

Nationales Entsorgungsprogramm

Deutschland

Strategische Umweltprüfung

Fachstellungnahme



NATIONALES ENTSORGUNGSPROGRAMM DEUTSCHLAND STRATEGISCHE UMWELTPRÜFUNG

Fachstellungnahme



Oda Becker
Kurt Decker
Gabriele Mraz

Projektleitung Franz Meister

Autor:innen Dipl. Phys. Oda Becker (technisch-wissenschaftliche Konsulentin)
Dr. Kurt Decker
Mag.a Gabriele Mraz, MA (pulswerk GmbH)

Übersetzung Mag.a Patricia Lorenz

Layout Felix Eisenmenger

Umschlagfoto © iStockphoto.com/imagestock

Auftraggeber Diese Fachstellungnahme wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK) unter Mitfinanzierung durch die Bundesländer Kärnten, Salzburