SUP des NaPro wurden am 10. September 2024 durch das BMUV veröffentlicht. Entsprechend § 17 (1) UVPG erhielten die atomrechtlich zuständigen obersten Landesbehörden, sowie die anerkannten überregional tätigen Umweltvereinigungen Gelegenheit, zur Festlegung des Untersuchungsrahmens und des Umfangs und Detaillierungsgrads der im Umweltbericht aufzunehmenden Angaben schriftlich Stellung zu nehmen. Am 08. Oktober 2024 bestand für diese außerdem in einer hybriden Sitzung Gelegenheit zur mündlichen Erörterung. Näheres kann dem Kurzprotokoll (BMUV 2024f) entnommen werden.

Der Entwurf des NaPro sowie der vorliegende Umweltbericht wird für die Öffentlichkeitsbeteiligung für einen Zeitraum von zwei Monaten öffentlich ausgelegt, um der Bevölkerung Gelegenheit zur Stellungnahme zu den geplanten Maßnahmen zu geben. Unter Berücksichtigung der übermittelten Stellungnahmen und Äußerungen werden die Darstellungen und Bewertungen der beiden Berichte geprüft und bei der Überarbeitung des NaPro berücksichtigt.

2 Ziele des Umweltschutzes

Umweltziele sind Zielvorgaben zum Schutz einzelner oder aller o.g. Schutzgüter. Sie sind teils gesetzlich oder untergesetzlich festgelegt oder lassen sich weiteren relevanten Vorgaben entnehmen. Die geltenden Ziele des Umweltschutzes sind in Kapitel 2.1 im Einzelnen beschrieben. Sofern vorhanden sind gesetzlich verankerte Grenz- oder Richtwerte benannt. In Kapitel 2.2 wird beschrieben, wie diese Umweltziele bei der Ausarbeitung des NaPro berücksichtigt werden. Um das Erreichen der Umweltziele prüfen zu können, müssen mögliche Auswirkungen auf die Umwelt durch die Umsetzung der Maßnahmen und Projekte des NaPro betrachtet werden. Diese Auswirkungen werden durch bestimmte Wirkfaktoren beeinflusst, die wiederum den Umweltzielen zugeordnet werden können. Die im ersten Umweltbericht (BMUB 2015) bereits als für die SUP relevant eingestuften Wirkfaktoren sind deshalb in Kapitel 2.2 näher beschrieben.

2.1 Umweltschutzziele gemäß Regelwerk

In einigen Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland, den darin verankerten Verordnungen sowie im untergesetzlichen Regelwerk sind Umweltziele festgelegt. Als Maßstab für die Umweltziele werden in den Regelwerken und der Literatur allgemeine qualitative Vorgaben zu den Schutzzielen für die einzelnen Schutzgüter verwendet. Sofern die ermittelten Einwirkungen auf Schutzgüter quantifiziert werden können, sind konkrete Werte (z. B. Vorsorge- und Grenzwerte) festgelegt.

In den folgenden Gesetzen und Verordnungen sowie dem untergesetzlichen Regelwerk sind die auf die in Kapitel 1.3 genannten Schutzgüter bezogenen Umweltziele (radiologisch wie konventionell) benannt. In Kapitel 2.1.1 sind die jeweils gesetzlich obersten Grundlagen aufgeführt. Die diese Grundlage untergesetzlichen Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften sind inkludiert und, sofern konkrete Vorgaben mit diesen einhergehen, in den in Kapitel 2.1.1. beschriebenen Gesetzen benannt.

Über die gesetzlich verankerten Umweltziele (Kapitel 2.1.1) hinaus sind auch Umweltziele aus relevanten nationalen Plänen und Strategien sowie aus europäischen Vorgaben bei der Umweltprüfung zu beachten (Kapitel 2.1.2).

Tabelle 2-1: Umweltschutzziele und jeweilige Grundlage

Umweltziele	Rechtliche Grundlage bzw. nationale Strategie
Grundrecht auf Leben und Gesundheit	Grundgesetz (GG)
Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels, Gewährleistung der Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben durch weitgehende Treibhausgasneutralität für Deutschland bis Mitte des Jahrhunderts	Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), Klimaschutzplan 2050
Schutz aller Schutzgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen und Vorbeugen der Entstehung derselben	Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
Nachhaltige Entwicklung des Gemeinwesens in Deutschland	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2025)
Schutz der Biodiversität mit Themen und Zielen in insgesamt 21 Handlungsfeldern mit 64 Zielen unter einem strategischen Dach; darunter u.a. Artenschutz und Wiederherstellung von Ökosystemen	Nationale Biodiversitätsstrategie 2030 / Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (BMUV 2024d)
Schutz der biologischen Vielfalt, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts und der Regenerationsfähigkeit sowie nachhaltiger Nutzungsfähigkeit der Naturgüter	Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
Schutz von wild lebenden Tier- und Pflanzenarten sowie der biologischen Vielfalt	Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV)
Wiederherstellung, Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) – Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie)
Erhaltung und Schutz wildlebender Vogelarten und ihrer Bestände	Vogelschutzrichtlinie der EU (Vogelschutzrichtlinie)
Nachhaltige Vorsorge, Sicherung oder Wiederherstellung der natürlichen Funktionen des Schutzgutes Boden sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sowie Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 2021)
Gewährleistung der Versorgung mit Trinkwasser, Schutz des Grundwassers und der Ökosysteme, ausreichende Versorgung von Landwirtschaft und Wirtschaft mit Wasser	Nationale Wasserstrategie (BMUV 2023a)
Schutz von Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut im Sinne einer nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung	Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2023)

Umweltziele	Rechtliche Grundlage bzw. nationale Strategie
Einführen einer Kreislaufwirtschaft und damit Werterhalt von Rohstoffen und Produkten zum Schutz von Umwelt und Klima	Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUV 2024c)
Schonung der natürlichen Ressourcen sowie Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen	Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)
Schutz von Leben, Gesundheit und Sachütern vor den Gefahren der Kernenergie und vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen sowie Ausgleich von durch Kernenergie oder ionisierende Strahlen verursachte Schäden	Atomgesetz (AtG), Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) , Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV), Standortauswahlgesetz (StandAG), Entsorgungsübergangsgesetz (EntsorgÜG) u.a.
Nachhaltige Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt und zu einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung mit gleichwertigen Lebensverhältnissen in den Teilräumen führt.	Raumordnungsgesetz (ROG)

Quelle: eigene Zusammenstellung

2.1.1 Gesetzlich verankerte Umweltziele

Im Folgenden sind die in Tabelle 2-1 zusammengestellten wesentlichen rechtlichen Grundlagen im Hinblick auf ihre Schwerpunkte bei den Umweltzielen erörtert und die betroffenen Wirkfaktoren benannt, anhand derer sich die Auswirkungen einer Maßnahme oder eines Projektes des NaPro auf diese Umweltziele festmachen lässt.

Neben diesen bundesstaatlichen Gesetzen und Verordnungen gelten für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zusätzlich Gesetze und Verordnungen aus den Bundesländern. Dies betrifft zum Beispiel das Berg- und Wasserrecht. Da die Belange mit dem Bundesrecht ausreichend abgedeckt werden, wird hier nicht auf die Umweltziele im Landesrecht eingegangen.

2.1.1.1 Grundgesetz

In seiner ursprünglichen Form und über Jahrzehnte bezog sich das Grundgesetz kaum auf Umweltthemen. Im Jahr 1994, 45 Jahre nach Inkrafttreten des Grundgesetzes, wurde der Umweltschutz in das Grundgesetz (GG) aufgenommen. Dafür wurde ein neuer Artikel eingefügt. Tierschutz wurde dann weitere acht Jahre später in diesen Artikel aufgenommen.

Umweltziele des Grundgesetzes:

Im Grundgesetz (GG) wird das „Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit“ in Artikel 2 festgeschrieben. Der im Jahr 1994 hinzugefügte Artikel 20a verpflichtet den Staat, die natürlichen Lebensgrundlagen sowie Tiere durch Gesetze zu schützen, auch für zukünftige Generationen.

Zu unter anderem den Themen Naturschutz, Landschaftspflege, Bodenverteilung, Raumordnung und Wasserhaushalt regelt Artikel 72, dass die Bundesländer zu diesen Bereichen der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz des Bundes abweichende Regelungen treffen können.

Die Umweltziele des Grundgesetzes betreffen die Wirkfaktoren Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe und Treibhausgasemissionen, Lärm und Erschütterungen, Direktstrahlung und

Emission radioaktiver Stoffe, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen.

2.1.1.2 Bundesklimaschutzgesetz

Das Bundesklimaschutzgesetz (KSG) bildet den rechtlichen Rahmen für die künftige Klimaschutzpolitik in Deutschland.

Umweltziele des Bundesklimaschutzgesetzes:

Die Umweltziele des Bundesklimaschutzgesetzes (KSG) dienen dem Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels. Dies soll gewährleistet werden durch „die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben“ (§ 1 KSG). Grundlage bildet die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.

Die nationalen Klimaschutzziele sind in §§ 3 und 3a KSG näher ausgeführt. Nach § 9 KSG muss die Bundesregierung spätestens zwölf Monate nach Beginn einer Legislaturperiode ein Klimaschutzprogramm beschließen, in dem festgelegt wird, welche Maßnahmen sie in den einzelnen Sektoren sowie sektorübergreifend zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele gemäß § 3 Absatz 1 ergreifen wird. „Die Maßnahmenvorschläge enthalten neben wissenschaftlichen Abschätzungen zu den voraussichtlichen Treibhausgasminderungswirkungen auch wissenschaftliche Abschätzungen zu möglichen ökonomischen, sozialen und weiteren ökologischen Folgen. Diese Abschätzungen schließen soweit möglich auch Auswirkungen auf die Beschäftigungsentwicklung, die Wirtschaftsstruktur, die Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse auch im ländlichen Raum sowie die Effizienz des Einsatzes von natürlichen Ressourcen ein.“

Eine schrittweise Minderung der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent bis zum Jahr 2030 und 88 Prozent bis zum Jahr 2040 gegenüber den Treibhausgasemissionen im Jahr 1990 wird gefordert (§ 3 (1) KSG). Es besteht die Möglichkeit, die nationalen Klimaschutzziele teilweise im Rahmen von staatenübergreifenden Mechanismen zu erreichen (§ 3 (3) KSG). Zur Minderung sollen einerseits der Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ und andererseits technische Senken beitragen. „Zur Einhaltung der nationalen Klimaschutzziele nach § 3 Absatz 1 wird eine sektorübergreifende und mehrjährige Gesamtrechnung durchgeführt. Dazu werden Jahresemissionsgesamtmengen, insbesondere als Grundlage für die Überprüfung nach den §§ 5, 5a, 8 und 10 sowie für das Gesamtminderungsziel nach § 8 Absatz 1, festgelegt. Die Jahresemissionsgesamtmengen für den Zeitraum bis zum Ablauf des Jahres 2030 richten sich nach Anlage 2. Die jährlichen Minderungsziele für die Jahre 2031 bis einschließlich 2040 richten sich nach Anlage 3.“ (§ 4 (1) KSG)

Zur Umsetzung des internationalen Klimaschutzabkommens wurde der Europäische Emissionshandel als das zentrale europäische Klimaschutzinstrument eingeführt. Das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) bildet in Deutschland die gesetzliche Grundlage für den nationalen Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen in einem EU-weiten Emissionshandelssystem. Im Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) werden für „Tätigkeiten, durch die in besonderem Maße Treibhausgase emittiert werden, die Grundlagen für den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen in einem gemeinschaftsweiten Emissionshandelssystem“ geschaffen, „um damit durch eine kosteneffiziente Verringerung von

Treibhausgasen zum weltweiten Klimaschutz beizutragen“. In Anlage I Teil 2 des Gesetzes ist festgelegt, für welche Tätigkeiten Genehmigungen bzw Zertifikate für die Emission von Treibhausgasen beantragt werden müssen.

2.1.1.3 Bundes-Immissionsschutzgesetz

EU-Richtlinien (z.B. die Richtlinie (EU) 2024/2881 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.Oktober 2024 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa (RL 2024/2881)) und nationale Gesetze (z.B. die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)) legen Grenzwerte zur Reinhaltung der Luft fest. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) begrenzt schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge zum Schutz von Mensch, Tieren und Umwelt und beinhaltet Maßnahmen, die dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorbeugen sollen. Es enthält Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen gegen schädliche Umweltauswirkungen, die in untergesetzlichen Regelwerken konkretisiert werden.

Umweltziele des Bundes-Immissionsschutzgesetzes:

Das Umweltziel des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG;) ist es, Menschen, Wild- und Nutztiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, das Klima sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Um „ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen sowie dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden,“ gibt das Gesetz Anforderungen für genehmigungsbedürftige Anlagen vor, die „der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft“ dienen (§ 1 (2) BImSchG).

Die Umweltziele des BImSchG betreffen die Wirkfaktoren Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen und Treibhausgasemissionen. Zu diesen Wirkfaktoren nennt das BImSchG konkrete Anforderungen.

2.1.1.4 Bundesnaturschutzgesetz

Das Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (BNatSchG) wird durch die Bundesartenschutzverordnung und die Bundeskompensationsverordnung ergänzt. Es setzt unter anderem EU-Naturschutzrichtlinien, insbesondere die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (siehe hierzu Kapitel 2.1.1.6) und die Vogelschutzrichtlinie (siehe Kapitel 2.1.1.7), in nationales Recht um und bildet ein Rahmenrecht des Bundes, das durch Regelungen der Bundesländer ergänzt wird.

Umweltziele des Bundesnaturschutzgesetzes:

Das Ziel des Bundesnaturschutzgesetzes lautet: „Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich zu schützen.“ Dies wird weiter konkretisiert als der Schutz der biologischen Vielfalt, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts und der Regenerationsfähigkeit sowie nachhaltiger Nutzungsfähigkeit der Naturgüter. Außerdem sind die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur

und Landschaft auf Dauer zu sichern. Der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (BNatSchG).

Die Umweltziele des BNatSchG betreffen die Wirkfaktoren Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen.

2.1.1.5 Bundesartenschutzverordnung

Die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) dient dem Schutz besonders gefährdeter Tier- und Pflanzenarten und ergänzt das Bundesnaturschutzgesetz (siehe Kapitel 2.1.1.4) und setzt internationale Abkommen wie das Washingtoner Artenschutzübereinkommen sowie EU-Verordnungen um.

Die BArtSchV verbietet unter anderem das Fangen, Töten oder Stören geschützter Tiere sowie den Handel mit bestimmten Arten. Zudem regelt sie Kennzeichnungs-, Haltungs- und Nachweispflichten, wobei Ausnahmen möglich sind.

Umweltziele der Bundesartenschutzverordnung:

Ziel der BArtSchV ist es, bedrohte Arten zu erhalten, den Handel zu regulieren und eine nachhaltige Nutzung zu fördern und illegalen Wildtierhandel zu bekämpfen.

Die BArtSchV stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren. Sie stellt bestimmte Tier- und Pflanzenarten unter besonderen Schutz und regelt, wie dieser umzusetzen ist. Es ist verboten, wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten und der nicht besonders geschützten Wirbeltierarten nachzustellen, sie anzulocken, zu fangen oder zu töten. Das Vorkommen von besonders geschützten Tierarten oder nicht besonders geschützten Wirbeltierarten im Untersuchungsraum eines Vorhabens löst besondere Schutzmechanismen für diese Arten aus.

2.1.1.6 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU

Die Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) dient der Wiederherstellung, Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt, indem sie die Mitgliedstaaten der Europäischen Union insbesondere dazu verpflichtet, natürliche Lebensräume sowie wildlebende Tiere und Pflanzen zu schützen, insbesondere durch ein zusammenhängendes Netz aus Schutzgebieten.

Umweltziele der FFH-Richtlinie:

Ziel der FFH-Richtlinie ist die Sicherung der Artenvielfalt durch die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten. Sie bildet die Grundlage für den Aufbau des europäischen Schutzgebietssystems „Natura 2000“.

Die Richtlinie hat zum Ziel, die Artenvielfalt durch die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten, für das der Vertrag Geltung hat, zu sichern. Die aufgrund dieser Richtlinie getroffenen Maßnahmen zielen darauf ab,

einen günstigen Erhaltungszustand der natürlichen Lebensräume und wildlebenden Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse zu bewahren oder wiederherzustellen.

Die FFH-Richtlinie stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren, sondern beschreibt die Anforderungen allgemeiner. Die Anforderungen zum Schutz der Lebensräume sowie wildlebender Tiere und Pflanzen lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen, Licht, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser.

2.1.1.7 Vogelschutzrichtlinie der EU

Am 2. April 1979 setzte der Rat der Europäischen Gemeinschaften die Richtlinie 79/409/EWG (Vogelschutzrichtlinie) in Kraft. Die Richtlinie gilt für sämtliche wildlebenden Vogelarten, die im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten leben, für ihre Eier, Nester und Lebensräume.

Umweltziele der Vogelschutzrichtlinie der EU:

Mit dieser Richtlinie zur Erhaltung der wildlebenden Vogelarten soll der Rückgang der europäischen Vogelbestände aufgehalten und insbesondere die Zugvögel besser geschützt werden.

Es sind Maßnahmen zu treffen, um die Bestände der Vogelarten auf einem Stand zu halten oder auf einen Stand zu bringen, der insbesondere den ökologischen, wissenschaftlichen und kulturellen Erfordernissen entspricht, wobei den wirtschaftlichen und freizeitbedingten Erfordernissen Rechnung getragen wird.

Es ist für die Vogelarten eine ausreichende Vielfalt und eine ausreichende Flächengröße der Lebensräume zu erhalten oder wiederherzustellen. Dazu sind Schutzgebiete zu errichten sowie in und außerhalb von Schutzgebieten die Pflege und ökologisch richtige Gestaltung der Lebensräume zu gewährleisten. Außerdem sind zerstörte Lebensstätten wiederherzustellen und neue Lebensstätten zu schaffen.

Die Vogelschutzrichtlinie stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren, sondern beschreibt die Anforderungen allgemeiner. Die Anforderungen zum Schutz wildlebender Vogelarten lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen.

2.1.1.8 Bundes-Bodenschutzgesetz

Zweck des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Das BBodSchG normiert in § 3 BBodSchG ein Subsidiaritätsprinzip: Das BBodSchG ist grundsätzlich nur anwendbar, soweit Einwirkungen auf den Boden nicht bereits durch bestimmte Fachgesetze geregelt werden. Die entsprechenden Gesetze sind in § 3 des BBodSchG aufgeführt. Allerdings sind auch bei Anwendung des einschlägigen Fachrechts die im BBodSchG und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) konkretisierten weitergehenden Anforderungen und materiellen Wertungen des Bodenschutzes zu berücksichtigen, insbesondere die dort normierten Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte.

Umweltziele des Bundes-Bodenschutzgesetzes:

Zweck des BBodSchG ist es gem. § 1 BBodSchG, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren, und es ist Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden. Die BBodSchV regelt dazu nähere Anforderungen u.a. zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen, zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion, zur Untersuchung, Bewertung und Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie an die Vorerkundung, Probennahme und -analyse.

Jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden. Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ist verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie dadurch verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.

Die Anforderungen zum Schutz von Böden lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, konventionelle Abfälle, wassergefährdende Stoffe, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser.

2.1.1.9 Wasserhaushaltsgesetz

Zweck des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen. Der Schutz von oberirdischen Gewässern und Grundwasser wird in untergesetzlichen Regelwerken wie der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) und der Grundwasserverordnung (GrwV) konkretisiert. Die Abwasserverordnung des Bundes (AbwV) regelt den Umgang mit Abwässern. Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wird gestuft nach Menge und Gefährlichkeit der Stoffe in der Bundesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) geregelt. Sie hat entsprechende Landesverordnungen abgelöst.

Belange des Grundwasserschutzes werden insbesondere in der Bauphase berührt. Zudem benötigt jede kerntechnische Anlage auch eine konventionelle Abwasserentsorgung. Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen kann nicht ausgeschlossen werden.

Umweltziele des Wasserhaushaltsgesetzes:

Gewässer sind nachhaltig mit dem Ziel zu bewirtschaften, ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern. Natürliche und naturnahe Gewässer sollen in diesem Zustand erhalten bleiben und nicht naturnah ausgebaute natürliche Gewässer sollen so weit wie möglich wieder in einen naturnahen Zustand zurückgeführt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen.

Das WHG gilt im Wesentlichen für oberirdische Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser. Allgemein gilt, dass jede Person verpflichtet ist, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein

Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden, eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers sicherzustellen, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.

Oberirdische Gewässer sind so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten bleibt oder erreicht wird. Meeresgewässer sind so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird. Das Grundwasser ist so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und chemischen Zustands vermieden wird, alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden und ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht wird – dazu gehört insbesondere ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung.

Das WHG stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren, sondern beschreibt die Anforderungen allgemeiner. Die Anforderungen zum Schutz von Gewässern lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, Lärm, Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle.

Detaillierte Anforderungen und konkrete Grenzwerte finden sich im untergesetzlichen Regelwerk.

2.1.1.10 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) gilt explizit nicht für ‚Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe im Sinne des Atomgesetzes oder des Strahlenschutzgesetzes‘ (§ 2 KrWG). Beim Bau von neuen Einrichtungen zur Zwischen- oder Endlagerung werden jedoch auch nichtradioaktive Stoffe anfallen, sodass das KrWG hier trotzdem betrachtet wird. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz wurde im Lichte der geänderten Abfallrahmenrichtlinie (RL 2008/98/EG) novelliert und übernimmt die dortigen Vorgaben.

Umweltziele des Kreislaufwirtschaftsgesetzes:

Ziel des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) ist es, die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen und das Erreichen der europarechtlichen Zielvorgaben der RL 2008/98/EG zu fördern (§1 (1) KrWG).

Das KrWG gibt eine fünfstufige Rangfolge in der Abfallhierarchie vor: Vermeidung, Vorbereitung zu Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung (zum Beispiel energetische Verwertung), Beseitigung. Ausgehend von dieser Rangfolge sollen „diejenigen Maßnahmen Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet“ (§ 6(2) KrWG). Dabei ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zu betrachten und insbesondere die zu erwartenden Emissionen, das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen, die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen

zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen zu berücksichtigen. Zusätzlich werden für einige Abfallarten Recyclingquoten festgesetzt, etwa 70 % bei Bau- und Abbruchabfällen.

Das KrWG stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren, sondern beschreibt die Anforderungen allgemeiner. Die Anforderungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit, Tieren, Pflanzen, Gewässer und Böden lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Landschaftswirkung, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen.

2.1.1.11 Atom- und Strahlenschutzrecht

Im Atomrecht sind alle Aspekte der nuklearen Sicherheit, der Entsorgung radioaktiver Abfälle, des Transports radioaktiver Stoffe und des Schutzes vor ionisierender Strahlung geregelt. Maßgebliche Gesetze im Hinblick auf Umweltziele sind das Atomgesetz (AtG), das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und das Standortauswahlgesetz (StandAG). Maßgebliche Verordnungen sind diesbezüglich insbesondere:

- Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 29. November 2018 mit konkretisierenden Regelungen zum Strahlenschutz (StrlSchV),
- Verordnung zur Festlegung von Dosiswerten für frühe Notfallschutzmaßnahmen (Notfall-Dosiswerte-Verordnung – NDWV) vom 29. November 2018 (NDWV),
- Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung – AtSMV) vom 14. Oktober 1992 (AtSMV),
- Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung – EndlSiAnfV) vom 6. Oktober 2020 (EndlSiAnfV)
- Verordnung über Anforderungen und Verfahren zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (Atomrechtliche Entsorgungsverordnung – AtEV) vom 29. November 2018

In der Regelwerkspyramide werden diese durch Allgemeine Verwaltungsvorschriften sowie Bekanntmachungen und Richtlinien des BMUV untersetzt, die Anforderungen weiter konkretisieren. Das „Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz“ (BASE 2024a) enthält sämtliche in Deutschland gültigen Regelungen³.

Umweltziele im Atom- und Strahlenschutzrecht:

Wesentlicher Zweck des Atomgesetzes (AtG) ist der Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Auswirkungen von ionisierenden Strahlen. Zudem ist die Gefährdung der inneren und äußeren Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland durch die Kernenergie zu verhindern sowie die Erfüllung internationaler Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Kernenergie und des Strahlenschutzes zu gewährleisten.

³ Abrufbar unter https://www.base.bund.de/DE/base/gesetze-regelungen/rsh/rsh_node.html

Auch das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) dient gemäß § 1 dem Schutz des Menschen und der menschlichen Gesundheit, vor den Wirkungen ionisierender Strahlung. Des Weiteren sieht § 8 Absatz 1 vor, dass jede Exposition oder Kontamination des Menschen und der Umwelt zu vermeiden und auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten ist. Konkretisiert werden die Regelungen in der Strahlenschutzverordnung sowie in untergesetzlichen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften.

Das Standortauswahlgesetz (StandAG) legt einen Prozess fest, mit dem ein Endlager für hochradioaktive Abfälle ausgewählt werden soll. Aufgabe des Endlagerstandortes ist im Hinblick auf die Umweltziele, „die bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren“ (§ 1) zu gewährleisten.

Konkretisiert werden diese Vorgaben in § 4 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndLSiAnfV). Danach ist das Ziel die Radionuklide von der Biosphäre fernzuhalten (Absatz 1). Hinsichtlich erwarteter Entwicklungen ist sowohl der Austrag insgesamt als auch ein jährlicher Austrag sowohl in der Masse als auch in der Anzahl der Atome zu begrenzen (Absatz 5).

Die Umweltziele des Atom- und Strahlenschutzrechts betreffen die Wirkfaktoren Direktstrahlung, Emission radioaktiver Stoffe über den Wasser- oder Luftpfad (Ableitungen), störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe und radioaktive Betriebsabfälle.

Detaillierte Anforderungen und konkrete Grenzwerte finden sich im untergesetzlichen Regelwerk.

2.1.1.12 Raumordnungsgesetz

Das Raumordnungsrecht soll für einen Ausgleich der vielfältigen Nutzungen und Funktionen des Raums sorgen, indem der Gesamtraum der Bundesrepublik Deutschland und seine Teilräume gezielt entwickelt, gesichert und geordnet werden. Das Raumordnungsgesetz (ROG) legt dafür Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen fest.

Umweltziele des Raumordnungsgesetzes:

Im Raumordnungsgesetz (ROG) ist die Leitvorstellung verankert, den Gesamtraum der Bundesrepublik Deutschland derart zu gestalten, dass soziale und wirtschaftliche Aspekte der Raumnutzung mit den ökologischen Funktionen des Raumes in Einklang gebracht werden.

Bei der Entwicklung ländlicher Räume sind neben ihren Aspekten als Lebens- und Wirtschaftsräume auch ihre Funktionen als Umwelt- und Erholungsräume zu betrachten. Eine Zerschneidung von Wald- und Moorflächen sowie der freien Landschaft soll möglichst vermieden werden. Auch ist vorgeschrieben, gewachsene und geprägte Kulturlandschaften zu erhalten. Land- und Forstwirtschaft sollen so eingesetzt werden, dass in ländlichen Räumen die natürlichen Lebensgrundlagen geschützt werden.

Der Raum soll so entwickelt werden, dass Funktionsfähigkeit von Böden, Wasserhaushalt, Flora und Fauna und Klima gesichert, entwickelt oder wiederhergestellt werden. Biodiversität und Grundwasservorkommen sollen geschützt und eine ökologische Gewässerentwicklung gefördert werden.

Inanspruchnahme neuer Freiflächen für Verkehr und Siedlungen soll möglichst verringert werden, etwa durch Wiedernutzbarmachung von Flächen. Wird der Naturhaushalt beeinträchtigt, so ist dies auszugleichen.

Es ist sicherzustellen, dass die Allgemeinheit vor Lärm geschützt wird und die Luft reingehalten wird.

Das ROG stellt keine Anforderungen an Wirkfaktoren, sondern beschreibt die Anforderungen allgemeiner. Die Anforderungen zum Schutz der ökologischen Funktionen des Raumes lassen sich folgenden Wirkfaktoren zuordnen: Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm, Erschütterungen, störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Landschaftswirkung, Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen.

2.1.1.13 Bundesberggesetz

Das Bundesberggesetz (BBergG) regelt das Aufsuchen, die Gewinnung und Aufbereitung von bergfreien und grundeigenen Bodenschätzen sowie das Wiedernutzbarmachen der Oberfläche während oder nach dem dafür notwendigen Eingriff.

Umweltziele des Bundesberggesetzes

Ziel des BBergG ist es, die Rohstoffversorgung durch das Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten von Bodenschätzen zu sichern und dabei zum einen „sparsam und schonend“ mit Grund und Boden umzugehen und zum anderen Vorsorge gegen „Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben“ zu verstärken und drittens „den Ausgleich unvermeidbarer Schäden zu verbessern“ (§ 1 BBergG).

§ 49 BBergG legt beim Aufsuchen auf dem Festlandsockel und innerhalb der Küstengewässer fest, dass die Pflanzen- und Tierwelt sowie die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts nicht unangemessen beeinträchtigt werden dürfen. Für die Zulassung eines Betriebsplans muss gemäß § 55 (1) BBergG unter anderem nachgewiesen werden, dass für den Schutz der Oberfläche im Interesse der persönlichen Sicherheit [...] Sorge getragen ist“, dass „die anfallenden Abfälle ordnungsgemäß verwendet oder beseitigt werden“, „gemeinschaftliche Einwirkungen der Aufsuchung oder Gewinnung nicht zu erwarten sind“. Auch „schädigende Einwirkungen auf das Meer [sind] auf ein möglichst geringes Maß [zu] beschränken“.

Gemäß § 125 (1) müssen Messungen durchgeführt werden, anhand derer Art und Umfang der zu erwartenden bzw. bei Umsetzung die möglichen eingetretenen Einwirkungen des Bergbaus auf die Oberfläche festgestellt werden können, wenn durch diese Beeinträchtigungen der Oberfläche Auswirkungen auf bauliche Anlagen eingetreten oder zu erwarten sind oder wenn die Messungen zur Verhütung von Gefahren für Leben, Gesundheit oder bedeutende Sachgüter von Bedeutung sein können.

Die Umweltziele des Bergrechts betreffen im Wesentlichen den Wirkfaktor Veränderungen der Tagesoberfläche. Wirkfaktoren, die auf die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Pflanzen- und Tierwelt sowie Wasser, Landschaft und kulturelles Erbe einwirken können, sind nur indirekt angesprochen. Bei Wasser ist auf das Wasserhaushaltsgesetz (Kapitel 2.1.1.9) verwiesen.

2.1.2 Ziele aus relevanten nationalen Plänen oder Strategien

Übergeordnet zu den rechtlichen Grundlagen sind national Umweltziele in Plänen und Strategien festgehalten, die hier der Vollständigkeit halber kurz angerissen werden sollen. Die konkreten Umsetzungen regeln die in Kapitel 2.1.1 vorgestellten Bundesgesetze.

2.1.2.1 Klimaschutzplan 2050

Die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung sind im Klimaschutzplan 2050 (BMUB 2016) festgeschrieben. Auf ihnen fußt das Bundesklimaschutzprogramm (Bundesregierung 2023), das jährlich fortgeschrieben wird. Während das Klimaschutzprogramm Maßnahmen für alle Sektoren enthält, bildet das Bundesklimagesetz (KSG) den rechtlichen Rahmen für die künftige Klimaschutzpolitik in Deutschland (siehe hierzu Kapitel 2.1.1.2).

Umweltziele des Klimaschutzplans 2050:

Der Klimaschutzplan 2050 (BMUB 2016) gibt für den Prozess zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele inhaltliche Orientierung für der Handlungsfelder Energieversorgung, Gebäude- und Verkehrsbereich, Industrie und Wirtschaft sowie Land- und Forstwirtschaft. Dabei wird auch überprüft, ob der technische Fortschritt und ökonomische Entwicklungen Anlass zur Neujustierung zwischen den Zielkorridoren der Sektoren geben.

Das Umweltziel des Klimaschutzplans 2050 ist die weitgehende Treibhausgasneutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts. Dieses Gesamtziel wird im Klimaschutzplan 2050 auf Klimaziele für die Wirtschaftszweige der einzelnen Sektoren heruntergebrochen. Diese Sektorziele sollen allen Akteuren eine klare Orientierung für strategische Entscheidungen in den nächsten Jahren geben.

2.1.2.2 Agenda 2030, Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie

Die Agenda 2030 (Generalversammlung Vereinte Nationen 2015) wurde im Jahr 2015 von der Weltgemeinschaft verabschiedet. Die nationale Umsetzung der darin definierten 17 globalen Nachhaltigkeitsziele für eine Zukunft, in der weltweit ein menschenwürdiges Leben ermöglicht und dabei gleichsam die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft bewahrt werden kann, wird in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2025) konkret dargelegt.

Umweltziele der Agenda 2030 und der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie:

Umweltziel der Agenda 2030 (Generalversammlung Vereinte Nationen 2015) und der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2025) ist eine weltweite sozial, wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Entwicklung. Dabei stehen alle Schutzgüter gleichermaßen im Fokus. Im Kontext des NaPro sind insbesondere folgende globale Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) und Unterziele (Targets) relevant:

- SDG 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern

- Unterziel 3.9: Bis 2030 die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund gefährlicher Chemikalien und der Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden erheblich verringern
- SDG 6: Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten
 - Unterziel 6.3: Bis 2030 die Wasserqualität durch Verringerung der Verschmutzung, Beendigung des Einbringens und Minimierung der Freisetzung gefährlicher Chemikalien und Stoffe, Halbierung des Anteils unbehandelten Abwassers und eine beträchtliche Steigerung der Wiederaufbereitung und gefahrlosen Wiederverwendung weltweit verbessern
- SDG 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten
 - Unterziel 11.5: Bis 2030 die Zahl der durch Katastrophen, einschließlich Wasserkatastrophen, bedingten Todesfälle und der davon betroffenen Menschen deutlich reduzieren (...)
- SDG 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen
 - Unterziel 12.4: Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken
 - Unterziel 12.5: Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern
- SDG 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen
 - mit mehreren einschlägigen Unterzielen

Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2025) fokussiert auf die Transformationsbereiche „Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten, soziale Gerechtigkeit“, „Energiewende und Klimaschutz“, „Kreislaufwirtschaft“, „Bau- und Verkehr“, „Agrar- und Ernährung“ sowie „schadstofffreie Umwelt“.

Die Nachhaltigkeitsziele des Transformationsbereichs „Energiewende und Klimaschutz“ schlagen sich zum Teil im Klimaschutzplan 2050 und dem damit einhergehenden Bundesklimaschutzgesetz (siehe Kapitel 2.1.1.2) nieder. Im Transformationsbereich „Kreislaufwirtschaft“ ist die Bundesregierung verpflichtet, dem Deutschen Bundestag alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuschreiben. Regelungen dazu sind im Kreislaufwirtschaftsgesetz festgeschrieben (siehe Kapitel 2.1.1.10). Die Nachhaltigkeitsziele des Transformationsbereichs „schadstofffreie Umwelt“ werden durch das Umweltrecht im Zusammenspiel u. a. chemikalienrechtlicher Anforderungen, von Anforderungen an das Produktdesign bis hin zum Wasser-, Immissionsschutz- oder Abfallrecht, gefördert (siehe hierzu die Kapitel 2.1.1.9, 2.1.1.3 und 2.1.1.10). Der Transformationsbereich „Bau und Verkehr“ ist eng mit den Herausforderungen anderer Transformationsbereiche verbunden. Für

nachhaltiges Bauen müssen ressort- und sektorübergreifend Anforderungen zur Energieeffizienz und Klimaneutralität, zum Erhalt der Biodiversität, zur Ressourcenschonung und Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, zur Reduzierung des Flächenverbrauchs, zur nachhaltige Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen einschließlich der Einhaltung von Menschenrechten in der Lieferkette sowie zur Sicherung von Gesundheit und Komfort von Nutzern eingehalten werden.

Darüber hinaus stellt die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie insbesondere im Rahmen ihres an den globalen Nachhaltigkeitszielen (s.o.) orientierten Ziel- und Indikatorensets („Nachhaltigkeitsmanagementsystem“, Bundesregierung 2025, S. 195 ff) übergeordnete und teils quantifizierte Anforderungen an eine Vielzahl von Wirkfaktoren. Dies betrifft u.a. Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffe, Lärm sowie Emissionen bzw. Immissionen von Schadstoffen in die Umwelt. Einige dieser Umweltziele bzw. Anforderungen an die Wirkfaktoren lassen sich den Gesetzen und Verordnungen, in die die Nachhaltigkeitsziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie eingegangen sind, entnehmen (siehe dazu Kapitel 2.1.1). In anderen Fällen gehen die Ziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie über den Bestand von in Gesetzen und Verordnungen kodifizierten Umweltzielen hinaus⁴.

2.1.2.3 Nationale Biodiversitätsstrategie

Die Nationale Biodiversitätsstrategie (NBS) bzw. die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030 (BMUV 2024d) setzt die globalen Ziele des Biodiversitätsrahmens von Kunming-Montreal (BMUV 2022b) auf der Ebene des Übereinkommens über die biologische Vielfalt sowie die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 um.

Umweltziele der nationalen Biodiversitätsstrategie

Die NBS bündelt alle für den Biodiversitätsschutz wichtigen Themen. Sie verfolgt 64 Ziele in 21 Bereichen – und das nicht nur in zentralen Feldern des Natur- und Artenschutzes, sondern auch in verwandten Bereichen wie Stadtnatur, Klimaerwärmung, Ausbau von Erneuerbaren Energien oder Gesundheit. Außerdem integriert sie bereits bestehende Strategien, die für den Schutz der biologischen Vielfalt relevant sind, etwa das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz der Bundesregierung.

Ein erster Aktionsplan (BMUV 2024a) enthält rund 250 Maßnahmen, die von 2024 bis 2027 umgesetzt werden sollen. Ein zweiter Aktionsplan soll darauf aufbauen.

Für den NaPro relevant sind folgende übergreifende Biodiversitätsziele:

- Erhalt bzw. Rückgewinnung der Artenvielfalt, darunter Trendumkehr bei Artenvielfalt und innerartlicher Vielfalt, bei der Abnahme der Insekten und ihrer Artenvielfalt
- Fortentwicklung von Schutzgebieten, die Etablierung eines funktionalen Biotopverbunds als auch die Entwicklung und Sicherung von mehr Wildnis in Deutschland
- Wiederherstellung von Ökosystemen

⁴ Beispiele sind die Umweltziele zur Minderung des Anteils der Bevölkerung mit erhöhter PM_{2,5}-Feinstaubexposition (Ziel/Indikator 3.2.b) oder zu einer sinkenden Zunahme der Bodenversiegelung (Ziel/Indikator 15.3).

- Erhaltung gesunder Böden und Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen
- Biodiversitätsziele für verschiedene Lebensräume wie u.a. Wälder, Agrarlandschaften sowie Binnengewässer und Moore
- Verringerung negativer Auswirkungen auf die Biodiversität durch Klimawandel, Rohstoffe, Stoffeinträge und andere Beeinträchtigungen von Ökosystemen sowie durch Verkehrsinfrastruktur

2.1.2.4 Nationale Wasserstrategie

Die Nationale Wasserstrategie (NWS) (BMUV 2023a) ist kein alleinstehendes Instrument, sondern muss im europäischen und globalen Kontext gesehen werden. Sie knüpft entsprechend an den geltenden EU-Rechtsrahmen an und soll einerseits einen Beitrag zur Erreichung der darin definierten Ziele leisten. Andererseits dient sie zur Orientierung, wo der EU-Rechtsrahmen – auch jenseits des eigentlichen Wasserrechts – aus deutscher Sicht weiterentwickelt werden muss, um die formulierten Visionen national realisieren zu können. Zu diesem Zweck sind zu zehn zentralen Themen werden im Folgenden jeweils die Herausforderungen, die Vision für das Jahr 2050 sowie wesentliche Schritte zur Verwirklichung dieser Vision in der NWS dargelegt.

Umweltziele der nationalen Wasserstrategie

Für die Umsetzung des NaPro sind im Wesentlichen folgende strategische Ziele relevant:

- Den naturnahen Wasserhaushalt schützen, wiederherstellen und dauerhaft sichern
- Gewässerverträgliche und klimaangepasste Flächennutzung im ländlichen und urbanen Raum realisieren
- Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln – guten Zustand erreichen und sichern
- Risiken durch Stoffeinträge begrenzen

2.1.2.5 Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie

Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) (BMUV 2024c) bündelt alle Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung auf dem Weg zu einer umfassenden Kreislaufwirtschaft. Alle Stationen des Kreislaufs werden dabei berücksichtigt: die Gestaltung von Produkten, die Auswahl der Materialien, die Produktion, die möglichst lange Nutzungsphase und schließlich die Wiederverwendung oder das Recycling. Die NKWS soll dazu beitragen, dass Abfall möglichst gar nicht erst entsteht.

Umweltziele der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie

Oberstes Ziel des NKWS ist es, zum Schutz der Umwelt und Biodiversität und damit der natürlichen Lebensgrundlage des Menschen den Verbrauch primärer Rohstoffe zu senken, Stoffkreisläufe zu schließen sowie die Rohstoffsoveränität und Rohstoffversorgungssicherheit zu erhöhen und Abfälle zu vermeiden.

2.2 Wirkfaktoren

In diesem Kapitel werden die Wirkfaktoren beschrieben, die bei den zu prüfenden Maßnahmen und Projekten des NaPro auftreten können. Für diese Wirkfaktoren werden übergeordnete Betrachtungen zu den damit verbundenen Umweltauswirkungen vorgenommen sowie der Bewertungsrahmen dargestellt. Damit wird die Grundlage für die projektspezifischen Ausführungen in Kapitel 4 geschaffen, die sich somit auf die Quantifizierung der Umweltauswirkungen und deren Bewertung in dem jeweiligen projektspezifischen Kontext fokussieren können.

Einige Wirkfaktoren spielen für den übergreifenden Charakter einer SUP eine untergeordnete Rolle. Ihre Umweltauswirkungen sind marginal. Für diese Wirkfaktoren wird neben den übergeordneten Betrachtungen (allgemeine Umweltauswirkungen, Bewertungsrahmen) eine abschließende Bewertung in diesem Kapitel durchgeführt. Diese Wirkfaktoren werden bei den projekt- und phasenspezifischen Ausführungen in Kapitel 4 nicht näher betrachtet. Darüber hinaus ist bei einigen Wirkfaktoren bereits absehbar, dass aufgrund des noch sehr abstrakten Charakters dieser SUP keine konkreteren projekt- oder phasenspezifischen Abschätzungen zu den Umweltauswirkungen bei Eintreten des Wirkfaktors im NaPro getroffen werden können. Die durch diese Wirkfaktoren ausgelösten Umweltauswirkungen lassen sich dementsprechend trotz ihrer potenziellen Relevanz in diesem Umweltbericht nur übergeordnet bewerten. In diesem Fall wird der jeweilige Wirkfaktor bei den Beschreibungen der Projekte und Phasen des NaPro zwar aufgeführt, aber dann nur auf die in diesem Kapitel vorgenommene abschließende Bewertung verwiesen.

2.2.1 Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen, insbesondere durch Versiegelung, entstehen durch die Errichtung von Gebäuden, Verkehrs- und Lagerflächen.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen führen zum Verlust der Puffer- und Reinigungsfunktion des Bodens. Durch die Versiegelung des Bodens wird der Austausch von Medien (Luft, Wasser, Nährstoffe, Zersetzungsprodukte) mit der Umgebung unterbunden, sodass im Boden die Zersetzung von biologischer Substanz zu pflanzenverfügbaren Nährstoffen sowie die Pufferung und der Abbau von Schadstoffen weitgehend reduziert werden. Die Flächeninanspruchnahme führt zudem zum Verlust der Lebensraumfunktion des Bodens für Pflanzen und Tiere, die im Boden leben und die durch die Bioturbation (Durchmischung durch Organismen) die Medienversorgung des Bodens insbesondere mit Luft gewährleisten.

Eine Versiegelung von Oberflächengewässern oder Teilen von Oberflächengewässern führt zum Verlust des Gewässers bzw. Gewässerteiles einschließlich seiner Funktion im Naturhaushalt.

Im Hinblick auf das Schutzgut „Tiere und Pflanzen“ führt eine Flächeninanspruchnahme des Bodens zudem zum Verlust der Lebensräume (z. B. Laubwald, Wiese) einschließlich ihrer Lebensgemeinschaften, die zuvor auf dem Boden bestanden. Dabei können zudem geschützte Arten nach Bundesartenschutzverordnung oder ihre Brutstätten betroffen sein.

Sofern eine Flächeninanspruchnahme in einem Schutzgebiet erfolgt (Naturschutzgebiet, FFH-Gebiet, Vogelschutzgebiet), geht ein Teil von Lebensräumen im betroffenen Schutzgebiet verloren, die aufgrund ihrer Bedeutung und/oder Seltenheit unter besonderen gesetzlichen Schutz gestellt sind.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen sind oft mit erheblichen Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft im Sinne des § 13 BNatSchG (BNatSchG) verbunden. Diese sind vom Verursacher vorrangig zu vermeiden.

Erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind nach § 13 BNatSchG, soweit sie nicht vermeidbar sind, durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, oder soweit dies nicht möglich ist, durch Ersatz in Geld zu kompensieren. Das Verfahren zu den Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder der Kompensation erfolgt nach Vorgaben des Bundeslandes, in dem der Eingriff erfolgt. Die Festlegung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erfolgt auf Basis einer Bestandsaufnahme zu den betroffenen Schutzgütern. Die Flächenverluste werden entsprechend ihrer Wertigkeit durch Entsiegelung oder Aufwertung anderer Flächen oder durch Geld kompensiert. Bei Versiegelungen von Gewässern bieten sich als Ausgleich die Neuanlage von Gewässern oder Maßnahmen der Gewässerrenaturierung an. Somit besteht für Projekte mit Flächeninanspruchnahme trotz der erheblichen Umweltauswirkung ein Weg zur Realisierung.

Sofern jedoch darüber hinaus von der Flächeninanspruchnahme besonders geschützte Arten oder ihre Fortpflanzungs- oder Ruhestätten gemäß § 44 BNatSchG betroffen sind, ist die Maßnahme nicht zulässig. Eine Maßnahme ist nur dann durchführbar, wenn die Ausnahmevoraussetzungen des § 45 Abs. 7 BNatSchG erfüllt sind. Dazu ist nachzuweisen, dass zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, vorliegen. Eine Ausnahme vom Verbot ist nur zulässig, wenn zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und sich der Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert (§ 45 Abs. 7 BNatSchG). Das Verfahren zur Prüfung der Ausnahmevoraussetzungen des § 45 Abs. 7 BNatSchG ist im jeweiligen Landesrecht näher festgelegt.

Weitere Maßgaben bei der Realisierung von Flächeninanspruchnahme bestehen dann, wenn diese in einem Natura 2000-Gebiet erfolgen sollen oder wenn durch Versiegelung im unmittelbaren Umfeld eines Natura 2000-Gebietes dieses Gebiet selbst beeinträchtigt werden könnte. In einem solchen Fall ist die Verträglichkeit der Maßnahme oder des Projekts mit den Erhaltungszielen des betroffenen Natura 2000-Gebietes (FFH-Gebiet) nach § 34 BNatSchG zu überprüfen.

2.2.2 Luftschadstoffe und Treibhausgase

Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen entstehen bei industriellen Prozessen, in Folge von Energieumwandlungen insbesondere bei Verbrennungsvorgängen sowie in der Landwirtschaft. Zusätzlich entstehen Luftschadstoffe durch das Aufwirbeln feinsten Staube.

Bei den Projekten des NaPro werden Luftschadstoffe und Treibhausgase vor allem durch die Verbrennungsmotoren von Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen sowie den Betrieb von Heizungsanlagen und Lüftungs-/Bewetterungsanlagen emittiert. Darüber hinaus sind Staubverwehungen von Baustellen und Halden möglich.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe und Treibhausgase

Durch den Einsatz von Geräten, Maschinen und Fahrzeugen auf Baustellen, beim Betrieb von Anlagen sowie durch die Fahrten von Transportfahrzeugen werden insbesondere Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), das Treibhausgas Kohlendioxid sowie Stickoxide und Schwefeloxide emittiert. Gleiches gilt für den Betrieb von Heizungsanlagen. Schadstoffimmissionen können zu erheblichen negativen Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen in der Nachbarschaft von Standorten und entlang

der Transportrouten führen, da sie auf Menschen gesundheitsschädlich wirken und Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen können. Zusätzlich können sie auf Gewässer, Böden und sogar Bauwerke und Materialien schädlich einwirken. Treibhausgase verstärken den Treibhausgaseffekt, beschleunigen so die Erderwärmung und tragen dadurch zur Veränderung bis hin zur Zerstörung von Ökosystemen bei.

Darüber hinaus kann es durch Staubemissionen zur Herabsetzung der Erholungsfunktion von Standorten kommen. Salzstaubemissionen von Abraumhalden oder Salztransporten können die Lebensfunktion von Böden beeinträchtigen und so langfristig zur Veränderung des Artenspektrums der betroffenen Flora führen. Im Falle einer Endlagerung im Granitgestein ist nicht generell auszuschließen, dass der zu Tage geförderte Granit Asbest enthält. Würde nicht verhindert, dass es zu Verwehungen asbesthaltiger Stoffe kommt, könnte dies zu Gesundheitsschäden bei Menschen und Tieren führen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe und Treibhausgase

Zur Bewertung werden die möglichen Umweltauswirkungen der Projekte des NaPro mit Bewertungsergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für verschiedene kerntechnische Anlagen verglichen. Es ergeben sich Abstände zwischen Projektstandort und Schutzgütern, bei deren Überschreitung keine relevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter zu erwarten sind. Unterhalb dieser Abstände können keine generellen Aussagen mehr getroffen werden. In diesen Fällen muss die Bewertung im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über den Standort und die Umgebung erfolgen.

Bei der Bewertung sind sowohl die Standorte/Baustellen als auch die Transportrouten zu betrachten.

An den Standorten und auf den Baustellen werden in den unterschiedlichen Phasen verschiedene Fahrzeuge, Maschinen und Geräte eingesetzt, die Luftschadstoffe und Treibhausgase emittieren, z. B. Hydraulikbagger, LKW, Bohrgeräte, Betonpumpen, Turmdrehkrane, Abbruchhämmer, Rammgeräte, Bohrhämmer, Autokrane und Radlader. Einige dieser Fahrzeuge, Maschinen und Geräte werden im Dauerbetrieb eingesetzt, z. B. Hydraulikbagger, LKW, Betonpumpen, Turmdrehkrane. Die übrigen, z.B. Abbruchhämmer, Rammgeräte, Bohrhämmer, werden nur kurzzeitig betrieben. Die höchsten Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sind

- bei der Errichtung, beim Betrieb und bei der Stilllegung des/der Erkundungsbergwerke,
- beim Bau des Eingangslagers und des Endlagers sowie
- beim Bau oder bei der Erweiterung von Gebäuden wie Zwischenlager oder Konditionierungsanlagen

zu erwarten, beispielsweise durch die Emissionen der Motoren von Maschinen, Geräten und Fahrzeugen, durch Staubaufwirbelungen und –verwehungen sowie durch Abwehungen von Halden.

Als Minimierungsmöglichkeiten für diese Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen können z. B. der Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und die Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen genutzt werden.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Treibhausgasemissionen wird durch das Bundesklimaschutzgesetz (KSG), die kosteneffiziente Verringerung der Treibhausgasemissionen durch Emissionsgenehmigung (§ 4 TEHG) und Überwachungsplan (§ 6 TEHG) geregelt (siehe Kapitel 2.1.1.2). Gemäß dem Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) bedarf ein

Anlagenbetreiber zur Freisetzung von Treibhausgasen durch eine Tätigkeit einer Genehmigung und ist verpflichtet, einen Überwachungsplan einzureichen. Treibhausgase verstärken grundsätzlich den natürlichen Treibhauseffekt und treiben damit die globale Erwärmung an. Eine unmittelbare Umweltauswirkung im Nahgebiet der jeweiligen treibhausgasemittierenden Quelle lässt sich nicht bestimmen.

Für die Bewertung der Luftschadstoffe lassen sich Erfahrungen aus Umweltverträglichkeitsprüfungen nutzen. Diese haben für verschiedene kerntechnische Anlagen gezeigt, dass sich abhängig von den jeweiligen Standortbedingungen in Abständen ab ca. einem Kilometer zur Baustelle keine relevanten Auswirkungen durch die Zusatzbelastung auf Menschen und Schutzgebiete ergeben, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Nutzungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Ist der Abstand geringer, können mögliche Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die Schutzgüter nur im Einzelfall geprüft und bewertet werden, da dann beispielsweise auch die Windgeschwindigkeiten und Hauptwindrichtungen eine Rolle spielen.

Werden Abraumhalden (z. B. Salzgesteinsalden) abgedeckt oder feucht gehalten, um Verwehungen zu minimieren, kann davon ausgegangen werden, dass etwa in Abständen > 1 km keine relevanten Auswirkungen bestehen. Bei Salzgesteinsalden sollte das Abdecken bevorzugt werden, damit möglichst geringe Salzmengen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen.

Die Emissionen der Heizungsanlagen während des Betriebs von Zwischenlagern, Abfalllagern etc. verursachen keine relevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter, da in der Regel allenfalls die zugehörigen Betriebsgebäude, nicht aber die Lagergebäude selbst beheizt werden.

Hinsichtlich der Transportrouten hat sich bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen für die Errichtung verschiedener kerntechnische Anlagen ergeben, dass sich das höchste LKW-Aufkommen beim Betonieren der Bodenplatten ergibt. Es können je nach Größe durchaus 200 bis 300 LKW An- und Abfahrten pro Tag stattfinden. Mit etwas geringerem Aufkommen pro Tag ist beim Abtransport des Bodenaushubs und beim Antransport von Material zur Bodenverbesserung zu rechnen. Endlagerkonzepte der Schweiz gehen zwar während der Auffahrung des Bergwerkes von einem Gesamtausbruch von 420.000 m³ (lose) aus, der aber über einen Zeitraum von fünf Jahren mit 30 LKW pro Tag (12 m³/LKW) abtransportiert wird. Für die Errichtung der übertägigen Anlagen und als Material zum Abstützen des Bergwerkes würden 90.000 m³ Beton zum Standort mit sieben LKW pro Tag antransportiert werden (NAGRA 2002).

Zur Minimierung der Luftschadstoffbelastung in Ortschaften sollten diese bei hohen Transportaufkommen grundsätzlich umfahren werden.

Entlang von Transportrouten außerhalb von Ortschaften sollten die Zusatzbelastungen aufgrund des besseren Luftaustauschs zu keinen relevanten Auswirkungen auf Menschen führen. Da es keine Hinweise dafür gibt, dass Tiere empfindlicher auf Luftschadstoffe reagieren als Menschen, sollte es auch für sie zu keinen relevanten Auswirkungen kommen. Relevante Versauerungen oder Eutrophierungen durch Einträge von Schwefeldioxid oder Stickoxiden sollten durch die Zusatzbelastungen nicht auftreten, so dass relevante Auswirkungen auf Pflanzen nicht zu erwarten sind.

Für die Schutzgüter Mensch, Tiere und Pflanzen kann es aber möglicherweise zu relevanten Auswirkungen kommen, wenn besonders enge Täler durchfahren werden. Dies kann aber nur im

Einzelfall mit genaueren Kenntnissen beispielsweise über die Örtlichkeiten und die meteorologischen Verhältnisse etc. geprüft und bewertet werden.

Abschließende Bewertung zu Treibhausgasemissionen

Treibhausgasemissionen treten prinzipiell in allen Maßnahmen des NaPro auf und können dort auch zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen. Eine unmittelbare Umweltauswirkung von Treibhausgasemissionen lässt sich im Nahgebiet der jeweiligen treibhausgasemittierenden Quelle jedoch nicht bestimmen. Da die einzelnen Tätigkeiten für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zudem teils noch weit in der Zukunft liegen, lassen sich für die Treibhausgas-Emissionsgenehmigungen keine realistischen Vorannahmen treffen. Für die in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen und Projekte des NaPro ist das Auftreten des Wirkfaktors Treibhausgase deswegen zwar jeweils genannt. Von der Bewertung der konkreten Umweltauswirkungen durch die erwarteten Treibhausgasemissionen wird aufgrund des Abstraktionsgrads dieser SUP abgesehen.

Mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne des NaPro sollten die Umweltauswirkungen durch Treibhausgasemissionen in einer späteren SUP jedoch in den Blick genommen werden.⁵

2.2.3 Lärm und Erschütterungen

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen

Lärm

Durch den Einsatz von Geräten, Maschinen und Fahrzeugen auf Baustellen, beim Betrieb von Anlagen und beim Erkunden z. B. mittels Bohrungen sowie durch die Fahrten von Transportfahrzeugen wird Lärm verursacht. Lärmemissionen werden insbesondere bei folgenden Projekten des NaPro hervorgerufen:

- Endlagererkundungen,
- Stilllegung von Erkundungsbergwerken,
- Errichtung des Endlagers und
- Errichtung von Gebäuden, wie Eingangs- oder Zwischenlagern.

Lärm betrifft Menschen im Wachen und Schlafen. Durch Lärm entstehen Stress und ein erhöhtes Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Ruhe und ungestörte Nachtruhe sind von hoher gesundheitlicher Bedeutung. Empfindliche Tierarten reagieren auf Lärm ebenfalls durch Stress und sie können durch Lärm in ihrer Kommunikation beeinträchtigt werden. Vögel spielen hinsichtlich der Auswirkungen von Lärm als Tiergruppe eine besondere Rolle, da sie akustisch kommunizieren und Lärm sich bei vielen Arten negativ auf Bruterfolge, Nahrungsaufnahme, Schutz vor Prädatoren, Rast- und Fluchtverhalten auswirken (Garniel et al. 2007). Die tagaktive Lebensweise der Vögel und ihr Lebensraum oberhalb 1 m Höhe bewirken, dass sie als Tiergruppe Lärm besonders ausgesetzt sind. Zugvögel reagieren intensiv auf Lärm, da bestimmte Arten bejagt werden können und akustisch vergrämt werden. Darüber hinaus sind Vögel als artenreiche Tiergruppe in allen Lebensräumen mit mehreren Spezies vertreten und zahlreiche Arten dieser Tiergruppe sind nach Bundesartenschutzverordnung streng geschützt.

⁵ Luftschadstoffe werden maßnahmenspezifisch in Kapitel 4 bewertet.

Erschütterungen

Erschütterungen werden insbesondere durch Rammarbeiten, beispielsweise beim Straßenbau oder bei der Verbesserung des Baugrundes für die Errichtung von Gebäuden (z.B. Eingangslager, Zwischenlager), durch Bohrungen im Bergbau und durch Sprengungen verursacht. Sie können sich auf empfindliche Säugetiere und Reptilien, auf Brutvögel, auf rastende Zugvögel sowie besonders auf Fledermäuse in ihren Quartieren nachteilig auswirken.

Gebäudeschäden aufgrund von Erschütterungen sind dagegen unwahrscheinlich. Gebäudeschäden treten erst ab Magnituden $> 5,0$ auf der Richterskala (Bundesverband Geothermie 2022) auf. Erschütterungen, die infolge von Bohrungen oder untertägigen Sprengungen verursacht werden, werden durch die verwendete Technik so beschränkt, dass dadurch keine größeren Erschütterungen an der Tagesoberfläche entstehen.

Anders verhält es sich bei induzierten Erdbeben. Diese treten als unbeabsichtigtes Ereignis auf, wenn bereits bestehende tektonische Störungen im Untergrund reaktiviert werden und sich dementsprechend früher „entladen“. Im Lexikon der Geothermie (Bundesverband Geothermie 2024) heißt es dazu: „In der Bandbreite der Stärken seismischer (natürlicher und induzierter) Ereignisse sind die induzierten Ereignisse meist weniger stark und erreichen nicht die Stärken natürlicher Ereignisse. Dies liegt unter anderem daran, dass sie in vergleichsweise geringen Tiefen auftreten, wo die im Spannungsfeld gespeicherte Energie nicht zur Erzeugung großräumiger Bruchvorgänge ausreicht. Die überwiegende Mehrzahl induzierter Ereignisse wird nur von Messgeräten aufgezeichnet und nicht gespürt. Sie haben oft kleine oder gar negative Magnituden (lokale Magnitude nach Richter, ML, oder neuzeitlicher Momenten- Magnituden Mw) und übersteigen selten die Magnituden 2 oder 3, also Magnituden, die in der natürlichen Seismizität Alltag sind.“ Bei der Suche nach einem geeigneten Standort für ein Endlager führen tektonische Störungszonen zu einem Ausschluss der Eignung. Demzufolge ist das Risiko für induzierte Erdbeben bei der übertägigen oder untertägigen Erkundung und erst recht beim Bau des Endlagers extrem gering. Schäden an Gebäuden sind also extrem unwahrscheinlich und sollen im Folgenden in dieser SUP nicht näher betrachtet werden.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen

Lärm

Für eine allgemeine Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Menschen werden die Immissionsricht- bzw. -grenzwerte der TA Lärm (TA Lärm), der AVV-Baulärm (AVV Baulärm) oder der 16. BImSchV (16. BImSchV) herangezogen.

Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm betragen beispielsweise:

- für Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete 60 dB(A) tags und 45 dB(A) nachts,
- für allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete 55 dB(A) tags und 40 dB(A) nachts,
- für reine Wohngebiete 50 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts sowie
- für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten 45 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts.

Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Lärmquelle sehr unterschiedlich sind. Für Vögel wird daher in der SUP des NaPro kein Vorsorgewert angesetzt. Die Betrachtung der Umweltauswirkungen auf Vögel erfolgt quantitativ in Umweltverträglichkeitsprüfungen im Rahmen der Zulassungsverfahren für Projekte des NaPro.

Als Lärminderungsmaßnahmen an Baustellen kommen grundsätzlich in Betracht:

- Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor,
- Einsatz von lärmarmen Maschinen und Geräten,
- Aufstellen von Lärmschutzwänden und Schallschutzzelten,
- Aufschütten von Lärmschutzwällen,
- Einsatz von Schallschirmen und –schürzen,
- Kapselung von Baumaschinen,
- Anwendung von Alternativen zum Rammen, z. B. Einvibrieren, Bohren und Vibrieren, Einpressen.

Ergebnisse aus Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager zeigen, dass wenn – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, ein Abstand von etwa 1 km ausreichen kann, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen durch Lärm zu vermeiden. Zur Vorsorge sollten die oben genannten Lärminderungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Im Hinblick auf lärmempfindliche Tiere (z. B. Vögel) sind oben genannte Maßnahmen der Minimierung ebenfalls wirksam. Zum Schutz von Brutvögeln können lärmintensive Tätigkeiten zudem außerhalb der Brutzeiten erfolgen oder vor dem Nestbau aufgenommen werden, um empfindlichen Arten ein Ausweichen vor der Brutzeit zu ermöglichen.

Für Transportrouten zeigen Erfahrungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung von kerntechnischen Anlagen, dass bei 200 – 300 LKW-An- und Abfahrten pro Tag folgende Beurteilungs-/Mittelungspegel in nachfolgend angegebenen Abständen zum Straßenrand auftreten können:

- > 60 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 10 m,
- > 55 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 30 m,
- > 50 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 60 m,
- > 45 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 100 m.

Eine Minimierung der Lärmbelastung kann erreicht werden, wenn Transporte nicht durch Ortschaften oder entlang bewohnter Gebiete oder empfindlicher Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt werden.

Zur Minimierung von Transportlärm kommen grundsätzlich folgende Maßnahmen in Betracht:

- Nutzung von Elektrofahrzeugen
- Verlegung von Transporten auf die Schiene,
- Einhalten ausreichender Abstände zu Wohnbebauungen und Schutzgebieten,
- Weiträumiges Umfahren von Brutgebieten geschützter oder lärmempfindlicher Vogelarten und von Gebieten mit hohem Rast- und Zugvogelvorkommen,

- Bau neuer Straßen mit sog. Flüsterasphalt,
- falls vorhanden, Nutzung von Straßen mit sog. Flüsterasphalt,
- Einführung von Geschwindigkeitsbegrenzungen,
- Aufziehen lärmarmen Reifen auf die Transportfahrzeuge.

Für Vögel stellen die ersten 100 m vom Straßenrand einen Bereich mit drastisch reduzierter Lebensraumeignung (signifikant reduzierten Reproduktionserfolg) dar (Garniel et al. 2007). Für lärmempfindliche Vogelarten kann der Bereich mit deutlich reduzierter Lebensraumeignung auch bis zu 500 m betragen (Garniel et al. 2007). Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel entlang von Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße artspezifisch sehr unterschiedlich sind. Daher erfolgt im Rahmen der SUP des NaPro keine quantitative Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel entlang von Transportrouten.

Erschütterungen

Die Ausbreitung von Erschütterungen ist von der Art des Bodens, des Untergrundes, von Grundwasserleitern etc. abhängig. Sie kann daher auf kleinstem Raum stark variieren. Für eine Prognose ist die genaue Kenntnis des Untergrundes erforderlich.

Soweit Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden einwirken, sind die Anforderungen in den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz 2018) konkretisiert. Bei Einhaltung der dort niedergelegten Anforderungen und Anhaltswerte sollten relevante Auswirkungen auf Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen in der Regel nicht auftreten.

Erfahrungen aus Umweltverträglichkeitsprüfungen für kerntechnische Anlagen zeigten, dass Erschütterungen (beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen) nicht über das Anlagengelände hinaus wirken. Relevante Auswirkungen auf Menschen sind daher beim Bau von Gebäuden nicht zu erwarten.

Erschütterungen bzw. Vibrationen treten z. B. im Rahmen von Bauprozessen unter Einsatz bestimmter Maschinen oder Verfahren (z. B. Rammen, Sprengen, Bohren), beim Betrieb z. B. von Schienenwegen oder Straßen (insbesondere mit Schwerlastverkehr), beim Abbau oder an bestimmten Anlagen (zumindest im Nahbereich) auf.

Erschütterungen können v. a. bei Vogelarten (insbesondere während der Brutzeit sowie in Rastgebieten mit größerer Anzahl von Tieren), Säugetieren und Reptilien Fluchtverhalten auslösen bzw. Störungen verursachen, die im Extremfall zur Instabilität oder Zerstörung von Habitatbestandteilen führen (BfN o.D.).

Als besonders relevant wird die mögliche Beeinträchtigung von Höhlenquartieren von Fledermausarten eingeschätzt. Hier können stärkere Vibrationen v. a. während der Winterruhe Konsequenzen für die Fitness und Überlebenswahrscheinlichkeit der Individuen durch Störungen haben. Der Einsturz von Höhlen, Stollen etc. kann zum völligen Habitatverlust und zu hohen Individuenverlusten führen (BfN o.D.).

Eine Prüfung und Bewertung ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere möglich.

2.2.4 Direktstrahlung

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Beim Wirkfaktor Direktstrahlung wird die außerhalb der geplanten Anlagen während des regulären Betriebs auf Menschen und Umwelt einwirkende ionisierende Strahlung, die aus der Radioaktivität der Abfälle resultiert, berücksichtigt. Hierbei sind Gamma- und Neutronenstrahlung zu betrachten. In Lebewesen kann Gamma- und Neutronenstrahlung biologische Wirkungen verursachen. Ionisierende Strahlung kann Schäden in den Biomolekülen einzelner Zellen oder eines Gewebes verursachen. Die Strahlungsenergie kann Moleküle auseinanderbrechen oder auch einzelne Elektronen aus Verbindungen trennen. Für deterministische Schäden, die oberhalb eines gewissen Schwellenwertes auftreten, nimmt der Schaden mit der durch die ionisierende Strahlung verursachten Dosis zu. Ziel des Strahlenschutzes ist es dann, deterministische Wirkungen zu verhindern. Für stochastische Schäden dagegen kann aus wissenschaftlicher Sicht keine untere Schwelle für die schädliche Wirkung dieser Strahlung angegeben werden. Für Strahlenschutz Zwecke ist daher die Annahme üblich, dass keine Wirkungsschwelle besteht und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens linear von der Höhe der effektiven Dosis abhängt.

Wirkungen durch Direktstrahlung sind auf Menschen sowie auf Tiere und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer ausreichend niedrigen Dosis zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der Summe der effektiven Dosis gemäß § 80 Abs. 1 StrlSchG 1 mSv im Kalenderjahr durch Expositionen aus Tätigkeiten nach StrlSchG oder dem Atomgesetz, der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen, der Errichtung, dem Betrieb oder der Stilllegung eines Endlagers und Tätigkeiten in Zusammenhang mit radioaktiven Bodenschätzen.

International ist es üblich, sogenannte De Minimis-Dosen deutlich unterhalb zugelassener Grenzwerte zu definieren, bei deren Unterschreitung keine weiteren Betrachtungen und Regulierungen erforderlich werden. Der StrlSchV liegt in Zusammenhang mit der Freigabe von Stoffen eine effektive Dosis höchstens im Bereich von 10 µSv im Kalenderjahr als De Minimis-Dosis zugrunde.

Eine Reduzierung der durch ionisierende Strahlung verursachten Dosis kann durch Abschirmmaßnahmen, durch größeren Abstand von der Quelle oder durch zeitliche Einschränkung des Aufenthalts in der Nähe der Quelle erreicht werden.

Im Hinblick auf den Schutz von Tieren und Pflanzen sind als Maßstab zur Bewertung von Strahlenexpositionen die unteren Werte der DCRL (derived consideration reference level) nach ICRP 108 (ICRP 2008) geeignet, die den Schutz von Populationen gewährleisten sollen. Die Anwendung dieser Werte wird von der Strahlenschutzkommission empfohlen (BMUB 2017).

2.2.5 Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Aus kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen erfolgt in der Regel keine direkte Abgabe von kontaminiertem Abwasser, sondern anfallende Wässer werden zunächst gesammelt und analysiert. Nach Feststellung der Einhaltung festgelegter Ableitungswerte oder zulässiger Konzentrationen an Radionukliden kann eine Ableitung in Oberflächengewässer erfolgen. Durch die Nutzung entsprechender Oberflächengewässer ist eine Strahlenexposition von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch eine ausreichend niedrige Dosis zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen abgedeckt, so dass dann keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern gegeben ist.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus einer Anlage gilt für Einzelpersonen der Bevölkerung der in § 99 StrlSchV genannte Grenzwert für die effektive Dosis von 0,3 mSv im Kalenderjahr. Bei der Planung von Anlagen ist die Strahlenexposition für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zu ermitteln.

Da auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden können, ist eine Betrachtung auch unterhalb der Dosisgrenzwerte erforderlich. Die De Minimis-Dosis, bei deren Unterschreitung keine weiteren Betrachtungen und Regulierungen erforderlich ist, liegt im Bereich von 10 µSv im Kalenderjahr und wird für die vorsorgeorientierte Umweltbewertung zugrunde gelegt. Im Hinblick auf den Schutz von Tieren und Pflanzen besteht der gleiche Maßstab wie bei der Direktstrahlung.

2.2.6 Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Sofern in einer Anlage oder Einrichtung mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, können diese luftgetragen vorliegen und mit der Abluft in die Umgebung gelangen. In Bereichen mit höherer Raumluftaktivität können durch Absaugungen und Abluftführung über Filterstrecken die Ableitungen reduziert werden. In der Umgebung ist eine Strahlenexposition von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Da bei einer zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen ausreichend niedrigen effektiven Dosis keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist, sind andere Schutzgüter durch diese abgedeckt.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus einer Anlage gilt für Einzelpersonen der Bevölkerung der in § 99 StrlSchV genannte Grenzwert für die effektive Dosis von 0,3 mSv im Kalenderjahr. Bei der Planung von Anlagen ist die Strahlenexposition für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zu ermitteln.

Da auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden können, ist eine Betrachtung auch unterhalb der Dosisgrenzwerte erforderlich. Die De Minimis-Dosis, bei deren Unterschreitung keine weiteren Betrachtungen und Regulierungen erforderlich ist, liegt im Bereich von 10 μSv im Kalenderjahr und wird für die vorsorgeorientierte Umweltbewertung zugrunde gelegt. Im Hinblick auf den Schutz von Tieren und Pflanzen besteht der gleiche Maßstab wie bei der Direktstrahlung.

2.2.7 Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Allgemeine Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Beim Umgang mit radioaktiven Stoffen können störfallbedingte⁶ Freisetzungen durch Einwirkungen von innen (z. B. Gebindeabsturz, Absturz von Lasten, Brand, Leckagen), durch naturbedingte Einwirkungen von außen (z. B. Erdbeben, Hochwasser) und durch zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen (z. B. Flugzeugabsturz, Gaswolkenexplosion) nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Zulassungsverfahren für Anlagen und Einrichtungen, in denen radioaktive Stoffe gehandhabt werden, werden Störfallanalysen durchgeführt. Teilweise können dabei Störfälle durch die entsprechende Auslegung einer Anlage ausgeschlossen werden. Darüber hinaus kann im Rahmen der Zulassungsverfahren für Anlagen und Einrichtungen gegebenenfalls die weitere Untersuchung von Störfällen deshalb unterbleiben, weil sie zu keinen Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen können. Für Störfälle, die zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen können, werden im Rahmen der Zulassungsverfahren für Anlagen und Einrichtungen die maximal möglichen Freisetzungen abgeschätzt. Auf dieser Basis werden die radiologischen Folgen von Freisetzungen über den Luftpfad anhand des Kapitels 4 der Störfallberechnungsgrundlagen (SSK 2003) ermittelt. Kontaminiertes Wasser soll bei Störfällen rückhaltbar sein, ansonsten wären in der Störfallanalyse auch Ermittlungen dessen radiologischer Folgen vorzunehmen.

Der relative Anteil freigesetzter radioaktiver Stoffe des Inventars hängt von der Stärke der mechanischen und/oder thermischen Einwirkung sowie von der Flüchtigkeit der Radionuklide ab. Reduzierend auf mögliche störfallbedingte Freisetzungen von Radionukliden wirkt sich insbesondere die Konditionierung von Abfällen, z. B. durch Einbindung in einer Betonmatrix, sowie deren Verpackung aus. Insbesondere bei hochradioaktiven Abfällen (z. B. bestrahlte Brennelemente, Glaskokillen mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen) wird durch die Widerstandsfähigkeit der Transport- und Lagerbehälter gegen mechanische und thermische Einwirkungen (z. B. Sturz eines Behälters auf ein festes Hindernis, Brand) die störfallbedingte Freisetzung von radioaktiven Stoffen unterbunden.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Als Störfallplanungswert für die effektive Dosis ist durch § 104 StrlSchV 50 mSv festgelegt. Der Wert bezieht sich gemäß Anlage 18 Teil B StrlSchV auf die Summe der Expositionen im Folgezeitraum nach Störfalleintritt bis zum 70. Lebensjahr der Referenzpersonen (Folgedosis). Hierbei ist für Erwachsene ein Zeitraum von 50 Jahren und für Kinder der Zeitraum vom jeweiligen Alter bis zum Alter von 70 Jahren zugrunde zu legen, sofern kein anderer Wert angegeben wird. Der

⁶ Hier und im Folgenden sind störfall- und unfallbedingte Freisetzungen gemeint.

Störfallplanungswert nach § 104 StrlSchV bezieht sich nach Absatz 2 auch auf Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Endlager für radioaktive Abfälle.

Nach § 104 Absatz 6 StrlSchV sollen Allgemeine Verwaltungsvorschriften mit Schutzziele zur Störfallvorsorge bei Tätigkeiten nach § 104 Absatz 3 und 4 StrlSchV erlassen werden. Dies betrifft etwa die Planung der Stilllegung, des sicheren Einschlusses der stillgelegten Anlagen und des Abbaus von Anlagen nach § 7 Absatz 3 Satz 1 AtG. Zusätzlich betrifft dies Abbau- und Stilllegungsmaßnahmen sowie übrige Tätigkeiten nach § 6 Absatz 1 und § 9 Absatz 1 AtG und Tätigkeiten nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG zum Umgang mit offenen oder umschlossenen radioaktiven Stoffen, bei denen bestimmte Vielfache von Freigrenzen überschritten werden. Bis zum Inkrafttreten dieser Allgemeinen Verwaltungsvorschriften ist gemäß § 194 StrlSchV der Grenzwert von 50 mSv für die effektive Dosis (Folgedosis) als Störfallplanungswert anzuwenden.

Da auch bei Unterschreitung der Störfallplanungswerte Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser und Luft nicht ausgeschlossen sind, sollen zur Berücksichtigung des vorsorgeorientierten Ansatzes dieser SUP Bewertungen auch dann vorgenommen werden, wenn der Störfallplanungswert unterschritten wird.

2.2.8 Wärmeeintrag in den Untergrund

Während des Betriebes von Zwischen-, Eingangs oder Endlagern für hochradioaktive Abfälle entsteht Wärmeeintrag in den Untergrund, der zur Erwärmung des Bodens oder Untergrundes um das Lager herum und zur Erwärmung des Grundwassers führen kann. So wurden für ein Standortzwischenlager in Deutschland Erwärmungen des Bodens neben den Gebäuden von einigen Kelvin (ca. 5 K) und Erwärmungen des Grundwassers von bis zu 42 K prognostiziert (BfS 2003). Es kann davon ausgegangen werden, dass der Wärmeeintrag auf Grund des radioaktiven Zerfalls über die Zeit abnimmt.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in den Untergrund

Der Wärmeeintrag in den Untergrund ist lokal begrenzt. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des **Bodens** sind durch eine Erwärmung um einige K nicht beeinträchtigt. Ein Wärmeeintrag in den Boden unterhalb eines Lagers und in dessen unmittelbaren Umgebung wirkt sich aber auf die Lebensraumfunktion des Bodens aus. Bodenorganismen, deren Temperatortoleranz überschritten wird, können diesen Lebensraum nicht nutzen. Ein Wärmeeintrag in den Boden wird durch den Einfluss der jahreszeitlich schwankenden Lufttemperatur abgeschwächt. Über eine Ausgleichsmaßnahme zur Flächeninanspruchnahme sind durch den Bau des Lagers hervorgerufene Lebensraumverluste des Bodens bereits berücksichtigt. Der Boden um ein Lager und seiner voraussichtlich vorhandenen Umfahrung ist am Ende der Baumaßnahmen anthropogen überformt, sodass eine Erwärmung des Bodens im Bereich von einigen K nicht zu potenziell relevanten Umweltauswirkung führt, die im Rahmen der SUP des NaPro zu betrachten wären. Am Ende des Kapitels findet sich eine abschließende Bewertung der Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in den Boden.

Der Wärmeeintrag in das **Grundwasser** wirkt sich auf folgende Eigenschaften des Grundwassers aus: Viskosität, Sauerstofflöslichkeit, Karbonatausfällung, pH-Wert, Mobilisierung von organischen Molekülen und Schwermetallen sowie Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften (Griebler et al. 2014). Lokal kommt es auch durch andere Infrastrukturmaßnahmen sowie flächig durch den Klimawandel zu steigenden Grundwassertemperaturen. Eine Erwärmung des Grundwassers um 10 K kann zu einer Verdoppelung oder Verdreifachung der Geschwindigkeit der physiologischen

Vorgänge in Mikroorganismen sowie zu Verschiebungen der Spezieszusammensetzung führen. Veränderungen des Stoffwechsels der Mikroorganismen wechselwirken mit Einflüssen der Erwärmung des Grundwassers auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften. Temperaturschwankungen des Grundwassers innerhalb des Temperaturbereichs von 6 bis 16°C führen nicht zu Veränderungen der chemischen Wasserqualität (Possemiers et al. 2014). (Griebler et al. 2014) gehen davon aus, dass bereits Temperaturerhöhungen um etwa 4 K oberhalb der 16°C zu signifikanten Veränderungen der Ökosystemfunktionen des Grundwassers führen. Neben Mikroorganismen im Grundwasser ist auch die Grundwasserfauna betroffen.

Entsprechend kann eine deutliche Erwärmung des Bodens oder des Gesteins und damit des Grundwassers das Mikroklima der Lebensräume von Mikroorganismen und Grundwasserfauna beeinträchtigen, wenn dieser Wirkfaktor dort relevante Größen eines Temperaturanstiegs von einigen K erreicht, und damit den Schutzgütern Wasser und Boden schaden.

Bei einem **geologischen Endlager** können durch Wärmeeintrag Veränderungen der Rückhalteeigenschaften des Gesteins erfolgen, mit der Folge potenzieller Freisetzung von Radionukliden und von natürlichen Stoffen aus der Umgebung des Endlagers und Veränderungen von Grundwasserströmungen. Diese wiederum kann unmittelbare Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Boden sowie mittelbar auf Tiere, Pflanzen und den Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, nach sich ziehen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in Boden, Grundwasser und ins Gestein eines Endlagers

Nach § 4 BBodSchG hat sich jeder, der auf den **Boden** einwirkt, so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen grundsätzlich nicht hervorgerufen werden (Gefahrenabwehr). Nach § 7 Satz 1 BBodSchG sind Grundstückseigentümer, der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück und derjenige, der Verrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen lässt verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen. Dies betrifft auch eine Erwärmung des Bodens, die zu einer Störung der Bodenfunktionen führen kann bzw. den Stoffhaushalt oder das Bodenleben beeinträchtigt.

Das **Grundwasser** ist gemäß § 47 Abs. 1 WHG so zu bewirtschaften, dass

- eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands vermieden wird,
- alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden und
- ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.

Nach § 5 WHG besteht die Verpflichtung, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden. Die Freisetzung von Wärme ins Wasser ist in der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG als Verschmutzung definiert, wenn sie schädliche Auswirkungen hat. Die Einleitung von Wärme ins Grundwasser bedarf einer Erlaubnis nach (WHG).

Es könnten Maßnahmen der Minimierung z. B. durch den Einbau von wärmeisolierenden Schichten in die Bodenplatte eines Lagers erforderlich werden. Darüber hinaus könnten die Stellflächen der

Behälter so ausgeführt werden, dass darunter Luft zirkuliert, sodass ein direkter Wärmeeintrag in den Untergrund nicht erfolgt.

Bei der Suche nach einem geeigneten **Endlager** für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle sind Veränderungen der Rückhalteeigenschaften des Gesteins durch Wärmeeintrag in ein Endlager Gegenstand der Langzeitsicherheitsanalyse (EndlSiAnfV). Mit den §§ 5 und 6 EndlSiAnfV sollen die Integrität und Robustheit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (§ 5) bzw. der technischen und geotechnischen Barrieren (§ 6) als wesentlicher Barriere sichergestellt werden. Darin ist verfügt, dass anhand der Langzeitsicherheitsanalyse zu prüfen und festzustellen ist, dass „die Temperaturentwicklung die Barrierewirkung nicht erheblich beeinträchtigt“ wird.

Abschließende Bewertung der Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in den Boden, das Grundwasser und ins Gestein eines Endlagers

Die Bodentemperatur unterliegt im Tages- und Jahresverlauf natürlichen Schwankungen. Die Vorzugstemperatur von Bodenorganismen liegt zwischen 4 °C und 35 °C (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg BaWü 1997). Bei einer Temperaturerhöhung von wenigen K sind unmittelbare nachteilige Effekte auf Tiere im Boden in der Umgebung eines Lagers und damit auf die Bodenqualität nicht zu erwarten. Es sind deshalb potenziell keine relevanten Umweltauswirkungen auf Böden durch den Eintrag von Wärme aufgrund übertägig lagernden radioaktiven Abfalls in Zwischenlagern zu besorgen, die im Rahmen der SUP des NaPro zu betrachten wären.

Aufgrund der Langzeitsicherheitsanalyse im Zuge des Auswahlverfahrens kann davon ausgegangen werden, dass Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in das umgebende Gestein eines Endlagers vernachlässigt werden können und entsprechend in dieser SUP nicht weiter betrachtet werden müssen.

Ein durch ein Lager für hochradioaktive Abfälle induzierter Wärmeeintrag in das Grundwasser, der 4 K überschreitet, kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Daher können auch potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in das Grundwasser nicht ausgeschlossen werden.

2.2.9 Veränderungen der Tagesoberfläche

Veränderungen der Tagesoberfläche können auftreten, wenn durch bergbauliche Maßnahmen Schächte/ Räume unter Tage aufgefahren werden und die Tagesoberfläche dadurch instabil wird oder beim Durchfahren von Ton- oder Anhydritschichten Quellhebungsprozesse im Untergrund angestoßen werden. Dabei ist die „Quellung des Gesteins eine zeitabhängige Volumenzunahme, welche auf einer physikalisch-chemischen Reaktion mit Wasser beruht. Der Quellmechanismus ist eine Kombination der physikalisch-chemischen Reaktion mit Wasser und einer Spannungsverminderung“ (Hauber et al. 2005).

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Veränderungen der Tagesoberfläche

Durch die Veränderungen der Tagesoberfläche können Schäden an Gebäuden, an Infrastruktur oder auch an Gewässern entstehen. Auch sind Schäden an forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie der Verlust an natürlichen Lebensräumen möglich. Durch Senkungen, Hebungen, Brüche oder Risse in der Tagesoberfläche können Gebiete so stark verändert werden, dass sich das Landschaftsbild ändert.

Das Auftreten von Quellhebungsprozessen ist abhängig von Vorhandensein, Art und Gehalt der quellfähigen Inhaltsstoffe und deren Verteilung sowie einer Wasserzuführung. Ersteres muss im Einzelfall geprüft werden. Die Zuführung von Wasser kann durch einen möglichst schonenden Vortrieb durch die bekannten problematischen Gesteinsabschnitte, das Aufbringen von Gegendruck gegen das Tonquellen und zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung von zufließendem Wasser in die quellfähigen Abschnitte verringert oder verzögert werden (LGRB 2018). Im Fall des Eintretens von Quellprozessen ist der Bereich an der Tagesoberfläche, an der es zu Umweltauswirkungen kommen kann, abhängig von verschiedenen Faktoren im Untergrund, wie beispielsweise der Lage der quellfähigen Mineralschicht, den Druckverhältnissen oder auch der Menge und Geschwindigkeit des zufließenden Wassers. Im ungünstigen Fall kann es zu Schädigungen in einem Umkreis von über hundert Metern rund um den bergbaulichen Eingriff kommen, wie das Beispiel Staufeu im Breisgau 2020 zeigt (Stadt Staufeu im Breisgau 2020).

Mit der Einstellung des Betriebes eines Bergwerkes sind Arbeiten mit dem Ziel durchzuführen, die durch das Auffahren entstandenen möglichen Gefahren wie z.B. Senkungen der Tagesoberfläche zu beseitigen oder auf ein vertretbares Restrisiko zu reduzieren sowie eine ökologisch weitgehend intakte und gemäß BBergG wieder nutzbare Umwelt herzustellen. Ein übliches Konzept für die Verwahrung von Bergwerken ist der Versatz mit Salz oder Bentonit. Zur Vermeidung von Senkungen an der Tagesoberfläche werden im Vorfeld gebirgsmechanisch instabile Bereiche bzw. Hohlräume mit geeigneten Versatzmaterialien verfüllt. Dann erfolgt der Verschluss der Schächte.

Folgende Tätigkeiten werden an einem Standort im Rahmen der Einstellung des Betriebes durchgeführt:

- Untertage erfolgt der Rückbau der betrieblichen Einrichtungen und die Verfüllung aller Hohlräume einschließlich der Schächte
- Übertage erfolgt der Rückbau aller Gebäude und Halden sowie die Rekultivierung

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Veränderungen der Tagesoberfläche

Durch Veränderungen der Tagesoberfläche können, wie oben beschrieben, verschiedene Natur- und Sachgüter zu Schaden kommen. Das BBergG regelt in § 114 den Bergschaden durch Bergbaubetrieb. Die Regelung zielt primär auf ökonomische Schadensregulierung ab. Führen die Veränderungen der Tagesoberfläche zu einem Verlust an natürlichen Lebensräumen, fällt dies in die Zuständigkeit des BNatSchG. Nach § 13 BNatSchG sind erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft vom Verursacher zu vermeiden. Nicht vermeidbare erhebliche Beeinträchtigungen sind durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder, soweit dies nicht möglich ist, monetär zu kompensieren.

Die Veränderung der Tagesoberfläche kann auch die Bodenqualität beeinträchtigen, etwa durch Erosion oder Auswaschung (Verlust von Nährstoffen). Das BBodSchG hat das Ziel, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Nach § 4 BBodSchG hat sich jeder, der auf den Boden einwirkt, so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden. Messungen der Bodenerosion, der Bodenfruchtbarkeit und des organischen Kohlenstoffgehalts können als Indikatoren für Umweltauswirkungen dienen.

Ist der Wasserhaushalt durch Veränderungen der Tagesoberfläche betroffen, greift das WHG. So ist nach § 5 WHG bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden, eine sparsame Verwendung des Wassers

sicherzustellen, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.

Abschließende Bewertung

Für die Bewertung sind Daten zum jeweiligen Standort bzw. Abschätzungen für den Nahbereich der jeweiligen Maßnahmen/ Projekte des NaPro notwendig. Diese liegen auf Grund des noch sehr abstrakten Planungscharakters des NaPro nicht vor. Daher sind mögliche Veränderungen der Tagesoberfläche vor dem Hintergrund der standortspezifischen Gegebenheiten im Rahmen eines Zulassungsverfahrens des jeweiligen Programms oder der Phase des NaPro zu prognostizieren und im Hinblick auf Umweltauswirkungen zu bewerten. Durch geologische Erkundung im Vorfeld von Bohrungen bzw. durch Verfüllmaßnahmen im Rahmen der Verschlussarbeiten können Quellhebungsprozesse bzw. Senkungen an der Erdoberfläche weitgehend vermieden werden. Dennoch können Veränderungen der Tagesoberfläche und damit verbundene potenziell relevante Umweltauswirkungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Sie sind bei zunehmender Konkretisierung der Pläne in einer nachfolgenden SUP oder spätestens im Zuge der Genehmigungsverfahren für die einzelnen Projekte des NaPro zu prüfen und anhand von geeigneten Maßnahmen zu vermeiden oder zu minimieren.

2.2.10 Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser

Grundwasserabsenkungen erfolgen bei baulichen oder bergbaulichen Maßnahmen (Baugrube, Abteufung von Schächten) in grundwasserführenden Bodenhorizonten oder geologischen Schichten. Zur Trockenlegung wird das Grundwasser abgepumpt und anschließend in ein Gewässer oder eine Regenwasserkanalisation eingeleitet oder vor Ort im Boden versickert. Grundwasserabsenkungen bei baulichen Maßnahmen erfolgen in der Regel vorübergehend. Auch beim Abteufen von Schächten erfolgt eine ggf. notwendige Grundwasserabsenkung nur bis die Abdichtungsarbeiten der Schächte von innen abgeschlossen sind. Grundwasserabsenkungen können auch bei einem Hydraulischen Kurzschluss durch Bohrungen bei Erkundungstätigkeiten auftreten.

Bei Bauvorhaben verschiedener geplanter Maßnahmen bzw. Projekte des NaPro kann daher Abwasser durch Grundwasserabsenkungen anfallen. Abwasser infolge von Grundwasserabsenkungen fällt – wie oben beschrieben – bei baulichen Maßnahmen und beim Abteufen von Schächten vorübergehend an. Außerdem fällt beim Betrieb von Bergwerken und bei der Entwässerung von Halden Abwasser (Drainagewasser) über einen langen Zeitraum an. Das Abwasser wird gesammelt und nach Klärung über einen Vorfluter in ein Fließgewässer eingeleitet.

Aus dem Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (Bundesamt für Strahlenschutz 2009) kann man hinsichtlich der über den Wasserpfad abgeführten Art und Menge von Abwässern folgende Informationen entnehmen: Drainagewässer werden in den Schächten gefasst, nach über Tage gepumpt und direkt bzw. über die kommunale Regenwasserkanalisation in oberirdische Fließgewässer eingeleitet. Im Schacht Bartensleben fallen Drainagewässer mit einer langjährigen durchschnittlichen Zutrittsrate von ca. 3.000 m³/a an. Im Schacht Marie fallen zusätzlich durchschnittlich ca. 8.000 m³/a an. Für ein Endlager im Tongestein in der Schweiz wurden in (NAGRA 2013) anfallende Drainagewassermengen abgeschätzt. Es wird vorsorglich davon ausgegangen, dass in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz eine Menge von 5 l/sec (ca. 63.000 m³ pro Jahr) Drainagewasser während der Offenhaltung anfällt, zu Tage gefördert und dort nach ggf. erforderlicher Klärung in den Vorfluter eingeleitet wird.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser

Grundwasserabsenkungen können sich auf die Schutzgüter Grundwasser, Boden, Pflanzen, Tiere, Biodiversität, Oberflächengewässer und Sachgüter auswirken. Die Auswirkungen sind neben der Sensibilität der vorkommenden Schutzgüter abhängig von der Reichweite (Fläche und Tiefe des Absenktrichters), der Schüttung, der Dauer der Grundwasserabsenkung und der sonstigen Wasserversorgung der betroffenen Flächen.

Für das Schutzgut Wasser kann es durch Grundwasserabsenkung zur Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustands kommen. Dadurch kann die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Grundwassers als Bestandteil des Naturhaushalts und Lebensraums beeinträchtigt werden. Oberflächengewässer können durch Grundwasserabsenkungen in ihrem Wasserstand abgesenkt werden. Dies kann zur Beeinträchtigung von Uferbereichen mit ihrer jeweils charakteristischen Flora und Fauna sowie zu negativen Auswirkungen auf den Zustand der Oberflächengewässer führen.

Eine Veränderung des Grundwasserhaushalts kann die Bodenfunktionen (z. B. als Lebensraum, Filter und Puffer etc.) beeinträchtigen.

Grundwasserabsenkungen können sich auf die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen auswirken (Dürreschäden, Absterben) und damit auch den Lebensraum für Tiere beeinträchtigen. Gravierend wäre eine Betroffenheit von geschützten Tier- und Pflanzenarten nach BNatSchG, BArtSchV oder EU-Recht und deren Lebensräumen bzw. besonders geschützten Biotopen und Schutzgebieten mit grundwassersensiblen Lebensraumtypen.

Im Hinblick auf Sachgüter können Grundwasserabsenkungen land- und forstwirtschaftliche Erträge mindern und Setzrisse an Gebäuden, Straßen und Kanalrohren verursachen.

Die Ableitung von gefördertem Grundwasser bzw. von Drainagewasser in ein Oberflächengewässer kann sich auf die Qualität des Oberflächengewässers auswirken, wenn das einzuleitende Wasser z. B. durch Schwebstoffe nicht der Gewässergüte des Oberflächengewässers entspricht. So kann das Abwasser durch verschiedene konventionelle Schadstoffe verunreinigt sein. Abwasser wird in der Regel vor einer Einleitung in ein Gewässer in entsprechenden Anlagen (Kläranlagen, Absetzbecken und Fällungsanlagen) weitgehend gereinigt. Dennoch können im eingeleiteten Wasser schädliche Verunreinigungen vorhanden sein, die sich unmittelbar auf das Schutzgut Wasser und mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, auswirken können. Verunreinigungen von Oberflächengewässern wirken sich auf die biologische oder chemische Gewässergüte des betroffenen Gewässers aus. Der Mensch ist davon mittelbar betroffen, da sich Veränderungen der chemischen oder biologischen Gewässergüte auf die Nutzbarkeit des Wassers beispielsweise als Trinkwasser, Beregnungswasser oder Badewasser auswirken. Veränderungen der Gewässergüte können sich beispielsweise durch sauerstoffzehrende Prozesse im Wasser, veränderte Salzkonzentrationen oder toxische Stoffe auf den Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren auswirken und je nach Empfindlichkeit der betroffenen Tier- oder Pflanzenarten die Lebensraumfunktion des Gewässers beeinträchtigen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser

Folgende rechtliche und technische Normen, sind für die Bewertung der Wirkung von Grundwasserabsenkungen maßgebend:

Gemäß § 6 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sind Gewässer nachhaltig mit dem Ziel zu bewirtschaften, dass ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen erhalten bleibt und verbessert wird. Beeinträchtigungen von Landökosystemen und Feuchtgebieten sind zu vermeiden und unvermeidbare, nicht nur geringfügige Beeinträchtigungen so weit wie möglich auszugleichen. Gemäß § 9 WHG sind das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser Benutzungen eines Gewässers. Diese bedürfen nach § 8 WHG der Erlaubnis oder Bewilligung. Die Erlaubnis ist nach § 12 WHG zu versagen, wenn schädliche, nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind oder wenn andere Anforderungen nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften (z. B. Naturschutzrecht) nicht erfüllt werden. Ausnahmen von der Bewilligung oder Erlaubnis bestehen nach § 46 WHG u. a. für das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser in geringen Mengen zu einem vorübergehenden Zweck. Im jeweiligen Landesrecht wird dies präzisiert: So bestehen beispielsweise nach § 29 des Hessischen Wassergesetzes (HWG) Ausnahmen von der Zulassungserfordernis bei Grundwasserentnahmen, wenn die entwässerte Fläche 1.000 m² nicht überschreitet oder die Entnahmemenge 3600 m³ pro Jahr nicht übersteigt.

Über das Bewilligungs- und Erlaubniserfordernis des WHG und der damit verbundenen Berücksichtigung öffentlich-rechtlicher Vorschriften sind die gesetzlichen Grundlagen zur Berücksichtigung der Schutzgüter Boden, Pflanzen, Tiere, Biodiversität sowie Sachgüter verankert. Dies beinhaltet

- die Vorsorgepflicht nach § 7 Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) gegen schädliche Bodenveränderungen,
- die Anforderungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) zur Vermeidung und zum Ausgleich erheblicher Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft im Sinne des § 13 BNatSchG,
- die Verursacherpflichten nach § 15 BNatSchG zur Unterlassung vermeidbarer Eingriffe und zum Ausgleich und Kompensation nicht vermeidbarer Eingriffe,
- die Vorschriften nach § 44 BNatSchG für besonders geschützte Tier- und Pflanzenarten einschließlich der Ausnahmevoraussetzungen nach § 45 BNatSchG und
- das Erfordernis des Nachweises der FFH-Verträglichkeit bei Betroffenheit von Natura 2000-Gebieten durch Grundwasserabsenkung.

Im konkreten Fall der Bewertung einer Grundwasserabsenkung sind vor dem Hintergrund der Gegebenheiten (geförderten Wassermenge, Ausmaß des Absenktrichters, Dauer des Eingriffs, Qualität des wieder eingeleiteten Wassers) die qualitative und quantitative Betroffenheit der Schutzgüter unter Anwendung o.g. Rechtsnormen zu bewerten.

Bei Grundwasserabsenkungen durch Baumaßnahmen (Hochbau) bestehen Vermeidungs- und Minimierungsmöglichkeiten u.a. darin, dass Maßnahmen soweit wie möglich zeitlich begrenzt werden. Außerdem können Entnahmemengen und Reichweite der Absenkung durch Kombinationen verschiedener Absenktechniken minimiert oder gar vermieden werden (z. B. geschlossener Spundwandkasten).

Grundwasserabsenkungen im Bergbau, die durch das Abteufen von Schächten entstehen, können durch Gefrier- und Injektionsverfahren vermieden oder weitgehend minimiert werden. Beim Gefrierverfahren wird um den abzuteufenden Schachtbereich über Bohrungen ein geschlossenes Rohrleitungssystem für ein Kältemittel eingebracht. Das Grundwasser im abzuteufenden Bereich wird solange gefroren, bis der Schacht erstellt und abgedichtet ist. Beim Injektionsverfahren werden

abdichtende Stoffe in das Gestein um den Schacht über Bohrungen injiziert. Zudem ist zu vermeiden, dass verschiedene Grundwasserleiter über den Schachtbau kurzgeschlossen werden.

Für das konventionelle Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser gilt: Abwasser ist gemäß § 55 WHG so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Die Einleitung von Abwasser in Gewässer bedarf grundsätzlich einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Die grundlegenden Anforderungen zur Erteilung der Erlaubnis sind in § 57 WHG niedergelegt. Danach darf eine Erlaubnis nur erteilt werden, wenn

1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen eingerichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der vorgenannten Anforderungen sicherzustellen.

Bei einer Einleitung in Oberflächengewässer sind die Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer gemäß § 27 Abs. 1 WHG zu beachten. Danach sind oberirdische Gewässer grundsätzlich so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten bleibt oder erreicht wird. Das Bewirtschaftungsziel beschreibt sowohl qualitative als auch zeitliche Vorgaben für den jeweiligen Wasserkörper. Der ökologische Zustand wird vorrangig über das Vorkommen gewässertypenspezifischer Organismengruppen (wirbellose Gewässertiere, Fische, Wasserpflanzen) definiert. Einzelheiten dazu finden sich in der bundesrechtlichen Oberflächengewässerverordnung (OGewV), den jeweiligen landesrechtlichen Vorschriften zur Konkretisierung des WHG und der Landeswassergesetze sowie in den Maßnahmenprogrammen für die einzelnen Flussgebietseinheiten. Von besonderer Bedeutung sind die in der OGewV festgelegten Qualitätskomponenten und Kriterien zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands. Die landesrechtlichen Bestimmungen sind weitgehend an diese Vorgaben angepasst worden.

Für das Einleiten von Abwasser in öffentliche oder private Abwasseranlagen gelten neben den Anforderungen des § 58 WHG auch jeweils landesrechtliche Anforderungen wie Abwasserregelungen in den Landeswassergesetzen einschließlich der auf dieser Grundlage erlassenen Indirekteinleiterverordnungen der Länder.

Abschließende Bewertung

Für die Bewertung einer Grundwasserabsenkung sowie des Umgangs mit konventionellem Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser sind standortspezifische Daten oder mindestens standortspezifische Abschätzungen erforderlich. Da diese für die meisten im NaPro betrachteten Maßnahmen noch nicht vorliegen, erfolgt hier eine übergeordnete Bewertung.

Grundwasserabsenkungen können potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen. Entsprechend sind sie im Genehmigungsverfahren der jeweiligen Maßnahme zu prüfen und zu minimieren. Die Einleitung geförderten Grundwassers in einen Vorfluter ist genehmigungspflichtig.

Die Einleitung von Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser in ein Oberflächengewässer kann zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen. Im

Genehmigungsverfahren der jeweiligen Maßnahme ist die Einleitung von konventionellem Abwasser aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser deswegen zu prüfen und zu minimieren.

2.2.11 Lichtemissionen

Baubedingt ist mit Lichtemissionen durch Beleuchtung der Baustellen vor allem in den Wintermonaten mit Beginn der Abenddämmerung und in den Abendstunden zu rechnen. Während der Betriebsphase einer kerntechnischen Anlage werden auf deren Gelände Fahrwege, Schleuse, Zufahrten, Außentüren und Außentore nächtlich dauerhaft beleuchtet. Auch Zaunanlagen, die Flächen im Außenbereich innerhalb der Zaunanlage sowie die Fassaden der Gebäude werden beleuchtet.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Lichtemissionen

Lichtimmissionen können sich sowohl auf Menschen wie auch Fauna und Flora störend auswirken. Wichtige Effekte für den Menschen sind Blendung betroffener Menschen und Raumaufhellung von Wohn-, Schlaf-, Unterrichts-, und Arbeitsbereichen in der Nachbarschaft von Lichtquellen. Die Auswirkungen auf Menschen reduzieren sich mit zunehmender Entfernung zur Lichtquelle.

Lichtimmissionen betreffen beim Schutzgut Tiere insbesondere Insekten, Amphibien und Vögel. Viele Tiere, wie Insekten, Vögel und Amphibien, sind auf natürliches Mond- und Sternenlicht angewiesen, um sich zu orientieren und Nahrung zu finden. Künstliches Licht kann diese Orientierung stören und zu Verwirrung und Desorientierung führen, was zu erhöhten Unfallraten und gestörten Migrationsmustern führt. Insekten werden angelockt und in ihrer nächtlichen Aktivität (Futter-/Partnersuche) beeinträchtigt. Dabei können bei Insekten durch Verbrennen, Erschöpfung oder den Einschluss in Lichtquellen direkte Individuenverluste auftreten. Indirekte Individuenverluste können bei Insekten dadurch auftreten, dass diese im Rahmen ihrer nächtlichen Aktivität durch Verirren im Licht zu wenig Nahrung aufnehmen oder als Geschlechtspartner nicht zueinander finden. Darüber hinaus wirken dauerhaft beleuchtete Flächen als Barrieren und verhindern die natürliche Verbreitung von Insekten.

Vögel, insbesondere auch während des Vogelzuges, können durch Lichtquellen die Orientierung verlieren. Durch Kollisionen mit Lichtquellen oder den Gebäuden, an denen die Lichtquellen installiert sind, können Individuenverluste auftreten. Die Beleuchtung von Brutplätzen, kann dazu führen, dass die Brutplätze zur Brutzeit nicht mehr aufgesucht werden, oder dass bereits begonnene Bruten durch die Störwirkung des Lichtes aufgegeben werden. Dabei kann es zu Brutverlusten kommen. Zudem kann es zu einer Störung des Tag-Nacht-Rhythmus kommen. Der Hormonhaushalt der Vögel wird durch Lichtverschmutzung beeinflusst, wodurch das Schlaf- und Brutverhalten gestört wird.

Viele Amphibien rufen nachts zur Paarung. Künstliches Licht kann ihr Balzverhalten stören, so dass weniger Nachkommen entstehen. Zudem sind Amphibien meist nachtaktiv. Zu viel künstliches Licht kann sie davon abhalten, aus ihren Verstecken zu kommen, wodurch sie weniger Nahrung finden oder selbst leichter Beute werden. Manche Arten nutzen Mondlicht zur Orientierung, etwas bei Wanderungen zur Laichgewässern. Künstliches Licht kann in die falsche Richtung lenken, wodurch sie Straßen oder gefährliche Gebiete überqueren. Durch Orientierungslosigkeit oder verlängerte Aufenthalte in beleuchteten Bereichen werden Amphibien häufiger von Fressfeinden entdeckt.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Lichtemissionen

Eine bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Lichtimmissionen als schädliche Umwelteinwirkung gelten, existiert nicht. Grundlagen zur Beurteilung von Lichtimmissionen wurden durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI 2012 – (Anlage 2 Stand 2015)) verabschiedet. Dort werden sowohl für die Blendung als auch für Raumaufhellung Immissionsrichtwerte für unterschiedliche Gebietsarten (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Wohngebiete, Erholungsgebiete, Dorfgebiete, Industriegebiete) angegeben. Bei Einhaltung dieser Immissionsrichtwerte ist nicht von erheblichen Belästigungen für Menschen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes auszugehen.

Die Beurteilung von Auswirkungen von Licht auf Tiere – insbesondere Vögel und Insekten – ist unter Kenntnis der betroffenen Tierarten, Populationen und vorhandenen Lebensräume vorzunehmen. Dabei spielt insbesondere eine Rolle, ob von der Beleuchtung die Lebensräume für besonders geschützte Arten nach Bundesnaturschutzgesetz, Bundesartenschutzverordnung oder Natura 2000-Gebiete betroffen wären. Zudem sind die Verbote der § 23 Absatz 4, § 24 Absatz 3 Satz 2, § 25 Absatz 3 Satz 2 BNatSchG zu beachten. Bei der Bewertung der Wirkung von Lichtimmissionen sind sowohl bei Insekten als auch bei Vögeln in der Regel einzelne Verluste an Individuen hinnehmbar. Nicht hinnehmbar und als erhebliche Umwelteinwirkung einzustufen wären Lichtimmissionen, die dazu führen, dass Populationen – insbesondere besonders geschützter Arten – durch Verluste in ihrer Erhaltung gefährdet sind. Allein durch Licht werden solche erheblichen Umweltauswirkungen bei den Projekten des NaPro eher selten auftreten, da stets die Beleuchtung von Arbeits- und Verkehrsflächen sowie die Beleuchtung zur Anlagensicherung erzielt werden soll und weitreichende Lichteffekte nicht geplant sind. Jedoch in Wechselwirkung mit anderen Einwirkungen, wie z. B. Luftschadstoffe und Lärm, können Lichtimmissionen einen zusätzlichen Beitrag zur Beeinträchtigung von Populationen leisten.

Zur Vermeidung potenziell erheblicher Umweltauswirkungen durch Licht existieren umfangreiche Minimierungsmöglichkeiten durch eine geeignete Auswahl der auszuleuchtenden Bereiche, Anzahl der Lichtquellen sowie ihre Neigung, Höhe, Abschattung und Beschränkung von Arbeiten auf die Tageszeit. Die zur Vermeidung von Störwirkungen auf Menschen genannten Minimierungsmaßnahmen für Lichtemissionen sind auch zum Schutz von Tieren anwendbar. Darüber hinaus können Lichteffekte auf Insekten und Vögel durch geeignete Lichtspektren (Natrium-Niederdrucklampen) und geschlossene Ausführung der Lampen (Vermeiden des Eindringens von Insekten) erheblich reduziert werden. Zum Schutz von Vögeln ist die Beleuchtung von Schlaf- und Brutplätzen zu vermeiden. Darüber hinaus ist bei potenzieller Betroffenheit von Vögeln während des Vogelzugs insbesondere bei hohen Lichtquellen oder Lichtquellen, die Rastplätze beleuchten, zu prüfen, ob diese vorübergehend abgeschaltet werden können.

Abschließende Bewertung

Für die Bewertung von Lichtimmissionen sind standortspezifische Daten oder mindestens Abschätzungen der standortspezifischen Gegebenheiten erforderlich. Da diese für die im NaPro betrachteten Maßnahmen noch nicht vorliegen, erfolgt hier eine übergeordnete Bewertung.

Potenziell relevante Umweltauswirkungen insbesondere auf Tiere können aufgrund des bisher vorliegenden Abstraktionsniveaus dieser SUP nicht vollständig ausgeschlossen werden und sind bei zunehmender Konkretisierung der Pläne in einer nachfolgenden SUP oder spätestens im Zuge der Genehmigungsverfahren für die einzelnen Projekte des NaPro zu prüfen und anhand von geeigneten Maßnahmen zu vermeiden oder zu minimieren.

2.2.12 Landschaftswirkung

Durch Baumaßnahmen sowie durch die Errichtung von Anlagen und Gebäuden können Auswirkungen auf die Sichtverhältnisse und das Erscheinungsbild eines Standortes auftreten. Dies kann die Erholungsfunktion, Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft einschränken.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch die Landschaftswirkung

Die Landschaftswirkung einer Anlage verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Die Landschaftswirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch die Landschaftswirkung

Nach § 1 BNatSchG (BNatSchG) sind Natur und Landschaft als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, dass u.a. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind. Dazu sind insbesondere Naturlandschaften und historisch gewachsene Kulturlandschaften vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu bewahren. Zum Zweck der Erholung in der freien Landschaft sind nach ihrer Beschaffenheit und Lage geeignete Flächen vor allem im besiedelten und siedlungsnahen Bereich sowie großflächige Erholungsräume zu schützen und zugänglich zu machen (BNatSchG). Eine Bewertung der Landschaftswirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen. Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch die Landschaftswirkung einer Anlage zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei kann das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung der Gebäude dem Landschaftsbild angepasst werden.

Abschließende Bewertung

Für die Bewertung der Landschaftswirkung einer Maßnahme sind standortspezifische Daten oder mindestens Abschätzungen der standortspezifischen Gegebenheiten erforderlich. Da diese für die meisten im NaPro betrachteten Maßnahmen⁷ noch nicht vorliegen, erfolgt hier eine übergeordnete Bewertung.

Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Landschaftswirkung können nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Entsprechend ist die Landschaftswirkung bei zunehmender Konkretisierung der Pläne in einer nachfolgenden SUP oder spätestens im Genehmigungsverfahren der jeweiligen Maßnahme zu prüfen und zu minimieren.

⁷ Das geplante Zwischenlager für die aus der Asse II rückzuholenden Abfälle bildet hier eine Ausnahme. Im Zuge der Standortauswahl für das Zwischenlager BGE (2019) werden auch Auswirkungen auf das Landschaftsbild berücksichtigt.

2.2.13 Wassergefährdende und chemotoxische Stoffe

Wassergefährdende Stoffe werden bei Betrieb, Wartung und Reparatur von Kraftfahrzeugen, Maschinen, Anlagen und Transportbehältern gehandhabt. Der Einsatz von flüssigen wassergefährdenden Stoffen wie z. B. Kühlflüssigkeiten, Öl- und Schmierstoffen, Kraftstoffen, Reinigungsflüssigkeiten, Farben und Lacken erfolgt in unterschiedlicher Art und Menge auf Baustellen zur Errichtung und zum Abbau von Anlagen, an Standorten der geologischen Erkundung, während des Betriebs kerntechnischer Anlagen und in Bergwerken. Bei der Errichtung von Anlagen und in Bergwerken können zudem große Mengen an festen wassergefährdenden Stoffen wie z. B. Transportbeton und Mörtel gehandhabt und verbaut werden.

Radioaktive Stoffe enthalten neben den Stoffen, die auf Grund der enthaltenen Radionuklide Schäden an Mensch und Umwelt hervorrufen können (siehe hierzu die Kapitel 2.2.4 bis 2.2.6), chemotoxische Stoffe, die auf Grund ihrer chemischen Eigenschaften Schäden hervorrufen können. Diese chemotoxischen Stoffe können bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle potenziell über den Wasserpfad in die Biosphäre gelangen. Dieser Vorgang geschieht über große Zeiträume hinweg und ist deshalb nur in der Nachverschlussphase eines Endlagers relevant. Auch die chemotoxischen Stoffe sind wasserrechtlich relevant und werden daher gemeinsam mit den wassergefährdenden Stoffen behandelt.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch wassergefährdende und chemotoxische Stoffe

Verunreinigungen mit wassergefährdenden oder chemotoxischen Stoffen können sich unmittelbar auf das Schutzgut Wasser und mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, auswirken. Sie können die biologische oder chemische Gewässergüte des betroffenen Oberflächengewässers und Grundwassers beeinflussen. Der Mensch ist davon mittelbar betroffen, da sich Veränderungen der chemischen oder biologischen Gewässergüte auf die Nutzbarkeit des Wassers beispielsweise als Trinkwasser, Beregnungswasser oder Badewasser auswirken. Veränderungen der Gewässergüte wie beispielsweise durch sauerstoffzehrende Prozesse im Wasser, veränderte Salzkonzentrationen oder toxische Stoffe können sich zudem auf den Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren auswirken. Die Lebensraumfunktion des Gewässers kann zudem für empfindliche Tier- oder Pflanzenarten beeinträchtigt oder zerstört werden.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch wassergefährdende oder chemotoxische Stoffe

Nach § 48 Abs. 2 WHG (WHG) dürfen Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Diese Anforderung wird durch das Geringfügigkeitsschwellenkonzept der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser konkretisiert (LAWA 2016). Das Geringfügigkeitsschwellenkonzept basiert auf der Beurteilung der human- und ökotoxikologischen Eigenschaften von konventionellen Stoffen und legt Höchstwerte für Konzentrationen im Grundwasser fest, bei deren Einhaltung eine anthropogene Beeinflussung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Die Entsorgung von wassergefährdenden Stoffen unterliegt den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) und seinen einschlägigen Verordnungen.

In kerntechnischen Anlagen können wassergefährdende Stoffe (z. B. Öle, Reinigungsflüssigkeiten) bei ihrem Einsatz als Betriebsmittel radioaktiv verunreinigt werden. Die Sammlung, Konditionierung

und Verpackung dieser wassergefährdenden Stoffe erfolgt als schwach radioaktiver Abfall unter Einhaltung der Anforderungen des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung. Die anfallenden Mengen an radioaktiven Abfällen durch den Einsatz von wassergefährdenden Stoffen als Betriebsmittel und Reinigungsflüssigkeiten ist in Anlagen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Abfällen umgegangen wird, z. B. Zwischenlager oder Endlager, gering und im Hinblick auf die Bewertung von Risiken Gegenstand des Zulassungsverfahrens der jeweiligen Anlage oder Einrichtung.

Der Besorgnisgrundsatz und damit das grundlegende Anforderungsniveau, das Anlagen einhalten müssen, finden sich in § 62 und § 63 des WHG. Die konkrete technische Ausgestaltung einer Anlage und die Pflichten eines Betreibers einschließlich erforderlicher Anzeige- und Eignungsfeststellungsverfahren sind in der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) festgelegt. Die Anforderungen an den Schutz von Grundwasser und Boden beim Einbau von Stoffen sind im Chemikalienrecht und im Baurecht geregelt.

Der Schutz von Oberflächengewässern und des Grundwassers vor chemotoxischen Stoffen ist in (WHG) sowie in den jeweiligen Landeswassergesetzen geregelt. Nach § 1 WHG sind Gewässer grundsätzlich als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.

Der Austritt von wassergefährdenden oder chemotoxischen Stoffen aus einem verschlossenen Endlager über einen Wasserpfad kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Im Zuge der Langzeitsicherheitsuntersuchungen innerhalb des Standortauswahlverfahrens muss auch dieser Aspekt berücksichtigt werden.

Abschließende Bewertung

Bei Umsetzung der genannten Vorgaben zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind potenzielle erhebliche Umweltauswirkungen auszuschließen. Auf dem hohen Abstraktionsgrad der Planungen im NaPro und der SUP des NaPro ist der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nicht als Ursache potenziell relevanter Umweltauswirkungen zu betrachten.

Generische Untersuchungen zum Inventar eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle zeigen, dass für chemotoxische Stoffe der Nachweis der Unterschreitung der Geringfügigkeitsschwellen erbracht werden kann (Alt et al. 2009). Maßgeblich ist jedoch der noch ausstehende Langzeitsicherheitsnachweis des im NaPro geplanten Endlagers für radioaktive Abfälle. Insofern können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch chemotoxische Stoffe, die in der Nachverschlussphase eines Endlagers über den Wasserpfad aus dem Endlager austreten, nicht ausgeschlossen werden. Anhand des gegenwärtigen Planungsstands des NaPro lassen sich keine validen Prognosen für eine Nachverschlussphase der Endlager treffen. Deshalb wird der Wirkfaktor „chemotoxische Stoffe“ im Folgenden nicht weiter betrachtet. Mögliche Auswirkungen sind bei zunehmender Konkretisierung der Pläne in einer nachfolgenden SUP oder spätestens im Zuge der Genehmigungsverfahren für die Nachverschlussphase eines Endlagers zu prüfen und anhand von geeigneten Maßnahmen zu vermeiden oder zu minimieren.

2.2.14 Konventionelle Abfälle

Bei allen Projekten des NaPro fallen konventionelle Abfälle an, die dem Regime des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) unterliegen. Es kann davon ausgegangen werden, dass folgende Abfallarten anfallen:

- gewerbliche Siedlungsabfälle bei allen Projekten,
- Bodenaushub bei der Errichtung von Gebäuden (Zwischenlager, Eingangslager, Sozialgebäude, sonstige Gebäude, z. B. für die Konditionierung) und der Verlegung von Versorgungsleitungen,
- Bau- und Abbruchabfälle (Baustellenmischabfälle, Bauschutt) bei Errichtung und Rückbau von Gebäuden,
- getrennt gehaltene Fraktionen, wie Holz, Eisen und Stahl, Kunststoffe, Glas, Kabel, Papier und Pappe, bei allen Projekten,
- gefährliche Abfälle, wie Farb- und Lackabfälle, Klebstoff- und Dichtungsmassen, Hydrauliköle, insbesondere bei den Projekten im Rahmen der Standortauswahl und Endlagerung, Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sowie Entsorgung rückgeholter Abfälle aus der Schachanlage Asse II,
- Abraum bei Errichtung und Betrieb von Erkundungsbergwerken, beim Bau des Endlagers und beim Betrieb des Endlagers, wenn er nicht unter Tage zur Verfüllung wieder eingesetzt wird.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch konventionelle Abfälle

Über unsachgemäß entsorgten konventionellen Abfall können Schadstoffe in die Natur gelangen, die sich negativ auf die Schutzgüter Boden und Wasser, sowie mittelbar auf Tiere, Pflanzen und Menschen, insbesondere auf die menschliche Gesundheit, auswirken können.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch konventionelle Abfälle

Bei Erfassung, Lagerung am Entstehungsort und Entsorgung konventioneller Abfälle sind die Vorschriften der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV), insbesondere hinsichtlich Getrennthaltung, ebenfalls zu beachten. Werden die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft (Abschnitt 2 KrWG) und der Abfallbeseitigung (Abschnitt 3 KrWG) sowie die Vorschriften hinsichtlich Getrennthaltung und Lagerung am Ort der Entstehung sowie der Rangfolge bei der Entsorgung (Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung, Beseitigung) beachtet, ist nicht zu erwarten, dass von den anfallenden konventionellen Abfällen relevante Umweltauswirkungen ausgehen, selbst wenn der Bodenaushub aufgrund von Vorbelastungen konventionelle Schadstoffe enthalten sollte oder der Abraum belastet sein sollte. Dieses Abfallaufkommen ist von den Ländern bei ihrer Abfallwirtschaftsplanung nach §§ 30 ff KrWG mit zu berücksichtigen.

Abschließende Bewertung

Unsachgemäß entsorgter konventioneller Abfall kann aufgrund des Rechtsrahmens nahezu ausgeschlossen werden. Entsprechend sind keine relevanten Umweltauswirkungen durch diesen Wirkfaktor zu erwarten. Für den übergreifenden Charakter dieser SUP spielen konventionelle Abfälle deswegen keine Rolle und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

2.2.15 Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen

Die Ableitung von Regenwasser, das sich auf Verkehrs- und Dachflächen ansammelt, erfolgt entweder über eine Regenwasserkanalisation, ggf. mit vorheriger Klärung, in den Vorfluter oder über eine Versickerungsanlage für Regenwasser auf dem Anlagengelände. Während des bestimmungsgemäßen Betriebes von kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, z. B.

Konditionierungsanlagen, kommt es zu radioaktiven Ableitungen über den Luftpfad. Genehmigte Ableitungen erfolgen über einen Kamin in großer Höhe, sodass Kontaminationen von Regenwasser am Ort der Anlage oder Einrichtung ausgeschlossen werden können.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen

Das bei Projekten des NaPro anfallende Regenwasser unterscheidet sich im Hinblick auf konventionelle Verunreinigungen (z. B. Staub, Stickoxide, Schwefel) nicht von Regenwasser, das in Städten und Industriegebieten anfällt. Diese potenziellen konventionellen Verunreinigungen können unmittelbare Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Boden sowie mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, haben.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Regenwasser

Der Umgang mit Niederschlagswasser ist im WHG geregelt.

Abschließende Bewertung

Kontaminationen des Regenwassers durch die radioaktiven Ableitungen über den Luftpfad sind aus bautechnischen Gründen nahezu ausgeschlossen. Auch durch konventionelle Verunreinigungen wie Staub, Stickoxide oder Schwefel sind keine relevanten Umweltauswirkungen zu erwarten. Durch abgeleitetes Regenwasser von Verkehrs- und Dachflächen sind deshalb keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen zu erwarten. Für diese SUP ist dieser Wirkfaktor demnach unbedeutend und wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

2.2.16 Konventionelles Abwasser aus Sanitärabwasser

Bei allen Projekten des NaPro fällt vor Ort konventionelles Sanitärabwasser an. Bei vorübergehenden Baumaßnahmen und Projekten wie etwa der übertägigen Erkundung eines Endlagerstandortes würde Sanitärabwasser in mobilen Sanitäreinrichtungen gesammelt und dann in Kläranlagen entsorgt werden. In Anlagen (z. B. Zwischenlager, Konditionierungsanlagen, Erkundungsbergwerk, Endlager) ist immer von einem Anschluss des sanitären Leitungssystems der Anlage an eine anlageninterne Kläranlage oder an eine öffentliche Kläranlage auszugehen.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Sanitärabwasser

Das bei Projekten des NaPro anfallende Sanitärabwasser unterscheidet sich im Hinblick auf konventionelle Verunreinigungen nicht von Sanitärwasser, das in Städten und Industriegebieten anfällt. Diese potenziellen Verunreinigungen können unmittelbare Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Boden sowie mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, haben.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Sanitärabwasser

Für Sanitärabwasser gilt derselbe Rechtsrahmen wie für Abwasser. Nach § 55 WHG ist Abwasser so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer erfordert generell eine behördliche Gestattung in Form der sog. wasserrechtlichen Erlaubnis nach § 10 WHG. Dies stellt sicher, dass die Schadstofffracht des

Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung des jeweils in Betracht kommenden Verfahrens nach dem Stand der Technik möglich ist (§ 57 Abs. 1 WHG).

Abschließende Bewertung

Sanitärabwasser wird über die Kanalisation einer Kläranlage zugeleitet. Die Menge an Sanitärabwasser hängt von der Anzahl der Beschäftigten ab. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zusammensetzung und Entsorgungsmenge des Sanitärabwassers bei Projekten des NaPro nicht von Sanitärabwasser aus konventionellen Industriegebieten unterscheidet. Daher wird davon ausgegangen, dass Sanitärabwasser bei Projekten des NaPro hinsichtlich der SUP des NaPro nicht zu relevanten Umweltauswirkungen führt.

Im Falle des Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen in kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen (z. B. Konditionierungsanlage) erfolgt eine anlageninterne Trennung von Abwässern aus Kontrollbereichen (siehe auch Kapitel 2.2.5) von Sanitärabwasser außerhalb von Kontrollbereichen. Die Emission radioaktiver Stoffe wird so verhindert. Konventionelle Sanitärabwässer sind frei von radioaktiven Stoffen.

Im Rahmen der SUP des NaPro bestehen übergreifend keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch Sanitärabwasser. Für den übergreifenden Charakter dieser SUP spielen Sanitärabwasser deshalb keine Rolle und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

2.2.17 Radonemissionen

Während jeglicher bergbaulicher Tätigkeit (z. B. untertägige Erkundung, Betrieb eines Erkundungsbergwerkes und eines Endlagers, Verschluss eines Endlagers) gehen vom Bergwerk selbst, von der Halde und vom geförderten Grubenwasser Radonemissionen aus. Das radioaktive Radon-222 entsteht aus der Zerfallsreihe des in Spurenanteilen im Gestein vorkommenden Uran-238. In Granit- und Tongestein sind – bei hohen lokalen Schwankungen – höhere Spuren an Uran-238 und seinen Zerfallsprodukten enthalten als in Salzgestein.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Radonemissionen

Erhöhte Radonkonzentrationen erhöhen das Risiko für Lungenkrebs.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Radonemissionen

Arbeitsplätze in untertägigen Bergwerken, Schächten und Höhlen gehören nach Anlage 8 des StrlSchG (StrlSchG) zu Arbeitsfeldern mit erhöhter Radonexposition. Nach §127 StrlSchG müssen an diesen Arbeitsplätzen demnach Messungen der Radon-222 Aktivitätskonzentration in der Luft durchgeführt werden. Minimierungsmöglichkeiten zur Radonbelastung für Beschäftigte bestehen z. B. durch Verwendung geeigneter technischer Verfahren wie leistungsstarker Belüftungen und Arbeiten unter Atemschutz.

Belastungen der Anwohnenden bzw. von unbeteiligten Personen an der Tagesoberfläche können im Grunde ausgeschlossen werden. Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS 2009) zeigten zwar einen Einfluss bergbaulicher Aktivitäten auf die Radonkonzentration der Freiluft in unmittelbarer Nähe zur Quelle (Abwetterschächte von Bergwerken in Gebieten mit hohem Anteil an Uran-238 im Gestein). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich keine unbeteiligten

Personen über einen größeren Zeitraum in unmittelbarer Nähe zu den Abwetterschächten eines Bergwerks oder zur Haldeaufhalten.

Abschließende Bewertung

Da ein Einwirken des Wirkfaktors außerhalb der untertägigen Arbeitsplätze eher unwahrscheinlich und entsprechend nicht mit relevanten Auswirkungen zu rechnen ist, werden Radonemissionen im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

2.2.18 Medieneintrag und Blow Out

Im Zuge von Erkundungsbohrungen kann während des Bohrbetriebes ein Eintrag von Medien in den Boden oder das Grundwasser erfolgen. Während der Erkundungstätigkeiten bestehen durch den Bohrbetrieb Risiken eines **Medieneintrags** oder eines **Blow Out**. Bei Tiefbohrungen werden für unterschiedliche Zwecke (Austrag des Bohrkleins, Kühlung, Schmierung) Bohrspülungen eingesetzt, die als Medien in das Grundwasser eingetragen werden können. Bohrspülungen bestehen überwiegend aus Wasser mit verschiedenen Zusätzen (Tonmineralien, Salz, Öle, Polymere, Tenside). Beim Einsatz von Bohrspülungen kann es insbesondere bei zu geringem Druck der Bohrspülung zur Anreicherung von Gasen und Fluiden aus dem Untergrund mit anschließender Expansion (Blow Out) kommen (Bundesverband Geothermie 2023a)

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Medieneintrag und Blow Out

In Abhängigkeit von den Eigenschaften des eingetragenen Stoffes und seiner Menge können diese Verunreinigungen unmittelbare Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Boden sowie mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, haben.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Medieneintrag und Blow Out

Für den Einsatz von Bohrspülungen und die dabei zugesetzten chemischen Stoffe sind Anforderungen im Regelwerk des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. festgelegt. Einschlägige Regeln zum Schutz des Grundwassers vor dem Eintrag von Bohrspülungen finden sich in den DVGW Merkblättern 115 und 116 (DWGW 2008), (DWGW 2019). Darüber hinaus wird der Eintrag von Bohrspülungen in das Grundwasser durch Verrohrungen der Bohrung vermieden. Zum Schutz des Bodens und Grundwassers durch auf dem Bohrplatz gehandhabte Bohrspülung und andere Fluide, werden Bohrplätze in Deutschland versiegelt (Deutsche Erdwärme 2021)

Als technische Maßnahme zur Vermeidung von unkontrollierten Druckentlastungen werden bei Tiefbohrungen Blow-Out-Preventer eingesetzt. Blow-Out-Preventer ermöglichen durch Ventile das gezielte und kontrollierte Entlasten von unter Druck stehenden Tiefbohrungen in Tanks (Bundesverband Geothermie 2020).

Durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) wird der Schutz des Grundwassers geregelt. In § 48 des WHG ist festgelegt, dass Maßnahmen wie beispielsweise das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser einer wasserrechtlichen Erlaubnis bedürfen. Diese wird nur dann erteilt, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Ergänzend dazu werden bei Bohrungen die Anforderungen der Verordnungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

(AwSV) und der Tiefbohrverordnungen des jeweiligen Bundeslandes, in dem eine Bohrung durchgeführt wird, durch die zuständigen Behörden geprüft.

Abschließende Bewertung

Daher kann im Rahmen des in dieser SUP vorzunehmenden Untersuchungstiefgangs davon ausgegangen werden, dass Risiken wie etwa eines schädlichen Eintrags von Bohrspülung in das Grundwasser, eines Blow-Outs und eines hydraulischen Kurzschlusses und damit verbundene relevante Umweltauswirkungen nicht zu besorgen sind. Für den übergreifenden Charakter dieser SUP spielen Medieneintrag und Blow Out deswegen keine Rolle und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

2.2.19 Radioaktive Betriebsabfälle

Beim Betrieb und beim Rückbau kerntechnischer Anlagen fallen feste und flüssige radioaktive Betriebsabfälle an. Dabei handelt es sich um Wischtücher, Putzlappen, Schutzkleidung, Filtereinsätze der Lüftungs- und Abgasanlagen, Teile der Komponentenverschrottung und zementierte flüssige Abfälle.

Diese müssen gesammelt, konditioniert, gepuffert und eingelagert sowie innerbetrieblich transportiert werden. Flüssige radioaktive Betriebsabfälle können in einer innerbetrieblichen Konditionierungsanlage verfestigt werden oder direkt an einen Fachbetrieb abgegeben und dort bis zu ihrer Endlagerung zwischengelagert werden. Die Menge an zunächst als radioaktiv einzustufendem Abwasser wurde beispielsweise für das Schweizer Endlager für hochaktive Abfälle (HAA) auf max. 100 m³ während der gesamten Betriebszeit geschätzt (NAGRA 2013). Hier werden die Abwässer nach Ausmessung entweder freigegeben oder bei Bedarf gereinigt (z. B. mit Zentrifuge oder Verdampfer) und nach einer Entscheidungsmessung als radioaktiver Betriebsabfall entsorgt. Feste betriebliche Abfälle werden entsprechend verpackt und an einen Fachbetrieb abgegeben und dort bis zu ihrer Endlagerung zwischengelagert.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch radioaktive Betriebsabfälle

Potenziell können radioaktive Betriebsabfälle, die in die Umwelt gelangen, Auswirkungen auf die Schutzgüter Mensch, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sowie auf Wasser, Boden und Landschaft haben.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch radioaktive Betriebsabfälle

Für alle radioaktiven Betriebsabfälle ist eine Nachweisführung sowie eine Produktkontrolle durchzuführen. Die Abfälle sind anschließend der Endlagerung zuzuführen. Bewertungsmaßstab für die Handhabung und den Umgang mit radioaktiven Abfällen sind die Bestimmungen der StrlSchV.

Abschließende Bewertung

Die potenziellen Umweltauswirkungen durch radioaktive Betriebsabfälle entsprechen den Umweltauswirkungen dieser Art bei mittelgroßen Forschungslaboren und sind im Verhältnis zur Gesamtmenge der im NaPro betrachteten Menge an radioaktiven Abfällen marginal. Entsprechend sind keine relevanten Umweltauswirkungen durch radioaktive Betriebsabfälle zu erwarten. Für den

übergreifenden Charakter dieser SUP spielen radioaktive Betriebsabfälle deswegen keine Rolle und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

3 Merkmale der Umwelt, derzeitiger Umweltzustand und Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro

Die für den Untersuchungsraum (siehe Kapitel 1.3.1) relevanten Merkmale der Umwelt und der derzeitige Umweltzustand (§ 40(2) UVPG) ebenso wie bedeutsame Umweltprobleme, die sich auf ökologisch empfindliche Gebiete im Untersuchungsraum beziehen können, bilden die Basis für die nachfolgende Bewertung der Auswirkungen des NaPro und sind in Kapitel 3.1 beschrieben. Inwieweit der derzeitige Umweltzustand bereits vorbelastet ist, zeigt Kapitel 3.2. Inwieweit Alternativen im Zusammenhang mit den Planungen des NaPro möglich sind und betrachtet werden sollen, wird in Kapitel 3.3 diskutiert. In Kapitel 3.4 ist die Entwicklung des Umweltzustandes dargestellt, die sich ergibt, wenn das NaPro nicht durchgeführt wird.

3.1 Derzeitiger Umweltzustand im Gesamttraum

Als Grundlage für die Beschreibung der voraussichtlichen Umweltauswirkungen des NaPro wird hier der derzeitige Umweltzustand im Gesamttraum beschrieben. Dafür werden die inhaltlichen und räumlichen Merkmale der Umwelt beschrieben, auf die sich das NaPro und seine Veränderungen des Umweltzustands auswirken können und die schützenswert sind.

Aufgrund der Größe des Untersuchungsraums (siehe Kapitel 1.3.1) kann die konkrete Beschreibung hier nur exemplarisch erfolgen. Für einen vollständigen Überblick über den Umweltzustand des gesamten Bundesgebietes wird auf die Erkenntnisse des Umweltzustandsbericht des Bundes 2023 (BMUV 2023b) verwiesen. Dieser gibt einen „Überblick über die aktuellen Initiativen und Maßnahmen der Bundesregierung zum Schutz von Umwelt, Natur und Mensch. Schwerpunkte liegen bei dem Umbau von Strom- und Wärmeversorgung, der verstärkten Einbindung und langfristigen Speicherung von Treibhausgasen in Ökosystemen, der Anpassung an die Folgen des Klimawandels insbesondere beim Wassermanagement, der Verbesserung der Resilienz von Ökosystemen und Maßnahmen zum unmittelbaren Schutz der menschlichen Gesundheit; dem Schutz der Biodiversität insbesondere in den Bereichen Landwirtschaft und Meeresschutz; und der Stärkung von Abfallvermeidung, Ressourcenschutz und Kreislaufwirtschaft.“ (BMUV 2023b)

Im Folgenden sind die besonders schutzwürdigen Gebieten in Deutschland, darunter die FFH-Gebiete (Abbildung 3-1), die Europäischen Vogelschutzgebieten (Abbildung 3-2) und weitere Schutzgebiete (Abbildung 3-3) anhand jeweils aktuell gültiger Karten im Überblick dargestellt. Gemäß Bundesamt für Naturschutz (BfN)⁸ nehmen die im Rahmen der FFH- und Vogelschutzrichtlinie geschützten Gebiete 15,5 % der terrestrischen Fläche in Deutschland ein. Dies verdeutlicht, dass mit Schutzgebieten in der Umgebung der Maßnahmen und Projekte des NaPro grundsätzlich gerechnet werden muss.

⁸ Siehe <https://www.bfn.de/natura-2000-gebiete>, zuletzt abgerufen am 23.01.2025

Abbildung 3-1: FFH-Gebiete in Deutschland (Stand 2019)



Quelle: (BfN 2019)

Abbildung 3-2: Europäische Vogelschutzgebiete in Deutschland (Stand 2019)



Quelle: (BfN 2019)

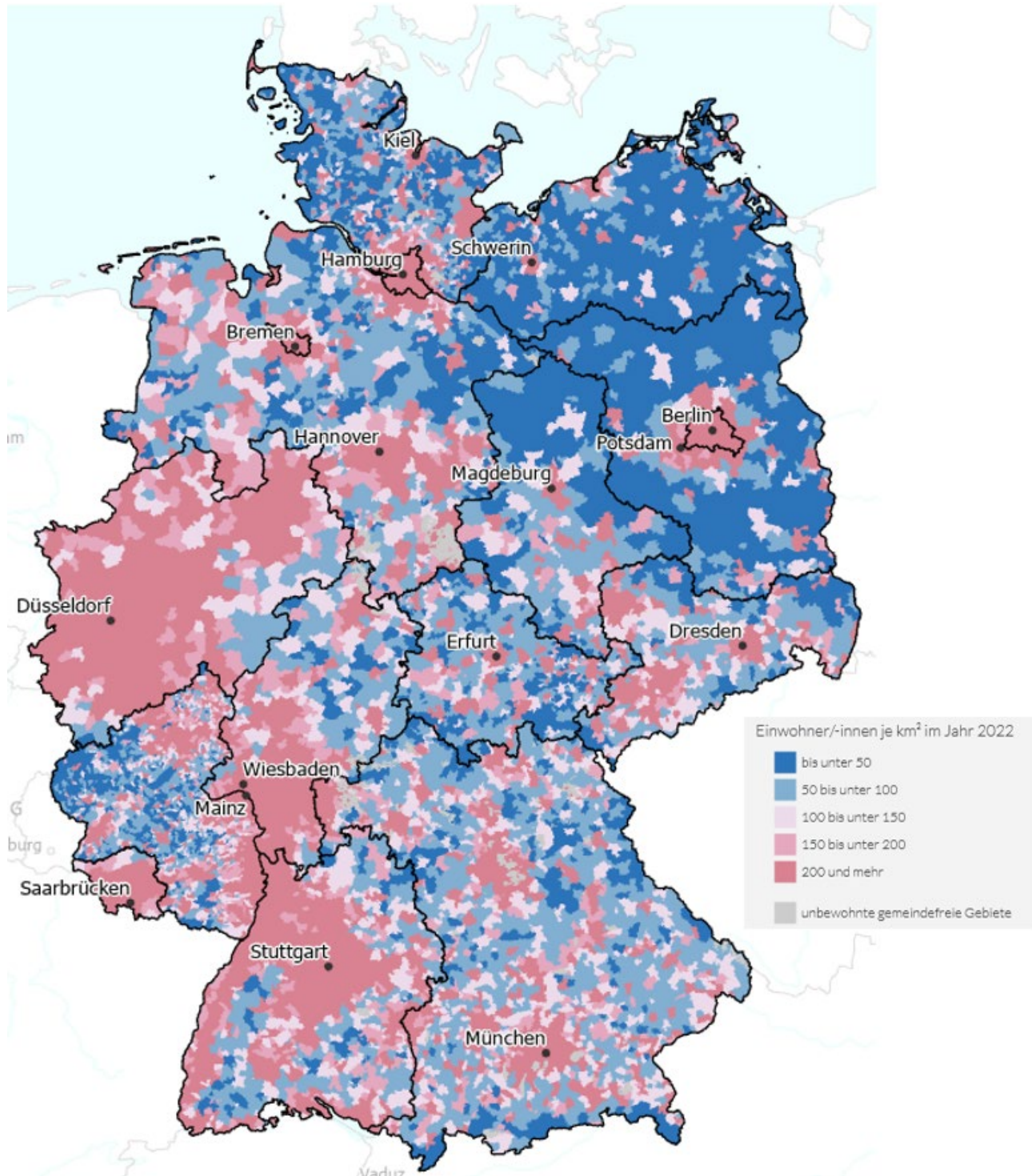
Weitere Schutzgebiete sind darüber hinaus Naturschutzgebiete, Nationalparke, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete, gesetzlich geschützte Biotope (Abbildung 3-3), sowie Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete und Überschwemmungsgebiete.

Abbildung 3-3: Schutzgebiete in Deutschland (Stand 2024)

Quelle: (con terra GmbH, Muenster, Germany 2024)

Zusätzlich im Gesamttraum vorhanden sind Gebiete mit hoher Bevölkerungsdichte (siehe Abbildung 3-4), Denkmale, Denkmalensembles, Bodendenkmale und archäologisch bedeutsame Landschaften.

Abbildung 3-4: Bevölkerungsdichte in Deutschland (Stand 2022)



Quelle: (BMWSB 2022)

3.2 Vorbelastungen im Gesamttraum

Der derzeitige Umweltzustand Deutschlands beinhaltet Vorbelastungen, die damit auch für den Umweltzustand im Gesamttraum des NaPro zu berücksichtigen sind. Umweltauswirkungen, die durch die Umsetzung der Maßnahmen des NaPro ggf. entstehen, können im Zusammenspiel mit diesen Vorbelastungen verstärkt werden, sodass das Erreichen der Umweltziele erschwert wird.

Generell werden Umweltbelastungen verschiedenster Art in Deutschland erfasst. Beispielsweise erfasst das Umweltbundesamt (UBA) gemäß KSG Treibhausgas-Emissionsdaten und Luftschadstoffe und kartiert gemäß BImSchG Lärm. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) erfasst und kartographiert Geodaten, das Statistische Bundesamt (DESTATIS) stellt Statistiken zu Bevölkerungsentwicklungen, Umwelt und Nachhaltigkeitsindikatoren sowie zu Bauen, Energie, Transport und Verkehr zusammen. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) prüft die Zuverlässigkeit und Qualität der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen durch die Betreiber kerntechnischer Anlagen. Darüber hinaus sind als Teil der amtlichen Überwachung von Umweltradioaktivität nach StrlSchG und StrlSchV Leitstellen eingerichtet, die für die Überwachung von Umweltbereichen wie Luft, Gewässer, Lebensmittel sowie für die Überwachung kerntechnischer Anlagen gemäß REI verantwortlich sind. Zusätzlich werden in Landesbehörden und Fachämtern Umweltdaten erfasst und überwacht.

Für die konkrete Bewertung der Umweltauswirkungen einer Maßnahme oder eines Projekts des NaPro ist jeweils diejenige Vorbelastung relevant, die zum Zeitpunkt der Umsetzung dieser Maßnahme oder dieses Projekts für den jeweiligen Untersuchungsraum vorliegt. Solange die Umsetzung der Maßnahmen und Projekte des NaPro noch weit in der Zukunft liegen oder der Untersuchungsraum noch zu unspezifisch ist, lassen sich die Vorbelastungen nicht realistisch bestimmen. Eine Prognose über die Vorbelastungen ist dementsprechend erst in späteren SUPs oder in projektabhängigen Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) möglich.

Auf Basis konkreter Standorte einschließlich der betroffenen Umweltbestandteile im Untersuchungsraum sowie einer absehbareren zeitlichen Einordnung der Projekte können jeweils relevante Vorbelastungen vorausgesehen und entsprechend in einer späteren SUP oder einer UVP berücksichtigt werden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist eine Konkretisierung der Vorbelastungen nicht zweckdienlich. Stattdessen werden die Veränderungen durch die geplanten Maßnahmen und Projekte des NaPro einer voraussichtlichen Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro (Kapitel 3.4) gegenübergestellt und die Umweltauswirkungen, die unabhängig von jeweils vorliegenden Vorbelastungen durch die Veränderungen resultieren, in Kapitel 5 bewertet.

3.3 Alternativenprüfung

Die Betrachtung von Alternativen ist ein zentrales Element in einem planerischen Entscheidungsprozess. Durch die Analyse und Prüfung von Alternativen in der SUP und einem daran anschließenden Vergleich kann diejenige Lösungsmöglichkeit planerisch festgelegt werden, die mit möglichst geringen Umweltauswirkungen einhergeht. Dafür werden zunächst Alternativen definiert, die in die Prüfung einbezogen werden sollen.

Exkurs: Unterschied zwischen Alternativen, Varianten und Szenarien

UBA (2020) definiert den Begriff „Alternative“ auf S. 16 wie folgt: „Ganz generell bezeichnet der Terminus ‚Alternative‘ eine von mehreren Möglichkeiten. Im Zusammenhang mit Umweltprüfungen geht es dabei um unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten, mit denen das mit der Planung grundsätzlich verfolgte Ziel erreicht werden soll.“

Der Begriff „Variante“ wird im Vergleich zum Begriff „Alternative“ häufig dann verwendet, „wenn sich die betrachteten Lösungsmöglichkeiten in den einzelnen Merkmalen nur sehr wenig unterscheiden.“ Entsprechend ist die „Variante“ eine Lösungsmöglichkeit, die eher der konkreten Planung entspringt und detaillierter ausgearbeitet ist.

Szenarien wiederum „beschreiben unterschiedliche plausible Ausprägungen einer möglichen Entwicklung. Sie werden häufig bei der Erstellung von Plänen und Programmen entworfen, legen aber keine Maßnahmen fest, die ergriffen werden könnten oder sollten. Szenarien beschreiben damit ganz allgemein zukünftige Seinszustände, während Alternativen, im Sinne von Planungsalternativen, unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten beschreiben. Szenarien beschreiben mithin ‚nur‘ die faktischen Grundlagen der Planung und sind keine Planungs- oder Projektalternativen im Sinn der SUP- und der UVP-Richtlinie.“

Bei der Alternativenprüfung gemäß § 40 Abs. 1 Satz 2 UVPG sind die voraussichtlich erheblichen Umweltauswirkungen der Durchführung vernünftiger Alternativen zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten. Diese Prüfung soll maßgeblich dazu beitragen, negative Umweltauswirkungen von vornherein zu vermeiden oder zu minimieren.

Im Folgenden werden mögliche Alternativen für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und für die Endlagerung dieser Abfälle diskutiert.

3.3.1 Diskussion möglicher Alternativen zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen

Die Zwischenlagerung stellt einen Zwischenschritt in der Entsorgung dar. Im Vergleich zur derzeitigen Vorgehensweise könnten die Abfälle auch in anderen Behältern, in anderen Lagerformen (z. B. Nasslagerung) oder an anderen Orten zwischengelagert werden; dabei handelt es sich aber eher um Varianten der Zwischenlagerung als um Alternativen. Bei einer Zwischenlagerung in anderen Behältern, in anderen Lagerformen oder an anderen Orten wäre zu erwarten, dass zusätzliche Transporte der radioaktiven Abfälle durchgeführt und neue kerntechnische Anlagen errichtet werden müssten. Zudem ist der Rückbau sowohl der bisher genutzten als auch der neu errichteten Anlagen erforderlich. Alle diese Maßnahmen führen zu weiteren Umweltauswirkungen. „Vernünftige Alternativen“ im Sinne des UVPG stellen diese Varianten der Zwischenlagerung demnach nicht dar. Sie werden im Umweltbericht daher nicht betrachtet.

3.3.2 Diskussion möglicher Alternativen zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen

Für die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen wurden im Abschlussbericht der Endlagerkommission (Endlagerkommission 2016) verschiedene Alternativen betrachtet und hinsichtlich ihres Potentials als Entsorgungsmöglichkeit bewertet. Während Entsorgungsoptionen wie „Unter-die-Erdoberfläche-Bringen“, Verdünnen z. B. in den Weltmeeren oder „Vom-Planet-Entfernen“ von der Kommission als nicht weiter zu verfolgend eingestuft wurden (Endlagerkommission 2016), sollten die Optionen Langzeitlagerung, Transmutation und

Endlagerung in tiefen Bohrlöchern (Bezeichnung im weiteren Bericht als „Tiefe Bohrlöcher“) hinsichtlich ihrer Entwicklung beobachtet werden. Als Alternative wird im Abschlussbericht die Langzeitlagerung von der Kommission begründet abgelehnt und auch für die Transmutation werden keine Vorteile gegenüber der Endlagerung gesehen (Endlagerkommission 2016). Bezüglich der Tiefen Bohrlöcher sieht die Kommission die Technologie als nicht ausgereift an, auch die Aussichten auf die Machbarkeit seien unklar. Die Endlagerkommission empfahl, die Entwicklungen in diesen Bereichen regelmäßig zu prüfen und mit der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen zu vergleichen.

Im Forschungsvorhaben des BASE „Verfolgung und Aufbereitung des Standes von Wissenschaft und Technik bei alternativen Entsorgungsoptionen für hochradioaktive Abfälle (altEr)“ aus dem Jahr 2023 erfolgte diese Überprüfung für die Langzeitlagerung, die Transmutation und Tiefe Bohrlöcher bezüglich einer möglichen Alternative für die Endlagerung. Demnach sind die Langzeitlagerung und die Transmutation nach wie vor keine Entsorgungsoptionen, die eine Endlagerung in tiefen geologischen Schichten ersetzen könnten (Öko-Institut e.V. 2023). Bezüglich der Technologie der Tiefen Bohrlöcher könnte es Potential als Entsorgungsalternative geben, aber nach wie vor besteht erheblicher Entwicklungsbedarf (Öko-Institut e.V. 2023), die Technologie steht für die radioaktiven Abfälle in absehbarer Zeit nicht zur Verfügung. Andere alternativen Entsorgungsoptionen wie die tiefengeologische Injektion von flüssigen Abfällen, sich in das Gestein des tiefen Untergrundes einschmelzende Abfallformen, die Lagerung im Ozeanboden oder in Subduktionszonen, die Verbringung in den Weltraum oder in Eisschilde oder die Verdünnung in der Atmosphäre und den Ozeanen werden international derzeit nicht aktiv verfolgt (Öko-Institut e.V. 2023). Nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik stellen Langzeitlagerung, Transmutation, Tiefe Bohrlöcher und andere alternativen Entsorgungsoptionen somit keine vernünftige Alternative dar.

Die Ausgestaltung der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie z. B. der Wirtsgesteinskonfiguration oder dem Endlagersystem. Umweltauswirkungen haben insbesondere übertragige Anlagen, die ebenfalls unterschiedlich ausgestaltet sein können, wie z. B. die Anzahl oder der Ort für Konditionierungsanlage(n), das Eingangslager und weitere prozessrelevante Lagerbereiche. Je nach Ausgestaltung variiert zudem die Anzahl der Transporte von Material und/oder radioaktiven Abfällen. Bei den verschiedenen Ausgestaltungen handelt es sich um Varianten der Endlagerung; es sind keine Alternativen zur Endlagerung.

3.3.3 Zu betrachtende vernünftige Alternativen

Die Diskussionen in Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 zeigen, dass es durchaus Varianten der geplanten Maßnahmen und Projekte des NaPro geben kann, nicht aber „vernünftige“ Alternativen. Alle diskutierten Alternativen ziehen entweder deutlich mehr Umweltauswirkungen nach sich als die korrespondierende Maßnahme im NaPro oder sie werden nach heutigem Stand der Technik als nicht zielführend oder technisch unausgereift angesehen.

Im Umweltbericht werden daher keine grundsätzlichen vernünftigen Alternativen für die Zwischenlagerung und für die Endlagerung der Abfälle betrachtet.

3.4 Voraussichtliche Entwicklung des Gesamtraums bei Nichtdurchführung des NaPro

Im Rahmen der Alternativenprüfung stellt die Betrachtung der „voraussichtlichen Entwicklung bei Nichtdurchführung“ des NaPro (§ 40 Abs. 2 UVPG) einen Sonderfall dar. Dieser Prognose-Nullfall⁹ tritt dann ein, wenn die Maßnahmen des NaPro nicht umgesetzt werden. Er stellt keine vernünftige Planungsalternative für den NaPro dar, da gemäß § 2d AtG abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle sicher entsorgt werden müssen, wobei im Hinblick auf die langfristige Sicherheit auch die Aspekte der passiven Sicherheit zu berücksichtigen sind. Die Betrachtung des Szenarios ist gleichwohl nach § 40 Absatz 2 UVPG im Umweltbericht darzulegen. Für die Umweltauswirkungen der geplanten Maßnahmen und Planungsalternativen eines Vorhabens bildet die hypothetische Nichtdurchführung den Bezugspunkt für die Bewertung.

Bei einer hypothetischen Nichtdurchführung des NaPro erfolgt die Fortführung des derzeitigen Umgangs mit bereits vorhandenen und durch Restbetrieb und Rückbau der Kernkraftwerke anfallenden radioaktiven Abfällen unter der Annahme, dass das grundsätzliche Ziel des NaPro – die Entsorgung aller Arten von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen – nicht weiter verfolgt werden würde. Es wird angenommen, dass in einem solchen Prognose-Nullfall eine übertägige Aufbewahrung der radioaktiven Abfälle in weitgehend vorhandenen Anlagen erfolgt. Um die im NaPro geplanten Maßnahmen mit ihrem jeweiligen Äquivalent im Prognose-Nullfall in Bezug auf die Umweltauswirkungen vergleichen zu können, werden folgende hypothetischen Alternativen für die Einzelmaßnahmen der Entsorgungspfade des NaPro definiert:

- Hypothetische Alternative zur Endlagerung aller hochradioaktiven Abfälle ist die Langzeitlagerung dieser Abfälle (Kapitel 3.4.1)
- Hypothetische Alternative zur Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und der „Delta-Abfälle“¹⁰ in einem Endlager nach StandAG ist die Langzeitlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an den Standortzwischenlagern (Kapitel 3.4.2)

In § 57b Abs. 2 Satz 1 AtG ist gesetzlich festgelegt, dass die Schachanlage Asse II unverzüglich stillzulegen ist; vor der Stilllegung sollen die eingelagerten Abfälle rückgeholt werden (§ 57b Abs. 2 Satz 3 AtG). Daher wird die zusätzliche hypothetische Variante der Nicht-Rückholung der Gebinde aus der Schachanlage Asse II in diesem Umweltbericht nicht betrachtet. Die rückgeholten Abfälle sollen vor Ort konditioniert und in einem am Standort neu zu errichtenden Zwischenlager bis zur Verbringung an den Endlagerstandort für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufbewahrt werden.

Die Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sowie die Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die für ein weiteres Endlager vorgesehen sind, muss auch im Prognose-Nullfall weitergeführt werden. Entsprechend ergeben sich für die Maßnahmen der Zwischenlagerung keine hypothetischen Alternativen im Prognose-Nullfall, die zu betrachten wären.

⁹ Als „Prognose-Nullfall“ wird die Entwicklung des Gesamtraums bei Nichtdurchführung des NaPro bezeichnet.

¹⁰ Als „Delta-Abfälle“ werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle bezeichnet, die nicht in das Endlager Konrad verbracht werden können (ESK (2023a) und zusätzlich zu den Asse-Abfällen und den möglicherweise anfallenden Abfällen aus der Urananreicherungsanlage in Gronau anfallen.

Mit dem Endlager Konrad steht für einen Teil der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle bereits ein genehmigter Entsorgungspfad zur Verfügung. Daher ist für diesen Entsorgungspfad keine hypothetische Variante im Zuge dieser SUP zu betrachten.

Die hypothetischen Alternativen im Prognose-Nullfall werden auf Basis weitgehend vorhandener Anlagenbeschreibungen kursorisch dargestellt. Sofern Anlagen neu zu errichten wären (z. B. für die Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung), werden Errichtung und Stilllegung ebenfalls einbezogen.

3.4.1 Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle

Hypothetische Alternative zur Endlagerung aller hochradioaktiven Abfälle ist im Prognose-Nullfall eine dauerhafte Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle. Darunter wird eine trockene Lagerung in gasdicht verschlossenen Transport- und Lagerbehältern verstanden. Zur Darstellung der hypothetischen Alternative wird auf die Empfehlung der Entsorgungskommission „Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung Bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern“ (ESK 2023b) zurückgegriffen. Die Leitlinie ist auf befristete Genehmigungen anzuwenden und bezieht dabei zukünftige Genehmigungsverfahren ausdrücklich ein mit der Einschränkung, dass dafür ggf. zusätzliche Nachweise erforderlich sind.

Für eine dauerhaften Langzeitlagerung hochradioaktiver Abfälle im Prognose-Nullfall würden analog (ESK 2023b) langfristig die folgenden Schutzziele gelten:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- sichere Abfuhr der Zerfallswärme,
- sichere Einhaltung der Unterkritikalität und
- Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung.

Daraus abgeleitet ergäben sich an eine hypothetische Alternative folgende Anforderungen, die permanent zu erfüllen wären:

- Aufbewahrung der Abfälle in dichten Behältern und betriebs- und instandhaltungsgerechten Einrichtungen zur Kontrolle und Abschirmung der ionisierenden Strahlung,
- sichere Handhabung, sicherer innerbetrieblicher Transport und sichere Lagerung der radioaktiven Stoffe,
- Vorsorge gegen Störfällen und Vermeidung einer Entwendung und eines gezielten Angriffs von Dritten sowie Maßnahmen zur Reduzierung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen,
- regelmäßige Erneuerung der Behälter, d. h. Umverpacken des Behälterinventars unter Berücksichtigung des Alterungsverhaltens und
- Sicherstellung der personellen, administrativen, technischen und finanziellen Voraussetzungen zur Realisierung einer aktiven sicherheitsgerichteten Aufbewahrung der Abfälle.

Randbedingungen für eine vereinfachte Annahme

Eine dauerhafte Langzeitlagerung, die über einen Zeitraum der Nachverschlussphase eines Endlagers erfolgen würde, würde über 1 Mio. Jahre an ca. 16 Standorten (derzeit 13 standortnahe Zwischenlager an ehemaligen KKW-Standorten und drei zentrale Transportbehälterlager) erfolgen.

Vereinfachend wird eine etwa gleich große, bestehende Flächenversiegelung für jeden dieser 16 Standorte angenommen. In BASE (2024c) heißt es für das Standortzwischenlager Brokdorf: „Das intensiv genutzte Standortgelände des KBR ist weitgehend durch Gebäude und Verkehrsflächen versiegelt. Das SZL Brokdorf liegt auf einem eigenen durch einen Zaun abgeschlossenen Betriebsgelände innerhalb des Betriebsgeländes des KBR. Die zum SZL Brokdorf gehörende umzäunte Fläche beträgt 15.000 m². Die nicht bebauten bzw. befestigten Flächen des Betriebsgeländes des SZL Brokdorf bestehen aus offenen Scherrasenflächen. Diese Bereiche weisen nur eine geringe Lebensraumeignung auf.“ Innerhalb der 15.000 m² liegen neben dem Lagergebäude, auch Betriebsgebäude, Straßeninfrastruktur und Außenanlage, die zu Versiegelungen des Bodens führen. Da auch die Scherrasenflächen nur wenig Lebensraumeignung aufweisen, werden die 15.000 m² als versiegelte Fläche angenommen. Die Transportbehälterlagerhalle des zentralen Zwischenlagers in Ahaus belegt eine Fläche von ca. 7.500 m² (GNS 2015). Dazu kommen weitere versiegelte Flächen durch ein Verwaltungsgebäude, die Werkstatt mit Schlosserei und Elektrotechnik, ein Versorgungsgebäude für Wasser und Heizung sowie eine Garage für Betriebsfahrzeuge mit einem Nebengebäude. Insgesamt liegt die versiegelte Fläche demzufolge ebenfalls etwa bei 15.000 m².

Für die Erneuerung der Behälter und die damit verbundene Umverpackung z. B. in Zeitabständen von 250 Jahren wird davon ausgegangen, dass eine oder mehrere Konditionierungsanlagen („Heiße Zellen“) errichtet würden. Zu diesen würden die Behälter im Bedarfsfall transportiert und nach der Umverpackung zurück in das Zwischenlager transportiert werden. Gründe können die Alterung von Behälterkomponenten und ein damit verbundener Integritätsverlust, die Weiterentwicklung regulatorischer Anforderungen, die technische Weiterentwicklung (z. B. auch fehlende Verfügbarkeit von Komponenten oder Ersatzteilen) oder der Verlust von Wissen und Fertigkeiten sein. Da das Abfallinventar ebenfalls altert (Neles et al. 2025), wird die Umverpackung zunehmend komplexer. Auch die Konditionierungsanlagen unterliegen einer Alterung und sind deshalb ebenfalls regelmäßig zu ertüchtigen und ggf. neu zu bauen einschl. dem Rückbau der alten Anlagen. Es wird zur Vereinfachung der Betrachtung davon ausgegangen, dass die Transportfähigkeit der Behälter zwischen den Konditionierungsintervallen gewährleistet werden kann. Des Weiteren müssten die Zwischenlager regelmäßig erneuert werden. Gemäß (Neles et al. 2025) muss auf Basis der verwendeten Materialien sowie der zum Errichtungszeitraum gültigen Normen angenommen werden, dass eine Gebäudenutzungsdauer von 50 Jahren bemessen wurde. Mit entsprechenden Monitoring- und Ertüchtigungsmaßnahmen kann die Lebensdauer ggf. verlängert werden. Entsprechende Erfahrungen zur Lebensdauer von Zwischenlagern liegen nicht vor. Insofern wird hier angenommen, dass jedes der Zwischenlager mit maximaler Lebensdauer alle 100 Jahre stillgelegt und neu errichtet werden müsste.

Voraussichtliche Entwicklung der Merkmale der Umwelt und des derzeitigen Umweltzustands

Die Merkmale der Umwelt und des derzeitigen Umweltzustands sind in Kapitel 3.1 beschrieben. Der zusätzliche Bau und Betrieb einer oder mehrerer Konditionierungseinrichtung geht mit Umweltauswirkungen einher, die denen beim Bau und Betrieb einer Konditionierungseinrichtung am Endlagerstandort (siehe Kapitel 4.2.5) gleichen. Auch mit den Transporten der Behälter zu der/ den Konditionierungsanlagen und zurück gehen Umweltauswirkungen wie Luftschadstoffen,

Treibhausgase und Lärm sowie Störfallrisiken mit Freisetzung radioaktiver Stoffe einher. Bei einer Langzeitlagerung müssen entsprechende Transporte immer wieder durchgeführt werden.

Die regelmäßige Ertüchtigung und Erneuerung von Konditionierungsanlagen und Zwischenlagern führt zu dauerhafter Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm aus Bau- und Rückbauvorhaben. Weitere dauerhaft zu berücksichtigende Wirkfaktoren sind Direktstrahlung und radioaktive Emissionen sowie potenziellen Freisetzungen radioaktiver Stoffe durch Störfälle. Zusätzlich besteht bei dauerhafter oberirdischer Lagerung radioaktiver Abfälle im Vergleich zu einer untertägigen Lagerung grundsätzlich eine höhere Gefahr durch potenzielle Freisetzungen der radioaktiven Stoffe in Folge von Entwendung, Proliferation oder gezielte Angriffe auf das Lager.

Ein großes Risiko besteht darin, dass Staat und Gesellschaft die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle über den gesamten Betrachtungszeitraum übernehmen müssen. Das setzt stabile Gesellschaftsformen, finanzielle Ressourcen und Verantwortungsbereitschaft voraus, aber auch klimatisch stabile Verhältnisse und den Erhalt des dafür notwendigen Know-hows. Eine Prognose dazu ist nur für einen engen Zeitraum möglich. Geht die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle z. B. aufgrund instabiler gesellschaftlicher Verhältnisse verloren, kann es zu Freisetzungen und damit zu Beeinträchtigungen der Schutzgüter kommen.

3.4.2 Langzeitlagerung der rückgeholten Asse-Abfälle, der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und der „Delta-Abfälle“

Die hypothetische Alternative zur Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle, der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und der „Delta-Abfälle“ ist im Prognose-Nullfall eine dauerhafte Langzeitlagerung dieser Abfälle in Behältern am Ort ihrer derzeitigen Lagerung bzw. für rückgeholte Asse-Abfälle in einem neu zu errichtenden Zwischenlager.

Da es keine Regelungen für die Langzeitlagerung gibt, erfolgt die Beschreibung der hypothetischen Alternative analog zur ESK-Leitlinie für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (ESK 2022), die ausdrücklich die zeitlich befristete Zwischenlagerung regelt. Es würden analog zu (ESK 2022) langfristig folgende Schutzziele gelten:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung,

ggf. für spezielle radioaktive Abfälle auch

- sichere Einhaltung der Unterkritikalität.

Daraus abgeleitet, ergäben sich folgende Anforderungen, die zu erfüllen wären:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung und Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebes,
- sichere Handhabung, sicherer Transport und sichere Lagerung der radioaktiven Stoffe,

- Auslegung gegen Störfälle und
- sofern wegen des Freisetzungspotenzials erforderlich, Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen (ESK 2022).

Randbedingungen für eine vereinfachte Annahme

Für eine vereinfachte Annahme erfolgt eine dauerhafte Langzeitlagerung der Abfälle im zu errichtenden „Asse-Zwischenlager“, an den verschiedenen Lagerstätten an den Kernkraftwerkstandorten, den Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen sowie der Urananreicherungsanlage. Nach GRS (2010) kann nicht vorausgesagt werden, ob der Beton eines Zwischenlagergebäudes nach Zeiträumen im Bereich von 100 Jahren den dann geltenden Sicherheitsanforderungen entspräche. Insofern wird hier angenommen, dass jedes der Zwischenlager alle 100 Jahre stillgelegt (maximale Lebensdauer) und ein neues errichtet werden müsste. Hinsichtlich der Lagerbedingungen wird von einer Langzeitlagerung bei geringer Luftfeuchte, trocken konditionierten Gebinden und hochwertigen Behälterinnenbeschichtungen ausgegangen. Korrosionsbefunde an Fässern mit schwach radioaktiven Abfällen lassen sich auf Dauer nicht restlos ausschließen, wie Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit zeigen (UM BaWü 2024). Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Abfallfässer max. einige Jahrzehnte den Einschluss der Abfälle gewährleisten. Die Abfallfässer werden in aller Regel in Endlagerbehältern wie beispielsweise Konrad-Containern gelagert. Auch hier muss davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer beschränkt ist. Ein Austausch und Umverpacken ist dann erforderlich. Dies erfolgt in Konditionierungsanlagen vergleichbar zu den bereits jetzt an den Lagerstandorten bestehenden Anlagen. Auch diese Anlagen müssten in regelmäßigen Abständen ertüchtigt, neu errichtet bzw. rückgebaut werden. Da nicht jeder Lagerort eine eigene Konditionierungsanlage hat und dies voraussichtlich auch zukünftig nicht anders gehandhabt werden wird, müssten die radioaktiven Abfälle zusätzlich transportiert werden.

Voraussichtliche Entwicklung der Merkmale der Umwelt und des derzeitigen Umweltzustands

Die Merkmale der Umwelt und des derzeitigen Umweltzustands sind in Kapitel 3.1 beschrieben. Die Zwischenlager müssten regelmäßig erneuert werden. Dies führt zu dauerhafter Flächeninanspruchnahme, Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm aus den Bau- und Rückbauvorhaben. Weitere dauerhaft zu berücksichtigende Wirkfaktoren sind Direktstrahlung und radioaktive Emissionen sowie potenzielle Freisetzungen radioaktiver Stoffe durch Störfälle. Auch der zusätzliche Bau und Betrieb mehrerer Konditionierungsanlagen geht mit Umweltauswirkungen einher. Mit den Transporten der Behälter zu den Konditionierungsanlagen gehen ebenfalls Umweltauswirkungen und Störfallrisiken mit Freisetzung radioaktiver Stoffe einher.

Zusätzlich besteht bei dauerhafter übertägiger Lagerung radioaktiver Abfälle im Vergleich zu einer untertägigen Lagerung grundsätzlich eine höhere Gefahr durch potenzielle Freisetzungen der radioaktiven Stoffe in Folge von Entwendung oder gezielte Angriffe auf das Lager.

Ein großes Risiko besteht darin, dass Staat und Gesellschaft die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle über den gesamten Betrachtungszeitraum übernehmen müssen. Das setzt stabile Gesellschaftsformen, finanzielle Ressourcen und Verantwortungsbereitschaft voraus, aber auch klimatisch stabile Verhältnisse. Eine Prognose dazu ist nur für einen engen Zeitraum möglich. Geht die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle z. B. aufgrund instabiler gesellschaftlicher Verhältnisse verloren, kann es zu Freisetzungen und damit zu Beeinträchtigungen der Schutzgüter kommen.

4 Beschreibung der geplanten Maßnahmen des NaPro

Für die Beschreibung der geplanten Maßnahmen des NaPro werden diese (wie bereits in Kapitel 1.3 erläutert) in drei Detaillierungsgraden betrachtet:

- **Maßnahmen:** Als Maßnahmen werden die im NaPro beschriebenen Planungen bezeichnet.
- **Projekte:** Als Projekte werden die wesentlichen Bestandteile einer Maßnahme bezeichnet.
- **Phasen:** Je nach Art des Projekts sind unterschiedliche Realisierungsschritte zu betrachten, die nachfolgend als „Phasen“ bezeichnet werden.

Im Folgenden sind die voraussichtlich notwendigen Phasen der geplanten Projekte jeder einzelnen Maßnahme beschrieben. Daraus lässt sich ableiten, mit welchen Wirkfaktoren in diesem Zusammenhang zu rechnen ist, und abschätzen, inwiefern voraussichtlich erhebliche Umweltauswirkungen (§ 40 (1) UVPG) durch die Wirkfaktoren zu besorgen sind.

Aufgrund des Abstraktionsgrades dieser SUP lässt sich der Erheblichkeit der Umweltauswirkungen nur sehr begrenzt ermitteln. Aus diesem Grund werden konservativ alle potenziell relevanten Umweltauswirkungen ermittelt, beschrieben und bewertet.

Prüfgegenstand sind die Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle sowie die verschiedenen Entsorgungspfade des NaPro (siehe hierzu auch Kapitel 1.3.2). In Kapitel 4.1 wird die Maßnahme „Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung an den Zwischenlagerstandorten“, in Kapitel 4.2 das Standortauswahlverfahren und der Entsorgungspfad für hochradioaktive Abfälle beschrieben, in die einzelnen Projekte und Phasen aufgeteilt, mögliche Wirkfaktoren identifiziert und im Hinblick auf potenzielle Umweltauswirkungen bewertet. Der Entsorgungspfad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, die in das Endlager Konrad überführt werden sollen, ist in Kapitel 4.3 behandelt.

Der Entsorgungspfad der Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können, ist der Übersicht halber in einzelne Maßnahmen aufgeteilt. Die Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle ist in Kapitel 4.4, die Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung in Kapitel 4.5, die Entsorgung der „Delta-Abfälle“ in Kapitel 4.6 und die Endlagerung in einem weiteren Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Kapitel 4.7 behandelt.

4.1 Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Die Maßnahme „Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung“ besteht aus folgenden Projekten: Parallel zur verlängerten Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Kapitel 4.1.1) erfolgt der Rücktransport von von verfestigten Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente (Kapitel 4.1.2). Zusätzlich kommt es zu einer erweiterten Nutzung bestehender Zwischenlager zur Aufbewahrung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren (Kapitel 4.1.3). Nach der vollständigen Entsorgung der radioaktiven Abfälle ist schließlich noch die Stilllegung der Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle (Kapitel 4.1.4) zu betrachten.

4.1.1 Verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die Aufbewahrungsgenehmigungen für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung wurden in der Regel über 40 Jahre erteilt. Die erste Genehmigung wird 2034 auslaufen (BMUV 2024b). Gemäß den Planungen im NaPro soll der Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle bis Mitte des 21. Jahrhunderts festgelegt werden (BMUV 2024e). Da dadurch die Räumung der Zwischenlager voraussichtlich erst in der 2. Hälfte des Jahrhunderts begonnen wird, ergibt sich die Notwendigkeit, die bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung weiter zwischenzulagern. Die notwendigen Neugenehmigungsverfahren für die Zwischenlager werden gemäß den Planungen des NaPro bereits vorbereitet.

Die Aufbewahrung der letzten noch aus der Wiederaufarbeitung in Sellafield (UK) zurückzuführenden Transport- und Lagerbehälter (TLB) in den Zwischenlagern Brokdorf und Isar wurde genehmigt.

Am Standort werden während des verlängerten Betriebs folgende Arbeiten ausgeführt:

- Im Rahmen der Ein- und Auslagerungen sowie bei wiederkehrenden Prüfungen (WKP) erfolgen radiologische Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Die Transport- und Lagerbehälter werden kontinuierlich auf Dichtheit überwacht.
- Wiederkehrende Prüfungen werden auch an der Anlage (Gebäude, Kran, Notstromversorgung etc.) durchgeführt und diese für Wartungen sowie Reparaturen genutzt.

Wirkfaktoren

Die verlängerte Zwischenlagerung führt zu einem Bestehenbleiben aller durch Wirkfaktoren ausgelösten Umweltauswirkungen über einen verlängerten Zeitraum. Nachfolgend werden sie in Vergleich zu den Umweltauswirkungen im aktuell genehmigten Zeitraum gesetzt und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet.

Eine **Flächeninanspruchnahme** und die **Landschaftswirkung** durch die Zwischenlager bleibt weiterhin bestehen. Beschrieben sind sie in den Kapiteln 2.2.1 und 2.2.12. Neue Flächen werden durch die Verlängerung der Zwischenlagerung nicht in Anspruch genommen. Entsprechend erfolgt im Rahmen der SUP keine weitere Betrachtung von Umweltauswirkungen durch diesen Wirkfaktor.

Der Zwischenlagerbetrieb führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung).

Eine verlängerte Zwischenlagerzeit ist wie auch der bisherige Betrieb der Zwischenlager nicht mit der **Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** verbunden, da die Transportbehälter durch das Doppeldeckeldichtsystem luftdicht verschlossen sind (Genehmigungsvoraussetzung). Die Dichtheit wird überwacht, ggf. können Reparaturkonzepte umgesetzt werden. Im Rahmen des Emissions- und Immissionsschutzes wird aus Zwischenlagern austretende Strahlung überwacht. Es erfolgt im Rahmen der SUP des NaPro keine weitere Betrachtung.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad entstehen in aller Regel nicht, da kontaminierte Wässer behandelt werden - beispielsweise durch Verdampfung - und anschließend den **radioaktiven Betriebsabfällen** zugeordnet werden. Diese sind bereits in Kapitel 2.2.19 beschrieben und abschließend bewertet.

Während einer weiteren Zwischenlagerzeit entsteht wie bisher **Wärmeeintrag** in den Untergrund, der zur Erwärmung des Grundwassers führt. Eine darüberhinausgehende Erwärmung des Grundwassers ist nicht zu erwarten, da sich an den Verhältnisse innerhalb des Zwischenlagers wenig ändert, sondern die pro Behälter zu berücksichtigende Wärmeleistung auf Grund des Abklingverhaltens des radioaktiven Inventars im Laufe der Jahrzehnte eher geringer wird. Die Umweltauswirkungen durch einen möglichen Wärmeeintrag in den Boden werden in Kapitel 2.2.8 abschließend beschrieben und bewertet. Eine projektspezifische Betrachtung erfolgt hier nicht.

Das Gelände der Zwischenlager sowie der Sicherungszaun und die Gebäude werden beleuchtet. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Der verlängerte Zwischenlagerbetrieb beinhaltet – wie auch der derzeitige Betrieb der Zwischenlager – das Risiko von Störfällen. Das Auftreten **störfallbedingter Freisetzung radiologischer Stoffe** soll durch die mittels Zulassung geprüften Behälter unterbunden bzw. minimiert werden. Inwieweit und wann sich das Risiko von Störfällen und damit verbundene Freisetzungen beispielsweise alterungsbedingt deutlich vergrößert, ist im Rahmen der SUP nicht abschätzbar.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Prinzipiell geht von Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle Direktstrahlung aus. Diese wird durch Abschirmmaßnahmen minimiert. Die Direktstrahlung wird, bezogen auf ein voll belegtes Lager, bei der Verlängerung der Zwischenlagerdauer abnehmen, da kurzlebige Radionuklide abklingen.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Da durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand usw.) sowie durch Einwirkungen von außen (Erdbeben, Unwetter, Extremwasserstände usw.) störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen grundsätzlich möglich sind, werden diese aus Vorsorgegründen weiterhin betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Auch über die verlängerte Zwischenlagerung bleibt Direktstrahlung bestehen. Eine Zunahme der Direktstrahlung ist nicht zu erwarten. Die Umweltauswirkungen bleiben relevant.

Störfallbedingte Freisetzungen radioaktiver Stoffe

Beispielsweise könnten Alterungseffekte die Bewertung verändern. Diese sind im Rahmen der übergreifenden Sicht der SUP des NaPro nicht bewertbar. Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe sind aus Vorsorgegründen im Rahmen einer verlängerten Zwischenlagerung

potenziell relevant. Im Rahmen der für eine verlängerte Aufbewahrung erforderlichen Genehmigungsverfahren sind Sicherheitsanalysen zu potenziellen Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzen durchzuführen und Vermeidungs- oder Minimierungsmaßnahmen zu ergreifen.

4.1.2 Rücktransport von verfestigten Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente

In Großbritannien lagern hochradioaktive Abfälle in Form verfestigter Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus Deutschland. Diese müssen nach Deutschland rückgeführt werden und sollen an Standortzwischenlager gebracht werden. Aktuell noch ausstehend sind zwei Transporte verglaste Spaltproduktlösungen von jeweils 7 Transport- und Lagerbehältern (TLB) der Bauart CASTOR HAW28M an die Zwischenlager Isar und Brokdorf. Ein erster Transport zum Zwischenlager Biblis und die Rücktransporte aus Frankreich sind abgeschlossen.

Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle finden sich im nachfolgenden „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“:

Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle

In verschiedenen Projekten des NaPro kommt es zu Transporten radioaktiver Abfälle. Um Wiederholungen bei den einzelnen Maßnahmenbeschreibungen zu minimieren, wird die Umsetzung der Transporte hier übergreifend dargestellt.

Radioaktive Abfälle sind im verkehrsrechtlichen Sinne Gefahrgüter, von denen bei unsachgemäßer Handhabung und bei Transportunfällen Gefahren ausgehen können. Insbesondere können Personen, die sich funktionsbedingt oder zufällig im Nahbereich solcher Abfalltransporte aufhalten, durch die von den radioaktiven Abfällen ausgehende und die Behälterwandung (Abschirmung) durchdringende Reststrahlung exponiert werden¹¹. Weiterhin können Transportunfälle mit der Möglichkeit einer Aktivitätsfreisetzung und einer daraus folgenden Strahlenexposition von Personen und/oder unfallbedingten Umgebungskontaminationen nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Zum Schutz vor den damit verbundenen Gefahren für die Allgemeinheit, insbesondere für Leben, Gesundheit, Sachgüter und die Umwelt, ist die Beförderung radioaktiver Stoffe oder Abfälle nur unter besonderen Schutz- und Vorsorgemaßnahmen zulässig (BMUV 2022a).

Nach den für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe bzw. Abfälle maßgebenden Sicherheitsbestimmungen (BMVBS 2013) sind Schutz und Sicherheit zu optimieren, so dass die Höhe der Individualdosen, die Anzahl der exponierten Personen und die Wahrscheinlichkeit potenzieller (unfallbedingter) Expositionen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar gehalten werden kann und die Personendosen unter den relevanten Dosisgrenzwerten liegen (BMVBS 2013).

Die für die sichere Beförderung von radioaktiven Stoffen auf öffentlichen Verkehrswegen wichtigen Regelungen sind in den Gefahrgutvorschriften des Gesetzes über die Beförderung gefährlicher Güter (GGBefG) und den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen festgelegt. Die Beförderung von Kernbrennstoffen und hochradioaktiven Abfällen und Quellen bedarf zudem einer Beförderungsgenehmigung nach § 4 AtG.

¹¹ Abschätzungen hinsichtlich der Transporte zum Endlager Konrad finden sich hier: <https://www.grs.de/de/aktuelles/forscherteam-berechnet-von-transporten-radioaktiver-abfaelle-fuer-das-logistikzentrum> - zuletzt abgerufen 02/2025

Radioaktive Stoffe können, je nach zu befördernder Aktivität der radioaktiven Stoffe, mit unterschiedlichen Verpackungen und nach einem darauf abgestuften Sicherheitskonzept befördert werden. Grundsätzlich kommen folgende Versandstücktypen in Betracht:

- freigestelltes Versandstück,
- Industrieversandstück Typ 1 (IP-1),
- Industrieversandstück Typ 2 (IP-2),
- Industrieversandstück Typ 3 (IP-3),
- Typ A-Versandstück,
- Typ B(U)-Versandstück,
- Typ B(M)-Versandstück,
- Typ C-Versandstück,

wobei die Aktivität der in den Versandstücken transportierten radioaktiven Stoffe entsprechend der Liste in der Regel von oben nach unten zunimmt. Je nach Versandstücktyp ist die Menge der in einem Versandstück zu befördernden Aktivität begrenzt, entweder über die Transportvorschriften selbst oder, bei Typ B- und Typ C-Versandstücken, über deren Zulassung. Typ B- und Typ C-Versandstücke zählen dabei zu den unfallfesten Versandstücken, sie müssen nach Bestehen bestimmter, in den Transportvorschriften geregelter Prüfbedingungen vor Verwendung durch die zuständige Behörde zugelassen werden. Daneben kennen die Transportvorschriften weitere Prüfbedingungen für spezielle Verwendungen, z. B. zum Transport von UF₆ oder spaltbaren Stoffen (ab IP-2).

Der Transport hochradioaktiver Abfälle ist ausschließlich mit bauartgeprüften Behältern für die Verkehrsträger Straße, Eisenbahn, Binnen- und Seeschifffahrt zulässig. Typ C-Versandstücke sind nur für den Lufttransport von radioaktiven Stoffen mit einem hohen Aktivitätsinventar vorgesehen. Die bisherigen Transporte erfolgten, bis auf wenige Ausnahmen, überwiegend per Schiene. Lediglich das letzte Teilstück des Transportes erfolgt per Straße, sofern kein direkter Schienenanschluss an das Zwischenlager besteht.

Wirkfaktoren

Beim Transport hochradioaktiver Abfälle treten als Wirkfaktoren im Wesentlichen **Luftschadstoffe und Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterung** auf. Im Rahmen der vorliegenden generischen Betrachtungen der SUP ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Zahl der Transporte verglaster Spaltproduktlösungen hier lediglich zwei Beförderungsvorgänge umfasst. Daher ergibt sich entlang des Beförderungsweges – unabhängig vom Verkehrsträger – keine nennenswerte Erhöhung des Transportaufkommens und damit verbundener Umweltauswirkungen. Die genannten Wirkfaktoren sind daher hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus muss der radiologische Wirkfaktor **Direktstrahlung** in Abhängigkeit der Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters betrachtet werden. Die potenzielle Relevanz dieses Wirkfaktors hängt dabei primär von den gewählten Verkehrsträgern, Abschirmmaßnahmen sowie der notwendigen Anzahl und Dauer der Transporte ab.

Des Weiteren ist der Wirkfaktor **störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe** bedingt durch Transportunfälle im Hinblick auf die daraus resultierenden Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu betrachten.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Die Direktstrahlung unterliegt gesetzlichen Anforderungen und ist im Rahmen der Transportgenehmigung zu bewerten. Der Wirkfaktor ist in einem Untersuchungsraum von wenigen hundert Metern um die Transportrouten relevant. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann gemäß ALARA-Prinzip¹² durch Vergrößerung des Abstandes, Verstärkung der Abschirmung und/oder Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Für Personen der Bevölkerung ist die Exposition durch Direktstrahlung auf den Aufenthalt entlang der Transportstrecke und der Dauer der Vorbeifahrt an der Person begrenzt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt reduziert bzw. vermieden werden (BMVBS 2013).

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Bei den für die Beförderung hochradioaktiver Abfälle zu verwendenden unfallfesten Behältern ist im Rahmen des Zulassungsverfahrens nachzuweisen, dass es nicht zur Überschreitung der zulässigen Grenzwerte der Strahlenexposition durch Freisetzung radioaktiver Stoffe kommt. Dabei werden verschiedene Unfallszenarien und Folgebeanspruchungen unterstellt. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigte Personen betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die auf Basis internationalen Regelwerks festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass potenziell relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe und Direktstrahlung aus Transportunfällen

Für die Beförderung radioaktiver Abfälle existiert ein strenges und einheitliches System internationaler Regeln und Vorschriften. Einen Schutz vor Freisetzungen bietet der Behälter (Typ B (U)-Versandstück). Auch wenn keine Freisetzung auftritt, ist im Rahmen von Unfallszenarien auch die Direktstrahlung anders zu bewerten als im Transportszenario, beispielsweise Abstände und Aufenthaltsdauer im Fall einer Bergung. Ein Transportunfall ist unwahrscheinlich, aber kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Beispiele sind in (BMVBS 2013) dokumentiert. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigte Personen betrachtet. Nach einem nicht ausschließbaren

¹² Das ALARA-Prinzip beruht auf dem Optimierungsgebot für Strahlenexpositionen, welches besagt, dass eine Strahlenexposition auch unterhalb der gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte oder Richtwerte zu reduzieren ist. „Gesellschaftliche und ökonomische Faktoren sind dabei zu berücksichtigen. Dieses Optimierungsgebot wird international als ALARA ("As Low As Reasonably Achievable") bezeichnet“ (BfS (2024)).

Unfall kann für die mit der Bergung Beschäftigten durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzgesetz zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen überschreitet. Da solche Transportunfälle außerdem eher unwahrscheinlich sind und hier lediglich zwei Transporte durchgeführt werden, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu berücksichtigen.

4.1.3 Erweiterte Nutzung bestehender Zwischenlager zur Aufbewahrung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Gemäß den Planungen des NaPro umfasst die Entsorgung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren die Zwischenlagerung und anschließend die Endlagerung im Endlager gemäß Standortauswahlverfahren (s. dazu Kap. 4.2). Die aus Nicht-Leistungsreaktoren stammende Menge bestrahlten Kernbrennstoffs ist deutlich geringer als die zu entsorgende Menge aus Leistungsreaktoren (BMUV 2024e).

Die Zwischenlagerung erfolgt auch an externen Anlagenstandorten, entsprechend sind auch Transporte zu berücksichtigen. Ein Teil der Forschungsreaktoren ist noch in Betrieb, d. h. hier fallen in den nächsten Jahren weitere abgebrannte Brennelemente an (BMUV 2024b).

Für die Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren (FR) ist u. a. das bestehende Zwischenlager Ahaus vorgesehen. Hier lagern bereits Transport- und Lagerbehälter (TLB) aus verschiedenen Demonstrations- und Forschungsreaktoren aber auch aus Leistungsreaktoren.

Darüber hinaus lagert bestrahlter Kernbrennstoff in den Nasslagern an den Standorten der Forschungsreaktoren in Berlin, Garching und Mainz. Die Brennelemente, die sich in den Nasslagern der Forschungsreaktoren befinden, werden für die trockene Zwischenlagerung und den Transport in geeignete TLB überführt, um anschließend abtransportiert zu werden (BMUV 2024e).

Die Brennelemente aus dem stillgelegten Demonstrationsreaktor AVR lagern im Zwischenlager der Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen (JEN), für das derzeit keine Genehmigung besteht. Die Vorzugsoption der Zuwendungsgeber für die 152 TLB aus dem Zwischenlager Jülich ist die Überführung in das Zwischenlager Ahaus (BMUV 2024a). Eine weitere angedachte Option, die den Bau eines neuen Zwischenlagers am Standort vorsieht, wird im Zuge dieser SUP nicht betrachtet.

Abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren werden auch im Zwischenlager Nord (ZLN) der EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen (EWN) in Rubenow gelagert. Hier ist keine Überführung in das Zwischenlager Ahaus vorgesehen. Die Abfälle bleiben am Standort und werden dort weiterhin zwischengelagert.

Tätigkeiten während des Betriebs der bestehenden Zwischenlager umfassen:

- Im Rahmen der Ein- und Auslagerungen sowie bei wiederkehrenden Prüfungen (WKP) erfolgen radiologische Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Die Transport- und Lagerbehälter werden kontinuierlich auf Dichtheit überwacht.

- Wiederkehrende Prüfungen werden auch an der Anlage (Gebäude, Kran, Notstromversorgung etc.) durchgeführt und diese für Wartungen sowie Reparaturen genutzt.

Die **Wirkfaktoren** entsprechen hinsichtlich der Zwischenlagerung den Darstellungen im Kapitel zur verlängerten Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Kap. 4.1.1) und im Hinblick auf die Transporte den Darstellungen in Kap. 4.1.2.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Aus den Zwischenlagern resultiert Direktstrahlung. Eine Bewertung erfolgt im Rahmen der Genehmigung. Inwieweit die geringe Menge an prognostizierten Abfällen aus Forschungs-, Versuchs- und Demonstrationsreaktoren, die über einen langen Zeitraum in die Zwischenlager gebracht werden zu einer relevanten Zunahme führen, ist offen. Eine Überschreitung der genehmigten Grenzwerte ist auszuschließen.

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die auf Basis internationalen Regelwerks festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass potenziell relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Eine veränderte Bewertung von Störfallrisiken ist aufgrund der Zwischenlagerung von TLB aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren nicht zu erwarten. Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe sind aus Vorsorgegründen im Rahmen der Zwischenlagerung potenziell relevant.

Für die Beförderung radioaktiver Abfälle existiert ein strenges und einheitliches System internationaler Regeln und Vorschriften. Einen Schutz vor Freisetzungen bietet der Behälter (Typ B (U)-Versandstück). Auch wenn keine Freisetzung auftritt, ist im Rahmen von Unfallszenarien auch die Direktstrahlung anders zu bewerten als im Transportszenario, beispielsweise Abstände und Aufenthaltsdauer im Fall einer Bergung. Ein Transportunfall ist unwahrscheinlich, aber kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Beispiele sind in (BMVBS 2013) dokumentiert. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigte Personen betrachtet. Für die nach einem nicht ausschließbaren Unfall mit der Bergung Beschäftigten kann durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzgesetz zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen überschreitet. Da solche Transportunfälle außerdem eher unwahrscheinlich sind und die Anzahl der Transporte begrenzt ist, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu berücksichtigen.

4.1.4 Stilllegung der Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle

Nach Abtransport aller Transport- und Lagerbehälter und anschließender Freimessung werden die Gebäude der Zwischenlager sowie die umgebende Infrastruktur konventionell abgerissen oder

anderweitig genutzt. Aufgrund der Dichtheitsüberwachung der Transport- und Lagerbehälter sind Kontaminationen nicht anzunehmen.

Zum Einsatz kommen beim Abbruch z. B. Baumaschinen, Transportfahrzeuge und mobile Brechanlagen zur Zerkleinerung des Betonabbruchs. Das Material wird anschließend von der Baustelle abgefahren. Das Betonabbruchmaterial kann wiederverwendet werden.

Derzeit sind die zu entsorgenden Mengen nicht abschätzbar, da u. a. Nachnutzungskonzepte für die einzelnen Zwischenlagerstandorte fehlen.

Wirkfaktoren

Im Zuge des Rückbaus der Zwischenlager wird davon ausgegangen, dass es aufgrund von Maschinenbewegungen Auswirkungen durch **Luftschadstoffe und Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterungen** geben wird. Darüber hinaus können **Lichtemissionen** durch die Beleuchtung der Baustelle entstehen. Die Einwirkdauer ist auf den Zeitraum des Abbruchs und des Abtransports begrenzt.

Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen der Wirkfaktoren Treibhausgase und Lichtemissionen erfolgt übergeordnet und abschließend in den Kapitel 2.2.2 und 2.2.11.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Bei dem Rückbau des Zwischenlagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten durch Baumaschinen und Transportfahrzeuge emittiert. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm und ggf. Erschütterungen wird beim Rückbau des Zwischenlagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann bei Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können v. a. bei Vogelarten, Säugetieren und Reptilien Fluchtverhalten auslösen bzw. Störungen verursachen, die im Extremfall zur Instabilität oder Zerstörung von Habitatbestandteilen führen. Besonders empfindlich reagieren Fledermäuse auf Erschütterungen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass ab einem Abstand von 1 km (abhängig von den Standortbedingungen) durch die zusätzlichen Belastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete durch Luftschadstoffe zu erwarten sind, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Abbruch sowie Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Routen nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe bestehen.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Ein Abgleich mit den Ergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager ergibt unter Berücksichtigung des erhöhten Maschinen- und Geräteeinsatzes sowie der erhöhten Transportaufkommen in Bezug auf Lärmemissionen folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von etwa 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen durch Lärm zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle und 100 m zu den Transportrouten können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen bestehen. Potenzielle relevante Umweltauswirkungen auf Tiere können nicht ausgeschlossen werden und müssen mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder bei der UVP geprüft werden.

Eine Prüfung und Bewertung potenziell relevanter Umweltauswirkungen durch Erschütterungen ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über möglicherweise betroffene Vogelarten, Säugetieren und Reptilien und insbesondere die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere möglich.

4.2 Standortauswahlverfahren und Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle

Die Maßnahme „Standortauswahlverfahren und Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle“ besteht aus mehreren Projekten. Für die stufenweise Einengung auf geeignete Standorte erfolgt im Standortauswahlverfahren zunächst eine übertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager (Kapitel 4.2.1), und später eine untertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager (Kapitel 4.2.2), wozu auch die Phasen Errichtung eines Erkundungsbergwerkes, dessen Betrieb und auch die Einstellung des Betriebes gehören können. Nach der Standortfestlegung kann die Aufbewahrung der endzulagernden Abfälle im neu zu errichtenden Eingangslager des Endlagers (Kapitel 4.2.3) und eine Überführung der hochradioaktiven Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort (Kapitel 4.2.4) in Angriff genommen werden. Dazu gehört auch eine endlagergerechte Konditionierung aller hochradioaktiven Abfälle (Kapitel 4.2.5). Schließlich erfolgt die Endlagerung insbesondere der hochradioaktiven Abfälle (Kapitel 4.2.6).

4.2.1 Übertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager

Die übertägige Erkundung wird anhand standortspezifisch entwickelter Erkundungsprogramme durchgeführt. Zu den übertägigen Erkundungsverfahren zählen nach (BGE 2023) alle oberflächenbasierten Verfahren wie oberflächen- und aerogeophysikalische Verfahren (Seismik, Potenzialverfahren, Elektromagnetik), geologische Kartierungen, hydrogeologische Untersuchungen für oberflächennahe Grundwasservorkommen sowie Bohrungen. Ein Auffahren eines Bergwerkes erfolgt nicht. In der zeitlichen Betrachtung des Standortauswahlverfahrens der BGE (BGE 2022) finden sich keine Hinweise auf einen erheblichen Unterschied im Erkundungsaufwand hinsichtlich unterschiedlicher Gesteinsformationen. In (BGE 2022) wird als Planungsprämisse von bis zu zehn zu erkundenden Standorten ausgegangen. Die einzelnen Standorte können mehrere 100 km² groß sein.

An den übertägig zu erkundenden Standorten sind, ggf. an mehreren Positionen, folgende Phasen zu erwarten:

- Bei der Errichtung erfolgen die Installation von Infrastruktur (Straßenanbindung, Wasser- u. Stromversorgung, Entsorgung) sowie die Flächenbefestigung für Bohrstellen, eine Einrichtung zur Lagerung von Bohrspülung, techn. Einrichtungen sowie provisorische Behausungen und Wege.
- Der Erkundungsbetrieb besteht insbesondere in der Durchführung von geologischen Tiefenbohrungen sowie seismischen und hydrogeologischen Untersuchungen.
- Nach Beendigung der Erkundungsarbeiten werden Erkundungsbohrungen nach dem Stand der Technik verschlossen, alle technischen Geräte entfernt, der Erkundungsplatz wird zurückgebaut und das Gelände wird renaturiert.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass die genannten Einrichtungen bis zur Bestimmung der untertägig zu erkundenden Standorte durch Bundesgesetz (nach § 17 StandAG) bestehen bleiben.

Die konkreten Untersuchungsräume sind derzeit noch nicht bekannt (siehe Kapitel 1.3.1.1). Entsprechend wird hier der Gesamttraum mit entsprechendem Umweltzustand (siehe Kapitel 3.1) betrachtet.

Wirkfaktoren

Bei der übertägigen Erkundung eines Standortes für ein Endlager werden, ggf. an mehreren Orten, mehrere Tiefbohrungen durchgeführt (BGE 2022). Durch Befestigung von Bohrplätzen und Zufahrtswegen erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme** zwischen 3.000 und 5.000 m²¹³.

Durch Errichtung der Bohrplätze und technischen Anlagen sowie bei deren späterem Abbau nach Ende der Erkundung entstehen beim Einsatz von LKW und Baumaschinen **Emissionen von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm**, die in ihrem Ausmaß den Emissionen einer kleinen Baustelle entsprechen. Der Bohrbetrieb führt insbesondere zu Lärmemissionen in die Umgebung.

¹³ Der Bohrplatz für eine Tiefenbohrung für Geothermie hat einen Flächenbedarf von 3.000 bis 5.000 m² Bundesverband Geothermie (2023b). Es wird angenommen, dass auch der Platzbedarf für Tiefenbohrungen für die Erkundung in diesem Größenbereich liegen.

Das Ausmaß an LKW-Bewegungen und damit verbundene Emissionen sind während der Erkundungsarbeiten vernachlässigbar und wird deswegen im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Bei seismischen Messungen werden durch Fahrzeuge oder durch kleine Sprengsätze in Bohrungen kurzzeitig Schallwellen in den Untergrund geleitet. Resultierende Schallpegel (**Lärm**) und **Erschütterungen** sind nur im direkten Umfeld wahrnehmbar und daher hinsichtlich Auswirkungen auf Menschen und Tiere vor dem Hintergrund des übergreifenden Charakters der SUP vernachlässigbar.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau des Erkundungsplatzes ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Arbeitsbereichs erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Hydrogeologische Erkundungen beinhalten im Wesentlichen den Bau von Grundwassermessstellen, Pumpversuche, die zur vorübergehenden **Grundwasserabsenkung** führen und ggf. den Medieneintrag in Form von Tracern (in geringer Menge und in Abstimmung mit den zuständigen Wasserbehörden unter Anwendung der gesetzlichen Regelungen zum Schutz des Grundwassers) in das Grundwasser. Grundwasserabsenkungen durch Pumpversuche erfolgen vorübergehend für maximal einige Tage. Ziel ist nicht eine Trockenlegung, sondern die Messung der Auswirkungen auf den Grundwasserstand an korrespondierenden Grundwassermessstellen. Die Dauer der Grundwasserabsenkung sowie die Menge an zurückzuleitendem Grundwasser sind gering. Grundwasserabsenkungen sind in Kapitel 2.2.10 abschließend beschrieben und bewertet.

Infolge von Bohrvorgängen kann es zu **Veränderungen der Tagesoberfläche** durch Tonquell- oder Anhydritschwellprozessen kommen, sofern Schichten dieser quellfähigen Minerale bei der Bohrung durchstoßen werden. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen in der Größenordnung von 3.000 und 5.000 m² wirken sich auf die Schutzgüter Boden, Tiere, Pflanzen und ggf. Lebensräume geschützter Arten sowie ihre Brutstätten im Nahbereich der Baumaßnahmen aus.

Von der Versiegelung eines Gewässers im Rahmen der übertägigen Erkundung eines Endlagerstandortes wird aufgrund des damit verbundenen Aufwandes zur Untergrundbefestigung nicht ausgegangen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme zur übertägigen Erkundung eines Endlagerstandortes ist, sofern sie nicht auf Industrieflächen oder anderen vorbelasteten oder weniger wertvollen Flächen erfolgt, kann zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen, für die die Pflicht zum Ausgleich oder zur Kompensation besteht.

Da bei einer übertägigen Erkundung eines Standortes der gesuchte einschlusswirksame Gebirgsbereich in ausreichender Größe und Homogenität angetroffen werden muss, kann die

übertägige Erkundung von verschiedenen Positionen aus erfolgen. Somit sind Nutzungskonflikte mit menschlichen Ansiedlungen, Landwirtschaft oder Naturschutz weitgehend vermeidbar. Darüber hinaus können Erkundungsbohrungen schräg durchgeführt werden. Im Rahmen der SUP des NaPro kann davon ausgegangen werden, dass eine Erkundung in Schutzgebieten oder auf Flächen mit besonders geschützten Tier- und Pflanzenarten vermieden werden kann. Darüber hinaus bestünde nach Prüfung des Einzelfalles die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

4.2.2 Untertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager

Für die untertägige Erkundung der festgelegten Standorte im Rahmen von § 18 StandAG kommen nach (BGE 2022) die Erkundung mittels Bohrungen oder mittels Bergwerken in Betracht. Es ist davon auszugehen, dass die Umweltauswirkungen einer Erkundung mittels Bergwerken die Erkundung mittels Bohrungen abdecken. Insofern wird hier nur die Erkundung mittels Bergwerken untersucht.

Die untertägige Erkundung besteht in diesem Fall aus den Phasen „Errichtung eines Erkundungsbergwerkes“, „Betrieb eines Erkundungsbergwerkes“ und „Einstellung des Betriebes eines Erkundungsbergwerkes“. Die Einstellung des Betriebes eines Erkundungsbergwerkes würde nur dann erfolgen, wenn der Standort nicht im Standortauswahlverfahren verbleibt bzw. nicht für die Errichtung eines Endlagers ausgewählt wird oder das Erkundungsbergwerk nicht als Teil des Endlagerbergwerkes genutzt wird. Bei Nutzung des Erkundungsbergwerkes als Teil des Endlagers würde der Bergwerksbetrieb nach Durchführung eines entsprechenden Zulassungsverfahrens zur Errichtung des Endlagers fortgeführt werden.

Die untertägige Erkundung erfolgt nach (BGE 2022) an mindestens zwei Standorten. Die Standorte für Erkundungsbergwerke sind derzeit noch nicht bekannt. Daher kann hier keine Umweltbeschreibung durchgeführt werden.

4.2.2.1 Errichtung eines Erkundungsbergwerkes

Bei der untertägigen Erkundung mittels eines Erkundungsbergwerks werden folgende Tätigkeiten am Standort durchgeführt:

- Auffahren eines Bergwerkes
- Errichtung von Gebäuden, Verkehrswegen, Tagesanlagen und Infrastrukturen
- Anschluss des Standortes an die Versorgung mit Strom und Wasser
- Aufhalten von Abraum zu einer Halde
- Einleitung von Abwasser aus dem Bergwerk und aus der Haldenentwässerung in vorhandene Vorfluter, Anschluss an das öffentliche Netz zur Abwasserentsorgung

Es wird davon ausgegangen, dass die Arbeiten zur Errichtung eines Endlagerbergwerks und zur Erkundung des Standortes jeweils einige Jahre erfordern (BGE 2022).

Wirkfaktoren

Die **Flächeninanspruchnahme** für Tagesanlagen und Infrastrukturen eines Erkundungsbergwerkes wird nach vorhandenen Ergebnissen zum Erkundungsbergwerk in Gorleben

(BfS 1990) mit 50.000 m² abgeschätzt. Darüber hinaus nimmt die Fläche zur Lagerung des Abraums ca. 60.000 m² in Anspruch.

Durch den Betrieb der Baustelle am Standort (Baufahrzeuge und –maschinen) sowie durch den LKW-Verkehr zur Anlieferung von Baumaterial und zur Entsorgung von Abraum werden **Lärm, Erschütterungen, Luftschadstoffe, Treibhausgase** und **Staub** emittiert. Die Entsorgung des Ausbruchs kann auf einer eigens in der Nähe des Endlagers angelegten oder bereits bestehenden Halde erfolgen. Endlagerkonzepte der Schweiz gehen während der Auffahrung des Bergwerkes von einem Gesamtausbruch von 420.000 m³ (lose) aus, die über einen Zeitraum von fünf Jahren mit 30 LKW pro Tag (12 m³/LKW) abtransportiert wird. Für die Errichtung der übertägigen Anlagen und als Material zum Abstützen des Bergwerkes würden 90.000 m³ Beton zum Standort mit sieben LKW pro Tag antransportiert werden (NAGRA 2002). Bei anderen Wirtsgesteinen variiert ggf. die Menge an Ausbruchsmaterial und Beton. Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

In der Bauphase des Erkundungsbergwerkes ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Arbeitsbereichs erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Durch die Errichtung der für die untertägige Erkundung erforderlichen Anlagen sowie die Aufhaltung entsteht **Landschaftswirkung**. Die obertägigen Anlagen für ein Erkundungsbergwerk sind in ihrer räumlichen Erstreckung vergleichbar mit einer mittleren Industrieanlage, aber deutlich kleiner als der eigentliche Endlagerstandort. Die Fördertürme, Kamine und ggf. Abraumhalden sind aufgrund ihrer Höhe die am weitesten sichtbaren Anlagenbestandteile. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.12.

Beim Auffahren des Bergwerkes oder bei weiteren Erkundungsbohrungen kann es zu **Veränderungen der Tagesoberfläche** durch Tonquell- oder Anhydritschwellprozessen kommen, sofern Schichten dieser quellfähigen Minerale bei der Bohrung durchstoßen werden. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

In Abhängigkeit von der hydrogeologischen Ausgangssituation des Standortes kann für die Auffahrung des Bergwerkes und das Durchteufen von Grundwasser führenden Schichten eine **Grundwasserabsenkung** erforderlich sein. Eine Grundwasserabsenkung kann vorübergehend bis zur Abdichtung der Schächte erfolgen oder über längere Zeiträume. Endlagerkonzepte aus Finnland gehen von Absenktiefen von 10 bis 60 m aus, die zu Absenktrichtern mit Radien von 0,5 bis 2 km führen (Posiva OY 1999).

Gefördertes Wasser bei Grundwasserabsenkungen sowie Sickerwasser der Haldenentwässerung werden wie anderes Brauchwasser, z. B. Wasser aus einer LKW-Reinigungsanlage, nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) als **konventionelles Abwasser** in einen Vorfluter eingeleitet. Den größten Beitrag nimmt das Wasser der Haldenentwässerung ein. Während der Erkundung des Salzstocks in Gorleben bestand eine Genehmigung zur täglichen Einleitung von 240 m³ salzhaltigem Überschusswasser in die Elbe.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von ca. 110.000 m² pro zu erkundendem Standort (Erkundungsbergwerk und Halde) wirkt sich auf die Schutzgüter Boden, Tiere und Pflanzen aus. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden - wie bei Baustellen- insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen verursacht. Hinzu kommen die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde. Durch die Aufhaldung und windgetragenen Austrag von Feinmaterial von der Haldenoberfläche können zusätzliche Luftschadstoffemissionen entstehen. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärmemissionen werden durch die gleichen Geräte, Maschinen und Transportfahrzeuge wie bei den Emissionen von Luftschadstoffen verursacht. Zusätzlich können Lärmemissionen und Erschütterungen beim Sprengen von Gestein auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere, insbesondere Fledermäuse, ebenfalls negativ auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 110.000 m² pro zu erkundendem Standort kann potenziell relevante Umweltauswirkung auslösen.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl für ein Erkundungsbergwerk und der Planung der Bebauung am Standort (z. B. Lage der Halde, Straßenführung) möglich. Dabei sind für eine Bebauung Schutzgebiete oder Lebensräume geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Als relevante Größe zur Bewertung der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe sind die Anzahl der Transporte pro Tag sowie die Emissionen von Geräten und Maschinen auf der Baustelle zu betrachten. Bei der Auffahrung eines Erkundungsbergwerks sind zwar insgesamt größere Mengen an Aushub und Baumaterial zu bewegen als dies für die im Bewertungsrahmen als Anhaltspunkt verwendete Errichtung eines Zwischenlagers der Fall ist, ihr Aufkommen erstreckt sich jedoch über einen größeren Zeitraum. Die Anzahl der Transporte pro Tag liegt daher in einer ähnlichen Größenordnung oder fällt eventuell sogar geringer aus. Der Betrieb von Geräten und Maschinen sowie der Transportverkehr zum Bau von Gebäuden und Verkehrswegen sind ebenfalls geringer als beim Bau von Zwischenlagern.

Werden die in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Vorsorgeaspekte berücksichtigt, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von 1 km (abhängig von den Standortbedingungen der Baustelle) keine relevanten Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen auftreten. Gleiches gilt für den Abstand zum Lebensraum von Tieren, insbesondere geschützten Arten. Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen und Tiere bestehen.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm gelten hinsichtlich der Anzahl der Transporte pro Tag sowie hinsichtlich des übermäßigen Betriebs von Geräten und Maschinen die oben unter „Luftschadstoffe“ ausgeführten Betrachtungen. Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf den Menschen zu erwarten sind, wenn ein Abstand von etwa 1 km eingehalten wird. Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen durch Lärm und Erschütterungen bestehen.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf Tiere – hier Vögel – kann festgestellt werden, dass beim Vorhandensein von lärmempfindlichen Vogelarten der erforderliche Abstand zur Baustelle im Einzelfall zu prüfen ist. Eine Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel entlang der Transportrouten sollte mit fortschreitender Konkretisierung der Planungen in einer späteren SUP oder im Zuge der UVP vorgenommen werden.

Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich.

4.2.2.2 Betrieb eines Erkundungsbergwerkes

Wirkfaktoren

Während der Phase des Betriebs eines Erkundungsbergwerkes kommt es geringfügig zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen und Treibhausgasen** vor allem durch Materialtransporte zwischen Erkundungsbergwerk und Halde. Außerdem sind Staubemissionen durch Verwehungen von Haldenmaterial möglich.

Relevante anlagenbedingte Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm** während der Betriebsphase eines Erkundungsbergwerkes entstehen durch z. B. die Heizanlage, den Betrieb von Maschinen über Tage und die Lüftungs-/Bewetterungsanlage. Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Untertägige Sprengarbeiten können **Erschütterungen** bedingen.

Während der Betriebsphase eines Erkundungsbergwerkes kann es, je nach Endlagerkonzept, notwendig sein, eine während der Errichtung des Endlagers möglicherweise durchgeführte **Grundwasserabsenkung** aufrecht zu halten. Endlagerkonzepte aus Finnland gehen von

Absenktiefen von 10 bis 60 m aus, die zu Absenktrichtern mit Radien von 0,5 bis 2 km führen (Posiva OY 1999). Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und der Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkungen** erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während des Betriebs des Erkundungsbergwerks fällt Drainagewasser an, das im Bereich Grundwasser führender Schichten an Stellen in das Grubengebäude eindringt, die nicht vollständig gegen das Grundwasser abgedichtet sind und noch nicht verfüllt sind. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen durch **konventionelles Abwasser aus Drainagewasser** erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass dieser Wirkfaktor nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet wird.

Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Arbeitsbereichs erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Die emittierten Luftschadstoffe während des Betriebs eines Erkundungsbergwerks entsprechen denen, die auch bei dessen Errichtung emittiert werden. Hinzu kommen die Emissionen der Heizungsanlage. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm- und Erschütterungen

Die Umweltauswirkungen dieser Wirkfaktoren sind ausführlich in Kapitel 2.2.3 beschrieben. Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks werden Lärmemissionen vor allem durch Transportfahrzeuge sowie übertägig betriebene Geräte und Maschinen verursacht. Zusätzlich können Lärm und Erschütterungen beim Sprengen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks werden die Emissionen pro Zeiteinheit deutlich geringer sein als bei seiner Errichtung, da beispielsweise erheblich weniger Transporte vom Bergwerk zur Abraumhalde stattfinden. Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass relevante Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen, Tiere und Pflanzen weder entlang von Transportrouten noch in der Umgebung des Erkundungsbergwerks zu erwarten sind, wenn die Abraumhalden weiterhin abgedeckt oder feucht gehalten werden.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks wird der verursachte Lärm geringer sein als bei der Errichtung des Erkundungsbergwerks, da höchstens vereinzelt Transporte vom Bergwerk zur Abraumhalde stattfinden und viele lärmverursachende

Tätigkeiten unter Tage stattfinden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass weder am Standort noch entlang der Transportrouten relevante Auswirkungen durch Lärm auf Menschen und Tiere verursacht werden.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass keine relevanten Auswirkungen auf den Menschen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen über den Standort hinaus.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände der nächsten Wohnbebauung bzw. anderer Schutzgüter wie Tiere von der jeweiligen Erschütterungsquelle relevant. Eine Bewertung der entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich.

4.2.2.3 Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes

Die Einstellung des Betriebes zur untertägigen Erkundung des Standortes hat gemäß dem Bundesberggesetz (BBergG) auf Basis eines Abschlussbetriebsplans zu erfolgen.

Mit der Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes sind Arbeiten mit dem Ziel durchzuführen, die durch die Erkundung entstandenen möglichen Gefahren zu beseitigen oder auf ein vertretbares Restrisiko zu reduzieren sowie eine ökologisch weitgehend intakte und gemäß BBergG wieder nutzbare Umwelt herzustellen.

Ein übliches Konzept für die Verwahrung von Bergwerken sieht deren Flutung vor. So erfolgt durch Abschalten der Entwässerungspumpen die Flutung durch natürlichen Zulauf von Grundwasser in das Bergwerk z. B. bei Bergwerken in Tonstein oder Granit. In Bergwerken, die zur Salzgewinnung genutzt wurden, werden die Bergwerke mit gesättigter Salzlösung geflutet, um unerwünschte Lösungsprozesse zu vermeiden. Im Vorfeld der Flutung werden wassergefährdende Stoffe wie z. B. Öle, Fette und Chemikalien aus der Grube entfernt. Zur Vermeidung von Senkungen an der Tagesoberfläche werden ebenfalls im Vorfeld der Flutung gebirgsmechanisch instabile Bereiche bzw. Hohlräume mit geeigneten Versatzmaterialien verfüllt. Nach der Flutung erfolgt der Verschluss der Schächte, der eine Belastung des Grundwassers durch z. B. salzhaltige Lösung verhindert.

Folgende Tätigkeiten werden am Standort im Rahmen der Einstellung des Betriebes durchgeführt:

- Untertage erfolgt der Rückbau der betrieblichen Einrichtungen und die Verfüllung aller Hohlräume einschließlich der Schächte
- Übertage erfolgt der Rückbau aller Gebäude und Halden sowie die Rekultivierung

Wirkfaktoren

Während der Betriebseinstellung wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. auf einer Halde gelagert sowie am Standort aufbereitet und in die gebirgsmechanisch instabilen untertägigen Hohlräume eingebracht. Darüber hinaus entstehen durch die Abbrucharbeiten und den Abtransport von Bauschutt und Baustellenabfällen Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm**. Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Ggf. anfallendes **konventionelles Abwasser** aus der Haldenentwässerung und aus untertägig anfallendem Abwasser (Drainagewasser) reduziert sich im Vergleich zum Betrieb des Erkundungsbergwerks durch den Abbau der Halde und wird daher nicht weiter betrachtet.

Durch den Rückbau der Oberflächeninfrastruktur und der Renaturierung können Flächen wieder entsiegelt und die **Landschaftswirkung** in den Ursprungszustand zurückgeführt werden. Es entstehen daraus keine relevanten Umweltauswirkungen.

Durch die mit der Einstellung des Betriebs verbundene vollständige Verfüllung aller gebirgsmechanisch instabilen Hohlräume werden **Veränderungen der Tagesoberfläche** (wie z.B. Senkungen, Risse) reduziert bzw. minimiert. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

Während der untertägigen Rückbauarbeiten, der Verfüllung der Hohlräume und der Verschlussmaßnahmen, z. B. beim Rückbau der Schachteinbauten, und der anschließenden Errichtung der Schachtabschlussbauwerke kann eine **Grundwasserabsenkung** vorzunehmen sein. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Bei Betriebseinstellung des Erkundungsbergwerks ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des übertägigen Arbeitsbereichs erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen der Wirkfaktoren Luftschadstoffen und Lärm sind im vorangestellten Kapitel 4.2.2.2 zum Betrieb eines Erkundungsbergwerks beschrieben.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Lärm und Luftschadstoffe

Die Einstellung des Erkundungsbetriebes führt quantitativ zu geringeren Auswirkungen als das Auffahren des Erkundungsbergwerks. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass es zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen infolge von Luftschadstoffen und Lärm kommen kann. Bei der Einstellung des Betriebs des Erkundungsbergwerks reduzieren sich jedoch allmählich die Umweltauswirkungen bis zur Renaturierung des Geländes.

Die beschriebenen Wirkfaktoren bei der Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerks sind im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen und ggf. zu minimieren.

4.2.3 Aufbewahrung der endzulagernden Abfälle im Eingangslager des Endlagers

Das Eingangslager am Standort für ein Endlager nach Standortauswahlgesetz dient der zeitlichen Pufferlagerung der in Transport- und Lagerbehältern angelieferten bestrahlten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Damit wird die Voraussetzung geschaffen, mit der Räumung der bestehenden Zwischenlager zu beginnen. Des Weiteren sollen diese Abfälle am Endlagerstandort endlagergerecht konditioniert und in geeignete Endlagerbehälter verpackt werden. Je nach Endlagerkonzept könnten als Endlagerbehälter gegebenenfalls die Transport- und Lagerbehälter genutzt werden. Das NaPro sieht die Genehmigung des Eingangslagers mit der

ersten Teilgenehmigung für das Endlager vor (BMUV 2024e). Es wird davon ausgegangen, dass das Eingangslager etwa 500 Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter mit bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung besitzt, die eine gestaffelte Auslagerung aus den Zwischenlagern ermöglichen. Folgende Tätigkeiten erfolgen am Standort:

- Die Errichtung beinhaltet den Bau des Eingangslagers, inklusive Wartungsgebäude, und einer Straße zur Umfahrung und Infrastrukturanbindungen an den Endlagerstandort über einen angenommenen Zeitraum von zwei bis drei Jahren.
- Während des Betriebs werden Transportbehälter angenommen, in das Eingangslager eingelagert und sukzessive innerbetrieblich zur Konditionierungsanlage gebracht. Annahme, Einlagerung und Auslagerung von Transportbehälter erfolgen mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Nach Beendigung des Betriebs des Eingangslagers wird das Gebäude, nach entsprechenden Prüfungen, aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen und kann anschließend konventionell zurückgebaut oder anderweitig genutzt werden. Es ist nicht mit radioaktiven Kontaminationen oder Aktivierungen der Bauteile zu rechnen, die als radioaktiver Abfall zu entsorgen wären. Daher würde ein Rückbau nach etwa zwei Jahren realisierbar sein.

Wirkfaktoren

Die **Flächeninanspruchnahme** wird in Analogieschluss zur Größe des Transportbehälterlagers in Ahaus und der Standortzwischenlager auf etwa 10.000 m² abgeschätzt, von denen etwa Dreiviertel auf die Fläche des Lagergebäudes und ein Viertel auf Flächen für Zuwegungen und andere Infrastruktur entfallen.

Durch eine geschätzte Gebäudehöhe von 20 m und eine Gebäudelänge von gut 200 m entsteht **Landschaftswirkung**. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.12.

Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen, Lärm und Erschütterungen** entstehen während der Errichtung und während eines Abrisses des Eingangslagers durch LKW-Verkehr und Baumaschinen. Aus Erkenntnissen zur Errichtung von Standortzwischenlagern wird das LKW-Aufkommen während der Bauphase mit 20-40 LKW pro Tag abgeschätzt. In Spitzenzeiten ist kurzfristig mit einem Tagesaufkommen von 125 LKW zu rechnen. Während des Betriebs der Konditionierungsanlage werden zum Behältertransport Förderfahrzeuge sowie Hallenkräne betrieben. Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

In Abhängigkeit vom Standort ist ggf. eine zeitlich auf einige Monate begrenzte **Grundwasserabsenkung** während der Gründungsarbeiten für das Eingangslager zu berücksichtigen. Eine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels von maximal einigen Metern kann in Abhängigkeit von den hydrologischen Bedingungen am Standort einen Absenktrichter mit einer Reichweite von wenigen Metern bis wenigen hundert Metern um die Baugrube erzeugen. Die Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** würde in ein nahe gelegenes Fließgewässer oder in die Regenwasserkanalisation oder als Versickerung vor Ort erfolgen. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und Einleitung geförderten Grundwassers als konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während des Betriebes des Eingangslagers entsteht **Wärmeeintrag** in den Untergrund, der zur Erwärmung des Grundwassers führt. So wurden für ein Standortzwischenlager in Deutschland Erwärmungen des Grundwassers von bis zu 42 K prognostiziert (BfS 2003). Der durch ein Eingangslager eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle erfolgende Wärmeeintrag in das Grundwasser wird, da das Eingangslager wesentlich mehr Behälterstellplätze besitzt als ein Standortzwischenlager, einen größeren räumlichen Bereich betreffen. Andererseits ist die pro Behälter zu berücksichtigende Wärmeleistung aufgrund des Abklingverhaltens des radioaktiven Inventars geringer als zum Zeitpunkt der Genehmigung der Standortzwischenlager. Die Umweltauswirkungen durch einen möglichen Wärmeeintrag in den Untergrund werden in Kapitel 2.2.8 abschließend beschrieben und bewertet. Eine projektspezifische Betrachtung erfolgt hier nicht.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Der Betrieb des Eingangslagers führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Lagerung und Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Prüfstrahler) ist im Hinblick auf Direktstrahlung nicht relevant.

Der Betrieb des Eingangslagers ist nicht mit der **Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)** von radioaktiven Stoffen verbunden, da die Transportbehälter über zwei Deckeldichtungen technisch dicht sind und im Eingangslager nicht geöffnet werden. Sofern eine der Deckeldichtungen versagt, kann diese erneuert oder ein Fügedeckel aufgeschweißt werden.

Der Betrieb des Eingangslagers beinhaltet Risiken durch mögliche **störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 10.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten oder ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub sowie beim Abriss von Gebäuden verursacht. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Eingangslagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm ist bezüglich seiner Wirkung auf Menschen und Tiere zu berücksichtigen (siehe hierzu Kapitel 2.2.3). Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Direktstrahlung

Das Eingangslager ist an einem Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle zunächst der größte Emittent von Direktstrahlung. Direktstrahlung kann negative Auswirkungen auf Zellen und Gewebe von Menschen, Tiere und Pflanzen haben.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Die Auslegung des Eingangslagers gegen Einwirkungen von innen und Einwirkungen von außen ist Gegenstand der Nachweisführung und Prüfungen im konkreten Genehmigungsverfahren. Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe können sich auf die Schutzgüter, Mensch, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser und Luft auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von etwa 10.000 m² kann potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für die obertägigen Anlagen eines Endlagers einschließlich des Eingangslagers.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Die Errichtung des Eingangslagers ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen direkt vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit.

Werden die in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Vorsorgeaspekte berücksichtigt, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von 1 km (abhängig von den Standortbedingungen der Baustelle) keine relevanten Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen auftreten. Gleiches gilt für den Abstand zum Lebensraum von Tieren, insbesondere geschützten Arten.

Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung durch Transporte selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen durch Luftschadstoffe zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP und im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Die Errichtung des Eingangslagers ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen direkt vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit. Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete,

Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Entsprechend den Ausführungen zum Bewertungsrahmen in Kapitel 2.2.3 können Auswirkungen auf den Menschen und Tiere – insbesondere in einem Abstand von weniger als 1 km – nicht ausgeschlossen werden. Im Zuge der Genehmigungsverfahren sind potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm zu prüfen und ggf. Minderungsmaßnahmen vorzunehmen.

Erschütterungen, beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen, reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, so dass keine relevanten Auswirkungen auf Menschen zu erwarten sind. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen auf Tiere hängt von der Betroffenheit derselben und ihrem Abstand von der jeweiligen Erschütterungsquelle ab. Eine Bewertung der durch Erschütterungen entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter (z.B. Fledermäuse) mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich. Die potenziell relevanten Umweltauswirkungen sind in einer projektspezifischen UVP der geplanten Maßnahme konkret zu ermitteln und im Hinblick auf mögliche Minimierungen zu betrachten.

Direktstrahlung

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.4 dargestellt. Die Emission der Direktstrahlung des Eingangslagers wird durch messtechnische Überprüfung kontrolliert. Die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung sind einzuhalten.

Konkrete Maßnahmen der Minimierung im Hinblick auf reale Aufenthaltszeiten von Einzelpersonen der Bevölkerung am Standort des Endlagers und von Personen im öffentlich zugänglichen Bereich könnten realisiert werden. Im Rahmen der SUP des NaPro können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung nicht ausgeschlossen werden und müssen im Zuge des Genehmigungsverfahrens berücksichtigt werden.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind diese potenziell relevanten Umweltauswirkungen auf Basis einer Störfallanalyse zu betrachten.

4.2.4 Überführung der hochradioaktiven Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort

Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle finden sich in Kapitel 4.1.2 im „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“.

Bei der Überführung der Abfälle ins Eingangslager eines Endlagers sind ca. 1211 Typ B Behälter zu transportieren (BMUV 2024e) sowie ggf. einige hundert Behälter mit Brennelementen aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren, die deutlich geringere Abmessungen haben. Pro Beförderungsvorgang können mehrere Behälter transportiert werden. Lediglich beim Straßentransport von Großbehältern ist nur ein Gebinde pro LKW möglich.

Wirkfaktoren

Beim Transport hochradioaktiver Abfälle treten als Wirkfaktoren im Wesentlichen **Luftschadstoffe**, **Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterung** auf. Im Rahmen der vorliegenden generischen

Betrachtungen der SUP ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Zahl der Transporte hochradioaktiver Abfälle nur einige hundert Beförderungsvorgänge umfasst, die zeitlich über mehrere Jahre gestaffelt erfolgen. Daher ergibt sich entlang des Beförderungsweges – unabhängig vom Verkehrsträger – keine nennenswerte Erhöhung des Transportaufkommens. Die genannten Wirkfaktoren sind daher hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus muss der radiologische Wirkfaktor **Direktstrahlung** in Abhängigkeit der Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters betrachtet werden. Des Weiteren ist der Wirkfaktor **Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe** im Hinblick auf die daraus resultierenden möglichen Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu betrachten.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Der Wirkfaktor „Direktstrahlung“ ist in einem Untersuchungsraum von wenigen hundert Metern um die Transportrouten sowie die Zufahrtswege und Tagesanlagen eines Endlagers relevant. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann gemäß ALARA-Prinzip durch Vergrößerung des Abstandes, Verstärkung der Abschirmung und/oder Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Für Personen der Bevölkerung ist die Exposition durch Direktstrahlung auf den Aufenthalt entlang der Transportstrecke und der Dauer der Vorbeifahrt an der Person begrenzt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf Menschen und die Umwelt reduziert bzw. vermieden werden (GRS gGmbH, Öko-Institut e. V. 2008).

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Bei den für die Beförderung hochradioaktiver Abfälle zu verwendenden unfallfesten Behältern ist im Rahmen des Zulassungsverfahrens nachzuweisen, dass es selbst bei den in den Transportvorschriften festgelegten Prüfkriterien nicht zur Überschreitung der zulässigen Grenzwerte der Strahlenexposition durch Freisetzung radioaktiver Stoffe kommt. Dabei werden verschiedene Unfallszenarien und Folgebeanspruchungen unterstellt. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigte Personen betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die bereits heute festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Durch wechselnde Transportrouten und reduzierte Standzeiten während der Transporte kann die Strahlenexposition für Anwohner minimiert werden. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass potenziell relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind (GRS gGmbH, Öko-Institut e. V. 2008).

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Für die nach einem nicht ausschließbaren Unfall mit der Bergung Beschäftigten kann durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzgesetz zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung überschreitet. Da solche Transportunfälle außerdem eher unwahrscheinlich sind, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu berücksichtigen.

4.2.5 Endlagergerechte Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle

Vor der Einlagerung in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz müssen die hochradioaktiven Abfälle in einer großtechnischen Anlage mit entsprechendem Durchsatz konditioniert werden. Folgende Tätigkeiten erfolgen an einer solchen Anlage, die am Endlagerstandort errichtet werden soll:

- Die Errichtung der Konditionierungsanlage beinhaltet den Bau des Gebäudes und die Herstellung der Infrastrukturanbindungen an den Endlagerstandort über einen angenommenen Zeitraum von 2 bis 3 Jahren.
- Während des Betriebs werden die Transport- und Lagerbehälter sukzessive aus dem Eingangslager entnommen und in einer heißen Zelle der Konditionierungsanlage fernbedient geöffnet. Die Brennelemente können zerlegt werden, um eine dichtere Packung im Endlagerbehälter zu ermöglichen. Die Annahme der Transport- und Lagerbehälter und die Abgabe der Endlagerbehälter für eine Einlagerung ist mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen verbunden.
- Hinsichtlich der Stilllegung der Konditionierungsanlage gelten die zum Eingangslager gemachten Ausführungen entsprechend. Dabei sind allerdings radioaktive Kontaminationen und ggf. auch Aktivierungen von Bauteilen nicht auszuschließen, die als radioaktive Abfälle zu entsorgen wären. Daher würde ein Rückbau ähnlich wie der Rückbau anderer kerntechnischer Anlagen einige Jahre in Anspruch nehmen.

Wirkfaktoren

Für das Gebäude werden folgende Maße angenommen: 90 m (Länge), 55 m (mittlere Breite) und 35 m (Höhe) und damit eine **Flächeninanspruchnahme** von etwa 5.000 m² (NAGRA 2022).

Durch eine geschätzte Gebäudehöhe von 35 m und eine Gebäudelänge von 90 m entsteht **Landschaftswirkung**. Die Beschreibung und Bewertung dieses Wirkfaktors erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.

Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen- und Lärm** entstehen während der Errichtung und während eines Abrisses der Konditionierungsanlage durch LKW-Verkehr und Baumaschinen. Aus Erkenntnissen zur Errichtung von Standortzwischenlagern wird das LKW-Aufkommen während der Bauphase mit 20-40 LKW pro Tag abgeschätzt. In Spitzenzeiten ist kurzfristig mit einem Tagesaufkommen von 125 LKW zu rechnen. Während des Betriebs der Konditionierungsanlage werden zum Behältertransport Förderfahrzeuge sowie Hallenkräne betrieben. Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Eine Konditionierungsanlage wird einige Meter unter Geländeoberkante (ca. 10 m) gegründet, so dass während der Gründungsarbeiten von einer **Grundwasserabsenkung** am Standort auszugehen ist. Die Grundwasserabsenkung würde vorübergehend über einige Monate erfolgen. Eine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels von maximal einigen Metern kann in Abhängigkeit von den hydrologischen Bedingungen am Standort einen Absenkrichter mit einer Reichweite von wenigen Metern bis einigen hundert Metern um die Baugrube erzeugen. Die Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** würde in ein nahe gelegenes Fließgewässer oder in die Regenwasserkanalisation oder als Versickerung vor Ort erfolgen. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und Einleitung geförderten Grundwassers als konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Lagerung und Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Prüfstrahler und radioaktive Betriebsabfälle) ist im Hinblick auf Direktstrahlung nicht relevant.

Durch den Betrieb einer Konditionierungsanlage kommt es zur **Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)**. In (NUKEM GmbH, DWK mbH 1984) wurden Emissionen aus einer Konditionierungsanlage für bestrahlte Brennelemente abgeschätzt, wobei von einem Durchsatz von 1.311 Brennelementen im Jahr und einer Defektrate von 1 % der Stäbe ausgegangen wurde. Eine Zerlegung von Stäben wurde nicht unterstellt. Es wurde unter den genannten Bedingungen folgende Ableitungen in die Umgebungsluft abgeschätzt:

Nuklid	Inventar [Bq/a]
H-3	2,6E11
Cobalt-60	7,7E6
Nickel-63	1,9E6
Krypton-85	9,3E13
Iod-129	9,8E5
Cäsium-137	2,7E6
Plutonium-239	9,3E3

Die Kapazität der in (NUKEM GmbH, DWK mbH 1984) zugrunde gelegten Konditionierungsanlage wäre für die Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle ausreichend, so dass von Ableitungswerten in der genannten Größenordnung für die weiteren Betrachtungen ausgegangen werden kann.

Während des Betriebes fallen radioaktive Flüssigkeiten an, im Wesentlichen Dekontflüssigkeiten überwiegend mit Cobalt-60 und Cäsium-137. Höher aktive Flüssigkeiten sollten dem radioaktiven Abfall zugeführt werden, die übrigen nach Sammlung, ggf. Reinigung und Ausmessung als **Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)** abgeleitet werden. Es fallen etwa 550 m³/a an (NUKEM GmbH, DWK mbH 1984). Für die Ableitung gelten die Grenzwerte der StrlSchV. Die Ableitung radioaktiver Stoffe beinhaltet als stoffgebundene Ableitung und auf Grund zusätzlicher konventioneller Stoffe (z. B. Rückstände von Reinigungssubstanzen) eine Ableitung als **konventionelles Abwasser**. Die Bewertung des Wirkfaktors konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 2.2.5 und wird nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet Risiken möglicher **störfallbedingter Freisetzungen radiologischer Stoffe**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von etwa 5.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub sowie beim Abriss von Gebäuden verursacht. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau der Konditionierungsanlage auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei Arbeiten zur Baugrundverbesserung auftreten (z. B. Herstellung von Rüttelstopfsäulen) und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Direktstrahlung

Im Vergleich zum Eingangslager (vgl. Kapitel 4.2.3) ist die Emission von Direktstrahlung durch die Konditionierungsanlage geringer, da in der Anlage gleichzeitig nur wenige Behälter mit hochradioaktiven Abfällen gehandhabt werden. Die Direktstrahlung wirkt sich im Wesentlichen auf Menschen in der Anlage und auf dem Betriebsgelände aus.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad

Durch die Emissionen radioaktiver Stoffe sind Strahlenexpositionen von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen ausreichend niedrigen Dosis keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen durch Einwirkungen von Innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) können nicht ausgeschlossen werden, insbesondere, wenn bei der Konditionierung ein Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen erfolgt.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von etwa 5.000 m² kann potenziell relevante Umweltauswirkung auslösen. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für die obertägigen Anlagen des Endlagers einschließlich der Konditionierungseinrichtungen.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch eine längere Bauzeit.

Ab einem Abstand von etwa einem Kilometer (abhängig von den Standortbedingungen) sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine relevanten Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führt die Route zum Transport von Baumaterial nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen durch Luftschadstoffe zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist vergleichbar mit bestehenden Erfahrungen zum Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen in der Regel nicht über das Anlagengelände hinaus und sind deshalb für das Schutzgut Mensch ohne Belang. Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf empfindliche Tierarten wie beispielsweise Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich.

Werden Ortschaften umfahren und die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.

Entsprechend den Ausführungen zum Bewertungsrahmen in Kapitel 2.2.3 können infolge der Bautätigkeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen und Tiere – insbesondere in einem Abstand von weniger als 1 km – nicht ausgeschlossen werden. Die potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch Lärm sind in einer projektspezifischen UVP der geplanten Maßnahme im Hinblick auf mögliche Minimierungen zu betrachten.

Direktstrahlung

Die Emission der Direktstrahlung der Konditionierungsanlage wird durch messtechnische Überprüfung kontrolliert. Die Grenzwerte des Strahlenschutzgesetzes sind einzuhalten.

Konkrete Maßnahmen der Minimierung im Hinblick auf reale Aufenthaltszeiten von Einzelpersonen der Bevölkerung am Standort der Konditionierungsanlage und von Personen im öffentlich zugänglichen Bereich können realisiert werden. Im Rahmen der SUP des NaPro können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung nicht ausgeschlossen werden. Die Direktstrahlung ist im Zuge des Genehmigungsverfahrens zu betrachten und ggf. zu minimieren.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad

Für den Betrieb einer Konditionierungsanlage werden Ableitungswerte festgelegt, die die erwarteten Ableitungen abdecken und die Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV gewährleisten. Die Ableitungswerte wären unter der Voraussetzung eines Durchsatzes von 1.311 Brennelementen im Jahr, einer Defektrate von 1 % der Stäbe und unter der Voraussetzung, dass das Zerlegen der Brennstäbe nicht erfolgt, nicht höher als die Ableitungswerte für in Betrieb befindliche Kernkraftwerke in Deutschland. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bei ähnlicher Kaminhöhe und ähnlich großem eingezäunten Gelände die Dosisgrenzwerte durch eine zukünftige Konditionierungsanlage für hochradioaktive Abfälle deutlich unterschritten werden können. Die erwarteten Ableitungen mit der Abluft können durch verbesserte Filtertechnik für aerosolförmige Radionuklide und Iod-129 verringert werden. Bei den Ableitungen mit dem Abwasser muss der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten werden und alle dann nicht ableitbaren Abwässer weiter gereinigt oder nach Behandlung der Endlagerung zugeführt werden.

Bei Einhaltung dieser Vorgaben ist gemäß den Untersuchungen in (Küppers Chr., Ustohalova, V., Ulanovsky, A. 2012) für die hier relevanten langlebigen Radionuklide davon auszugehen, dass die Dosisbegrenzung für den Menschen gemäß StrlSchV potenzielle nachteilige Wirkungen auf Populationen von Tieren und Pflanzen abdeckt. Eine insbesondere zur Vorsorge gebotene weitere Reduzierung der potenziellen Umweltauswirkungen ist bei geeigneter Standortwahl möglich (Abstand zu Wohnbebauung, Abstand zu Orten mit langfristigem Aufenthalt von Personen, Größe des Vorfluters).

Die Ableitungen der Konditionierungsanlage über den Luft- und Wasserpfad können potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen. Im Rahmen der Genehmigung sind entsprechende Minimierungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Eine Konditionierungsanlage beinhaltet Störfallrisiken, gegen die Vorsorge zu treffen ist. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die Minimierung von Störfallrisiken als Quelle potenziell relevanter Umweltauswirkungen auf Basis einer Risikoanalyse zu berücksichtigen.

4.2.6 Endlagerung insbesondere der hochradioaktiven Abfälle

4.2.6.1 Errichtung des Endlagers

Die Errichtung des Endlagers nach Standortauswahlgesetz erfolgt im Gebiet eines bereits untertägig erkundeten Standorts. Dabei werden weitere Gebäude errichtet sowie Verkehrsflächen und Infrastrukturen erweitert bzw. neu angelegt. Der Standort erhält einen Gleisanschluss.

Da nicht zwingend davon auszugehen ist, dass das Endlager durch den weiteren Ausbau des durch die untertägige Erkundung bereits vorhandenen Erkundungsbergwerks erstellt werden kann (vgl. z. B. das geplante Endlager am französischen Standort Bure), wird vorsorglich angenommen, dass ein vollständig neues Bergwerk aufgefahren wird, analog zu der in Kapitel 4.2.2.1 skizzierten Vorgehensweise. Es wird angenommen, dass die Errichtung des Endlagers über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren erfolgen wird.

Wirkfaktoren

Am Standort entsteht durch den Ausbau der Gebäude weitere **Flächeninanspruchnahme**. Für die übertägige Anlage ist von einer Erweiterung der Flächeninanspruchnahme – inklusive der Fläche für eine Halde – auf bis zu 240.000 m² auszugehen (BGE 2021). Die in der Quelle genannte Ungewissheit von ± 12.000 m² lässt sich erst mit Konkretisierung der Planung genauer bestimmen und wird in dieser SUP vernachlässigt.

Emissionen von **Luftschadstoffen**, **Treibhausgasen** und **Lärm** erfolgen durch intensive Verkehrsbewegungen zur Anlieferung von Baumaterial und zum Abtransport von Abraum. Weitere Luftschadstoff-, Treibhausgas- und Lärmemissionen entstehen durch den Betrieb von Baumaschinen und –fahrzeugen. Das Endlagerkonzept der Schweiz geht während der Errichtung des Endlagers, die dort über drei Jahre erfolgen soll, von 400.000 m³ Ausbruch aus, der mit 50 LKW pro Tag (12 m³/LKW) zu Deponien abtransportiert wird. Der Anlieferung von Baumaterial (65.000 m³ Beton) soll mit acht LKW/Tag erfolgen (NAGRA 2002). Die Menge des Ausbruchmaterials ist abhängig vom Wirtsgestein und den geologischen Bedingungen. Die zu vier Vorschlägen für Endlagerstandorte im Opalinuston in der Schweiz berechnete Menge an Gesamtausbruch variiert um den Faktor 2 und liegt zwischen 1 und 2 Mio. m³ festes Material (NAGRA 2011). Der Wirkfaktor Treibhausgase ist in Kapitel 2.2.2 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Die Errichtung von Gebäuden mit einer Höhe von ca. 25 m und einer gegebenenfalls sichtbaren Gebäudefront von einigen hundert Metern (NAGRA 2002), zwei Kaminen und zwei Schachtgebäuden mit Höhen von 40 bis 60 m sowie die Errichtung einer Halde führen zu **Landschaftswirkung** im Landschaftsbild. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.

Beim Auffahren des Bergwerkes kann es zu **Veränderungen der Tagesoberfläche** durch Tonquell- oder Anhydritschwellprozessen kommen, sofern Schichten dieser quellfähigen Minerale bei der Bohrung durchstoßen werden. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

Während der Errichtung von Gebäuden können vorübergehend **Grundwasserabsenkungen** erforderlich sein. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der Haldenentwässerung werden nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** gelangen oder vor Ort in den Boden versickert werden. Die Bewertung

der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und Einleitung geförderten Grundwassers als konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während der Errichtung des Endlagers wird im Grubengebäude in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation (insbesondere im Kristallingestein) trotz Abdichtung gegenüber grundwasserführender Schichten Drainagewasser aufgefangen. Drainagewasser wird im Kapitel 2.2.10 mit dem Wirkfaktor **konventionelles Abwasser** behandelt und wird daher im Folgenden nicht mehr projektspezifisch betrachtet

In der Bauphase ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Die Flächeninanspruchnahme wirkt sich auf den Boden, die Grundwasserneubildung sowie Pflanzen und Tiere aus, die auf den betroffenen Flächen leben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf dem Standort des Endlagers auch Kleingewässer vorhanden und geschützte Tier- oder Pflanzenarten betroffen sind.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers, bei Sprengungen von Gestein sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Erschütterungen können beim Sprengen von Gestein und bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von insgesamt etwa 240.000 m² ist eine erhebliche Beeinträchtigung von Natur und Landschaft und kann zu potenziell relevanten Umweltauswirkung führen. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für ein Endlager. Nutzungskonflikte können bereits bei der Festlegung der Standorte für ein Erkundungsbergwerk untersucht werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Als relevante Größe zur Bewertung der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe sind die Anzahl der Transporte pro Tag sowie die Emissionen von Geräten und Maschinen auf der Baustelle pro Tag zu betrachten. Bei der Errichtung eines Endlagers mit seinen über- und untertägigen Anlagen sind zwar insgesamt erheblich größere Mengen an Aushub und Baumaterial zu bewegen als dies beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers der Fall ist, ihr Aufkommen streckt sich jedoch über einen wesentlich größeren Zeitraum. Die durch die Maschinen und Geräte auf der Baustelle verursachten Emissionen pro Tag werden ebenfalls etwa in der gleichen Größenordnung liegen wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers. Insgesamt sind die Emissionen von Luftschadstoffen pro Tag vergleichbar der Errichtung von Zwischenlagern, werden allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum anfallen. Hinzu können noch die Verwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird.

In Bezug auf Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs je nach Standortbedingungen in der Regel keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten sind, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind. Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen durch Luftschadstoffe zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm gelten hinsichtlich der Anzahl der Transporte pro Tag sowie hinsichtlich des übertägigen Betriebs von Geräten und Maschinen die oben unter „Luftschadstoffe“ ausgeführten Betrachtungen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Lärmbelastung bei der Errichtung des Endlagers in etwa in der gleichen Größenordnung liegen wird wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers, allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum.

Insgesamt ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km zur Baustelle ausreicht, um in Spitzenzeiten die für Menschen geltenden Immissionsrichtwerte einzuhalten. Dieser Einschätzung liegt die Annahme zugrunde, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelbiete, Krankenhäuser) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, so dass keine relevanten Auswirkungen auf Menschen zu erwarten sind. Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass bei 1 km Abstand keine relevanten Auswirkungen auf Menschen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen weiter. Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen bestehen, deren mögliche Minimierung auf Basis der standortspezifischen Kenntnisse zu betrachten ist.

4.2.6.2 Einlagerungsbetrieb des Endlagers

Während des Einlagerungsbetriebs eines Endlagers werden die bereits konditionierten Abfallgebinde in das Endlager verbracht und dort in die Einlagerungsbereiche eingebaut. Für das Endlager nach Standortauswahlgesetz besteht derzeit keine Festlegung auf ein Endlagerkonzept, wie z. B. Bohrloch-, Strecken- oder Kavernenlagerung. Bei den Wirtsgesteinen Granit, Ton- und Salzgestein werden mit dem Einbau der Abfallgebinde verschieden aufwändige und sich im Einbaumaterial unterscheidende geotechnische Barrieren erstellt. Das Material für die Erstellung solcher geotechnischer Barrieren (z. B. Tone oder Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) muss während des Betriebs des Endlagers angeliefert werden und wird i. d. R. zunächst auf übertägigen Lagerflächen gelagert. Der Einbau des Materials erfolgt sukzessive und parallel zur Einlagerung der Abfallgebinde.

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers werden radioaktive Abfälle in geeigneten Behältern angeliefert, nach unter Tage transportiert und eingelagert. Umweltauswirkungen durch die Anlieferung der radioaktiven Abfälle sind in Kapitel 4.2.4 beschrieben und bewertet.

In Abhängigkeit vom Endlagerkonzept werden während der Einlagerungsbetriebs des Endlagers Einlagerungsbereiche zur mechanischen Stabilisierung des Bergwerks möglicherweise vollständig verschlossen, sobald diese mit Abfällen gefüllt sind. Das Material hierzu (Tone, Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) kann entweder aus bei der Auffahrung des Bergwerks auf dem übertägigen Betriebsgelände angelegten Halden entnommen werden oder wird alternativ per LKW oder Schienentransport sukzessive angeliefert. Es wird in übertägigen Einrichtungen verarbeitet und dann unter Tage verbracht und an Ort und Stelle eingebaut. Jeglicher Einbau von Material muss qualifiziert und dokumentiert erfolgen.

Derzeit kann nur unzulänglich abgeschätzt werden, wann der Einlagerungsbetrieb des Endlagers nach Standortauswahlgesetz beginnen soll. Die Dauer der Betriebszeit ist nicht festgelegt und vom gewählten Einlagerungskonzept abhängig. Durch den aufwändigen Einbau der Abfälle in das Endlager und durch die dabei zu berücksichtigenden Anforderungen an den Strahlenschutz des Personals (betrieblicher Strahlenschutz) erfolgen die Tätigkeiten am Standort des Endlagers gleichmäßig ohne besondere Betriebsspitzen.

Wirkfaktoren

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers kann es zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen**, **Treibhausgasen** und **Lärm** durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe kommen. Hinzu kommt die Verarbeitung von Verfüllmaterial. Das Endlagerkonzept der Schweiz geht davon aus, dass während der Betriebszeit eines Endlagers ca. neun Eisenbahnwagen pro Woche mit radioaktiven Abfällen abgefertigt und in das Endlager eingebracht werden und ca. ein LKW pro Woche Verfüllmaterial anliefert (NAGRA 2002).

Bei dem in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (GRS 2012) zugrunde gelegten Endlagerkonzept (horizontale Streckenlagerung der hochradioaktiven Abfälle in Salz) werden zur Verfüllung der Einlagerungstrecken und Querschläge insgesamt ca. 585.000 m³ Salzgrus kalkuliert. Der zu verwendende Salzgrus wird vorwiegend aus dem Aushub aus der Erkundungs- und Errichtungsphase gewonnen, der auf dem Betriebsgelände des Endlagers auf einer Halde deponiert wird. D. h., dass sich die Beförderung des Salzgruses auf den Bereich des Betriebsgeländes beschränkt, sofern kein zusätzliches Material benötigt wird.

Emissionen von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm entstehen während der Einlagerungsbetriebs z. B. durch die Heizanlage, den Betrieb von Maschinen über Tage und die Lüftungs-/Bewetterungsanlage. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

Untertägige Sprengarbeiten können **Lärm und Erschütterungen** bedingen.

Während des Einlagerungsbetriebs kann es, je nach Endlagerkonzept, notwendig sein, eine während der Errichtung des Endlagers möglicherweise durchgeführte **Grundwasserabsenkung** aufrecht zu halten. Gemäß den Endlagerkonzeptionen in Finnland entstehen bei der Errichtung eines Endlagers Absenktichter von 0,5 bis 2 km Radius um die Anlage mit einer Absenktiefe des Grundwasserspiegels von 10 bis 60 m. Die Größe des entstehenden Absenktichters hängt von den bergbaulichen Erfordernissen und den hydrogeologischen Verhältnissen vor Ort ab. Nach Einstellung der Grundwasserabsenkung vergehen bei großen Absenktiefen, wie dies beispielsweise in Finnland aufgrund der hydrogeologischen Ausgangssituation erforderlich ist, mehrere Jahre, bis sich das ursprüngliche Niveau des Grundwassers eingespiegelt hat (Posiva OY 1999), so dass entstehende Auswirkungen langfristig auftreten. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der Haldenentwässerung sollen nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** eingeleitet werden.

Während des Einlagerungsbetriebs kann, in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation (insbesondere Granit) Drainagewasser anfallen, das als **konventionelles Abwasser** zu entsorgen ist. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Schachtwasser, das trotz Abdichtung der Schächte anfallen kann, Luftfeuchtigkeit aus den Wettern, die im Grubenbereich kondensieren sowie Formationswässer, die mit der Bildung der Gesteinsformation oder in Klüften eingeschlossen wurden. Insbesondere bei einem kristallinen Wirtsgestein können Grubenwässer anfallen, die über Klüfte mit der Hydrosphäre in Verbindung stehen. Auf Basis standortunabhängiger Betrachtungen zur Bewertung von Auswirkungen auf das Grundwasser während der Betriebszeit eines Endlagers im Tongestein in der Schweiz (NAGRA 2013) wird für ein Endlager in Deutschland vorsorglich davon ausgegangen, dass eine Menge von 5 l/s Drainagewasser während der Offenhaltung anfällt. Das Wasser wird aufgefangen, zu Tage gefördert und nach ggf. erfolgreicher chemischer Klärung und Absetzen von Schwebstoffen in einen Vorfluter eingeleitet (ca. 63.000 m³ pro Jahr).

Die Wirkfaktoren Grundwasserabsenkung und konventionelle Abwässer aus Grundwasserabsenkung und Drainagewasser werden im Kapitel 2.2.10 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Mit der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle ist ein **Wärmeeintrag** in das umgebende Gestein verbunden. Die Umweltauswirkungen durch einen möglichen Wärmeeintrag in den Untergrund werden in Kapitel 2.2.8 abschließend beschrieben und bewertet. Eine projektspezifische Betrachtung erfolgt hier nicht.

Beim Betrieb ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Bei der Bewetterung, der Bereitstellung der Endlagerbehälter für die Einlagerung, beim Einlagerungsprozess sowie beim Rückbau untertägiger Strahlenschutzbereiche, z. B. beim Verschluss der einzelnen untertägigen Einlagerungskammern, sowie bei Dekontaminationsvorgängen wird davon ausgegangen, dass Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung) aufgrund der Dichtigkeit der Endlagerbehälter ausgeschlossen sind.

Eine aus der **Direktstrahlung** resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers während des Umgangs (innerbetrieblicher Transport und Einlagerungsarbeiten) mit den Abfallgebinden/-Behältern auftreten (siehe Kapitel 2.2.4).

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager ist zu zeigen, dass relevante **Störfälle** während des Einlagerungsbetriebs zu keinen Freisetzen führen, die die bestehenden Grenzwerte gemäß Strahlenschutzverordnung überschreiten. Relevante Störfälle während des Einlagerungsbetriebs, gegen die das Endlager auszulegen ist, sind z. B. übertägige und untertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung (Behälterabsturz), Brände oder Einwirkungen von außen. Die Auslegung gegen diese Störfälle wird durch die technischen Eigenschaften der Anlage selbst und durch die Integrität der Abfallgebinde erreicht. Betrachtungen zu übertägigen Störfällen unterscheiden sich dabei nicht von Störfallnachweisen, wie sie für Standortzwischenlager oder Behandlungsanlagen für Nukleare Stoffe geführt wurden. Untertägige Störfälle dürfen darüber hinaus nicht die Langzeitsicherheit des Endlagers z. B. durch störfallbedingte Lösungszutritte während des Betriebs und nach Stilllegung gefährden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden durch den Betrieb von Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen sowie durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewetterung verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Luftschadstoffemissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärmemissionen werden durch übertägig betriebene Geräte und Maschinen sowie durch Transportfahrzeuge verursacht. Zusätzlich können Lärmemissionen und Erschütterungen beim Sprengen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen

erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken.

Direktstrahlung

Die Exposition durch Direktstrahlung in unmittelbarer Nähe der Abfallgebinde betrifft grundsätzlich die sich dort aufhaltenden Menschen und gegebenenfalls dort vorhandene Tiere. Beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers erfolgt allerdings immer nur eine Handhabung einzelner Behälter, außerdem erfolgen die meisten Handhabungsvorgänge untertage. Eine Exposition von Schutzgütern durch Direktstrahlung während des Einlagerungsbetriebs kann daher praktisch ausgeschlossen werden. Eine Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der SUP ist nicht erforderlich.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Störfälle, wie Brand oder Explosionen, können zu ungeplanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen und sich daher auf die Schutzgüter Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter auswirken. Die aus potenziellen Störfällen resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung hängt vom Quellterm, dem Ereignisablauf und meteorologischen Bedingungen ab sowie von Vorsorge-Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen bzw. zur Begrenzung potenzieller radiologischer Auswirkungen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Während des Einlagerungsbetriebs entspricht die transportbedingte Schadstoff- und Staubemission durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe wie z. B. Bentonit in etwa der Schadstoff- und Staubemission während der Errichtung des Endlagers. Jedoch erfolgen die Transporte des Haldenmaterials während des Einlagerungsbetriebs über einen größeren Zeitraum (einige Jahrzehnte) verteilt, so dass Spitzenbelastungen vermieden werden. Da das Transportaufkommen pro Zeiteinheit gering ist und die Emissionen pro Zeiteinheit am Standort ebenfalls gering sind, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen weder entlang der Transportrouten noch in der Umgebung des Standorts zu erwarten, wenn Abwehungen von der Abraumhalde auch während des Einlagerungsbetriebs durch Abdecken oder Feuchthalten minimiert werden.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 beschrieben. Lärm verursachende Tätigkeiten finden während des Einlagerungsbetriebs nur in geringem Umfang statt. Durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewetterung werden keine relevanten Lärmemissionen verursacht. Transporte von Halden- oder Baumaterial sind über einen langen Zeitraum gestreckt und daher pro Zeiteinheit gering. Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass durch den Einlagerungsbetrieb weder am Standort noch entlang der Transportrouten relevante Auswirkungen durch Lärm für Menschen und Tiere verursacht werden.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass keine relevanten Auswirkungen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen über den Endlagerstandort hinaus.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände der nächsten Wohnbebauung bzw. anderer Schutzgüter wie Tiere von der jeweiligen Erschütterungsquelle relevant. Eine Bewertung der entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch Erschütterungen ist erst mit zunehmender Konkretisierung des Planungsstandes oder im Zuge eines Genehmigungsverfahrens unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Das Risiko für Störfälle kann minimiert werden, indem das maximal freisetzbare Inventar bei Handhabungen begrenzt wird. Beispielsweise kann dies für den Störfall Brand dadurch erreicht werden, dass das gehandhabte Inventar durch eine Festlegung auf eine Maximalmenge der Gebinde pro innerbetrieblicher Transporteinheit bzw. die Menge der gehandhabten Gebindeeinheiten je Einlagerungsvorgang begrenzt wird.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Störfälle orientiert sich bei kerntechnischen Anlagen an den Ergebnissen der sicherheitstechnischen Bewertung. Die Bewertungskriterien für „Sicherheit“ werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik angewendet. Durch die Handhabung geschlossener Abfallgebinde können in einem Endlager zahlreiche Störfälle ausgeschlossen werden, die bei komplexeren Systemen (z. B. bei der Lagerung bestrahlter Brennelemente in einem Abklingbecken) eine Rolle spielen. Durch Vorsorgemaßnahmen sind Störfälle daher entweder zu vermeiden oder, soweit dies nicht möglich ist, sind die radiologischen Auswirkungen durch entsprechende Maßnahmen zu begrenzen. Das Risiko für Störfälle im Zusammenhang mit dem Einlagerungsbetrieb ist in etwa vergleichbar mit anderen Anlagen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Störfallbedingte erhebliche Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt sind daher unwahrscheinlich. Da entsprechende Nachweise im Genehmigungsverfahren noch zu führen sind, wird hier davon ausgegangen, dass potenziell relevante Umweltauswirkungen aufgrund radiologischer Störfälle vorliegen können.

4.2.6.3 Verschluss des Endlagers

Der Verschluss des Endlagers dient dem Ziel, die Isolation der Radionuklide im Zusammenwirken mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich und den darin enthaltenen technischen und geotechnischen Barrieren zu gewährleisten.

Man unterscheidet zwischen Verfüll- und Verschlussmaßnahmen in den Einlagerungsbereichen und solchen in den übrigen Bereichen des Endlagerbergwerks, z. B. Schachtzugänge, Verbindungs- und Zugangsstrecken und Infrastrukturbereiche. Es wird von einem Endlagerkonzept ausgegangen, bei dem parallel zur Einlagerung der Abfallgebinde eine Verfüllung der bereits beladenen Einlagerungsstrecken und/oder Einlagerungsbohrlöcher vorgenommen wird. Auch die Abschlussbauwerke wie Strecken- und Bohrlochverschlüsse zur Abschottung vom übrigen Grubengebäude werden ebenfalls während des Einlagerungsbetriebs errichtet. Der hier betrachtete Verschluss des Endlagers bezieht sich auf die Phase nach dem Einlagerungsbetrieb, in dem bereits große Teile der untertägigen Einrichtungen rückgebaut und Auffahrungen in den Einlagerungsbereichen verfüllt und verschlossen werden.

Während des Verschlusses eines Endlagers werden zentrale Zugangsbereiche vollständig verfüllt und verschlossen. Das Material wie z. B. Tone, Sande, Salzgrus und Schotter wird am Standort des Endlagers auf einer Halde oder mehreren Halden gelagert (hierzu gehört auch der Aushub aus der

Erkundungs- und Errichtungsphase) und/oder angeliefert und sukzessive zur Verfüllung von Hohlräumen in das Endlager eingebracht.

Nach Verschluss aller untertägigen Bereiche des Endlagers werden übertägige Gebäude nach radiologischer Einschätzung, Kontrolle und Freimessung abgebaut oder beliebig nachgenutzt. Der konventionelle Abbruch von Gebäuden erfolgt in der Regel in kurzen Zeiträumen unter Zwischenlagerung von Abbruchmaterial, ggf. erfolgt ein Beton und Bauschuttrecycling durch mobile Anlagen vor Ort und nachfolgenden Abtransport der Abbruchmaterialien zur Verwertung oder Entsorgung.

Ein kleiner Teil der Gebäude am Standort des Endlagers wird zur Aufzeichnung, Verarbeitung und Dokumentation von Daten des Monitorings über unbestimmte Zeit genutzt werden. Es ist davon auszugehen, dass in ferner Zukunft an der Erdoberfläche keine offensichtlichen Hinweise auf die Existenz eines Endlagers in den darunterliegenden tiefen geologischen Formationen verbleiben werden.

Wirkfaktoren

Während der Verschlussphase des Endlagers wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. aufbereitet und in die Hohlräume des Endlagers eingebracht. Hierbei kommt es zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen und Treibhausgasen**.

Gemäß dem in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (GRS 2012) zugrunde gelegten Endlagerkonzept (horizontale Streckenlagerung der hochradioaktiven Abfälle in Salz) wurden zur Verfüllung der Richtstrecken und Querschläge auf der Einlagerungssohle und Erkundungssohle insgesamt 575.000 m³ Salzgrus und für die Infrastrukturbereiche 340.000 m³ Schotter kalkuliert. Hierin sind nicht die Verfüllmengen enthalten, die bereits während des Einlagerungsbetriebs für die Einlagerungsstrecken und Querschläge eingebracht würden (siehe hierzu Kapitel 4.2.6.2). Der zu verwendende Salzgrus würde vorwiegend aus dem Aushub aus der Erkundungs- und Errichtungsphase gewonnen, der auf dem Betriebsgelände des Endlagers auf einer Halde deponiert wird. D. h., dass sich die Beförderung des Salzgruses auf den Bereich des Betriebsgeländes beschränken sollte, sofern die vorhandene Menge ausreichend wäre. Der Schotter würde von außerhalb angeliefert werden müssen.

Weitere Fahrzeugtransporte ergeben sich durch den Abtransport der rückgebauten untertägigen und übertägigen Einrichtungen. Darüber hinaus werden Liefertransporte von z. B. Befestigungsmaterialien, Mutterboden und Pflanzen in der Phase der Rekultivierung des Betriebsgeländes anfallen. Der Zeitraum und Umfang für diese Transporte wird deutlich geringer sein als der zugrunde gelegte Zeitrahmen und das Transportaufkommen für die Verfüllung des Endlagers. Damit fallen auch geringere Luftschadstoff- und Staubemissionen durch Fahrzeuge an.

In der Verschlussphase eines Endlagers sind durch Kfz und Baumaschinen bei den Verfüll- und Verschlussmaßnahmen, Rückbauarbeiten, Rekultivierung und Installation von Ausrüstungsgegenständen und Messinstrumenten bzw. Vorkehrungen für die Umweltüberwachung Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen, Lärm** und durch Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden zusätzlich **Erschütterungen** zu erwarten. Die höchsten Belastungen an Lärm und Erschütterungen sowie Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen fallen während der übertägigen Rückbauarbeiten an. Allerdings wird der Rückbau im Vergleich zur Verfüllung und damit auch zu anderen Phasen wie Erkundung, Errichtung und Einlagerungsbetrieb in einem relativ kurzen Zeitraum erfolgen. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

Konventionelles Abwasser fällt bei **Grundwasserabsenkungen** an, die in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation des Standortes während der untertägigen Verfüllmaßnahmen und bei dem Rückbau der Schachteinbauten und der Errichtung der Schachtverschlüsse aufrechterhalten werden müssen. Darüber hinaus kann ggf. vorhandenes „Bergwasser“ als Kluft- oder Formationswasser anfallen. Ein wesentlicher Beitrag zur Gesamtabwassermenge entsteht durch das Haldenwasser, das bei Regen aus der Halde austritt. Brauchwasser z. B. aus LKW-Reinigungsanlagen und aus Sanitärbereichen spielt im Vergleich zu dem Abwasser, das aus den bergbaulichen Prozessen entsteht, qualitativ und quantitativ eine untergeordnete Rolle. Die Wirkfaktoren **Grundwasserabsenkung** und **konventionelles Abwasser** werden im Kapitel 2.2.10 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Mit der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle ist ein **Wärmeeintrag** in das umgebende Gestein verbunden. Die Umweltauswirkungen durch den einen möglichen Wärmeeintrag in den Untergrund werden in Kapitel 2.2.8 abschließend beschrieben und bewertet. Eine projektspezifische Betrachtung erfolgt hier nicht.

In der Verschlussphase ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Während der Verschlussphase eines Endlagers kann es z. B. durch Einbring- und Verdichtungsmaßnahmen des Versatzmaterials sowie bei den übertägigen Rückbauarbeiten zu **Erschütterungen** kommen. Das Ausmaß möglicher Erschütterungen wird im Vergleich zur Errichtungsphase mit möglichen Rammarbeiten und Sprengungen als gering eingestuft.

Im Zuge der Verschlussphase des Endlagers werden in Bezug auf den Wirkfaktor **Flächeninanspruchnahme** und **Landschaftswirkung** durch die Abtragung der Halde, die Rückbaumaßnahmen und die Rekultivierung des Betriebsgeländes die versiegelten Flächen und Gebäude sukzessive abgebaut. Solche positiven Wirkungen werden nicht weiter betrachtet.

Durch die mit dem Verschluss des Endlagers verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Veränderungen der Tagesoberfläche** (wie z. B. Senkungen oder Rissbildung) reduziert bzw. minimiert. Die Anforderungen an den Langzeitsicherheitsnachweis beinhalten, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich über den Nachweiszeitraum von etwa 1. Mio. Jahren seine Funktion als Barriere erfüllt. Dies schließt größere unterirdische Einbrüche und Verschiebungen, die sich an der Erdoberfläche bemerkbar machen, aus. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

Während der untertägigen Rückbauarbeiten, der Verfüllung der Hohlräume und der Verschlussmaßnahmen z. B. beim Rückbau der Schachteinbauten und der anschließenden Errichtung des Schachtabschlussbauwerkes wird eine **Grundwasserabsenkung** vorzunehmen sein. Dieser Wirkfaktor sowie die damit verbundenen Einleitungen geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** werden in Kapitel 2.2.8 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

Zu betrachtende **Störfälle** während der Verschlussphase des Endlagers sind z. B. übertägige und untertägige Störfälle wie Brände oder Einwirkungen von außen. Darüber hinaus sind z. B. störfallbedingte Lösungszutritte oder Beschädigung des Schachtverschlusses im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Endlagers zu berücksichtigen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau der Gebäude (z.B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z.B. Schotter und beim Abtransport von z.B. Bauschutt und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau von Gebäuden (z. B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z. B. Schotter und beim Abtransport von z.B. Bauschutt und Abraum verursacht. Erschütterungen können durch Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Von störfallbedingten Freisetzungen radiologischer Stoffe können Schutzgüter wie Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft betroffen sein.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Emissionen verursachen. Hinzu können noch die Abwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss.

Werden die in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Vorsorge-Aspekte berücksichtigt, kann für die aus dem Verschluss des Endlagers resultierenden Luftschadstoffe dennoch angenommen werden, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km abhängig von den Standortbedingungen in der Regel keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs zu erwarten sind.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen durch Luftschadstoffe zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden. Sie

sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm- und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Lärm verursachen. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss. Die bei Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftretenden Erschütterungen werden voraussichtlich nicht über den Endlagerstandort hinaus wirken und deshalb keine relevanten Auswirkungen auf Menschen verursachen. Die beim Abbruch von Gebäuden entstehenden Erschütterungen können nur im Einzelfall bewertet werden. Dafür ist zum einen eine genauere Kenntnis über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen infolge der verwendeten Abbruchtechnik, zum anderen über das Vorkommen möglicherweise betroffener Vogelarten, Säugetiere und Reptilien sowie insbesondere über die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere notwendig.

Insgesamt ist beim Verschluss des Endlagers hinsichtlich lärmbedingter Auswirkungen davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km ausreicht, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen für Menschen zu vermeiden. Dieser Einschätzung liegt die Annahme zu Grund, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z.B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können auch potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen und Tiere bestehen, zu deren Bewertung und ggf. Minimierung standortspezifische Kenntnisse erforderlich sind.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager sind Störfälle während der Verschlussphase zu analysieren. Relevante Störfallszenarien während des Endlagerverschlusses sind übertägige und untertägige Störfälle wie z. B. Brände oder Einwirkungen von außen. Durch die Auslegung des Endlagers muss die Einhaltung der Störfallplanungswerte gewährleistet sein. Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe sind im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Sie können potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen.

4.2.6.4 Zeitraum nach Verschluss des Endlagers

Nach dem Verschluss des Endlagers sollen die radioaktiven Abfälle dauerhaft von der Biosphäre isoliert bleiben. Die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle legen fest, welches Sicherheitsniveau zur Erfüllung der atomrechtlichen Anforderungen ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen

nachweislich einzuhalten hat (EndlSiAnfV). Bei der Endlagerung wird ein Einschluss der Abfälle in geologischen Formationen angestrebt, der die radioaktiven Stoffe dauerhaft von der Biosphäre fernhält. Für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass die durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, verursachte zusätzliche effektive Dosis für die dadurch betroffenen Menschen 0,1 Millisievert pro Kalenderjahr nicht überschreitet. Für wahrscheinliche Entwicklungen gelten strengere Anforderungen. Dies muss im Genehmigungsverfahren für den Zeitraum von einer Million Jahre nachgewiesen werden. Von einer dauerhaften Überwachung des Endlagers ist nicht auszugehen.

Anhand des gegenwärtigen Planungsstands des NaPro lassen sich keine validen Prognosen für eine Nachverschlussphase des Endlagers treffen. Auf eine Beschreibung und Bewertung potenziell relevanter Umweltauswirkungen im Rahmen des NaPro wird in dieser SUP daher verzichtet.

4.3 Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle und Überführung ins Endlager Konrad

Die beim Betrieb angefallenen sowie beim Rückbau kerntechnischer Anlagen anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle sowie schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Industrie, Forschung und Medizin müssen zwischengelagert werden, bis das dafür vorgesehene Endlager Konrad in Betrieb ist. Die Zwischenlagerung geschieht bis zum Transport ins Endlager Konrad in Abfall-Zwischenlagern an Kernkraftwerks- oder Forschungsstandorten, zentralen Abfalllagern, Landessammelstellen oder der Sammelstelle der Bundeswehr (Kapitel 4.3.1). Die Umweltauswirkungen werden übergreifend für alle Standorte bewertet, unabhängig davon ob im jeweiligen Genehmigungsverfahren bereits Umweltbewertungen vorgenommen wurden.

Desweiteren wird der Transport der Abfälle zum Endlager Konrad (Kapitel 4.3.2) sowie die Stilllegung der Zwischenlager (Kapitel 4.3.3) betrachtet. Die Endlagerung und alle damit verbundenen Vorgänge mit ihren jeweiligen resultierenden Umweltauswirkungen wurden im Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad geprüft und sind hier nicht weiter zu berücksichtigen.

4.3.1 Verlängerter Betrieb der Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Durch mehrfache Verzögerungen bei der Fertigstellung und Inbetriebnahme des Endlagers Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, müssen diese nun länger zwischengelagert werden als ursprünglich vorgesehen. Aktuell geht die BGE davon aus, dass die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen Anfang der 2030er Jahre beginnen wird. An einigen Kernkraftwerks- und Forschungsstandorten wurden inzwischen weitere Lagerkapazitäten geschaffen.

Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind je nach Standort nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG, § 7 Absatz 1 AtG oder § 7 Absatz 3 AtG genehmigt. Diese Genehmigungen sind nicht prinzipiell zeitlich befristet wie bei den Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle. Eine UVP-Pflicht besteht gemäß Anlage 1 UVPG nur unter bestimmten Bedingungen hinsichtlich Inventar, Lagerort und Dauer der Lagerung. Für einzelne Zwischenlager wurde eine UVP durchgeführt (z. B. Lasma Brunsbüttel, Transportbereitstellungshalle Grohnde), in anderen wurde lediglich eine Vorprüfung durchgeführt (z. B. Zwischenlager in Philippsburg und Neckarwestheim).

Unabhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen erfolgt im Rahmen der SUP des NaPro eine generische Betrachtung des verlängerten Betriebs von bestehenden Zwischenlagern für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.

Für die Einlagerung im Endlager Konrad müssen die dafür vorgesehenen Abfälle die entsprechenden Endlagerungsbedingungen einhalten. Dafür müssen sie konditioniert werden (verschiedene Formen der Abfallbehandlung und Verpackung in zugelassene Behälter) und zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerbedingungen einer Produktkontrolle durch die BGE unterzogen werden.

Der Einlagerungsbetrieb im Endlager Konrad soll laut NaPro ‚einen Zeitraum von 40 Jahren nicht überschreiten‘. Über diese Betriebszeit werden Abfälle entsprechend so lange zwischengelagert werden, bis sie zur Einlagerung abgerufen werden.

Am Zwischenlagerstandort werden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Bei Ein- und Auslagerungen finden Ein- bzw Ausgangskontrollen der Behälter statt. Dabei erfolgen radiologische Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußeren Beschädigungen. Während des Lagerbetriebs werden wiederkehrende Prüfungen durchgeführt.
- Im Rahmen regelmäßiger Prüfungen werden an der Anlage (Gebäude, Kran, Notstromversorgung etc.) spezifisch abgestimmte Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt.

Wirkfaktoren

Von den zwischengelagerten Gebinden geht **Direktstrahlung** aus. Diese ist von den verschiedenen Abfalltypen und Verarbeitungszuständen abhängig. In aller Regel werden in den Zwischenlagern sowohl konditionierte oder teilkonditionierte Abfälle als auch Rohabfälle gelagert.

Prinzipiell können luftgetragene radioaktive Stoffe aus den Abfallprodukten in die Behälteratmosphäre und aus der Behälteratmosphäre in die Raumluft gelangen und anschließend über das Lüftungssystem abgeleitet werden. Bedarfsweise ist das Lüftungssystem mit entsprechenden Abluftfiltern und Messsystemen ausgestattet. Grenzwerte für Ableitungen ergeben sich aus dem Strahlenschutzrecht, sie sind Bestandteil der jeweiligen Genehmigung der Anlage. **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** sind im Normalbetrieb anzunehmen.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad entstehen in aller Regel nicht, da kontaminierte Wässer behandelt werden beispielsweise durch Verdampfung und anschließend den **radioaktiven Betriebsabfällen** zugeordnet werden. Diese sind bereits in Kapitel 2.2.19 beschrieben und abschließend bewertet.

Durch die verlängerte Zwischenlagerung besteht das Risiko von **störfallbedingten Freisetzungen radiologischer Stoffe** unverändert fort. Gemäß Strahlenschutzrecht sind diese im Rahmen der Genehmigung umfassend zu bewerten und ggf. Maßnahmen zum Schutz der Umwelt (§ 11 StrlSchG) zu ergreifen.

Ebenso bleiben die Wirkfaktoren **Flächeninanspruchnahme** und **Landschaftswirkung** fortbestehen, siehe dazu die Beschreibungen in Kapitel 2.2.1 und 2.2.12. Da nach derzeitigem Stand keine weiteren Zwischenlager gebaut werden, entstehen aber keine zusätzlichen negativen Auswirkungen.

Beim Betrieb ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Wirkungen durch Direktstrahlung sind auf Menschen sowie auf Tiere und Pflanzen möglich. Die Direktstrahlung wird, bezogen auf ein voll belegtes Lager, bei der Verlängerung der Zwischenlagerdauer, abnehmen, da kurzlebige Radionuklide abklingen. Zudem wird die Abschirmung verbessert durch die mit der Zeit vollständig konditionierten Abfälle.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitungen)

Luftgetragene Emissionen können in den Zwischenlagern entstehen. Ihre Obergrenzen werden auf Basis gesetzlicher Anforderungen in den jeweiligen Genehmigungen geregelt. In der Praxis werden diese Obergrenzen in aller Regel nicht ausgeschöpft.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) sind störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen möglich. Im Rahmen der Genehmigungen wird die Einhaltung der Grenzwerte auch unter Störfallbedingungen bewertet. Durch Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen wird einerseits das Risiko für die jeweiligen Störfälle reduziert oder, sofern ein Restrisiko nicht ausgeschlossen werden kann, die Umweltauswirkungen durch die dadurch möglicherweise auftretende störfallbedingte Freisetzung minimiert.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung bleiben bestehen, sie werden aber abnehmen. Im Rahmen der SUP sind mögliche Umweltauswirkungen als potenziell relevant einzustufen.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitungen)

Luftgetragene Emissionen bleiben im verlängerten Betrieb bestehen und müssen weiterhin berücksichtigt werden.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Durch den weiteren Betrieb der Zwischenlager bleibt das Risiko störfallbedingter Freisetzungen zwar bestehen, es erhöht sich aber nicht. Im Gegenteil kann durch den steigenden Anteil verpackter Abfälle z. B. in störfallfeste Verpackungen angenommen werden, dass das Risiko von Freisetzungen sinkt. Aus Vorsorgegründen sollten Umweltauswirkungen aus störfallbedingten Freisetzungen als potenziell relevant betrachtet werden.

4.3.2 Überführung in das Endlager Konrad

Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle finden sich im „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“.

Transporte zum Endlager Konrad werden sich über die Dauer der Betriebszeit von 40 Jahren verteilen. Die potenziellen radiologischen Auswirkungen des Transports der radioaktiven Abfälle zum Endlager Konrad wurden in Transportstudien untersucht (GRS 2009; 2023).

Den Abschätzungen wurden jährlich etwa 2300 zu transportierende Container bzw. im Mittel wöchentlich etwa 50 Container zugrunde gelegt (GRS 2009). Als radiologische Belastung wurde für den unfallfreien Transport eine maximale Strahlenexposition von rund 0,02 mSv/a (effektive Dosis) für Personen der Bevölkerung und Werte von maximal 0,1 bis 0,6 mSv/a für Arbeitskräfte berechnet (GRS 2009; 2023). Ebenfalls betrachtet wurden Transportunfälle. Diese sind sehr selten, aber prinzipiell denkbar (BMVBS 2013). Mögliche Freisetzungen sind gering. Unter der Annahme verschiedener Unfallszenarien ermittelt (GRS 2009) in 99 von 100 Fällen eine effektive Dosis von kleiner 0,3 mSv.

Wirkfaktoren

Beim Transport radioaktiver Abfälle treten als Wirkfaktoren **Luftschadstoffe und Treibhausgase** sowie **Lärm** auf. Im Rahmen der vorliegenden generischen Betrachtungen der SUP ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Transporte radioaktiver Abfälle zeitlich über die Betriebszeit des Endlagers Konrad gestaffelt erfolgen. Daher ergibt sich voraussichtlich entlang des Beförderungsweges – unabhängig vom Verkehrsträger – keine nennenswerte Erhöhung des Transportaufkommens. Die genannten Wirkfaktoren sind daher hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus muss der radiologische Wirkfaktor **Direktstrahlung** in Abhängigkeit der Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters betrachtet werden. Diesbezügliche Abschätzungen liegen vor.

Des Weiteren ist der Wirkfaktor Direktstrahlung und **Freisetzung radioaktiver Stoffe** auf Grund von Transportunfällen im Hinblick auf die daraus resultierenden Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu betrachten. Auch dazu wurden Abschätzungen gemacht.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Der Wirkfaktor „Direktstrahlung“ ist in einem Untersuchungsraum von wenigen hundert Metern um die Transportrouten sowie die Zufahrtswege und Tagesanlagen eines Endlagers relevant. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann gemäß ALARA-Prinzip durch Vergrößerung des Abstandes, Verstärkung der Abschirmung und/oder Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Für Personen der Bevölkerung ist die Exposition durch Direktstrahlung auf den Aufenthalt entlang der Transportstrecke und der Dauer der Vorbeifahrt an der Person begrenzt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt reduziert bzw. vermieden werden.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe (Transportunfälle)

Für die Beförderung radioaktiver Abfälle existiert ein strenges und einheitliches System internationaler Regeln und Vorschriften. Ein Transportunfall ist unwahrscheinlich, aber kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung im Rahmen eines Unfalls für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für die mit der Bergung beschäftigten Personen betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die bereits heute festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Durch wechselnde Transportrouten und reduzierte Standzeiten während der Transporte kann die Strahlenexposition für Anwohner minimiert werden. Aus den Transportstudien zu Konrad (GRS 2009; 2023) resultieren sehr geringe maximale Strahlenexpositionen. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass keine relevanten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder andere Schutzgüter zu erwarten sind.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe (Transportunfälle)

Für die nach einem nicht ausschließbaren Unfall mit der Bergung Beschäftigten kann durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Freisetzung oder Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzgesetz zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung überschreitet. Das Freisetzungspotential dieser Abfallgebinde ist gering. Da solche Transportunfälle außerdem selten sind, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu berücksichtigen.

4.3.3 Stilllegung der Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Nach Abtransport aller radioaktiven Abfälle und anschließender Freimessung werden die Gebäude der Zwischenlager sowie die umgebende Infrastruktur konventionell abgerissen oder anderweitig genutzt. Je nach Zeitpunkt der Stilllegung kann dies beispielsweise an Kernkraftwerksstandorten im Zusammenhang mit dem Rückbau erfolgen. Zum Einsatz kommen z. B. Baumaschinen, Transportfahrzeuge und mobile Brechanlagen zur Zerkleinerung des Betonabbruchs. Das Betonabbruchmaterial kann wiederverwendet werden.

Im Kapitel 4.1.4 ist die Stilllegung der Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle bereits beschrieben. Wirkfaktoren und potenzielle Umweltauswirkungen sind im überblicksartigen Rahmen der SUP des NaPro als identisch einzustufen und deshalb gleich zu bewerten.

4.4 Entsorgung der rückgeholten Asse-Abfälle und Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Die Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II umfasst folgende Projektphasen: Die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II (Kapitel 4.4.1) geht mit Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Konditionierungseinrichtungen zur

Bearbeitung und Verpackung der rückgeholten Abfälle (Kapitel 4.4.2) einher. Übertägig ist eine Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle am Standort (Kapitel 4.4.3) vorgesehen. Nach der vollständigen Rückholung kommt es zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II (Kapitel 4.4.4).

4.4.1 Rückholung der radioaktiven Abfälle

Bevor die Schachtanlage Asse II stillgelegt werden kann, sollen die radioaktiven Abfälle zurückgeholt werden. Die Rückholung ist in § 57b AtG gesetzlich geregelt.

Nach BGE (2020) umfasst die Rückholung der radioaktiven Abfälle die rund 126.000 in die Schachtanlage Asse II eingelagerten Gebinde mit einem Volumen von etwa 47.000 m³. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Abfallbestandteile aus zerstörten Gebinden ausgetreten sind und das umgebende Salzgrus kontaminiert haben. Das ursprüngliche Abfallvolumen wird sich daher auf etwa 100.000 m³ vergrößern (BGE 2020).

Derzeit findet die Erkundung der Einlagerungskammern statt, die von erforderlichen Untersuchungen zu Marktverfügbarkeit und technischen Voraussetzungen der notwendigen Bergungstechnik sowie Machbarkeitsstudien zur prinzipiellen Vorgehensweise bei der Rückholung begleitet wird. Bei der Bergung sollen u.a. Schleusen unter Tage eingerichtet werden. Damit soll gewährleistet werden, dass bei der Handhabung der radioaktiven Abfälle die Vorgaben des Strahlenschutzrechts im Hinblick auf die Dosisgrenzwerte eingehalten werden.

Die radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II sind in 13 Einlagerungskammern auf drei Sohlen (511 m, 725 m und 750 m) eingelagert. Für die Rückholung sollen ein Rückholbergwerk aufgefahren und ein Bergungsschacht (Schacht Asse 5 im Osten des heutigen Bestandsbergwerks) geteuft werden. Die Infrastruktur wird parallel zu den laufenden Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung errichtet. Die bei der Bergung der radioaktiven Abfälle zum Einsatz kommenden Technologien richten sich vornehmlich nach der jeweiligen Einlagerungssituation sowie den geologischen/gebirgsmechanischen Randbedingungen und müssen den Sicherheitsanforderungen des Atom-, Strahlenschutz- und Bergrechtes genügen (BGE 2020).

Der derzeitige Rückholplan der BGE sieht vor, dass die Rückholung im Jahr 2033 beginnen soll (BGE 2020).

Wirkfaktoren

Für den Bau des Schachtes Asse 5, des Rückholbergwerks sowie weiterer Gebäude-Infrastrukturen erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme**. Für diese Umweltprüfung wird von einer maximal zu versiegelnden Fläche ausgegangen, die der Errichtung der Tagesanlagen eines Erkundungsbergwerks (geschätzt auf maximal 50.000 m²) entspricht. Darüber hinaus nimmt die Fläche zur Lagerung des Abraums ca. 60.000 m² in Anspruch.

Durch die Errichtung eines Schachtgebäudes, einer Halde sowie ggf. weiterer Gebäude besteht **Landschaftswirkung**. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.12.

Für die Wirkungen **Luftschadstoffe**, **Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterungen** wird für die Bauphase des Schachtes 5 angenommen, dass sie maximal in dem Umfang auftreten, wie sie in etwa bei der Errichtung von Erkundungsbergwerken zu erwarten sind. Der Rückholungsbetrieb wird allenfalls unerheblich zu Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm führen, da die Arbeiten größtenteils untertägig oder in geschlossenen Hallen stattfinden sollen. Luftschadstoffe sollen dabei durch die Filterung der Abluft nach Möglichkeit zurückgehalten werden. Für Umweltauswirkungen

durch Treibhausgase erfolgt eine übergeordnete Beschreibung und abschließende Bewertung in Kapitel 2.2.2.

Beim Abteufen des Schachtes können **Grundwasserabsenkungen** nicht ausgeschlossen werden. Die Einleitung geförderten Grundwassers würde als **konventionelles Abwasser** erfolgen. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung und Einleitung geförderten Grundwassers als Abwasser erfolgt abdeckend im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Beim Betrieb ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Dieser Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Da die Tätigkeiten im Rückholungsbetrieb mit offenen radioaktiven Stoffen unter Tage stattfinden, kommt es zu keiner im Rahmen der SUP relevanten **Direktstrahlung**. Übertägig werden nur in Overpacks verpackte Gebinde gehandhabt. Die Direktstrahlung bei der Konditionierung und Zwischenlagerung wird in Kapitel 4.4.2 und 4.4.3 betrachtet.

Während der Rückholung wird die Bewetterung der Arbeitsbereiche und ggf. auch der geöffneten Einlagerungskammern notwendig. Infolgedessen wird gegenüber dem heutigen Zustand eine erhöhte Menge an gasförmigen Radionukliden als **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** in die Umwelt abgeleitet. Bei den Bergungsarbeiten unter Tage können Stäube, die radioaktiv kontaminiert sind, in relevanter Menge entstehen. Partikel und Schwebstoffe können mit einem hohen Wirkungsgrad in Filteranlagen abgeschieden werden.

Während der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Asse sind **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad** denkbar. Es können radioaktive Abwässer entstehen, die in Gewässer abgeleitet werden dürfen, sofern sie bestimmte Aktivitätsgrenzwerte unterschreiten.

Risiken möglicher **störfallbedingter Freisetzungen radioaktiver Stoffe** bestehen während des untertägigen Rückholungsbetriebes.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme durch Errichtung eines Schachtes sowie ggf. weiterer Verkehrsflächen führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche.

Luftschadstoffe

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM10, PM2,5), Stickoxide und Schwefeloxide, werden – wie bei Baustellen – insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen verursacht. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärmemissionen werden durch die gleichen Geräte, Maschinen und Transportfahrzeuge wie bei den Emissionen von Luftschadstoffen verursacht. Zusätzlich können Lärmemissionen und Erschütterungen beim Sprengen von Gestein auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von

Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere, insbesondere Fledermäuse, ebenfalls negativ auswirken.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad (Ableitung)

Bei den Planungen des Rückholbergwerkes sind auch die Einhaltung der genehmigten Ableitungen mit der Fortluft und über den Wasserpfad zu beachten. In welcher Höhe die Ableitungen beantragt werden, ist noch nicht bekannt.

Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe

Freisetzungen von radiologischen Stoffen sind beim Öffnen von Kammern, durch Handhabungsfehler bei einer Abfallbergung, durch Brand oder Explosion etc. prinzipiell möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme für das Schachtgebäude, die Halde und ggf. weitere Verkehrsflächen und Gebäude kann potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Festlegung der Flächen für Gebäude und Verkehrsflächen möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Emissionen von Luftschadstoffen werden in der gleichen Größenordnung verursacht wie beim heutigen Offenhaltungsbetrieb der Schachanlage Asse II und bei der Errichtung eines Erkundungsbergwerkes. Werden die in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Vorsorgeaspekte berücksichtigt, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von etwa 1 km (abhängig von den Standortbedingungen der Baustelle) keine relevanten Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen auftreten. Gleiches gilt für den Abstand zum Lebensraum von Tieren, insbesondere geschützten Arten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Lärm wird in der gleichen Größenordnung verursacht wie beim heutigen Offenhaltungsbetrieb der Schachanlage Asse II und bei der Errichtung eines Erkundungsbergwerkes. Beträgt der Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung wie bei Errichtung eines Erkundungsbergwerkes mehr als 1 km, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten. Innerhalb eines Radius von 1 km können potenziell relevante Umweltauswirkungen nicht ausgeschlossen werden.

Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände sehr unterschiedlich sind.

Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad (Ableitung)

Die tatsächliche Höhe der Ableitungen und die maximale Dosis bei Ausschöpfung genehmigter Ableitungswerte können erst bei Fortschritt der Kenntnisse über den Zustand der rückzuholenden Abfälle sowie konkreter Entwicklung und Planung der Bergungstechnik besser abgeschätzt werden. Durch Lüftungstechnische Maßnahmen können die Ableitungen über den Luftpfad reduziert werden. Die Ableitungen über den Wasserpfad können durch verschiedene Behandlungsmethoden des Abwassers reduziert werden. Für die Rückholung ist sicherzustellen, dass die Dosisgrenzwerte nach Strahlenschutzrecht eingehalten sind. Für die Emissionen radioaktiver Stoffe können potenziell relevante Umweltauswirkungen im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe können nicht ausgeschlossen werden. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen, in der eine ausreichende Störfallvorsorge nachgewiesen wird. Dabei kann die Genehmigungsbehörde gemäß § 57b Abs. 5 Satz 3 AtG den Störfallplanungswert im Einzelfall festlegen.

4.4.2 Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Charakterisierungs- und Konditionierungseinrichtungen zur Bearbeitung und Verpackung der rückgeholten Abfälle

Eine Charakterisierung und Konditionierung der rückgeholten radioaktiven Abfälle ist erforderlich. Gemäß NaPro soll die Charakterisierung und Konditionierung am Standort der Schachanlage Asse II erfolgen. Die BGE hat sich bereits für einen Standort entschieden, eine abschließende Festlegung erfolgt in einem Genehmigungsverfahren (siehe Kapitel 1.3.1.3). Für diesen Bericht wird angenommen, dass die Konditionierung am Ort der Rückholung erfolgt.

Während der Bauphase erfolgt die Errichtung der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage mit einem Pufferlager zur Eingangs- und Ausgangslagerung sowie der Infrastrukturen (Straßenanbindung, Elektrizität etc.). Außerdem werden weitere Gebäude für Anlagensicherung, Wartungsarbeiten und Personal errichtet.

Während des Betriebes werden nach außen kontaminationsfreie Overpacks über Tage angeliefert, radiologische Messungen durchgeführt und die Abfälle nach einer ggf. erfolgreichen Separation neu verpackt. Die Konditionierungsanlage besteht aus mehreren Konditionierungs- und Trocknungsstraßen. Der Rückholplan aus dem Jahr 2020 sieht vor, die Anlage so zu dimensionieren, dass zwischen 80 und 100 Gebinde pro Tag verarbeitet werden können (BGE 2020). Fertig konditionierte Abfallgebände werden im Ausgangspufferlager zu Transporteinheiten für eine Überführung in das zu errichtende Zwischenlager auf der ausgewählten Zwischenlagerstandortfläche 1 der Schachanlage Asse II (vgl. Kapitel 1.3.1.3) bereitgestellt. Der aus den Transportcontainern und den Betonzuschlagsstoffen resultierende Volumenzuwachs der

Abfälle wird mit dem Faktor 2 abgeschätzt und führt damit zu einem zwischen- bzw. später endzulagernden Gesamtvolumen von ca. 200 000 m³ (BGE 2020).

Die Stilllegung der Konditionierungsanlage entspricht im Hinblick auf Wirkfaktoren im Wesentlichen ihrem Bau.

Wirkfaktoren

Für das Gebäude wird eine **Flächeninanspruchnahme** von etwa 20.000 m² angenommen¹⁴. Je nachdem, ob das Zwischenlager und die Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage beisammen am Ort der Rückholung errichtet werden oder voneinander getrennt, können wesentliche Abweichungen vom Konzept bestehen.

Beim Bau und Rückbau kommt es zu Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen** sowie zu **Lärm und Erschütterungen**. Während des Betriebs der Anlage sind Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sowie Lärm vernachlässigbar. Für Umweltauswirkungen durch Treibhausgase erfolgt eine übergeordnete Beschreibung und abschließende Bewertung in Kapitel 2.2.2.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Durch das Gebäude entsteht **Landschaftswirkung**. Dieser Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.12 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beim Bau einer Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage können temporär **Grundwasserabsenkungen** und Einleitungen geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 2.2.10 in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen abdeckend betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Während der Charakterisierung und Konditionierung sind Wirkungen durch **Direktstrahlung, Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Wasserpfad (Ableitungen)** sowie Risiken möglicher **Störfälle** zu berücksichtigen.

Bei einem Rückbau der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage fallen im Vergleich zu den insgesamt anfallenden Baumassen geringe Mengen an radioaktiven Abfällen bei der Dekontamination an, die einer Endlagerung zuzuführen sind. Die anfallenden Mengen sind für die Betrachtung der SUP nicht relevant.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

¹⁴ Diese Zahl ist eine eigene Abschätzung auf folgender Basis: In BGE (2020) wird für die Zwischenlagerung eine Fläche von ca. 30.000 m² angenommen. In Abbildung 31 dieses Berichts ist die Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage sowie das Zwischenlager auf einer Gesamtfläche von ca. 50.000 m² abgebildet. Aus dieser Abbildung ergibt sich ohne die Zwischenlagerfläche die Schätzung von ca. 20.000 m² für Charakterisierung und Konditionierung.

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 20.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und der Stilllegung der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim der Stilllegung der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Direktstrahlung

Direktstrahlung kann bei Menschen sowie bei Tieren und Pflanzen Schäden in Zellen oder Gewebe verursachen.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad (Ableitung)

Durch die Emissionen radioaktiver Stoffe sind Strahlenexpositionen von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen ausreichend niedrigen Dosis keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Störfälle

Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand, Leckage etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) bestehen Risiken für störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 20.000 m² kann zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Die Errichtung der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Reststoffbehandlungszentren an anderen Standorten. Die eingesetzten Maschinen und Geräte sind

voraussichtlich vergleichbar. Ein Abgleich mit den Ergebnissen von Umwelterheblichkeitsstudien für die Reststoffbehandlungszentren ergibt folgendes:

- Ab einem Abstand von 1 km sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.
- Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Hinsichtlich Lärm und Erschütterungen besteht ebenfalls eine direkte Vergleichbarkeit mit Umwelterheblichkeitsstudien zum Bau von Reststoffbehandlungszentren. Ein Abgleich ergibt folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 2.2.3).
- Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen bestehen. Zusätzlich können innerhalb von 100 m zu den Transportrouten potenzielle Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen in Wohngebieten oder anderen empfindlichen Nutzungen bestehen (z. B. Krankenhäuser).

Direktstrahlung

Im Hinblick auf die Bewertung möglicher Strahlenexposition, die durch die Direktstrahlung (einschließlich Skyshine) eines Zwischenlagers verursacht wird, wurde in BfS (2014). Entfernungen von 500 m, 1.000 m und 3.000 m zwischen Wohnbebauung und Zwischenlager zu Asse II untersucht. Die De-Minimis-Dosis von 10 µSv im Kalenderjahr wird bereits bei einem Abstand zum Zwischenlager von ca. 170 m unterschritten. Da das Zwischenlager ein deutlich größeres Inventar

beinhaltet als die Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage, kann davon ausgegangen werden, dass die Direktstrahlung aus der Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage mit möglichem Pufferlager für die Abfälle aus der Schachtanlage Asse II in einer deutlich geringeren Entfernung als 170 m vernachlässigt werden kann und keine relevanten Umweltauswirkungen zu erwarten sind.

Durch messtechnische Überprüfung und unter Realisierung von Maßnahmen zur Minimierung kann die Direktstrahlung zusätzlich soweit begrenzt werden, dass die Grenzwerte des Strahlenschutzrechts eingehalten werden.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Ableitungen radioaktiver Stoffe, wie sie aus dem oben angeführten Beispiel einer großen Konditionierungseinrichtung erfolgen, führen in der Umgebung zur deutlichen Unterschreitung der zulässigen Dosisgrenzwerte. Voraussetzung ist dabei insbesondere eine ausreichend bemessene Kaminhöhe. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Es bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Bei den Ableitungen mit dem Abwasser kann der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten sind und alle dann nicht ableitbaren Abwässer weiter gereinigt oder nach Behandlung der Endlagerung zugeführt werden. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Es bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Eine Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage beinhaltet Störfallrisiken, gegen die Vorsorge zu treffen ist. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die Minimierung von Störfallrisiken als Quelle für Freisetzungen radiologischer Stoffe mit potenziell relevanten Umweltauswirkungen auf Basis einer Risikoanalyse zu berücksichtigen.

4.4.3 Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Zwischenlagers für die konditionierten radioaktiven Abfälle

Gemäß NaPro soll die Zwischenlagerung in einem am Standort neu zu errichtenden Zwischenlager erfolgen. Die Festlegung des Standortes für die Zwischenlagerung der charakterisierten und konditionierten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II erfolgt abschließend mit der Genehmigung. Die BGE hat sich bereits für einen Standort für Konditionierung und Zwischenlagerung an der Schachtanlage Asse II entschieden (siehe dazu Kapitel 1.3.1.3). Im Folgenden wird deshalb eine standortnahe Zwischenlagerung angenommen. Das Projekt ist in folgende Phasen zu unterteilen:

In der Bauphase erfolgt die Errichtung des Zwischenlagers mit Verkehrswegen zur Anbindung an das öffentliche Straßennetz sowie weiteren Gebäuden zum Zweck der Einlagerung, Anlagensicherung und Wartung von Behältern sowie zur Unterbringung von Personal.

Während des Zwischenlagerbetriebes erfolgt die sukzessive Einlagerung von Behältern, die Lagerung der Behälter unter Durchführung von Kontrollarbeiten und die Auslagerung der Behälter zur Überführung in ein Endlager.

Die Stilllegung des Zwischenlagers entspricht im Hinblick auf Wirkfaktoren im Wesentlichen dem Bau des Zwischenlagers. Nach vorheriger Freimessung werden die Gebäude konventionell abgerissen oder anderweitig genutzt.

Exkurs: Standortfernes Zwischenlager

Unabhängig davon, ob ein Zwischenlager in unmittelbarer Umgebung der Schachanlage Asse II oder standortfern errichtet wird, sind die Projektphasen Bau, Betrieb und Stilllegung zu betrachten. Im Rahmen der in der SUP erfolgenden generischen Betrachtungen sind dieselben Wirkfaktoren und Umweltauswirkungen zu betrachten.

Bei einem standortfernen Zwischenlager muss zusätzlich eine Überführung der konditionierten Abfälle von der Konditionierungsanlage zum Zwischenlager einbezogen werden. Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle finden sich im „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“ (Kapitel 4.1.2). Die in Kapitel 4.3.2 für die Überführungen in das Endlager Konrad dargestellten Wirkfaktoren und Umweltauswirkungen entsprechen denen der Überführung in ein standortfernes Zwischenlager.

Generell steigen die Umweltauswirkungen durch Transporte mit zunehmender Entfernung des Zwischenlagers zur Schachanlage Asse II und der Anzahl an Transporten. Zur Anzahl der Transporte werden im Hinblick auf eine Dosisabschätzung in (BGE 2020) noch sehr grobe Abschätzungen vorgenommen: Die Abschätzung reicht von 25 bis 1250 Transporten pro Jahr.

Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm, Luftschadstoffe, Treibhausgase und Direktstrahlung sowie durch störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe infolge von Transportunfällen können für die Überführung der konditionierten Abfälle in ein standortfernes Zwischenlager nicht ausgeschlossen werden.

Wirkfaktoren

Aufgrund der Vergrößerung des Volumens durch Konditionierung der rückgeholten radioaktiven Abfälle ergibt sich das Erfordernis zur Lagerung endlagergerechter Gebinde mit einem Gesamtvolumen von ca. 200.000 m³ (BGE 2020). Nach (BGE 2020) sind ca. 30.000 m² für die Zwischenlagerung notwendig. Unter Berücksichtigung weiterer Flächen für Verkehrsflächen, Infrastruktureinrichtungen wie Bürogebäude und Sicherungsanlagen wird für die gesamte **Flächeninanspruchnahme** von etwa 40.000 m² ausgegangen.

Durch das Zwischenlagergebäude entsteht **Landschaftswirkung** in der umgebenden Landschaft. Dieser Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.12 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Sollte das Zwischenlager so dimensioniert werden müssen, dass es alle radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II aufnehmen könnte, wäre es etwa zehnmal größer als beispielsweise Zwischenlager für radioaktive Abfälle, wie sie im Zuge des Rückbaus am Standort von Kernkraftwerken errichtet werden. Daher wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen durch **Luftschadstoffe, Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterungen** (Bau- und Transportlärm) pro Zeiteinheit zwar nicht proportional, aber um das 1,5 bis 2-fache höher sind. Das gleiche gilt auch für

den Rückbau der Anlage. Eine Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beim Bau eines Zwischenlagers können temporär **Grundwasserabsenkungen** und Einleitungen geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 2.2.10 betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Von den zwischengelagerten Gebinden geht **Direktstrahlung** aus.

Es kommt zu keinen relevanten **Emissionen radioaktiver Stoffe** im Normalbetrieb, so dass eine weitere Betrachtung dieses potenziellen Wirkfaktors im Rahmen der SUP des NaPro nicht erforderlich ist.

Es besteht das Risiko von **Störfällen**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 40.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Direktstrahlung

Direktstrahlung kann bei Menschen, Tieren und Pflanzen negative Auswirkungen auf Zellen und Gewebe haben.

Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe

Störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) sind möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 40.000 m² kann zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Werden die in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Vorsorgeaspekte berücksichtigt, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von etwa 1 km (abhängig von den Standortbedingungen der Baustelle) keine relevanten Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen auftreten. Gleiches gilt für den Abstand zum Lebensraum von Tieren, insbesondere geschützten Arten.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Routen nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Ein Abgleich mit den Ergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager ergibt unter Berücksichtigung des erhöhten Maschinen- und Geräteeinsatzes sowie der erhöhten Transportaufkommen folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle und 100 m zu den Transportrouten können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm auf Menschen bestehen.

Erschütterungen, beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen, reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine relevanten Auswirkungen durch Erschütterungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.

Direktstrahlung

Im Hinblick auf die Bewertung möglicher Strahlenexposition, die durch die Direktstrahlung (einschließlich Skyshine) eines Zwischenlagers verursacht wird, wurde in BfS (2014). Entfernungen von 500 m, 1.000 m und 3.000 m zwischen Wohnbebauung und Zwischenlager untersucht. Die De-Minimis-Dosis von 10 μ Sv pro Kalenderjahr wird bei einem Abstand zum Zwischenlager von ca. 170 m unterschritten.

Innerhalb eines Radius von 170 m bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen. Durch messtechnische Überprüfung und unter Realisierung von Maßnahmen zur Minimierung kann die Direktstrahlung soweit begrenzt werden, dass die Grenzwerte des Strahlenschutzrechts eingehalten werden. Möglichkeiten der Minimierung bestehen insbesondere durch bauliche Abschirmmaßnahmen. Die Notwendigkeit für Minimierungsmaßnahmen ist im Zuge der UVP zu überprüfen und ggf. anzuordnen.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen, in der eine ausreichende Störfallvorsorge nachgewiesen wird. Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe können im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden.

4.4.4 Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Der Rückholplan der BGE aus dem Jahr 2020 (BGE 2020) sieht Folgendes vor: Nachdem die radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern rückgeholt wurden, erfolgt die zur späteren Stilllegung notwendige Erfassung der verbleibenden Restkontamination. Anschließend werden die Einlagerungskammern und alle weiteren für die Rückholung der radioaktiven Abfälle genutzten Grubenräume mit einem kohäsiven Baustoff bzw. mit Sorelbeton verfüllt, um weitere Gebirgsverformungen zu reduzieren. Die Verfüllung der Einlagerungskammern erfolgt schrittweise entsprechend dem Fortschritt der Rückholung. Der Ablauf bzw. die Dauer einzelner Maßnahmen werden dabei so gestaltet, dass die Offenhaltungsdauer insbesondere von großen Grubenbauen minimiert wird. Die Verfüllung der Einlagerungskammern erfolgt schrittweise entsprechend dem Fortschritt der Rückholung.

Nach Abschluss der Rückholung der radioaktiven Abfälle und Verfüllung der Einlagerungskammern soll die eigentliche Stilllegung der Schachtanlage Asse II nach Atomrecht erfolgen. Die untertägigen Einrichtungen sollen rückgebaut und die noch vorhandenen Grubenbaue verfüllt und verschlossen werden. In der Stilllegungsphase sollen die zentralen Zugangsbereiche bzw. restlichen Hohlräume sowie die Schächte verfüllt und verschlossen werden. Die Stilllegung der Schachtanlage Asse II soll mit der Verwahrung des Bergwerkes und anschließendem übertägigen Rückbau und sich ebenfalls anschließenden Rekultivierungsarbeiten abgeschlossen werden. Es wird angenommen, dass folgende Tätigkeiten am Standort im Rahmen der Stilllegung durchgeführt werden:

- Untertage erfolgt der Rückbau der betrieblichen Einrichtungen und die Verfüllung aller Hohlräume einschließlich der Schächte.
- Über Tage erfolgt der Rückbau aller Gebäude, soweit diese nicht unter Denkmalschutz stehen, und Halden sowie die Rekultivierung.

Wirkfaktoren

Während der Stilllegung der Schachanlage Asse II wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. auf einer Halde gelagert sowie am Standort aufbereitet und in die noch verbliebenen untertägigen Hohlräume eingebracht. Darüber entstehen durch die Abbrucharbeiten und den Abtransport von Bauschutt und Baustellenabfällen **Luftschadstoffe und Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterungen**. Die Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen durch Fahrzeuge inklusive schienengebundenem Transport werden aufgrund der kurzen Stilllegungsphase, des weitaus geringeren Umfanges an Verfüll- und Verschlussmaßnahmen sowie Rückbauarbeiten im Vergleich zum Verschluss eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz geringer eingeschätzt. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

Ggf. anfallende **konventionelle Abwässer** inklusive Haldenabwasser reduzieren sich im Vergleich zum Betrieb der Schachanlage Asse II durch den Abbau von Halden während der Stilllegung und werden hier nicht weiter betrachtet.

Während der Stilllegung ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Die **Landschaftsbildveränderung** einschließlich **Flächenentsiegelung** der Stilllegung ist eine Renaturierung und Anpassung an das Gesamtlandschaftsbild. Es bestehen daraus keine relevanten Umweltauswirkungen.

Durch die mit der Stilllegungsphase verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Veränderungen der Tagesoberfläche** (wie z. B. Senkungen, Risse) verhindert bzw. minimiert. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.9.

Emissionen radioaktiver Stoffe im Normalbetrieb oder störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe sind bei der Stilllegung der Schachanlage Asse II nicht zu besorgen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen der beschriebenen Wirkfaktoren sind in den vorangestellten Kapiteln zur Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II qualitativ beschrieben. Die Stilllegung der Schachanlage Asse II führt quantitativ zu geringeren Auswirkungen als die Rückholung sowie die Zwischenlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, da insbesondere große Bauvorhaben nicht erfolgen und das Gelände renaturiert werden kann.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die beschriebenen Wirkfaktoren **Luftschadstoffe** und **Lärm** können auch bei der Stilllegung der Asse zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Genehmigungsverfahren zu bewerten.

4.5 Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung

Im nachfolgenden Kapitel wird die Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung betrachtet für den Fall, dass eine weitere Verwertung dieser Reststoffe nicht erfolgt. Bei der Anreicherung von Uran fällt abgereichertes Uran (Tails) an. Die Tails werden bisher als Wertstoff angesehen, da prinzipiell zur Gewinnung von Feed- bzw. Produkt-Material eine erneute

Anreicherung oder eine Verwendung in Brutreaktoren möglich wäre. Erfüllen sich solche Erwartungen nicht, so ist das Material zur geordneten Beseitigung einem Endlager zuzuführen (Urenco 2002).

Laut dem Bericht der Bundesregierung für die achte Überprüfungskonferenz im März 2025 (BMUV 2024b) sind dann etwa 100.000 m³ Abfälle aus der Urananreicherung zu berücksichtigen und in einem weiteren Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (siehe hierzu Kapitel 4.7) zu entsorgen.

Eine Verwertung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung wird nicht betrachtet, da es sich dabei nicht um eine Entsorgung von radioaktiven Abfällen handelt.

Sofern das abgereicherte Uran nicht verwertet wird, erfolgt eine Endlagerung als radioaktiver Abfall in den nachfolgend dargestellten Phasen:

- Zwischenlagerung der bei der Urananreicherung angefallenen und anfallenden Reststoffe (Kapitel 4.5.1)
- Endlagerechte Konditionierung der Abfälle (Kapitel 4.5.2)
- Stilllegung und Rückbau des Zwischenlagers (Kapitel 4.5.4)
- Die Endlagerung nach Standortauswahlgesetz erfolgt in einem weiteren Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (siehe hierzu Kapitel 4.7). Die Überführung der Abfälle in dieses Endlager wird in Kapitel 4.7.1 betrachtet.

4.5.1 Zwischenlagerung der bei der Urananreicherung angefallenen und anfallenden Reststoffe

An der Anreicherungsanlage der Urenco Deutschland GmbH in Gronau gibt es Freilager für Natururan in Form von Feed und für abgereichertes Uran in Form von UF₆ in Transport- und Lagerbehältern und ein Lagergebäude für die Zwischenlagerung des abgereicherten Urans in Form von Uranoxid (U₃O₈). Errichtung und Betrieb eines Zwischenlagers müssen daher hier nicht weiter betrachtet werden.

4.5.2 Endlagerechte Konditionierung der Abfälle

Die Abfälle aus der Urananreicherung müssen vor ihrer Endlagerung so konditioniert werden, dass sie die Annahmebedingungen des entsprechenden Endlagers erfüllen. Die diesbezüglichen Anforderungen sind für diese Abfallart bisher nicht festgelegt. Im Rahmen der SUP des NaPro wird konservativ davon ausgegangen, dass eine Konditionierung mit Behandlung des U₃O₈ erfolgt, und hierzu eine Konditionierungsanlage errichtet, betrieben und stillgelegt werden wird.

Wirkfaktoren

Bei der Errichtung der Konditionierungsanlage erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme**. Es wird wie bereits in der SUP 2015 (BMUB 2015) von einer Fläche von ca. 2.500 m² ausgegangen.

Durch das Gebäude entsteht **Landschaftswirkung** in der umgebenden Landschaft. Dieser Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.12 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Beim Bau und späterem Rückbau der Konditionierungsanlage kommt es zur **Emission von Luftschadstoffen, Treibhausgasen** sowie **Lärm und Erschütterungen**. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

In der Bauphase, beim Betrieb und beim Rückbau ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Während des Baus einer Konditionierungsanlage können temporär **Grundwasserabsenkungen** und **Abwassereinleitungen** geförderten Grundwassers nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 2.2.10 übergreifend betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet weder relevante Luftschadstoff- und Staubemissionen noch relevante Lärmemissionen. Allerdings führt der Betrieb der Konditionierungsanlage zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung), die jedoch außerhalb des Gebäudes nicht relevant ist und daher nicht weiter betrachtet wird. Bei der Konditionierung können derzeit **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** nicht ausgeschlossen werden.

Bei Dekontaminationsarbeiten können kontaminierte Abwässer anfallen, die gesammelt und ggf. in einen Vorfluter abgeleitet werden, so dass **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad** entstehen.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet zudem Risiken einer **störfallbedingten Freisetzung radioaktiver Stoffe**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 2.500 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Im Verhältnis zu anderen bereits betriebenen Konditionierungsanlagen ist mit deutlich geringeren Ableitungen radioaktiver Stoffe zu rechnen, da U_3O_8 relativ schwer flüchtig und über eine Abluftanlage filterbar ist.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Höher aktive Flüssigkeiten werden dem radioaktiven Abfall zugeführt, die übrigen Abwässer werden im Rahmen der entsprechenden Genehmigung abgeleitet.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Durch Einwirkungen von Innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) sind störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 2.500 m² kann potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Reststoffbehandlungszentren an anderen Standorten. Die eingesetzten Maschinen und Geräte sind voraussichtlich vergleichbar. Ein Abgleich mit den Ergebnissen von Umwelterheblichkeitsstudien für die Reststoffbehandlungszentren ergibt folgendes:

- Ab einem Abstand von etwa 1 km (abhängig von den Standortbedingungen) sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.
- Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Hinsichtlich Lärm und Erschütterungen besteht ebenfalls eine direkte Vergleichbarkeit mit Umwelterheblichkeitsstudien zum Bau von Reststoffbehandlungszentren. Ein Abgleich ergibt folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 2.2.3).
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärmemissionen auf Menschen bestehen. Innerhalb von 100 m zu den Transportrouten können potenzielle Umweltauswirkungen auf Menschen in Wohngebieten oder anderen empfindlichen Nutzungen bestehen (z. B. Krankenhäuser). Hinsichtlich der Auswirkungen auf Tiere kann festgestellt werden, dass beim Vorhandensein von lärmempfindlichen Vogelarten der erforderliche Abstand zur Baustelle und den Transportwegen im Einzelfall zu prüfen ist.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine potenziell relevanten Auswirkungen durch Erschütterungen auf Menschen zu erwarten sind. Eine Prüfung und Bewertung potenziell relevanter Umweltauswirkungen durch Erschütterungen ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über möglicherweise betroffene Vogelarten, Säugetieren und Reptilien und insbesondere die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere möglich.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Sofern Ableitungen radioaktiver Stoffe bei einer Konditionierung auftreten, lägen diese deutlich unterhalb zulässigen Dosisgrenzwerte. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Die Ableitungen können potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen und sind im Genehmigungsverfahren zu betrachten.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Bei Ableitungen mit dem Abwasser z. B. aus der Behälterspülung kann der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten sind. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Es können potenziell relevante Umweltauswirkungen entstehen, die im Rahmen der Genehmigung zu klären sind.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe können nicht ausgeschlossen werden. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen.

4.5.3 Stilllegung und Rückbau des Zwischenlagers und der Freilager

Nach Abtransport aller radioaktiven Abfälle und anschließender Freimessung werden die Gebäude der Zwischenlager sowie die umgebende Infrastruktur konventionell abgerissen oder anderweitig genutzt. Zum Einsatz kommen z. B. Baumaschinen, Transportfahrzeuge und mobile Brechanlagen zur Zerkleinerung des Betonabbruchs. Das Betonabbruchmaterial kann wiederverwendet werden.

Im Kapitel 4.1.4 ist die Stilllegung der Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle bereits beschrieben. Wirkfaktoren und potenzielle Umweltauswirkungen sind im überblicksartigen Rahmen der SUP des NaPro als identisch einzustufen und deshalb gleich zu bewerten.

4.6 Entsorgung der „Delta-Abfälle“

Gemäß der Definition der ESK handelt es sich bei den „Delta-Abfällen“ um „radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die auf Grund ihres Nuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung oder dem Zeitpunkt ihres Anfalls nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad geeignet sind.“ (ESK 2023a). Die Abfälle, die aus der Schachanlage Asse II zurückgeholt werden und das abgereicherte Uran aus der Urananreicherung werden als separate Abfallströme betrachtet.

„Delta-Abfälle“ sind schwach- und mittelradioaktive Abfälle, die auch beim Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen der kommerziellen Stromerzeugung oder der Forschung sowie in der Industrie und der Medizin anfallen. Ob schwach- und mittelradioaktive Abfälle als „Delta-Abfälle“ behandelt werden, hängt von der Zuordnung im Einlagerungsmanagement, der Betriebszeit und den Endlagerbedingungen des Endlagers Konrad ab. Beispielsweise sind sowohl die maximal einlagerbaren Aktivitäten bestimmter Radionuklide als auch die maximal einlagerbaren Massen bestimmter Stoffe im Endlager Konrad begrenzt. Sind diese Grenzen ausgeschöpft, können radioaktive Abfälle mit diesen Inhaltsstoffen nicht mehr entgegengenommen werden. Damit werden diese zu „Delta-Abfällen“ und einem anderen Endlager zugeordnet.

Da nach letzten Erhebungen der Anfall schwach- und mittelradioaktiver Abfälle (ohne Abfälle aus der Asse und Urantails) 360.000 m³ betragen soll (BMUV 2024e) und die Konrad-Genehmigung ein maximales Abfallvolumen von 303.000 m³ umfasst, sind entsprechend mindestens 57.000 m³ „Delta-Abfälle“ zu erwarten. Das Volumen könnte durch die Aktivitäts- und Massenbegrenzung sowie dem Anfall nach Betriebszeitende des Endlagers Konrad weiter ansteigen.

Die Entsorgung der „Delta-Abfälle“ umfasst den Betrieb der Zwischenlager, die Überführung in ein Endlager und den Rückbau der Zwischenlager.

Da die Einordnung in den Abfallstrom der „Delta-Abfälle“ in aller Regel erst im Rahmen der Abgabe an das Endlager erfolgen wird, werden diese zunächst wie andere schwach- und mittelradioaktive Abfälle behandelt. Die Abfälle werden gemäß der Endlagerungsbedingungen Konrad konditioniert und verpackt. Eine Zwischenlagerung erfolgt in den vorhandenen Abfall-Zwischenlagern an Kernkraftwerksstandorten, zentralen Stellen und Forschungseinrichtungen sowie den

Landessammelstellen und der Sammelstelle der Bundeswehr. Die verlängerte Zwischenlagerung der „Delta-Abfälle“ unterscheidet sich in ihren Prozessen nicht von der verlängerten Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die für die Entsorgung ins Endlager Konrad vorgesehen sind. Es werden die gleichen Tätigkeiten wie in Kapitel 4.3.1 beschrieben durchgeführt. Es schließt sich die Überführung an einen Endlagerstandort und die Stilllegung der Zwischenlager an. Diese sind bereits in den Kapiteln 4.3.2 und 4.3.3 beschrieben und werden deshalb hier nicht erneut betrachtet.

Im Unterschied zu den Abfällen für das Endlager Konrad kann die Zwischenlagerzeit von „Delta-Abfällen“ deutlich länger sein, da noch kein Endlager für diese Abfälle zur Verfügung steht. Unabhängig davon, ob ein weiteres Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am gleichen Standort wie das Endlager für hochradioaktive Abfälle oder an einem weiteren Standort errichtet werden wird, ist von einer Zwischenlagerung von bis zu mehreren Jahrzehnten auszugehen.

Offen ist, ob für die Einlagerung in das dritte Endlager eine Umverpackung in neu zu konzipierende Endlagerbehälter oder andere Schritte der Konditionierung erforderlich sein werden. Dies kann nicht bewertet werden, da dies von den Annahmebedingungen des dritten Endlagers abhängig sein wird. Diesbezügliche Hinweise finden sich in Kapitel 4.7.2.2.

Wirkfaktoren und Beschreibung ihrer potenziellen Umweltauswirkungen

Die Wirkfaktoren und die Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen entsprechen denen in Kapitel 4.3.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die Bewertungen der potenziellen Umweltauswirkungen entsprechen denen in Kapitel 4.3, da es sich um dieselben Anlagen handelt. Für die „Delta-Abfälle“ ist lediglich zu berücksichtigen, dass Umweltauswirkungen aus einem Teil der Zwischenlager länger – und zwar bis zur Verfügbarkeit eines Endlagers – bestehen bleiben. Dauer und Standorte sind noch völlig offen. Für die im Rahmen der SUP durchgeführte überblicksartige Bewertung ist anzunehmen, dass Umweltauswirkungen über das Kapitel 4.3 ausreichend erfasst sind und darüber hinaus keine relevanten Umweltauswirkungen zu berücksichtigen sind.

4.7 Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in einem weiteren Endlager

Gemäß des NaPro (BMUV 2024e) wird im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle geprüft, ob am gleichen Standort die Möglichkeit einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden, möglich ist. Es handelt sich um die rückgeholten Asse-Abfälle, die radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und um die „Delta-Abfälle“.

4.7.1 Überführung der im Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle endzulagernden Abfälle zum Endlagerstandort

Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle finden sich in Kapitel 4.1.2 im „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“.

Die Abfallverursacher liefern die radioaktiven Abfälle gemäß einem koordinierten Abrufsystem zum Endlager an. Für die Abfalltransporte ist von Schienentransport und Straßentransport per LKW auszugehen.

Wirkfaktoren

Beim Transport radioaktiver Abfälle treten als Wirkfaktoren im Wesentlichen **Luftschadstoffe**, **Treibhausgase** sowie **Lärm und Erschütterung** auf (GRS 2009). Im Rahmen der vorliegenden generischen Betrachtungen der SUP ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Transporte radioaktiver Abfälle zeitlich über mehrere Jahre gestaffelt erfolgen. Daher ergibt sich voraussichtlich entlang des Beförderungsweges – unabhängig vom Verkehrsträger – keine nennenswerte Erhöhung des Transportaufkommens. Die genannten Wirkfaktoren sind daher hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus muss der radiologische Wirkfaktor **Direktstrahlung** in Abhängigkeit der Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters betrachtet werden. Die potenzielle Relevanz dieser Wirkfaktoren hängt dabei primär von den gewählten Verkehrsträgern sowie der notwendigen Anzahl und Dauer der Transporte ab.

Des Weiteren ist der Wirkfaktor **Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen** im Hinblick auf die daraus resultierenden Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu betrachten.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Der Wirkfaktor „Direktstrahlung“ ist in einem Untersuchungsraum von wenigen hundert Metern um die Transportrouten sowie die Zufahrtswege und Tagesanlagen eines Endlagers relevant. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann gemäß ALARA-Prinzip durch Vergrößerung des Abstandes, Verstärkung der Abschirmung und/oder Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Für Personen der Bevölkerung ist die Exposition durch Direktstrahlung auf den Aufenthalt entlang der Transportstrecke und der Dauer der Vorbeifahrt an der Person begrenzt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt reduziert bzw. vermieden werden.

Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen

Für die Beförderung radioaktiver Abfälle existiert ein strenges und einheitliches System internationaler Regeln und Vorschriften. Ein Transportunfall ist unwahrscheinlich, aber kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigter Personen betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die bereits heute festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Durch wechselnde Transportrouten und reduzierte

Standzeiten während der Transporte kann die Strahlenexposition für Anwohner minimiert werden. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass potenziell relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind.

Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen

Für die nach einem nicht ausschließbaren Unfall mit der Bergung Beschäftigten kann durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzgesetz zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung überschreitet. Da solche Transportunfälle außerdem eher unwahrscheinlich sind, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP keine relevanten Auswirkungen zu berücksichtigen.

4.7.2 Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am gleichen Standort wie die hochradioaktiven Abfälle

In diesem Kapitel werden die Errichtung des weiteren Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, der Einlagerungsbetrieb und der Verschluss des Endlagers behandelt. Die Erkundung wird nicht behandelt, da hier auf Grund des Abstraktionsgrades der SUP davon ausgegangen wird, dass die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten, die für das Endlager für hochradioaktive Abfälle durchgeführt werden, auch für ein Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle dienen werden.

Die Variante, dass das weitere Endlager nicht am gleichen Standort wie die hochradioaktiven Abfälle errichtet werden kann, wird als Option in Kapitel 4.7.3 näher betrachtet.

4.7.2.1 Errichtung des Endlagers

Die Errichtung des weiteren Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle erfolgt im Gebiet eines bereits untertägig erkundeten Standorts. Dabei werden weitere Gebäude errichtet sowie Verkehrsflächen und Infrastrukturen erweitert bzw. neu angelegt. Es wird davon ausgegangen, dass der Entsorgungsstrang für schwach- und mittelradioaktive Abfälle vom Entsorgungsstrang für hochradioaktive Abfälle getrennt werden soll und entsprechend eigene Bereiche und Infrastrukturen bereitgestellt werden müssen. Der Standort erhält einen Gleisanschluss.

Ein Bergwerk wird analog zu der in Kapitel 4.2.2.1 skizzierten Vorgehensweise aufgefahren werden. Es wird angenommen, dass die Errichtung des Endlagers über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren erfolgen wird.

Wirkfaktoren

Am Standort entsteht durch den Ausbau der Gebäude weitere **Flächeninanspruchnahme**. Für die übertägige Anlage ist von einer Flächeninanspruchnahme von ca. 68.000 m² auszugehen (Niedersächsisches Umweltministerium 2002a). Hinzu käme eine Erweiterung der Fläche für die Halde auf bis zu 200.000 m².

Emissionen von **Luftschadstoffen**, **Treibhausgasen** und **Lärm** erfolgen durch intensive Verkehrsbewegungen zur Anlieferung von Baumaterial und zum Abtransport von Abraum. Weitere Luftschadstoff-, Treibhausgas- und Lärmemissionen entstehen durch den Betrieb von

Baumaschinen und –fahrzeugen. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

In der Bauphase ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Die Errichtung von Gebäuden mit einer Höhe von ca. 25 m und einer gegebenenfalls sichtbaren Gebäudefront von einigen hundert Metern, Kaminen und Schachtgebäuden mit Höhen von ca. 40 bis 60 m sowie die Errichtung einer Halde führen zu **Landschaftswirkung** im Landschaftsbild. Dieser Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.12 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Während der Errichtung von Gebäuden können vorübergehend **Grundwasserabsenkungen** erforderlich sein. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der Haldenentwässerung werden nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** gelangen oder vor Ort in den Boden versickert werden. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 2.2.10, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während der Errichtung des Endlagers wird im Grubengebäude in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation trotz Abdichtung gegenüber grundwasserführender Schichten Drainagewasser aufgefangen, zu Tage gefördert und dort nach ggf. erforderlicher Klärung in den Vorfluter eingeleitet. Drainagewasser wird im Kapitel 2.2.10 mit dem Wirkfaktor **konventionelles Abwasser** behandelt und wird daher im Folgenden nicht mehr projektspezifisch betrachtet

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Die Flächeninanspruchnahme wirkt sich auf den Boden, die Grundwasserneubildung sowie Pflanzen und Tiere aus, die auf den betroffenen Flächen leben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf dem Standort des Endlagers auch Kleingewässer vorhanden sind und geschützte Tier- oder Pflanzenarten betroffen sind.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers, bei Sprengungen von Gestein sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Erschütterungen

können beim Sprengen von Gestein und bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von insgesamt etwa 68.000 m² ist eine erhebliche Beeinträchtigung von Natur und Landschaft und löst damit relevante Umweltauswirkungen aus. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich. Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des überträgigen Standortes für ein Endlager.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Als relevante Größe zur Bewertung der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe sind die Anzahl der Transporte pro Tag sowie die Emissionen von Geräten und Maschinen auf der Baustelle pro Tag zu betrachten. Bei der Errichtung eines Endlagers mit seinen über- und untertägigen Anlagen sind zwar insgesamt erheblich größere Mengen an Aushub und Baumaterial zu bewegen als dies beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers der Fall ist, ihr Aufkommen streckt sich jedoch über einen wesentlich größeren Zeitraum. Die durch die Maschinen und Geräte auf der Baustelle verursachten Emissionen pro Tag werden ebenfalls etwa in der gleichen Größenordnung liegen wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers. Insgesamt sind die Emissionen von Luftschadstoffen pro Tag vergleichbar der Errichtung von Zwischenlagern, werden allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum anfallen. Hinzu können noch die Verwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird.

Insgesamt ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km (abhängig von den Standortbedingungen) durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten sind, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind. Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm gelten hinsichtlich der Anzahl der Transporte pro Tag sowie hinsichtlich des überträgigen

Betriebs von Geräten und Maschinen die oben unter „Luftschadstoffe“ ausgeführten Betrachtungen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Lärmbelastung bei der Errichtung des Endlagers in etwa in der gleichen Größenordnung liegen wird wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers, allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum.

Insgesamt ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km ausreicht, um in den Spitzenzeiten die für Menschen geltenden Immissionsrichtwerte einzuhalten. Dieser Einschätzung liegt die Annahme zu Grund, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, so dass keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass bei 1 km Abstand keine relevanten Auswirkungen auf Menschen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen weiter. Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich. Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen entstehen, deren mögliche Minimierung auf Basis der standortspezifischen Kenntnisse zu betrachten ist.

4.7.2.2 Einlagerungsbetrieb des Endlagers

Während des Einlagerungsbetriebs eines Endlagers werden die bereits konditionierten Abfallgebinde in das Endlager verbracht und dort in die Einlagerungsbereiche eingebaut. Für das Endlager besteht derzeit keine Festlegung auf ein Endlagerkonzept, wie z. B. Bohrloch-, Strecken- oder Kavernenlagerung. Bei verschiedenen Wirtsgesteinen werden mit dem Einbau der Abfallgebinde verschieden aufwändige und sich im Einbaumaterial unterscheidende geotechnische Barrieren erstellt. Das Material für die Erstellung solcher geotechnischer Barrieren (z. B. Tone oder Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) muss während des Betriebs des Endlagers angeliefert werden und wird i. d. R. zunächst auf übertägigen Lagerflächen gelagert. Der Einbau des Materials erfolgt sukzessive und parallel zur Einlagerung der Abfallgebinde.

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers werden radioaktive Abfälle in geeigneten Behältern angeliefert, nach unter Tage transportiert und eingelagert. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Konditionierung der Abfälle gemäß den Annahmebedingungen des Endlagers Konrad erfolgt ist und den Einlagerungsbedingungen des weiteren Endlagers genügt. Sollte eine erneute Konditionierung der Abfälle notwendig sein, weil z. B. eine Umverpackung in neu zu konzipierende Endlagerbehälter notwendig ist, wäre am Standort eine Konditionierungseinrichtung zu errichten (siehe Exkurs zur hypotetischen Variante „Erneute Konditionierung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle“). Umweltauswirkungen durch die Anlieferung der radioaktiven Abfälle sind in Kapitel 4.2.4 beschrieben und bewertet.

Hypothetische Variante

„Erneute Konditionierung der schwach- und mittelfradioaktiven Abfälle“

Die Errichtung einer Konditionierungsanlage für schwach- und mittelfradioaktive Abfälle lässt sich in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur schwer einschätzen. Allerdings sind bei einer Errichtung sowie beim Betrieb einer Konditionierungsanlage am Standort voraussichtlich dieselben Wirkfaktoren wie bei der endlagergerechten Konditionierung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung (Kapitel 4.5.2) zu erwarten.

In Abhängigkeit vom Endlagerkonzept werden während der Einlagerungsbetriebs des Endlagers Einlagerungsbereiche zur mechanischen Stabilisierung des Bergwerks möglicherweise vollständig verschlossen, sobald diese mit Abfällen gefüllt sind. Das Material hierzu (Tone, Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) kann entweder aus bei der Auffahrung des Bergwerks auf dem übertägigen Betriebsgelände angelegten Halden entnommen werden oder wird alternativ per LKW oder Schienentransport sukzessive angeliefert. Es wird in übertägigen Einrichtungen verarbeitet und dann nach untertage verbracht und an Ort und Stelle eingebaut. Jeglicher Einbau von Material muss qualifiziert und dokumentiert erfolgen.

Derzeit kann nur schwer abgeschätzt werden, wann der Einlagerungsbetrieb des Endlagers beginnen wird. Die Dauer der Betriebszeit ist derzeit nicht festgelegt und ist vom gewählten Einlagerungskonzept abhängig. Durch den aufwändigen Einbau der Abfälle in das Endlager und durch die dabei zu berücksichtigenden Anforderungen an den Strahlenschutz des Personals (betrieblicher Strahlenschutz) erfolgen die Tätigkeiten am Standort des Endlagers gleichmäßig ohne besondere Betriebsspitzen.

Wirkfaktoren

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers kann es zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen**, **Treibhausgasen** und **Lärm** durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe kommen. Hinzu kommen die Verarbeitung von Verfüllmaterial sowie Personentransporte des Betriebspersonals.

Emissionen von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm entstehen während der Einlagerungsbetriebs z. B. durch die Heizanlage, den Betrieb von Maschinen über Tage und die Lüftungs-/Bewetterungsanlage. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

Beim Betrieb ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Untertägige Sprengarbeiten können **Erschütterungen** bedingen.

Während des Einlagerungsbetriebs kann es, je nach Endlagerkonzept, notwendig sein, eine während der Errichtung des Endlagers möglicherweise durchgeführte **Grundwasserabsenkung** aufrecht zu halten. Die Größe des entstehenden Absenkttrichters hängt von den bergbaulichen Erfordernissen und den hydrogeologischen Verhältnissen vor Ort ab. Nach Einstellung der Grundwasserabsenkung vergehen bei großen Absenktiefen ggf. mehrere Jahre, bis sich das ursprüngliche Niveau des Grundwassers eingespiegelt hat (Posiva OY 1999), so dass entstehende Auswirkungen langfristig auftreten. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der

Haldenentwässerung sollen nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** eingeleitet werden.

Während des Einlagerungsbetriebs kann, in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation Drainagewasser anfallen, das als **konventionelles Abwasser** zu entsorgen ist. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Schachtwasser, das trotz Abdichtung der Schächte anfallen kann, Luftfeuchtigkeit aus den Wettern, die im Grubenbereich kondensieren sowie Formationswässer, die mit der Bildung der Gesteinsformation oder in Klüften eingeschlossen wurden. Insbesondere bei einem kristallinen Wirtsgestein können Grubenwässer anfallen, die über Klüfte mit der Hydrosphäre in Verbindung stehen. Das Wasser wird aufgefangen, zu Tage gefördert und nach ggf. erfolgreicher chemischer Klärung und Absetzen von Schwebstoffen in einen Vorfluter eingeleitet.

Die Wirkfaktoren **Grundwasserabsenkung** und **konventionelle Abwässer** werden im Kapitel 2.2.10 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Bei der Bewetterung, der Bereitstellung der Endlagerbehälter für die Einlagerung, beim Einlagerungsprozess sowie beim Rückbau untertägiger Strahlenschutzbereiche, z. B. beim Verschluss der einzelnen untertägigen Einlagerungskammern, sowie bei Dekontaminationsvorgängen können **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)** entstehen.

Eine aus der **Direktstrahlung** resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers während des Umgangs (innerbetrieblicher Transport und Einlagerungsarbeiten) mit den Abfallgebinden/-Behältern auftreten (siehe Kapitel 2.2.4).

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager ist zu zeigen, dass relevante **Störfälle** während des Einlagerungsbetriebs zu keinen Freisetzungen führen, die die bestehenden Grenzwerte gemäß Strahlenschutzverordnung überschreiten. Relevante Störfälle während des Einlagerungsbetriebs, gegen die das Endlager auszulegen ist, sind z. B. übertägige und untertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung (Behälterabsturz), Brände oder Einwirkungen von außen. Die Auslegung gegen diese Störfälle wird durch die technischen Eigenschaften der Anlage selbst und durch die Integrität der Abfallgebinde erreicht. Betrachtungen zu übertägigen Störfällen unterscheiden sich dabei nicht von Störfallnachweisen, wie sie für Standortzwischenlager oder Behandlungsanlagen für radioaktive Stoffe geführt wurden. Untertägige Störfälle dürfen darüber hinaus nicht die Langzeitsicherheit des Endlagers z. B. durch störfallbedingte Lösungszutritte während des Betriebs und nach Stilllegung gefährden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden durch den Betrieb von Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen sowie durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewetterung verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärmemissionen werden durch übertägig betriebene Geräte und Maschinen sowie durch Transportfahrzeuge verursacht. Zusätzlich können Lärmemissionen und Erschütterungen beim

Sprengen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In einem Endlager für radioaktive Abfälle werden ausschließlich verschlossene Abfallbehälter gehandhabt. Je nach gewähltem Endlager- und Behälterkonzept kann es zu Emission radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern kommen. Nach Strahlenschutzrecht sind Ableitungen bis zu einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zulässig (§ 99 StrlSchV).

Direktstrahlung

Die Exposition durch Direktstrahlung in unmittelbarer Nähe der Abfallgebinde betrifft grundsätzlich die sich dort aufhaltenden Menschen und gegebenenfalls dort vorhandene Tiere. Beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers erfolgt allerdings immer nur eine Handhabung einzelner Behälter, außerdem erfolgen die meisten Handhabungsvorgänge untertage. Eine Exposition von Schutzgütern durch Direktstrahlung während des Einlagerungsbetriebs kann daher praktisch ausgeschlossen werden. Eine Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der SUP ist nicht erforderlich.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Störfälle, wie Brand oder Explosionen, können zu ungeplanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen und sich daher auf die Schutzgüter Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter auswirken. Die aus potenziellen Störfällen resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung hängt vom Quellterm, dem Ereignisablauf und meteorologischen Bedingungen ab sowie von Vorsorge-Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen bzw. zur Begrenzung potenzieller radiologischer Auswirkungen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Während des Einlagerungsbetriebs entspricht die transportbedingte Schadstoff- und Staubemission durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe wie z. B. Bentonit in etwa der Gesamtanzahl der notwendigen Transporte während der Errichtung des Endlagers. Jedoch erfolgen die Transporte des Haldenmaterials während des Einlagerungsbetriebs über einen größeren Zeitraum (einige Jahrzehnte) verteilt, so dass Spitzenbelastungen vermieden werden. Da das Transportaufkommen pro Zeiteinheit gering ist und die Emissionen pro Zeiteinheit am Standort ebenfalls gering sind, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen weder entlang der Transportrouten noch in der Umgebung des Standorts zu erwarten, wenn Abwehungen von der Abraumhalde auch während des Einlagerungsbetriebs durch Abdecken oder Feuchthalten minimiert werden.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 beschrieben. Lärm verursachende Tätigkeiten finden während des Einlagerungsbetriebs nur in geringem Umfang statt. Durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewetterung werden keine relevanten Lärmemissionen verursacht. Transporte von Halden- oder Baumaterial sowie die Verarbeitung von Verfüllmaterial sind über einen

langen Zeitraum gestreckt und daher pro Zeiteinheit gering. Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass durch den Einlagerungsbetrieb weder am Standort noch entlang der Transportrouten relevante Auswirkungen durch Lärm für Menschen und Tiere verursacht werden.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass keine relevanten Auswirkungen ab 1 km Abstand zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen weiter.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände zu empfindlichen Schutzgütern wie Habitate von Fledermäusen von der jeweiligen Erschütterungsquelle relevant. Eine Bewertung der entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Für die zu erwartende Emission radioaktiver Stoffe sind auf Grundlage der Erfahrungen aus dem Einlagerungsbetrieb in anderen Anlagen (z. B. Zwischenlager, Endlager Morsleben) keine erheblichen Umweltauswirkungen zu erwarten. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen jedoch nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Entsprechend bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.7 dargestellt. Das Risiko für Störfälle kann minimiert werden, indem das maximal freisetzbare Inventar bei Handhabungen begrenzt wird. Beispielsweise kann dies für den Störfall Brand dadurch erreicht werden, dass das gehandhabte Inventar durch eine Festlegung auf eine Maximalmenge der Gebinde pro innerbetrieblicher Transporteinheit begrenzt wird bzw. die Menge der gehandhabten Gebindeeinheiten je Einlagerungsvorgang begrenzt wird.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Störfälle orientiert sich bei kerntechnischen Anlagen an den Ergebnissen der sicherheitstechnischen Bewertung. Die Bewertungskriterien für „Sicherheit“ werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik angewendet. Durch die Handhabung geschlossener Abfallgebinde können in einem Endlager zahlreiche Störfälle ausgeschlossen werden, die bei komplexeren Systemen eine Rolle spielen. Durch Vorsorgemaßnahmen sind Störfälle daher entweder zu vermeiden oder, soweit dies nicht möglich ist, sind die radiologischen Auswirkungen durch entsprechende Maßnahmen zu begrenzen. Das Risiko für Störfälle im Zusammenhang mit dem Einlagerungsbetrieb ist in etwa vergleichbar mit anderen Anlagen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Störfallbedingte relevante Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt sind daher unwahrscheinlich. Da entsprechende Nachweise im Genehmigungsverfahren noch zu führen sind, wird hier davon ausgegangen, dass potenziell relevante Umweltauswirkungen aufgrund radiologischer Störfälle vorliegen können.

4.7.2.3 Verschluss des Endlagers

Der Verschluss des Endlagers im Rahmen der Stilllegung dient dem Ziel, die Isolation der Radionuklide zu gewährleisten.

Man unterscheidet zwischen Verfüll- und Verschlussmaßnahmen in den Einlagerungsbereichen und solchen in den übrigen Bereichen des Endlagerbergwerks, z. B. Schachtzugänge, Verbindungs- und Zugangsstrecken und Infrastrukturbereiche. Es wird von einem Endlagerkonzept ausgegangen, bei dem parallel zur Einlagerung der Abfallgebinde eine Verfüllung der bereits beladenen Einlagerungsstrecken vorgenommen wird. Auch die Abschlussbauwerke wie Streckenverschlüsse zur Abschottung vom übrigen Grubengebäude werden ebenfalls während des Einlagerungsbetriebs errichtet. Der hier betrachtete Verschluss des Endlagers bezieht sich auf die Phase nach dem Einlagerungsbetrieb, in dem bereits große Teile der untertägigen Einrichtungen rückgebaut und Auffahrungen in den Einlagerungsbereichen verfüllt und verschlossen werden.

Während des Verschlusses eines Endlagers werden zentrale Zugangsbereiche vollständig verfüllt und verschlossen. Das Material wie z. B. Tone, Sande, Salzgrus und Schotter wird am Standort des Endlagers auf einer Halde oder mehreren Halden gelagert (hierzu gehört auch der Aushub aus der Errichtungsphase) und/oder angeliefert und sukzessive zur Verfüllung von Hohlräumen in das Endlager eingebracht.

Nach Verschluss aller untertägigen Bereiche des Endlagers werden übertägige Gebäude nach radiologischer Einschätzung, Kontrolle und Freimessung abgebaut oder beliebig nachgenutzt. Der konventionelle Abbruch von Gebäuden erfolgt in der Regel in kurzen Zeiträumen unter Zwischenlagerung von Abbruchmaterial, ggf. erfolgt ein Beton- und Bauschuttrecycling durch mobile Anlagen vor Ort und nachfolgenden Abtransport der Abbruchmaterialien zur Verwertung oder Entsorgung.

Ein kleiner Teil der Gebäude am Standort des Endlagers wird zur Aufzeichnung, Verarbeitung und Dokumentation von Daten des Monitorings über unbestimmte Zeit genutzt werden. Es ist davon auszugehen, dass in ferner Zukunft an der Erdoberfläche keine offensichtlichen Hinweise auf die Existenz eines Endlagers in den darunterliegenden tiefen geologischen Formationen verbleiben werden.

Wirkfaktoren

Während der Verschlussphase des Endlagers wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. aufbereitet und in die Hohlräume des Endlagers eingebracht. Hierbei kommt es zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen und Treibhausgasen**.

Weitere Fahrzeugtransporte ergeben sich durch den Abtransport der rückgebauten untertägigen und übertägigen Einrichtungen. Darüber hinaus werden Liefertransporte von z. B. Befestigungsmaterialien, Mutterboden und Pflanzen in der Phase der Rekultivierung des Betriebsgeländes anfallen. Der Zeitraum und Umfang für diese Transporte wird deutlich geringer sein als der zugrunde gelegte Zeitrahmen und das Transportaufkommen für die Verfüllung des Endlagers. Damit fallen auch geringere Luftschadstoff- und Staubemissionen durch Fahrzeuge an.

In der Verschlussphase eines Endlagers sind Emissionen von **Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm** durch Kfz und Baumaschinen bei den Verfüll- und Verschlussmaßnahmen, Rückbauarbeiten, Beton- und Bauschuttrecycling, Rekultivierung und Installation von Ausrüstungsgegenständen und Messinstrumenten bzw. Vorkehrungen für die Umweltüberwachung zu erwarten. Die höchsten Belastungen an Lärm-, Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen fallen während der übertägigen Rückbauarbeiten an. Allerdings wird der Rückbau im Vergleich zur Verfüllung und damit auch zu anderen Phasen wie Erkundung, Errichtung und Einlagerungsbetrieb in einem relativ kurzen Zeitraum erfolgen. Die Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Treibhausgasen erfolgt übergeordnet in Kapitel 2.2.2.

In der Verschlussphase ist bei Dunkelheit die Beleuchtung des Geländes erforderlich. Es entstehen **Lichtemissionen**. Der Wirkfaktor wird in Kapitel 2.2.11 beschrieben und abschließend bewertet, so dass hier keine weiteren Ausführungen notwendig sind.

Konventionelles Abwasser fällt bei **Grundwasserabsenkungen** an, die in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation des Standortes während der untertägigen Verfüllmaßnahmen und bei dem Rückbau der Schachteinbauten und der Errichtung der Schachtverschlüsse aufrechterhalten werden müssen. Darüber hinaus kann ggf. vorhandenes „Bergwasser“ als Kluft- oder Formationswasser anfallen. Ein wesentlicher Beitrag zur Gesamtabwassermenge entsteht durch das Haldenwasser, das bei Regen aus der Halde austritt. Brauchwasser z. B. aus LKW-Reinigungsanlagen und aus Sanitärbereichen spielt im Vergleich zu dem Abwasser, das aus den bergbaulichen Prozessen entsteht, qualitativ und quantitativ eine untergeordnete Rolle. Die Wirkfaktoren **Grundwasserabsenkung** und **konventionelles Abwasser** werden im Kapitel 2.2.10 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Während der Verschlussphase eines Endlagers kann es z. B. durch Einbring- und Verdichtungsmaßnahmen des Versatzmaterials sowie bei den übertägigen Rückbauarbeiten zu **Erschütterungen** kommen. Das Ausmaß möglicher Erschütterungen wird im Vergleich zur Errichtungsphase mit möglichen Rammarbeiten und Sprengungen als gering eingestuft.

Im Zuge der Verschlussphase des Endlagers werden in Bezug auf den Wirkfaktor **Flächeninanspruchnahme** und **Landschaftswirkung** durch die Abtragung der Halde, die Rückbaumaßnahmen und die Rekultivierung des Betriebsgeländes die versiegelten Flächen und Gebäude sukzessive abgebaut. Solche positiven Wirkungen werden nicht weiter betrachtet.

Durch die mit dem Verschluss des Endlagers verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Veränderungen der Tagesoberfläche** (wie Senkungen, Risse) reduziert bzw. minimiert. Die Anforderungen an den Langzeitsicherheitsnachweis beinhalten, dass der Einschluss über einen längeren Zeitraum gewährleistet wird. Dies schließt größere unterirdische Einbrüche und Verschiebungen, die sich an der Erdoberfläche bemerkbar machen, aus. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt übergreifend in Kapitel 2.2.

Je nach gewähltem Endlager- und Behälterkonzept kann es zu Emission radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern kommen. **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)**, die sich über die Luft ausbreiten würden, können zu Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Mensch und Tiere führen.

Zu betrachtende **störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe** während der Verschlussphase des Endlagers können verursacht werden durch z. B. übertägige und untertägige Störfälle wie Brände oder Einwirkungen von außen. Darüber hinaus sind z. B. störfallbedingte Lösungszutritte oder Beschädigung des Schachtverschlusses im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Endlagers zu berücksichtigen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau der Gebäude (z.B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z.B. Schotter und beim Abtransport von z. B. Bauschutt und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich.

Luftschadstoffemissionen können im Nahbereich auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm- und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau von Gebäuden (z. B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z. B. Schotter und beim Abtransport von z.B. Bauschutt und Abraum verursacht. Erschütterungen können durch Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In einem Endlager für radioaktive Abfälle werden ausschließlich verschlossene Abfallbehälter gehandhabt. Je nach gewähltem Endlager- und Behälterkonzept kann es zu Emission radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern kommen. Nach Strahlenschutzrecht sind Ableitungen bis zu einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zulässig (§ 99 StrlSchV).

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

In Abhängigkeit von der Art potenzieller störfallbedingter Freisetzungen radiologischer Stoffe können alle Schutzgüter wie Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter betroffen sein.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Emissionen verursachen. Hinzu können noch die Abwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss. Insgesamt kann für die aus dem Verschluss des Endlagers resultierenden Luftschadstoffe davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km (abhängig von den Standortbedingungen) keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs zu erwarten sind, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt und an bestimmten Stellen der Transportrouten des maßnahmenbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe nicht ausgeschlossen werden. Sie sind mit

fortschreitender Konkretisierung der Pläne in einer späteren SUP oder im Rahmen der UVP zu betrachten.

Lärm- und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 2.2.3 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Lärm verursachen. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss. Die bei Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftretenden Erschütterungen werden voraussichtlich nicht über den Endlagerstandort hinaus wirken und deshalb keine relevanten Auswirkungen auf Menschen verursachen.

Insgesamt ist beim Verschluss des Endlagers hinsichtlich lärmbedingter Auswirkungen davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km ausreicht, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen für Menschen zu vermeiden. Dieser Einschätzung liegt die Annahme zu Grund, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z.B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum jeweiligen Projekt können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm bestehen, zu deren Bewertung und ggf. Minimierung standortspezifische Kenntnisse erforderlich sind.

Eine Prüfung und Bewertung potenziell relevanter Umweltauswirkungen durch Erschütterungen auf Tiere ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über möglicherweise betroffene Vogelarten, Säugetieren und Reptilien und insbesondere die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere möglich.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Für die zu erwartende Emission radioaktiver Stoffe sind auf Grundlage der Erfahrungen aus dem Einlagerungsbetrieb in anderen Anlagen (z.B. Zwischenlager, Endlager Morsleben) keine erheblichen Umweltauswirkungen zu erwarten. Auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte können Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Potenziell relevante Umweltauswirkungen können auf Grundlage der derzeit vorhandenen Kenntnisse über die Maßnahme also nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Eine genauere Bewertung kann erst erfolgen, wenn das Einlagerungskonzept näher konkretisiert ist.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager sind Störfälle während der Verschlussphase zu analysieren. Relevante Störfallszenarien während des Endlagerverschlusses sind übertägige und untertägige Störfälle wie z. B. Brände oder Einwirkungen von außen. Durch die Auslegung des Endlagers muss die Einhaltung der Störfallplanungswerte gewährleistet sein.

Potenzielle Störfälle sind im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen und werden im Rahmen der SUP des NaPro als Quelle für potenziell relevante Umweltauswirkungen bewertet.

4.7.2.4 Zeitraum nach Verschluss des Endlagers

Nach dem Verschluss des Endlagers sollen die radioaktiven Abfälle für lange Zeit von der Biosphäre isoliert bleiben. Methoden zur Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers sind vorhanden. Sie berücksichtigen auch den Umgang mit unvermeidlichen Unsicherheiten bei der Prognose der Entwicklung des Endlagers über einen langen Zeitraum. Für ein Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle ist nachzuweisen, dass bei nicht auszuschließenden Freisetzungen die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung unterhalb der gesetzlich festgelegten Dosisgrenzwerte bleibt.

Anhand des gegenwärtigen Planungsstands des NaPro lassen sich keine validen Prognosen für eine Nachverschlussphase des Endlagers treffen. Auf eine Beschreibung und Bewertung potenziell relevanter Umweltauswirkungen im Rahmen des NaPro wird daher verzichtet.

4.7.3 Option: Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle an einem anderen Standort als die Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle nach StandAG

Sollte nach (BMUV 2024e) die Errichtung eines zusätzlichen Endlagers für größere Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort des Endlagers für hochradioaktive Abfälle nicht möglich sein, so muss für dieses Endlager ein eigener Standort ausgewiesen werden. In (BMUV 2024e) wird davon ausgegangen, dass am Ende des Standortauswahlverfahrens eine solide geowissenschaftliche Datenbasis zu diesem Zwecke vorhanden ist. An demjenigen Standort, welcher die günstigsten Voraussetzungen für die Entsorgung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle bietet, sollte das für diese Abfälle benötigte Endlager errichtet werden.

Bezüglich der **Erkundung** wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse der übertägigen und untertägigen Erkundungsarbeiten, die für das Endlager für hochradioaktive Abfälle durchgeführt werden, auch für ein Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle dienen werden, das nicht am selben Standort errichtet wird wie das Endlager für die hochradioaktiven Abfälle. Zusätzliche Erkundungsarbeiten werden im Rahmen der SUP nicht angenommen. Die Beschreibung der Projekte des Endlagers am Standort des Endlagers für die hochradioaktiven Abfälle findet sich in Kapitel 4.7.2.

Weiter wird davon ausgegangen, dass die Projekte **Errichtung des Endlagers, der Einlagerungsbetrieb des Endlagers, der Verschluss des Endlagers** im Wesentlichen gleich ablaufen werden wie wenn das Endlager am Standort des Endlagers für die hochradioaktiven Abfälle wäre. Es wird davon ausgegangen, dass sich auch die Wirkfaktoren nicht wesentlich unterscheiden. Auch für den **Zeitraum nach Verschluss des Endlagers** werden die gleichen Bedingungen angenommen.

Es ist – betrachtet unter dem hohen Abstraktionsniveau dieser SUP – davon auszugehen, dass die Umweltauswirkungen der Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle an einem anderen Standort als die Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle nach StandAG im Wesentlichen die gleichen sein werden wie bei der Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle am gleichen Standort wie die Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle nach StandAG. Eine weitere Betrachtung möglicher Umweltauswirkungen ist daher nicht notwendig.

4.8 Kumulative Effekte paralleler Maßnahmen und Projekte des NaPro

Kumulative Effekte können bei der Umsetzung von Maßnahmen und Projekten des NaPro auftreten, die im gleichen Zeitraum stattfinden und einen räumlichen Bezug zueinander aufweisen. Entsprechend lassen sie sich nur innerhalb eines realistisch einschätzbaren Zeithorizonts und mit Kenntnis von räumlicher Nähe zweier Maßnahmen zueinander bewerten.

Aufgrund des Abstraktionsniveaus dieser SUP und der bisher noch unklaren räumlichen Eingrenzung vieler Maßnahmen lassen sich kumulative Effekte zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht realistisch einschätzen. Mögliche durch kumulative Effekte auftretende Umweltauswirkungen sollten zumindest für einen absehbaren Zeithorizont in einer späteren SUP näher betrachtet werden.

5 Umweltauswirkungen (positiv/negativ)

Die geplanten Maßnahmen des NaPro lassen sich nicht losgelöst von ihrer hypothetischen Nichtdurchführung betrachten. Die Umweltauswirkungen der hypothetischen Nichtdurchführung (Prognose-Nullfall siehe Kapitel 3.4) bilden die Referenz, auf dessen Basis betrachtet werden muss, ob und inwieweit eine Durchführung der Maßnahmen des NaPro den Zustand der Umwelt verbessern oder verschlechtern würde.

Folgende Kategorien werden für die Darstellung der Ergebnisse des Vergleichs verwendet:

- **Verschlechterung des Zustandes der Umwelt:** Die geplante Maßnahme des NaPro führt im Vergleich zu ihrer Nichtdurchführung zu einer Verschlechterung des Umweltzustandes.
- **Neutrale Umweltauswirkungen:** Die geplante Maßnahme des NaPro beeinflusst den Umweltzustand in vergleichbarer Art und Intensität wie die Nichtdurchführung der Maßnahme.
- **Verbesserung des Zustandes der Umwelt:** Die geplante Maßnahme des NaPro führt im Vergleich zu ihrer Nichtdurchführung zu einer Verbesserung des Umweltzustandes.

Die beträchtlichen Unterschiede zwischen einer geplanten Maßnahme und ihrer Nichtdurchführung im Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen werden dargestellt. Für den Vergleich werden folgende Wirkfaktoren herangezogen, die infolge der Maßnahmen und Projekte des NaPro auftreten und potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen können (siehe Kapitel 4):

- Flächeninanspruchnahme
- Luftschadstoffe
- Lärm und Erschütterungen
- Direktstrahlung
- Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad
- Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad
- Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe
- Wärmeeintrag in das Grundwasser

Ein Vergleich der ebenfalls potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch die Wirkfaktoren Treibhausgase (Kapitel 2.2.2), Lichtemissionen (Kapitel 2.2.11) oder die Landschaftswirkung (Kapitel 2.2.12) ist wegen des vorliegenden Abstraktionsgrads dieser SUP nicht möglich. Mit zunehmender Konkretisierung der Pläne des NaPro kann ein Vergleich der potenziellen Auswirkungen dieser Wirkfaktoren bei der Durchführung des NaPro im Vergleich zum Prognose-Nullfall in einer nachfolgenden SUP durchgeführt werden.

Nur bei Durchführung des NaPro sind Veränderungen der Tagesoberfläche (Kapitel 2.2.9), Grundwasserabsenkungen (Kapitel 2.2.10) oder ein Austritt von chemotoxischen Stoffen aus einem verschlossenen Endlager (Kapitel 2.2.13) möglich. Im Prognose-Nullfall treten diese Wirkfaktoren nicht auf. Die potenziell durch diese Wirkfaktoren entstehenden relevanten Umweltauswirkungen werden den generellen Nachteilen bei Nicht-Durchführung des NaPro gegenübergestellt.

Die Umweltauswirkungen der in Kapitel 2.2 darüber hinaus beschriebenen Wirkfaktoren Wärmeeintrag in den Boden oder in das umgebende Gestein (Kapitel 2.2.8), wassergefährdende Stoffe (Kapitel 2.2.13), konventionelle Abfälle (Kapitel 2.2.14), Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen (Kapitel 2.2.15), konventionelle Abwässer aus Sanitärabwasser (Kapitel 2.2.16), Radonemissionen (Kapitel 2.2.17), Medieneintrag und BlowOut (Kapitel 2.2.18) sowie radioaktive Betriebsabfälle können aufgrund des Abstraktionsgrades der SUP für den Vergleich mit dem Prognose-Nullfall vernachlässigt werden. Die jeweiligen Begründungen finden sich in den genannten Kapiteln.

Zunächst werden in Kapitel 5.1 die Umweltauswirkungen der einzelnen geplanten Maßnahmen des NaPro mit denen im Prognose-Nullfall verglichen. In Kapitel 5.2 findet ein Vergleich der Umweltauswirkungen in Folge der Umsetzung des NaPro insgesamt mit dem Prognose-Nullfall statt. Daraus resultierende Schlussfolgerungen für die Umsetzung des NaPro werden in Kapitel 5.3 zusammengestellt.

5.1 Umweltauswirkungen der geplanten Maßnahmen des NaPro im Vergleich zum Prognose-Nullfall

Wie in Kapitel 3.4 beschrieben, gibt es innerhalb des Prognose-Nullfalls – also bei der hypothetischen Nicht-Durchführung des NaPro – jeweils eine hypothetische Alternative für die Einzelmaßnahmen des NaPro. Die Einzelmaßnahmen wurden als übergeordnete Ebene den Entsorgungspfaden für hochradioaktive Abfälle und für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (nicht Konrad) zugeordnet. In der folgenden Tabelle 5-1 wird die hypothetische Alternative im Prognose-Nullfall – also bei Nichtdurchführung des NaPro - den geplanten Maßnahmen des NaPro zugeordnet.

Tabelle 5-1: Geplante Entsorgungspfade des NaPro und Prognose-Nullfall

	Geplante Maßnahme des NaPro	Hypothetische Alternative im Prognose-Nullfall
Entsorgungspfad für hochradioaktive Abfälle	Standortauswahlverfahren und Endlagerung aller hochradioaktiven Abfälle	Übertägige Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle
Entsorgungspfad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (nicht Konrad)	Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II in einem Endlager (Rückholung, Konditionierung, Zwischenlagerung, Endlagerung)	Übertägige Langzeitlagerung der Abfälle aus der Schachtanlage Asse II
	Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung in einem Endlager (Zwischenlagerung Konditionierung, Endlagerung)	Übertägige Langzeitlagerung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung
	Entsorgung der der „Delta-Abfälle“ in einem Endlager (Zwischenlagerung Konditionierung, Endlagerung)	Übertägige Langzeitlagerung der „Delta-Abfälle“

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Für einen Teil der schwach- und mittelradioaktive Abfälle steht mit dem Endlager Konrad bereits ein genehmigter Entsorgungspfad zur Verfügung. Es wird davon ausgegangen, dass selbst im Prognose-Nullfall für diesen Entsorgungspfad keine hypothetische Variante im Zuge dieser SUP betrachtet werden muss. Ebenso ist die Zwischenlagerung nicht betrachtet, da sie den Ist-Stand darstellt.

Verglichen werden deshalb im Folgenden zum einen die Umweltauswirkungen, die durch die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens und der Endlagerung aller hochradioaktiver Abfälle in einem Endlager nach StandAG entstehen, mit denen, die durch ihre hypothetischen Nichtdurchführung – also bei einer übertägigen Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle an den Standortzwischenlagern – zu erwarten sind (Kapitel 5.1.1). Zum anderen werden die Umweltauswirkungen, die durch die Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung und der „Delta-Abfälle“ in einem Endlager nach StandAG entstehen, mit denen verglichen, die bei einer hypothetischen Nicht-Durchführung dieser Maßnahme – also bei der übertägigen Langzeitlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an den Standortzwischenlagern – entstehen würden (Kapitel 5.1.2).

5.1.1 Umweltauswirkungen der geplanten Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in einem Endlager nach StandAG im Vergleich zur entsprechenden Einzelmaßnahme im Prognose-Nullfall

Für den Entsorgungspfad der hochradioaktiven Abfälle sieht das NaPro die Verbringung in ein geologisches Endlager vor. Die Umweltauswirkungen, die durch die Umsetzung dieses Plans entstehen, sind in Kapitel 4.2 im Einzelnen dargestellt. Im Prognose-Nullfall kommt es zu einer dauerhaften Langzeitlagerung aller hochradioaktiven Abfälle, wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben.

Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme entsteht dann, wenn neue Flächen versiegelt werden müssen. Dies tritt temporär während des Standortauswahlverfahrens bei der Befestigung von Bohrplätzen und Zufahrtsstraßen für die übertägige und untertägige Erkundung auf und dauerhaft beim Bau des Eingangslagers, der Konditionierungseinrichtung sowie sonstiger Gebäude und Infrastruktur inklusive von Flächen für die Aufhaltung von Aushub. Im Gegenzug können Flächenversiegelungen nach dem Rückbau der Zwischenlager in Deutschland wieder aufgehoben werden.

Die Flächeninanspruchnahmen, die infolge der Erkundung entstehen, sind zeitlich begrenzt und können wieder zurückgeführt werden. Die Flächeninanspruchnahme für Eingangslager, Konditionierungseinrichtung und die übertägig notwendige Infrastruktur für die Endlagerung beläuft sich in etwa auf 240.000 m². Sie können nach dem Verschluss des Endlagers ebenfalls wieder entsiegelt werden.

Im Prognose-Nullfall werden voraussichtlich wenig neue Flächen versiegelt werden müssen. Gleichzeitig bleiben die Versiegelungen der Zwischenlager sowie umgebender Infrastruktur aber erhalten und können nicht entsiegelt werden. Die versiegelte Fläche der Standortzwischenlager sowie der zentralen Zwischenlager wird mit etwa 15.000 m² pro Standort abgeschätzt (siehe hierzu Kapitel 3.4.1). Wenn alle Standorte im Zuschnitt so erhalten bleiben, summiert sich die dauerhaft versiegelte Fläche auf etwa 240.000 m² für 13 Standortzwischenlager und drei zentrale Zwischenlager in Deutschland. Nicht prognostizierbar ist ein möglicher zusätzlicher Flächenbedarf

infolge der regelmäßigen Ertüchtigung und Erneuerung der Zwischenlager. Zusätzlich werden eine oder mehrere Konditionierungseinrichtungen zur Ertüchtigung oder Umverpackung von Behältern gebaut werden müssen, was zu weiteren Flächenversiegelungen führt.

Im Vergleich zum Prognose-Nullfall kommt es demnach temporär während der Erkundung und dem Bau des Endlagers zu einer Verschlechterung des Umweltziels, Flächenversiegelungen zu minimieren. Während des Betriebs oder spätestens mit Verschluss des Endlagers ändert sich dies jedoch hin zu einer deutlichen Verbesserung des Umweltziels, da diese temporären Flächenversiegelungen sowie zusätzlich auch die Flächenversiegelungen an den Zwischenlagerstandorten aufgehoben werden können.

Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und Erschütterungen

Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe und Lärm entstehen infolge von Transporten, bei Bau-, Rückbau-, Bohr- und Bergbautätigkeiten sowie bei der Anlieferung und Schüttung von Baumaterial bzw. beim Beseitigen von Material und beim Einsatz von Baumaschinen. Bei Sprengungen im Zuge von Bergbautätigkeiten sowie beim Rückbau von baulichen Strukturen können zusätzlich Umweltauswirkungen durch Erschütterungen ausgelöst werden. Festzuhalten ist hierbei, dass diese Tätigkeiten stets temporär sind und unterschiedlich lange auf die Umwelt einwirken. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass sich die Auswirkungen dieser Wirkfaktoren mit zunehmendem Radius zur Ursache verringern. Außerhalb eines Radius von ca. 1 km (abhängig von den jeweiligen Standortbedingungen) um die Baustelle und bei Berücksichtigung der in Kapitel 2.2.2 genannten Vorsorgeaspekte sind deshalb in der Regel keine Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe auf die Schutzgüter Mensch und Tiere mehr zu erwarten. Lärm und Erschütterungen haben ab einer Entfernung von etwa 1 km zur Baustelle und 100 m zu den Transportrouten erfahrungsgemäß in der Regel ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter mehr. Entsprechend ist für die einzelnen Phasen des NaPro in den Genehmigungen jeweils zu prüfen, ob in Bezug auf die Wirkfaktoren empfindliche Schutzgüter – wie beispielsweise Menschen, Vögel oder Fledermäuse – innerhalb des jeweiligen Radius zu erwarten sind und entsprechende Minimierungsmaßnahmen umzusetzen.

Im Verlauf des Standortauswahlverfahrens und beim Bau, beim Betrieb bis hin zum Verschluss des Endlagers werden verschiedene Tätigkeiten immer wieder durchgeführt, bei denen Luftschadstoffe und Lärm und zum Teil auch Erschütterungen verursacht werden. Auch bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall kommt es durch den Bau einer oder mehrerer Konditionierungseinrichtungen sowie bei der Ertüchtigung und der alle 250 Jahre notwendigen Erneuerung der Konditionierungseinrichtunge(n) sowie der Zwischenlager zu potenziellen Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und ggf. Erschütterungen. Die Phasen, in denen Luftschadstoffe und Lärm emittiert werden und/oder Erschütterungen auftreten, sind sowohl bei den Maßnahmen des NaPro als auch im Prognose-Nullfall jeweils temporär begrenzt.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sowohl bei Durchführung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall jeweils im Einzelfall in den Genehmigungen zu prüfen ist, welche Schutzgüter im Umfeld der Maßnahme oder des Projekts vorhanden und ggf. betroffen sind und welche Minderungsmaßnahmen unternommen werden können.

Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und Erschütterungen sind in vergleichbarer Art und Intensität sowohl für die Maßnahmen des NaPro als auch für den Prognose-Nullfall gegeben, aber noch nicht konkret zu bestimmen. Prinzipiell könnte deshalb eine vergleichbare Beeinflussung

des Umweltzustandes angenommen werden. Über den Betrachtungszeitraum von einer Million Jahre wiederholt sich allerdings die Beeinträchtigung des Umweltzustands durch den Prognose-Nullfall immer wieder. Auch wenn jeweils von einer Regeneration des Umweltzustandes in den Zwischenzeiten ausgegangen werden kann, ist dies als Nachteil zu werten.

Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Expositionen durch Direktstrahlung sind bei der Lagerung sowie bei der Konditionierung radioaktiver Stoffe zu beachten. Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung sind entsprechend sowohl bei der Langzeitlagerung und Konditionierung im Prognose-Nullfall als auch bei der verlängerten Zwischenlagerung bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers, bei der Lagerung im Eingangslager des Endlagers sowie ebenfalls bei der Konditionierung am Endlagerstandort relevant. Durch die Anordnung der Abfallbehälter (Abstand zur Anlagengrenze) und z. B. bauliche Abschirmmaßnahmen kann die Direktstrahlung minimiert werden. Die Grenzwerte des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung werden eingehalten. Sobald die hochradioaktiven Abfälle in das Endlager verbracht wurden, kann Direktstrahlung ausgeschlossen werden.

Ausgehend von der Tatsache, dass im Prognose-Nullfall der Zeitraum, in dem Direktstrahlung relevant ist, unbegrenzt bleibt, kann für das Umweltziel der Verminderung von Direktstrahlung eine deutliche Verbesserung bei Umsetzung des NaPro festgestellt werden.

Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad

Bei den hier betrachteten Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- oder Wasserpfad handelt es sich um genehmigte Ableitungen, die im Zuge der Genehmigung auf ihre Umweltauswirkungen hin überprüft werden. Ableitungen über den Luft- und/oder Wasserpfad sind bei der Konditionierung oder in sehr geringem Umfang auch für Handhabungsvorgänge bei der Zwischenlagerung von hochradioaktiven Abfällen beantragt.

Obwohl die Umweltauswirkungen durch diese Ableitungen im Grunde vernachlässigt werden können, kann dennoch festgestellt werden, dass spätestens nach dem Verbringen der hochradioaktiven Abfälle in das geologische Endlager und dem Verschluss der Einlagerungskammern keine Ableitungen mehr betrachtet werden müssen. Da es bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall stattdessen aufgrund der notwendigen regelmäßigen Konditionierung der Abfälle auf Dauer immer wieder zu Ableitungen kommen kann, kann festgehalten werden, dass die Umsetzung des NaPro hier zu einer Verbesserung des Umweltziels der Reduktion von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad führt.

Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe

Beim Transport hochradioaktiver Abfälle können Unfälle nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe oder Direktstrahlung aus Transportunfällen ist jedoch aufgrund der strengen und einheitlichen, internationalen Regeln und Vorschriften sowie der Behälterauslegung extrem unwahrscheinlich. Aus diesem Grund können damit verbundene Umweltauswirkungen sowohl für Transporte hochradioaktiver Abfälle bei Durchführung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall ausgeschlossen werden.

Bei der endlagergerechten Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle sind störfallbedingte Freisetzen radiologischer Stoffe nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Gegen diese Störfallrisiken muss Vorsorge getroffen werden. Da eine Konditionierung bei der Durchführung des NaPro einmalig vor der Verbringung des hochradioaktiven Abfalls in das Endlager, bei einer Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall allerdings etwa alle 250 Jahre bei der Erneuerung der Behälter und der damit verbundenen Umverpackung der Abfälle vorgenommen werden muss, kommt es bei Umsetzung des NaPro zu einer Verbesserung des Umweltzustands gegenüber dem bei einer Nicht-Durchführung des NaPro.

Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzen radiologischer Stoffe innerhalb des Endlagers sind unwahrscheinlich (siehe Kapitel 4.2.6.2). Dennoch müssen für sie im Zuge der Genehmigung des Endlagers entsprechende Nachweise erbracht werden und Maßnahmen zur Schadensminimierung vorgehalten werden.

In (Öko-Institut e.V. 2023) wird die Langzeitlagerung hochradioaktiven Abfälle untersucht. Nach Aussage des Autorenteam stellt der Schutz des Lagergebäudes gegenüber naturbedingten geologischen und meteorologischen Einwirkungen wie Erdbeben, Hochwasser oder Trockenperioden und gegenüber zivilisatorischen Einwirkungen wie Flugzeugabsturz hohe Anforderungen an die Stabilität und Widerstandsfähigkeit. Die Gefahr einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung durch naturbedingte oder zivilisatorische Einwirkungen von außen ist ebenso wenig auszuschließen wie eine Rekritikalität bei fortschreitender Degradation und Veränderung der geometrischen Anordnung des radioaktiven Inventars innerhalb der Behälter (Öko-Institut e.V. 2023). Zusammenfassend kommt das Autorenteam zu dem Ergebnis, dass eine Langzeitlagerung nur unter der Randbedingung, dass das Lagerungskonzept regelmäßig optimiert bzw. erneuert wird, als realisierbar einzustufen sei. Optimierungen und Erneuerungen wiederum sind meist mit Bautätigkeiten verbunden, die zu Umweltauswirkungen führen können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit Umsetzung des NaPro hier eine deutliche Verbesserung des Umweltziels der Vermeidung von störfallbedingten Freisetzen radiologischer Stoffe erreicht werden kann.

Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in das Grundwasser

Wärmeeintrag in das Grundwasser entsteht in erster Linie dort, wo Behälter mit hochradioaktiven Abfällen, die aufgrund des radioaktiven Zerfalls Wärme entwickeln, gelagert werden. Wie in Kapitel 2.2.8 erläutert, kann eine deutliche Erwärmung des Bodens oder des Gesteins durch einen Wärmeeintrag von einigen Kelvin das Grundwasser und über das Mikroklima der Lebensräume von Mikroorganismen die Schutzgüter Wasser und Boden beeinträchtigen.

Die Abnahme des Wärmeeintrags durch das Abklingsverhalten der nuklearen Abfälle erfolgt abhängig vom Radionuklid teils über sehr große Zeiträume, weshalb sie für die Phase der Zwischenlagerung gemäß NaPro in dieser Betrachtung konservativ vernachlässigt werden soll.

Bei Umsetzung des NaPro entsteht Wärmeeintrag in den Boden und damit in das Grundwasser unterhalb und neben den Standortzwischenlagern und dem Eingangslager für das Endlager für hochradioaktive Abfälle. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit der Überführung von hochradioaktiven Abfällen in das Eingangslager der Wärmeeintrag in den Standortzwischenlagern aufgrund der Abnahme des hochradioaktiven Abfalls nach und nach zurückgeht, während er im Eingangslager des Endlagers für hochradioaktive Abfälle ansteigt bis die Abfälle in das Endlager verbracht werden. Am Ende des vom NaPro vorgesehenen Entsorgungspaths für hochradioaktive

Abfälle ist kein Wärmeeintrag in den Boden an den Standortzwischenlagern sowie im Eingangslager mehr vorhanden. Im Endlager kann ein Wärmeeintrag in das Gestein und damit in das Grundwasser um das Endlager für hochradioaktive Abfälle herum ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Dieser Wärmeeintrag in das das Endlager umgebende Gestein ist zunächst zu berücksichtigen, er wird aber mit dem radioaktiven Zerfall abnehmen und auf sehr lange Sicht keine Bedeutung mehr haben. Da der Wärmeübertrag vom Gestein auf das in der Umgebung des Endlagers vorhandene Grundwasser vom Wirtsgestein, von der konkreten Lage des Endlagers und seinem Endlagerkonzept sowie vom Abstand des Grundwasserleiters zu dem Endlager abhängt, lassen sich auf dem jetzigen Abstraktionsniveau keine Aussagen über die Höhe eines möglicherweise vorhandenen Wärmeeintrags in das Grundwasser rund um das Endlager treffen.

Im Prognose-Nullfall ist der Wärmeeintrag in den Boden und damit in das Grundwasser unterhalb und neben den Standortzwischenlagern zunächst gleich und bleibt durch den Weiterbetrieb der Zwischenlager auch länger bestehen. Auf sehr lange Sicht nimmt die Wärmeentwicklung der radioaktiven Abfälle immer weiter ab und wird ähnlich wie beim Wärmeeintrag durch die Endlagerung schließlich keine Bedeutung mehr haben. Ein Vergleich welcher Wärmeeintrag hinsichtlich seiner Umweltauswirkungen relevanter ist, ist aufgrund des gegenwärtigen Abstraktionsgrades dieser SUP nicht möglich.

5.1.2 Umweltauswirkungen der geplanten Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in einem weiteren Endlager nach StandAG im Vergleich zur entsprechenden Einzelmaßnahme im Prognose-Nullfall

Für den Entsorgungspfad der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle sieht das NaPro neben der Entsorgung im Endlager Konrad eine Verbringung in ein weiteres geologisches Endlager vor. Dies betrifft drei Abfallstränge: die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, die radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung, sofern sie als Abfälle deklariert werden, und die Delta-Abfälle.

Die Umweltauswirkungen, die durch die Umsetzung dieses Plans entstehen, sind in den Kapiteln 4.4 bis 4.7 im Einzelnen dargestellt. Im Prognose-Nullfall müssen die genannten Abfälle im zu errichtenden „Asse-Zwischenlager“, an der Urananreicherungsanlage und an den verschiedenen Lagerstätten an den Kernkraftwerkstandorten, den Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen dauerhaft gelagert werden (siehe Kapitel 3.4.2).

Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Bei Umsetzung des NaPro werden das abgereicherte Uran aus der Urananreicherung, sofern es nicht verwertet wird, als radioaktive Abfälle am Standort zwischengelagert und dem Entsorgungspfad des NaPro zugeführt. Für den Bau einer für diese Reststoffe erforderlichen Konditionierungseinrichtung müssen Flächen am Standort in Anspruch genommen werden. Die Rückholung radioaktiver Abfälle aus der Asse ist sowohl für die Umsetzung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall vorgesehen. Entsprechend werden die in Anspruch genommenen Flächen für den Bau des Schachtes Asse 5, des Rückholbergwerks sowie weiterer Infrastruktur nicht betrachtet. Für die Lagerung der Abfälle nach der Rückholung ist die Errichtung des zusätzlichen Zwischenlagers sowie einer Charakterisierungs- und Konditionierungseinrichtung am Standort der Asse erforderlich mit entsprechender Flächeninanspruchnahme. Bei Umsetzung des NaPro werden all diese Flächen nach Verbringen der Abfälle an den Standort des weiteren Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle zurückgebaut und können renaturiert werden. Dies gilt auch für die

verschiedenen derzeit genutzten Zwischenlager für Delta-Abfälle (z. B. an den Kernkraftwerkstandorten, den Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen), die ebenfalls rückgebaut werden können.

Es wird davon ausgegangen, dass die beim Standortauswahlverfahren für das Endlager für hochradioaktive Abfälle gewonnenen Erkenntnisse aus den Erkundungen ebenfalls für die Standortsuche für ein weiteres Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle genutzt werden können. Entsprechend kommt es bei der Standortauswahl für dieses weitere Endlager nicht erneut zu Erkundungen und damit einhergehender Flächeninanspruchnahme.

Die Errichtung des Endlagerbergwerks erfordert die Inanspruchnahme von Flächen. Das ist unabhängig davon, ob das weitere Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am selben Standort wie das Endlager für hochradioaktive Abfälle errichtet werden kann oder an einem anderen Standort entstehen wird. Zugangsbauwerke, Lager- und Logistikflächen sowie weitere Infrastruktur gehen mit Flächeninanspruchnahme einher. Allerdings können auch diese Flächen nach Verbringung der Abfälle in das Endlager zurückgebaut und renaturiert werden.

Im Prognose-Nullfall – der Langzeitlagerung – bleiben die Lagerflächen der bestehenden Zwischenlager und die Flächeninanspruchnahme für die zusätzlichen Lagerflächen und Konditionierungsanlagen langfristig bestehen. Denkbar wäre, dass die Abfälle an weniger Standorten langzeitgelagert werden. Damit könnten Flächen für Infrastruktur eingespart werden, ob die reine Lagerfläche auch reduziert werden kann, ist von verschiedenen Faktoren abhängig und entsprechend nicht prognostizierbar. Zudem geht eine Standortkonzentrierung mit Transporten einher, die wiederum weitere negative Umweltauswirkungen nach sich ziehen können. Nicht prognostizierbar ist ein möglicher zusätzlicher Flächenbedarf infolge der regelmäßigen Ertüchtigung und Erneuerung der Zwischenlager (z. B. für neue Bauplätze, für Baustelleneinrichtung). Zusätzlich werden eine oder mehrere Konditionierungseinrichtungen zur Ertüchtigung oder Umverpackung von Behältern über den erforderlichen Lagerzeitraum mehrfach neu gebaut werden müssen, was zu weiteren Flächenversiegelungen führt.

Im Vergleich zum Prognose-Nullfall resultiert aus der Umsetzung des NaPro temporär während des Baus des weiteren Endlagers eine Verschlechterung des Umweltziels, Flächenversiegelungen zu minimieren. Während des Betriebs oder spätestens mit Verschluss des Endlagers ändert sich dies jedoch hin zu einer deutlichen Verbesserung des Umweltziels, da diese temporären Flächenversiegelungen sowie zusätzlich auch die Flächenversiegelungen an den verschiedenen momentan genutzten Lagerstandorten für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufgehoben werden.

Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und Erschütterungen

Mit Umsetzung des NaPro kommt es beim Bau, beim Betrieb bis hin zum Verschluss des weiteren Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufgrund von (Berg-)Bautätigkeiten, Transporten und schließlich beim Rückbau der über Tage erbauten Infrastrukturen zu Luftschadstoffen, Lärm und Erschütterungen. Der Bau und Betrieb des Schachtes Asse 5, des Rückholbergwerks sowie weiterer Infrastrukturen, des zusätzlichen Zwischenlagers sowie einer Charakterisierungs- und Konditionierungseinrichtung am Standort der Asse ebenso wie der Bau und Betrieb einer für die Abfälle aus der Urananreicherung notwendigen Konditionierungseinrichtung am Standort ist, sowohl bei Umsetzung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall notwendig und muss entsprechend hier nicht näher betrachtet werden. Bei Umsetzung des NaPro kommt es beim

Rückbau dieser Infrastrukturen sowie der verschiedenen Lagerstätten zu Luftschadstoffen, Lärm und Erschütterungen, die negative Umweltauswirkungen nach sich ziehen können.

Bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall kommt es durch den Bau einer oder mehrerer Konditionierungseinrichtungen sowie bei der Ertüchtigung und der regelmäßig etwa alle 250 Jahre notwendigen Erneuerung der Konditionierungseinrichtunge(n) sowie der Zwischenlager zu potenziellen Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und ggf. Erschütterungen. Die Phasen, in denen Luftschadstoffe und Lärm emittiert werden und/oder Erschütterungen auftreten, sind sowohl bei den Maßnahmen des NaPro als auch im Prognose-Nullfall jeweils temporär begrenzt.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sowohl bei Durchführung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall jeweils im Einzelfall in den Genehmigungen zu prüfen ist, welche Schutzgüter im Umfeld der Maßnahme oder des Projekts vorhanden und ggf. betroffen sind und welche Minderungsmaßnahmen unternommen werden können.

Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe, Lärm und Erschütterungen sind in vergleichbarer Art und Intensität sowohl für die Maßnahmen des NaPro als auch für den Prognose-Nullfall gegeben, aber noch nicht konkret zu bestimmen. Prinzipiell könnte deshalb eine vergleichbare Beeinflussung des Umweltzustandes angenommen werden. Über den Betrachtungszeitraum von 1 Million Jahre wiederholt sich allerdings die Beeinträchtigung des Umweltzustands durch den Prognose-Nullfall immer wieder. Auch wenn jeweils von einer Regeneration des Umweltzustandes in den Zwischenzeiten ausgegangen werden kann, ist dies als Nachteil zu werten.

Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Sowohl bei der Zwischenlagerung schwach- und mittelaradioaktiver Abfälle im Rahmen der Umsetzung des NaPro als auch bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall kann es aufgrund von Direktstrahlung zu negativen Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen kommen. Durch messtechnische Überwachung und unter Realisierung von Maßnahmen zur Minimierung kann die Direktstrahlung soweit begrenzt werden, dass die Grenzwerte des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung eingehalten werden. Möglichkeiten der Minimierung bestehen insbesondere durch die Anordnung der Abfallgebinde (Abstände zur Anlagengrenze) und durch bauliche oder mobile Abschirmmaßnahmen.

Es kann angenommen werden, dass diese Minimierungsmaßnahmen in beiden Fällen umgesetzt werden. Auf dem derzeitigen Abstraktionsniveau des NaPro muss deswegen davon ausgegangen werden, dass die geplante Maßnahme des NaPro den Umweltzustand in vergleichbarer Art und Intensität wie die Nichtdurchführung der Maßnahme beeinflusst. Bei Umsetzung des NaPro endet die Umweltauswirkung Direktstrahlung mit der Einlagerung in das weitere Endlager nach Standortauswahlgesetz. Im Prognose-Nullfall dagegen bleibt die Direktstrahlung und damit der Bedarf an Minimierungsmaßnahmen so lange bestehen, bis die Radioaktivität der Abfälle abgeklungen ist.

Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad

Bei den hier betrachteten Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- oder Wasserpfad handelt es sich um genehmigte Ableitungen, die im Zuge der Genehmigung auf ihre Umweltauswirkungen hin überprüft werden. Ableitungen über den Luft- und/oder Wasserpfad sind bei der Rückholung der

Asse-Abfälle, bei der Konditionierung, während des Einlagerungsbetriebs in das weitere Endlager bis zum Verschluss des Endlagers möglich.

Obwohl die Umweltauswirkungen durch diese Ableitungen im Grunde vernachlässigt werden können, kann festgestellt werden, dass spätestens nach dem Verbringen der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in das geologische Endlager und dem Verschluss der Einlagerungskammern keine Ableitungen mehr betrachtet werden müssen. Da es bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall stattdessen aufgrund der notwendigen regelmäßigen Konditionierung der Abfälle auf Dauer immer wieder zu Ableitungen kommen kann, kann festgehalten werden, dass die Umsetzung des NaPro hier zu einer Verbesserung des Umweltziels der Reduktion von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad führt.

Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe

Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe können bei der Handhabung von Abfallgebinden nicht vollständig ausgeschlossen werden. So sind Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe bei Umsetzung des NaPro bei der Rückholung der Asse-Abfälle, beim Betrieb von Konditionierungseinrichtungen und Zwischenlager sowie während des Einlagerungsbetriebs des weiteren Endlagers grundsätzlich möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im Zuge der jeweiligen Genehmigungen Maßnahmen zur Verhinderung störfallbedingter Freisetzungen und zusätzlich Maßnahmen zur Schadensminimierung vorgeschrieben werden, so dass Umweltauswirkungen durch die störfallbedingten Freisetzungen radioaktiver Stoffe sehr unwahrscheinlich werden.

Bei der Langzeitlagerung im Prognose-Nullfall können Umweltauswirkungen aufgrund von störfallbedingten Freisetzungen radiologischer Stoffe ebenfalls auftreten. Regelmäßige Handhabungen der Abfälle sind bei der Langzeitlagerung zur Überwachung des Zustands der Abfallgebinde sowie zur regelmäßigen Umverpackung notwendig. Auch hier kann davon ausgegangen werden, dass grundsätzlich Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung umgesetzt werden. Die große Anzahl an Handhabungsvorgängen lässt das Risiko für eine störfallbedingte Freisetzung allerdings steigen.

Auf dem derzeitigen Abstraktionsniveau kann deswegen davon ausgegangen werden, dass die geplante Maßnahme des NaPro ein geringeres Risiko birgt, den Umweltzustand nachteilig zu beeinflussen wie im Prognose-Nullfall.

Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag in das Grundwasser

Da es sich bei schwach- und mittelradioaktiven Abfällen um Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeleistung handelt, findet kein Wärmeeintrag in das Grundwasser statt.

5.2 Umweltauswirkungen des NaPro insgesamt im Vergleich zum Prognose-Nullfall

Für eine vollständige Beurteilung der Umweltauswirkungen des NaPro insgesamt in Bezug zum Prognose-Nullfall müssen einerseits die in Kapitel 5.1 betrachteten Einzelmaßnahmen im Vergleich zu ihrem Pendant im Prognose-Nullfall zusammengefasst werden. Andererseits müssen Risiken für Umweltauswirkungen gegenübergestellt werden, die entweder nur bei Umsetzung des NaPro oder ausschließlich im Prognose-Nullfall auftreten können.

Zusammenfassend für die Entsorgungspfade der hochradioaktiven sowie der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle zeigt der in Kapitel 5.1 vorgenommene Vergleich der Einzelmaßnahmen mit ihrem jeweiligen Pendant im Prognose-Nullfall, dass die Umsetzung des NaPro auf lange Sicht gesehen das Umweltziel, Flächeninanspruchnahmen zu verringern, eher erreicht als seine Nichtdurchführung. Die Umweltziele der Verminderung von Direktstrahlung und Reduktion von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad sowie auch das Umweltziel der Vermeidung von störfallbedingten Freisetzungen radiologischer Stoffe werden mit Umsetzung des NaPro deutlich besser erreicht als im Prognose-Nullfall. Weitere Umweltziele wie die Vermeidung oder Verminderung von Luftschadstoffen, von Lärm oder von Erschütterungen werden sowohl mit Umsetzung des NaPro als auch im Prognose-Nullfall temporär beeinträchtigt. Ein Vergleich dieser temporären Beeinträchtigungen sowie auch der Vergleich zur Erreichung des Umweltziels, den Wärmeeintrag in den Untergrund/Boden zu minimieren, ist aufgrund des gegenwärtigen Abstraktionsgrades dieser SUP nur sehr begrenzt oder gar nicht möglich.

Bei der Umsetzung des NaPro kann außerdem ein Risiko für Veränderungen der Tagesoberfläche, Grundwasserabsenkungen oder einen Austritt von chemotoxischen Stoffen aus einem verschlossenen Endlager entstehen. Diesbezügliche Bewertungen sind Teil späterer Genehmigungsverfahren. Im Prognose-Nullfall sind diese Wirkfaktoren ausgeschlossen. Ob und in welchem Umfang mögliche Umweltauswirkungen durch eine Veränderung der Tagesoberfläche, durch Grundwasserabsenkungen oder die daraus resultierenden Abwässer sowie durch den Austritt von chemotoxischen Stoffen aus einem verschlossenen Endlager auftreten könnten, dafür sind standortspezifische Bewertungen der jeweiligen Maßnahmen oder des jeweiligen Projekts des NaPro notwendig. Diese liegen auf Grund des noch sehr abstrakten Planungscharakters des NaPro noch nicht vor und müssen in einer späteren SUP bewertet werden.

Im hypothetischen Fall der Nichtdurchführung des NaPro entstehen weitere Risiken, die gegenwärtig nicht eingeschätzt werden können. Dies betrifft insbesondere Risiken, deren Eintrittswahrscheinlichkeit innerhalb des extrem langen Zeitraums von einer Million Jahre kontinuierlich ansteigt.

Klimatische Veränderungen können beispielsweise Risiken für die Langzeitlagerung mit sich bringen. Extremwetter können veränderte Anforderungen an Gebäudeauslegung und Standortauswahl bedingen und weitere bisher unabsehbare Anforderungen mit sich bringen. Eine Prognose zu Auswirkungen des Klimawandels an konkreten Standorten über die Dauer der Langzeitlagerung sind nur sehr eingeschränkt vorhersehbar.

Ebenso besteht ein steigendes Risiko, dass Staat und Gesellschaft die Verantwortung für die radioaktiven Abfälle nicht über den gesamten Betrachtungszeitraum übernehmen können oder das dafür notwendige Know-how verloren geht. Denn Befähigung und Verantwortungsübernahme setzt dauerhaft stabile Gesellschaftsformen, finanzielle Ressourcen und Verantwortungsbereitschaft voraus. In instabilen Verhältnissen steigt die Gefahr der potenziellen Freisetzungen radioaktiver Stoffe beispielsweise durch unsachgemäße Handhabung, durch gezielte Angriffe auf den jeweiligen Zwischenlagerstandort oder durch Entwendung.

Bisher lassen sich in der Geschichte solche stabilen Verhältnisse über einen dermaßen langen Zeitraum nicht nachweisen. Es ist im Gegenteil davon auszugehen, dass diese stabilen Verhältnisse auch in Zukunft nicht über eine Million Jahre aufrechterhalten werden können.

Gehen Verantwortungsbereitschaft, Kompetenzen oder Ressourcen zur Betreuung der radioaktiven Abfälle verloren, steigt die Wahrscheinlichkeit für Direktstrahlung, für ungeplante Emissionen

radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad und störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe, was zu Beeinträchtigungen der Schutzgüter Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt sowie Fläche, Boden, Wasser, Luft und Klima führen kann.

5.3 Schlussfolgerungen

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt und unter Berücksichtigung des bisher wenig eingrenzbaren Untersuchungsraums lässt sich festhalten, dass die Durchführung des NaPro gegenüber dem Prognose-Nullfall zu bevorzugen ist. Auch wenn bei Umsetzung des NaPro bis zur Verbringung der radioaktiven Abfälle unter Tage zunächst das Umweltziel, die Flächeninanspruchnahme möglichst gering zu halten, weniger gut erreicht und damit der Umweltzustand verschlechtert wird, so lässt sich auch für dieses Umweltziel auf lange Sicht eine deutliche Verbesserung des Umweltzustandes durch die Umsetzung des NaPro erreichen.

Insgesamt führt die Umsetzung des NaPro demnach zu einer Verbesserung des Umweltzustands und sollte insbesondere auch vor dem Hintergrund der Unwägbarkeiten, die mit einer Langzeitlagerung über einen dermaßen langen Zeitraum von einer Million Jahre einhergehen, gegenüber dem Prognose-Nullfall eindeutig bevorzugt werden.

Allerdings bleibt auch festzuhalten, dass mit fortschreitender Konkretisierung der Pläne die in dieser SUP vorgenommenen Einschätzungen und Annahmen in einer späteren SUP überprüft und bewertet werden sollten. Einige Wirkfaktoren und die damit verbundenen Umweltauswirkungen lassen sich grundsätzlich erst in späteren SUP bewerten, da ihre Einschätzung stark von den jeweils zu betrachtenden Standortgegebenheiten abhängt.

6 Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben

Die SUP wird auf einem hohen Abstraktionsniveau durchgeführt, da verschiedene Rahmenbedingungen wie Umsetzungszeitraum, Untersuchungsraum oder technische Entwicklungen noch sehr unkonkret sind. So liegt der Zeitpunkt der geplanten Umsetzung für die meisten der Projekte des NaPro noch sehr weit in der Zukunft. Für das Standortauswahlverfahren beispielsweise wird inzwischen ein deutlich längerer Zeitraum erwartet (BASE 2024e). Der Bau eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle kann erst nach der Entscheidung für einen Standort und einem Genehmigungsverfahren umgesetzt werden. Die Überführung und Einlagerung der Abfälle erfolgt wiederum nach Fertigstellung und Inbetriebnahme des Endlagers.

Auch für das Endlager Konrad, das schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufnehmen soll und sich gegenwärtig im Bau befindet, ist der Zeitrahmen im NaPro nur grob abgesteckt. Es ist festgehalten, dass „der Einlagerungsbetrieb für das planfestgestellte Abfallvolumen einen Zeitraum von 40 Jahren nicht überschreiten“ soll (BMUV 2024e). Aktuell geht die BGE davon aus, dass die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen Anfang der 2030er Jahre beginnen wird.

Der Zeitplan für ein weiteres Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle zur Entsorgung aller Abfälle, die nicht in das Endlager Konrad verbracht werden können, ist an das Standortauswahlverfahren gebunden. Allerdings ist unklar, ob dieses weitere Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am selben Standort wie das Endlager für hochradioaktive Abfälle errichtet werden kann. „Sollte die Errichtung eines zusätzlichen Endlagers für größere Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort des Endlagers für hochradioaktive Abfälle nicht möglich sein, so muss für dieses Endlager ein eigener Standort ausgewiesen werden“ (BMUV 2024e). Dabei soll aber auf die Ergebnisse des Standortauswahlverfahrens nach StandAG zurückgegriffen werden, so dass näherungsweise gleiche Zeiträume angenommen werden können.

Für viele Maßnahmen des NaPro ist der Untersuchungsraum noch wenig konkret (siehe Kapitel 1.3.1). Die fehlende räumliche Eingrenzung führt dazu, dass gegenwärtig nicht abgeschätzt werden kann, welche Schutzgüter von den Maßnahmen und Projekten des NaPro jeweils betroffen sein können. Abdeckend alle möglichen Umweltauswirkungen auf alle Schutzgüter zu betrachten, verzerrt die Bewertung ebenso, wie möglicherweise empfindliche Schutzgüter außer Acht zu lassen.

Mögliche technologische Entwicklungen in diesen großen Zeiträumen sind ebenso wenig absehbar, sie können Umweltauswirkungen aber deutlich beeinflussen. Beispielsweise heute schon absehbar ist die Verwendung von Elektrofahrzeugen beim Transport.

Entsprechend bleiben die Bewertungen in dieser SUP vielfach sehr abstrakt und vage. Sie sollten mit zunehmender Konkretisierung der Pläne in späteren SUPs überprüft und verifiziert werden.

7 Überwachungsmaßnahmen

Nach § 45 UVPG sind die erheblichen Umweltauswirkungen, die sich aus der Durchführung des NaPro ergeben, zu überwachen. Ziel der Überwachung ist, unvorhergesehene nachteilige Auswirkungen frühzeitig zu ermitteln und geeignete Abhilfemaßnahmen zu ergreifen. Die erforderlichen Überwachungsmaßnahmen sind nach § 45 UVPG mit der Annahme des NaPro auf der Grundlage der Angaben im Umweltbericht festzulegen.

Wie bereits in Kapitel 1.3.1 beschrieben, ist der Untersuchungsraum zum gegenwärtigen Zeitpunkt für einen Großteil der Maßnahmen und Projekte des NaPro weder räumlich noch zeitlich eindeutig eingrenzbar. Daher sind, wie in Kapitel 1.3.1 dargestellt, keine realen Untersuchungsgebiete mit realen Umweltbestandteilen darstellbar. Die in Kapitel 4 herausgearbeiteten potenziell relevanten Umweltauswirkungen beziehen sich auf die Annahme, dass alle möglichen empfindlichen Schutzgütern im Untersuchungsraum grundsätzlich vorkommen können.

Zur Ermittlung sinnvoller und zielführenden Überwachungsmaßnahmen werden die Wirkfaktoren, die potenziell relevante Umweltauswirkungen verursachen können, diskutiert. Mit den Überwachungsmaßnahmen sollen unvorhergesehene nachteilige Auswirkungen frühzeitig ermittelt und geeignete Abhilfemaßnahmen ergriffen werden.

Flächeninanspruchnahme ist nach § 13ff BNatSchG zu vermeiden. Sofern das nicht möglich ist, sind nach § 15 BNatSchG landschaftspflegerische Maßnahmen (sogenannte Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen) zu ergreifen. Mit diesen Maßnahmen sollen die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts und das Landschaftsbild in gleichartiger bzw. gleichwertiger Weise wiederhergestellt werden. Die Umsetzung der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erfolgt in den einzelnen Zulassungs- und Genehmigungsverfahren. Darüber hinaus ist die Begrenzung von Flächeninanspruchnahme Ziel der von der Bundesregierung 2021 vorgelegten Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2025). Überwachungsmaßnahmen für die Maßnahmen und Projekte des NaPro werden zum jetzigen Zeitpunkt als nicht erforderlich gesehen.

Die Bundesländer betreiben auf ihrem Gebiet flächendeckend Messstationen zur **Überwachung von Luftschadstoffen und Treibhausgasen**¹⁵. Die Luftqualität wird in ganz Deutschland überwacht und die Messdaten online zur Verfügung gestellt¹⁶. Die nationalen Gesetze und Regelwerke (z.B. Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)) enthalten Vermeidungs- und Verminderungsmaßgaben gegen schädliche Umweltauswirkungen, die in untergesetzlichen Regelwerken konkretisiert werden. So können bei Arbeiten z. B. Maschinen und Geräten mit Elektromotor eingesetzt oder staubende Güter beim Be- und Entladen befeuchtet werden. Überwachungsmaßnahmen für die Maßnahmen und Projekte des NaPro werden zum jetzigen Zeitpunkt als nicht erforderlich gesehen.

Lärm und Erschütterungen können lokal durch die Maßnahmen des NaPro entstehen. Um Lärm zu mindern, wurde die EU-Umgebungslärmrichtlinie erlassen (BMUV 2020) und im Rahmen des sechsten Teils des Bundes-Immissionsschutzgesetz in deutsches Recht umgesetzt. Ergänzt wird sie von der Verordnung über die Lärmkartierung (34. BImSchV). Das Regelwerk legt ein Konzept zur Lärminderung fest. Unter anderem sind von den nach § 47c und § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz zuständigen Behörden Lärmkarten und Lärmaktionspläne zu erstellen. Um

¹⁵ Das Integrierte Treibhausgas-Monitoringsystems (ITMS) kontrolliert die Quellen und Senken der drei wichtigsten langlebigen Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O) (Deutscher Wetterdienst (o.D.)).

¹⁶ Luftschadstoffe wie Stickoxide, Feinstaub und Ozon werden grafisch und tabellarisch aufbereitet und sind hier abrufbar: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten/> - zuletzt abgerufen am 28.02.25

Lärm und Erschütterungen bei den Maßnahmen und Projekten des NaPro zu vermeiden bzw. zu minimieren, sollten die in Kapitel 2.2.3 ausgeführten Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen umgesetzt werden. Überwachungsmaßnahmen für die Maßnahmen und Projekte des NaPro werden zum jetzigen Zeitpunkt als nicht erforderlich gesehen.

Radioaktivität in der Umwelt: Das Bundesamt für Strahlenschutz betreibt das integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (kurz IMIS). Aufgabe des IMIS ist es, schnell und zuverlässig bereits geringfügige Änderungen der Radioaktivität in der Umwelt flächendeckend erkennen sowie langfristige Trends erfassen zu können. Die Messnetze sind für die Überwachung der Radioaktivität am Boden, in der Atmosphäre, in den Bundeswasserstraßen sowie in Nordsee und Ostsee eingerichtet. Zusätzlich werden im Routinebetrieb bundesweit jährlich mehr als 10.000 Proben aus der Luft, dem Wasser, dem Boden, Nahrungsmitteln, Futtermitteln und weiteren Umweltbereichen entnommen und Messungen durchgeführt. Das IMIS umfasst ein ODL-Messnetz, welches mit rund 1.700 Messsonden rund um die Uhr die Strahlenbelastung durch natürliche Radioaktivität in der Umwelt (Direktstrahlung, Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad)¹⁷ überwacht. Das IMIS hat eine wichtige Frühwarnfunktion, um erhöhte Strahlung durch radioaktive Stoffe in der Luft in Deutschland schnell zu erkennen. Insofern sind für die Wirkfaktoren Direktstrahlung und Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt keine zusätzlichen Überwachungsmaßnahmen notwendig.

Störfallbedingte Freisetzung radiologischer Stoffe: Im Rahmen der Genehmigungs- bzw. Zulassungsverfahren für Anlagen und Einrichtungen in Deutschland, in denen radioaktive Stoffe gehandhabt werden, werden auch Störfallanalysen durchgeführt. Grenzwerte sind in § 104 der Strahlenschutzverordnung festgelegt (StrlSchV). In einer Störfallanalyse wird die Gefahr von Störfällen bei bestimmungsgemäßem und nicht bestimmungsgemäßem Betrieb ermittelt und bewertet. Außerdem werden Wahrscheinlichkeit und Schwere solcher Störfälle abgeschätzt. Zusätzlich werden auslegungsüberschreitende Störfälle ermittelt und bewertet. Vom Anlagenbetreiber ist ein Konzept zur Verhinderung von Störfällen vorzulegen. Außerdem sind vorbeugende Schutzmaßnahmen zu treffen, um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten. Anders als im deutschen technischen Sicherheitsrecht üblich, müssen die Schutzmaßnahmen kerntechnischer Anlagen in Deutschland nicht nur dem Stand der Technik, sondern dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Dies ist in § 6 des Atomgesetzes festgelegt (AtG). Damit muss für eine Genehmigung einer kerntechnischen Anlage stets auch diejenige Vorsorge gegen Schäden getroffen werden, die nach den neuesten abgesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Die Anforderungen an die Störfallanalyse werden national wie international stetig weiterentwickelt. Weitere Überwachungsmaßnahmen sind für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Die **Landschaftswirkung** einer Anlage, abhängig vom subjektiven Empfinden des Betrachters, verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Das Bundesnaturschutzgesetz regelt den Schutz bestimmter Teile der Landschaft. So sind nach § 20 BNatSchG (BNatSchG) im Biotopverbund mindestens 10 % eines jeden Landes als Naturschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet o.a. zu schützen. Nach § 6 des Bundesnaturschutzgesetzes ist die Beobachtung von Natur und Landschaft Aufgabe von Bund und Ländern. Die Beobachtung dient der gezielten und fortlaufenden Ermittlung, Beschreibung und

¹⁷ Messstellen und Messergebnisse sind hier abrufbar https://odlinfo.bfs.de/ODL/DE/themen/wo-stehen-die-sonden/karte/karte_node.html - zuletzt abgerufen am 28.02.25

Bewertung des Zustands von Natur und Landschaft und ihrer Veränderungen einschließlich der Ursachen und Folgen dieser Veränderungen (§ 6 Abs. 2 BNatSchG). Das Monitoring zielt hauptsächlich auf die Erfassung von Veränderungen der Biodiversität in Natur und Landschaft ab (BfN 2025). Bezogen auf die Landschaftswirkung sind Minimierungen durch Integration der baulichen Anlagen oder einer Halde in das bestehende Landschaftsbild möglich. Sie können auch durch Anpflanzungen von Gehölzen reduziert werden. Veränderungen des Landschaftsbildes können im Rahmen der Standortauswahl für die Maßnahmen und Projekte des NaPro bereits frühzeitig durch moderne Methoden der Bildmontage ermittelt werden. Durch geeignete Auswahl eines Standortes kann ausgeschlossen werden, dass besonders geschützte Landschaftsbereiche betroffen sind. Weitere Überwachungsmaßnahmen sind für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Wärmeeintrag ins Grundwasser: Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG) (WRRL) verpflichtet die Mitgliedstaaten, Messnetze zur Überwachung des chemischen und mengenmäßigen Zustands des Grundwassers einzurichten. Diese Vorgaben werden im Wasserhaushaltsgesetz, den zugehörigen Verordnungen und den Länderwassergesetzen in nationales Recht umgesetzt. Die Grundwasserverordnung (GrwV) regelt in Anlage 4 die Überwachung des chemischen Grundwasserzustands und der Schadstofftrends. Nach Punkt 1.2.2 der Anlage 4 der GrwV müssen neben den chemischen Eigenschaften auch die zeitabhängigen physikalischen Eigenschaften des Grundwasserkörpers überwacht werden. Darunter kann auch die Temperatur des Grundwassers fallen. Auch in der WRRL 2000/60/EG wird die durch menschliche Tätigkeiten direkt oder indirekt bewirkte Freisetzung von Wärme in Wasser, die schädliche Auswirkungen haben kann, als Verschmutzung definiert. Zu Umsetzung der WRRL 2000/60/EG werden in Deutschland für einen vorsorgenden Grundwasserschutz und eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung umfangreiche Messnetze zur Grundwasserüberwachung (mengenmäßiger und chemischer Zustand) durch die Bundesländer und Wasserversorgungsunternehmen betrieben (UBA 2022a). Der Wärmeeintrag ins Grundwasser kann durch die Zwischenlagerung und Endlagerung hochradioaktiver Abfälle entstehen. Im Rahmen der Genehmigungsverfahren der dezentralen Zwischenlager-Standorten wurde der Wärmeeintrag ins Grundwasser ermittelt und bewertet. Diese Erkenntnisse wurden im vorliegenden Umweltbericht berücksichtigt. Weitere Überwachungsmaßnahmen sind für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Veränderungen der Tagesoberfläche durch bergbauliche Maßnahmen können im Rahmen der Erkundungsarbeiten im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, bei bergbaulichen Arbeiten im Zusammenhang mit dem Endlager für hochradioaktive Abfälle und dem Endlager für schwach- und mittlerradioaktive nach StandAG sowie bei der Stilllegung der Asse und der anderen Endlager auftreten. Für diese Maßnahmen sind jeweils auch die Anforderungen des Bergrechts zu berücksichtigen. Durch geologische Erkundung im Vorfeld von Bohrungen bzw. durch Verfüllmaßnahmen im Rahmen der Verschlussarbeiten können Quellhebungsprozesse bzw. Setzungen, Rissbildungen u.ä. an der Erdoberfläche weitgehend vermieden werden. Überwachungsmaßnahmen sind für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Von zahlreichen Maßnahmen und Projekte des NaPro gehen **Lichtemissionen** aus. Eine bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Lichtimmissionen als schädliche Umwelteinwirkung gelten, existiert nicht. Auch werden Lichtemissionen nicht großräumig überwacht. Es existieren Handlungsleitlinien wie die der (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz 2018), in denen Minimierungsmaßnahmen aufgezeigt werden.

Überwachungsmaßnahmen sind für die Maßnahmen und Projekte des NaPro zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Grundwasserabsenkung, konventionelles Abwasser aus Grundwasserabsenkungen und Drainagewasser: Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verpflichtet die Mitgliedstaaten, Messnetze zur Überwachung des chemischen und mengenmäßigen Zustands des Grundwassers sowie der Oberflächengewässer einzurichten. In Deutschland gibt es dafür mehrere tausend Messstellen. Auf dieser Wissensbasis werden Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands abgeleitet und in Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen dokumentiert. Diese Pläne und Programme bilden die Handlungsgrundlage für den Gewässerschutz in Deutschland und der Europäischen Union. Die Überwachungsergebnisse werden im 6-Jahres-Turnus an die EU-Kommission berichtet. Das Umweltbundesamt wertet die Daten alle sechs Jahre für einen bundesdeutschen Gesamtüberblick aus (UBA 2022b). Zusätzliche Überwachungsmaßnahmen für die Maßnahmen und Projekte des NaPro sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Literaturverzeichnis

16. BImSchV: Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung), 16. BImSchV, Fassung vom 12.06.1990 (BGBl. I S. 1036), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 04.11.2020 (BGBl. I S. 2334) geändert worden ist.
34. BImSchV: Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung), 34. BImSchV, Fassung vom 06.03.2006 (BGBl. I S. 516), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 28.05.2021 (BGBl. I S. 1251) geändert worden ist.
- Alt, S.; Herbert, H.-J.; Krone, J.; Sailer, M.; Schmidt, G.; Tholen, M. (2009): Konzept für eine abgestufte Nachweisführung zum Schutz des Grundwassers vor chemotoxischen Stoffen in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle, FE-Vorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Kennziffern 02E10327, 02E10397 und 02E10407.
- AtG: Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz), AtG, Fassung vom 15.07.1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 04.12.2022 (BGBl. I S. 2153) geändert worden ist.
- AtSMV: Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung), AtSMV, Fassung vom 14.10.1992 (BGBl. I S. 1766), die zuletzt durch Artikel 18 der Verordnung vom 29.11.2018 (BGBl. I S. 2034; 2021 I 5261) geändert worden ist.
- AtVfV: Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes (Atomrechtliche Verfahrensverordnung), AtVfV, Fassung vom 03.02.1995 (BGBl. I S. 180), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 5 des Gesetzes vom 04.12.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 344) geändert worden ist.
- AVV Baulärm: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschemissionen –, AVV Baulärm, Fassung vom 19.08.1970, Beilage zum BAnz Nr. 160. Online verfügbar unter http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_19081970_IGI7501331.htm.
- AwSV: Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, AwSV, Fassung vom 18.04.2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19.06.2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- BArtSchV: Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung), BArtSchV, Fassung vom 16.02.2005 (BGBl. I S. 258, 896), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21.01.2013 (BGBl. I S. 95) geändert worden ist. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/BJNR025810005.html.
- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (2024a): Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. Online verfügbar unter https://www.base.bund.de/DE/base/gesetze-regelungen/rsh/rsh_node.html, zuletzt geprüft am 08.11.2024.
- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (2024b): Karte Zwischenlagerung und Entstehung hochradioaktiver Abfälle Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.). Online verfügbar unter [https://www.base.bund.de/karte-zwischenlagerung/index.html#/,](https://www.base.bund.de/karte-zwischenlagerung/index.html#/) zuletzt aktualisiert am 21.11.2024, zuletzt geprüft am 04.12.2024.

- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.) (2024c). Standort-Zwischenlager Brokdorf - Allgemeine Vorprüfung zur Feststellung der UVP-Pflicht, Mischbeladung von Brennelementen und Köcher für Sonderbrennstäbe in Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR® V/19. Änderungsantrag vom 12.12.2022.
- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.) (2024d). Statusbericht zur Kernenergienutzung 2023. Online verfügbar unter <https://www.base.bund.de/shareddocs/downloads/de/berichte/kt/statusbericht-2023.html>, zuletzt geprüft am 06.02.2025.
- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.) (2024e): Krohn, J.; Spieth-achtnich, A.; Schütte, S.; Mbah, M.; Lampke, A.; Hünecke, K. Unterstützung des BASE bei der Prozessanalyse des Standortauswahlverfahrens (PaSta). Öko-Institut e.V. Berlin.
- BBergG: Bundesberggesetz, BBergG, Fassung vom Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323) geändert worden ist 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 39 des Gesetzes vom 23.10.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323) geändert worden ist.
- BBodSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz), BBodSchG, Fassung vom 25.02.2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist 17.03.1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25.02.2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.
- BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV, Fassung vom 09.07.2021 (BGBl. I S. 2598, 2716).
- BfN - Bundesamt für Naturschutz (2025): Monitoring für Naturschutz Bundesamt für Naturschutz (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/monitoring-fuer-naturschutz>.
- BfN - Bundesamt für Naturschutz (2019): Natura 2000: Gebietsmeldestatistik und Karten Bundesamt für Naturschutz (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/natura-2000-gebietsmeldestatistik-und-karten>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.
- BfN - Bundesamt für Naturschutz (o.D.): Nichtstoffliche Einwirkungen, Erschütterungen / Vibrationen Bundesamt für Naturschutz (Hg.). Online verfügbar unter <https://ffh-vp-info.de/FFHVP/Wirkfaktor.jsp?m=1,2,4,3>.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (1990): Fortschreibung des Zusammenfassenden Zwischenberichtes über bisherige Ergebnisse der Standortuntersuchung Gorleben vom Mai 1983.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (2009). Ergebnisse der Radonmessungen in der bodennahen Luft der Bergbauggebiete. Online verfügbar unter https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2009120417/1/BfS_2009_BfS-SW-05-09.pdf.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (2024): FAQ - Welche Strahlenschutz-Prinzipien gibt es? Was ist ALARA? Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/SharedDocs/FAQs/BfS/DE/ion/ion/alara.html>, zuletzt aktualisiert am 10.09.2024, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (Hg.) (2010). Optionenvergleich Asse, Fachliche Bewertung der Stilllegungsoptionen für die Schachtanlage Asse II.
- BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (Hg.) (2014): STEAG Energy Services GmbH. Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Konzept und Genehmigungsplanung für ein übertägiges Zwischenlager, Standortunabhängige Parameterstudie zum Vergleich der Strahlenexposition durch ein Zwischenlager sowie Abfalltransporte.

- BfS - Bundesamts für Strahlenschutz (Hg.) (2003). Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standort-Zwischenlager in Krümmel der Kernkraftwerk Krümmel GmbH & Co. oHG.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung (2019). Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung (2020): Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2021): BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Tagesanlagen eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle, Beschreibung erforderlicher Tagesanlagen und Abschätzung des Flächenbedarfs.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung: Endlagersuche: Zwischenbericht Teilgebiete Bundesgesellschaft für Endlagerung (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.
- BGE (Hg.) (2022). Zeitliche Betrachtung des Standortauswahlverfahrens aus Sicht der BGE, Rahmenterminplanung für Schritt 2 der Phase I bis zum Vorschlag der Standortregionen und zeitliche Abschätzungen für Phase II und III. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/05_-_Meilensteine/Zeitliche_Betrachtung_des_Standortauswahlverfahrens_2022/20221216_Zeitliche_Betrachtung_StandAW-48_barrierefrei.pdf.
- BGE (Hg.) (2023). Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodik/Phase_I_Schritt_2/20231004_Vorgehen_zur_Ermittlung_von_Standortregionen_aus_den_Teilgebieten_barrierefrei.pdf.
- BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz), BImSchG, Fassung vom 17.05.2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 03.07.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/BJNR007210974.html>.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2015): Steinhoff, M.; Kallenbach-Herbert, B.; et al. Strategische Umweltprüfung zum Nationalen Entsorgungsprogramm - Umweltbericht für die Öffentlichkeitsbeteiligung, zuletzt geprüft am 23.01.2025.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2016). Klimaschutzplan 2050, Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Online verfügbar unter www.bmub.bund.de.
- BMUB (2017): BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bekanntmachung einer Empfehlung mit Begründung und Erläuterung der Strahlenschutzkommission (Schutz der Umwelt im Strahlenschutz). Online verfügbar unter https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_13012017_RSII2170272.htm.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2020): EU-Umgebungslärmrichtlinie Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/themen/laerm/eu-umgebungslaermrichtlinie>.

- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022a): Beförderung radioaktiver Stoffe. Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/themen/nukleare-sicherheit/transporte>, zuletzt aktualisiert am 24.05.2022, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2022b). Der Beschluss von Montreal zum Schutz der Natur.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2023a). Nationale Wasserstrategie, Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2023b). Umweltzustandsbericht des Bundes 2023. Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/download/umweltberichte> (Stand: 27.08.2024).
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024a). 1. Aktionsplan zur Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030 (NBS 2030).
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024b). Bericht der Bundesregierung für die achte Überprüfungskonferenz im März 2025, zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024c). Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024d). Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030, Beschluss des Bundeskabinetts vom 18. Dezember 2024.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024e). Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm - NaPro), Entwurf.
- BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.) (2024f). Protokoll Scoping-Termin zum Umweltbericht des NAPro 2025.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Die Beförderung radioaktiver Stoffe.
- BMWSB - Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2022): Deutschlandatlas, Wo wir leben - Bevölkerungsdichte Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wo-wir-leben/006-Bevoelkerungsdichte.html>, zuletzt geprüft am 29.01.2025.
- BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz), BNatSchG, Fassung vom 29.07.2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 08.05.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 153) geändert worden ist.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (2018). Hinweise Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen. Online verfügbar unter https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/erschuetterungsleitfaden_veroeffentlicht_stand_2018_1529053753.pdf.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2009). Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben. Online verfügbar unter

- https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Morsleben/Wesentliche_Unterlagen/Planungsunterlagen_Eroerterungstermin/2009_Plan_zur_Stilllegung_des_Endlagers_fuer_radioaktive_Abfaelle_Morsleben.pdf.
- Bundesregierung (2023): Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzprogramm-2023-2226992>.
- Bundesverband Geothermie (2020): Blowout-Preventer (Bohrtechnik) Bundesverband Geothermie (Hg.), zuletzt aktualisiert am <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/b/blowout-preventer-bohrtechnik>.
- Bundesverband Geothermie (2022): Richterskala. Online verfügbar unter <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/r/richterskala>, zuletzt aktualisiert am Juli 2022, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- Bundesverband Geothermie (2023a): Blowout Bundesverband Geothermie (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/b/blowout>.
- Bundesverband Geothermie (2023b): Bohrplatz Bundesverband Geothermie (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/b/bohrplatz>.
- Bundesverband Geothermie (2024): Erdbeben, induziertes. Online verfügbar unter <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdbeben-induziertes>, zuletzt aktualisiert am Januar 2024, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- con terra GmbH, Muenster, Germany (2024): Schutzgebiete in Deutschland Bundesamt für Naturschutz (Hg.). Online verfügbar unter <https://geodienste.bfn.de/schutzgebiete?lang=de&l=natura2000%282%29%2C-schgeb%28-4%2C-6%29>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.
- Deutsche Erdwärme (2021): Bohrungen und der Schutz von Grundwasser Deutsche Erdwärme (Hg.), zuletzt aktualisiert am https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Vortraege/2021/210126_DEW_Grundwasserschutz_und_Bohrungsaufbau.pdf.
- Deutscher Wetterdienst (o.D.): Integriertes Treibhausgas-Monitoringsystem (ITMS Deutscher Wetterdienst (Hg.). Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/treibhausgase/treibhausgase_node.html.
- Die Bundesregierung (Hg.) (2025). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Weiterentwicklung 2025.
- DWGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hg.) (2008). Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser, Arbeitsblatt W 115 2008-07.
- DWGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hg.) (2019). Verwendung von Spülmittelzusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwassermessstellen- und Brunnenbau, Arbeitsblatt W 116 2019-12.
- Endlagerkommission - Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe gemäß § 3 Standortauswahlgesetz (2016): Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe.
- EndlSiAnfV: Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung), EndlSiAnfV, Fassung vom 06.10.2020 (BGBl. I S. 2094).
- EntsorgÜG: Gesetz zur Regelung des Übergangs der Finanzierungs- und Handlungspflichten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle der Betreiber von Kernkraftwerken (Entsorgungsübergangsgesetz), EntsorgÜG, Fassung vom 27.01.2017 (BGBl. I S. 114, 120,

- 1676), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25.06.2021 (BGBl. I S. 2137) geändert worden ist.
- ESK - Entsorgungskommission (2022): Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung.
- ESK - Entsorgungskommission (2023a): ESK-Glossar.
- ESK - Entsorgungskommission (2023b): Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern.
- FFH-Richtlinie: RICHTLINIE 92/43/EWG DES RATES zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, FFH-Richtlinie, Fassung vom 21.05.1992.
- Garniel, A.; Daunicht, W. D.; Mierwald, U.; Ojowski, U. (2007): Vögel und Verkehrslärm, Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna. Kieler Institut für Landschaftsökologie, Schlussbericht FuE Vorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung.
- Generalversammlung Vereinte Nationen (Hg.) (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, Agenda2030.
- GewAbfV: Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung), GewAbfV, Fassung vom 18.04.2017 (BGBl. I S. 896), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 28.04.2022 (BGBl. I S. 700) geändert worden ist.
- GG: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, GG, Fassung vom 23.05.1949, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22.03.2025 (BGBl. 2025 I Nr. 94). Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/gg/BJNR000010949.html>.
- GGBefG: Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz), GGBefG, Fassung vom 06.08.1975 (BGBl. I S. 2121), das zuletzt durch Artikel 26 des Gesetzes vom 02.03.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/gefahrgutg/>.
- GNS - Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (Hg.) (2015). Das Zwischenlager Ahaus.
- Griebler, C.; Kellermann, C.; Stumpp, C.; Briemann, H.; Bisch, G.; Braun, J.; Hegler, F. (2014): Einfluss von Temperaturveränderungen auf die Wasserqualität, Grundwasser-Lebens-Gemeinschaften und Ökosystemfunktionen. Online verfügbar unter https://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/aktuelles/Geothermiekongress/2014/Vortraege/W6.4.Christian_Griebler.pdf.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (2009): Sentuc, F.-N., Brücher, W., Lange, F., Martens, R., Büttner, U., Fett, H.-J., Schmitz, B.M., Schwarz, G. Transportstudie Konrad 2009. Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. ISBN 978-3-939355-31-1.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (2023): Spieker, K. P.; GRS - Thielen, Harald. Weiterentwicklung der Konzepte der Transportstudie Konrad 2009, Untersuchungen zum aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zur Bewertung des Sicherheitsniveaus bei der Beförderung radioaktiver Stoffe, sowie Weiterentwicklung von Modellsystemen zu grundlegenden Sicherheitsparametern der Transportvorschriften : Abschlussbericht zu Arbeitspaket 4 (GRS). Köln, Garching b. München, Berlin, Braunschweig.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (Hg.) (2010): Ellinger, A.; Geupel, S.; Gewehr, K.; Gmal, B.; Hannstein, V.; Hummelsheim, K.; Kilger, R.; Wagner, M.; Schmidt, G.;

- Spieth-Achtnich, A. Sicherheitstechnische Aspekte der langfristigen Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und verglastem HAW.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (Hg.) (2012): Beuth, T., Bracke, G., Buhmann, D., Dresbach, C., Keller, S., Krone, J., Lommerzheim, A., Mönig, J., Mrugalla, S., Rübel, A., Wolf, J.W. Szenarienentwicklung für den Standort Gorleben unter Einbeziehung verschiedener Einlagerungsvarianten, Abschlussbericht zum Arbeitspaket 8, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. ISBN 978-3-939355-60-1.
- GRS gGmbH, Öko-Institut e. V. (2008): Brasser, T.; Droste, J.; Müller-Lyda, I. (GRS) Neles, J.; Sailer, M.; Schmidt, G.; Öko-Institut - Steinhoff, M. Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Deutschland, Hauptband und Anhänge.
- GrwV: Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung), GrwV, Fassung vom 09.11.2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12.10.2022 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/grwv_2010/.
- Hauber, L.; Jordan, P.; Madsen, F.; Nüesch, R.; Vögtli, B. (2005): Tonminerale und Sulfate als Ursache für druckhaftes Verhalten von Gesteinen. Ursachen und Wirkungen des Quellvorganges. Basel: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, ASTRA, Schweiz.
- HWG: Hessisches Wassergesetz, HWG, Fassung vom 14.12.2010. Online verfügbar unter <https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-WasGHE2010V3IVZ>.
- ICRP - Internationale Strahlenschutzkommission (2008): ICRP-108. Environmental protection - the concept and use of reference animals and plants, ICRP Publication 108 (Annals of the ICRP, 38(4–6)).
- KrWG: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz), KrWG, Fassung vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 02.03.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist.
- KSG: Bundes-Klimaschutzgesetz, KSG, Fassung vom 12.12.2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15.07.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist.
- Küppers Chr., Ustohalova, V., Ulanovsky, A. (2012): Systematische Untersuchung der Exposition von Flora und Fauna bei Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV für den Menschen, Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz, Vorhaben 3609S70006, BfS-RESFOR-62/12.
- LAI - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (Hg.) (2012 – (Anlage 2 Stand 2015)). Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen. Online verfügbar unter https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg BaWü (Hg.) (1997). Handbuch Boden.
- LAWA - Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2016). Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Online verfügbar unter https://www.lawa.de/documents/geringfueigkeits_bericht_seite_001-028_1552302313.pdf.
- Lex Asse: Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachanlage Asse II, Lex Asse, Fassung vom 20.04.2013. Fundstelle: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 19, ausgegeben zu Bonn am 24. April 2013.

- LGRB - Regierungspräsidium Freiburg Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2018): Corrensitquellen und Anhydritschwellen. LGRBwissen Regierungspräsidium Freiburg Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hg.). Online verfügbar unter <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/ingenieurgeologie/hebungen/corrensitquellen-anhydritschwellen>, zuletzt geprüft am 06.02.2025.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (2022). Begründung der Standortwahl für die Verpackungsanlagen bei der Zwiilag, Arbeitsbericht NAB 22-27.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Hg.) (2002). Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers, Technischer Bericht 02-02.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Hg.) (2011). Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung, Beilagenband, Technischer Bericht 11-01.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Hg.) (2013). Standortunabhängige Betrachtung zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers, Technischer Bericht 13-01.
- NDWV: Verordnung zur Festlegung von Dosiswerten für frühe Notfallschutzmaßnahmen (Notfall-Dosiswerte-Verordnung), NDWV, Fassung vom 29.11.2018. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/ndwv/BJNR217200018.html>.
- Neles, J.; Becker, F.; Hassel, T.; Leusmann, T.; Metz, V.; Scharf, I. (2025): Aspekte im Hinblick auf eine Neugenehmigung von Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente nach 40 Jahren Betriebszeit, TRANSENS-Bericht Nr. 25.
- Niedersächsisches Umweltministerium (2002a). Umweltverträglichkeitsprüfung Endlager Schacht Konrad, Anhang B: Zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen gem. § 11 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPg).
- Niedersächsisches Umweltministerium (2002b): Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb des Bergwerkes Konrad in Salzgitter, als Anlage zur Endlagerung fester oder verfestigter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. PFB.
- NUKEM GmbH, DWK mbH (1984): Systemstudie Andere Entsorgungstechniken – Sicherheitstechnische Arbeiten zur Konditionierungsanlage bei den Anderen Entsorgungstechniken, Technischer Anhang 4.
- OGewV: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung), OGewV, Fassung vom 20.06.2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 09.12.2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/BJNR137310016.html.
- Öko-Institut e.V. (2023): Englert, M.; Mohr, S.; Chaudry, S.; Kurth, S.; Krob; F. Verfolgung und Aufbereitung des Standes von Wissenschaft und Technik bei alternativen Entsorgungsoptionen für hochradioaktive Abfälle (altEr).
- Posiva OY (Hg.) (1999). The final disposal facility for spent nuclear fuel; Environmental impact assessment report.
- Possemiers, M.; Huysmans, M.; Batelaan, O. (2014): Influence of Aquifer Thermal Energy Storage on groundwater quality: A review illustrated by seven case studies from Belgium. Journal of Hydrology, Regional Studies 2, S. 20-34.
- REI: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, REI, Fassung vom 2006. Fundstelle: 2006 ISBN 3-452-26252-9.

- RL 2001/42/EG: Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2001/42/EG über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme, RL 2001/42/EG, Fassung vom 27.06.2001.
- RL 2006/118/EG: Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie), RL 2006/118/EG, Fassung vom 12.12.2006.
- RL 2008/98/EG: Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie), RL 2008/98/EG, Fassung vom 19.11.2008.
- RL 2024/2881: Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2024/2881 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa, RL 2024/2881, Fassung vom 23.10.2024.
- ROG: Raumordnungsgesetz, ROG, Fassung vom 22.12.2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22.03.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist.
- SSK - Strahlenschutzkommission (2003). Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition, Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Online verfügbar unter https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/DE/2003/2003-09-12_Kap4_Stoerfallberechnungsgrundlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Stadt Staufen im Breisgau (2020): Hebungsrisse, Eine schleichende Katastrophe: die Hebungsrisse in Staufen Stadt Staufen im Breisgau (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.staufen.de/unsere+stadt/hebungsrisse>, zuletzt geprüft am 06.02.2025.
- StandAG: Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz), StandAG, Fassung vom 05.05.2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22.03.2023 geändert worden ist. Fundstelle: BGBl. 2023 I Nr. 88.
- StrlSchG: Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz), StrlSchG, Fassung vom 27.06.2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 23.10.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 324) geändert worden ist.
- StrlSchV: Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung), StrlSchV, Fassung vom 29.11.2018 (BGBl. I S. 2034, 2036; 2021 I S. 5261), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 17.04.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 132) geändert worden ist.
- TA Lärm: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm), TA Lärm, Fassung vom 26.08.1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BANz AT 08.06.2017 B5). Online verfügbar unter https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm.
- TA Luft: Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft), TA Luft, Fassung vom 18.08.2021. Online verfügbar unter https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IG125025005.htm.
- TEHG: Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz), TEHG, Fassung vom 27.02.2025 (BGBl. 2025 I Nr. 70). Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/tehg_2025/BJNR0460B0025.html, zuletzt geprüft am 01.04.2025.

- UBA - Umweltbundesamt (2022a): Grundwasser: Überwachung und Bewertung Umweltbundesamt (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/ueberwachung-bewertung>.
- UBA - Umweltbundesamt (2022b): Grundwasser: Überwachung und Bewertung, Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/ueberwachung-bewertung>.
- UBA - Umweltbundesamt; BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2010): Balla, S.; Peters, H.-J.; Wulfert, K. Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (Langfassung), Forschungsvorhaben 206 13 100. Unter Mitarbeit von Richter, M. und Froben, M.
- UM BaWü - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Baden Württemberg (2024): Kernkraftwerk Neckarwestheim (Block II). Meldepflichtiges Ereignis, Pressemitteilung Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Baden Württemberg (Hg.). Online verfügbar unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/presse/pressemitteilung/pid/kernkraftwerk-neckarwestheim-block-ii-1>.
- Urenco - Urenco Deutschland GmbH (Hg.) (2002). Endausbau der Urananreicherungsanlage Gronau auf 4.500 t UTA/a, Sicherheitsbericht nach § 3 Abs. 1 Nr. 1 AtVfV einschließlich der Angaben nach § 3 Abs. 1 Nr. 8 und 9 AtVfV und nach § 3 Abs. 2 AtVfV.
- UVPG: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, UVPG, Fassung vom 18.03.2021 (BGBl. I S. 540), das zuletzt durch Artikel 13 des Gesetzes vom 08.05.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist.
- Vogelschutzrichtlinie: Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, Vogelschutzrichtlinie, Fassung vom 2009.
- Wasserschutzgebiete in Deutschland. Online verfügbar unter <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/52d1b6ab-31c7-491b-96c8-be22a31d7313>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), WHG, Fassung vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22.12.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist.
- WRRL: Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, WRRL, Fassung vom 23.10.2000.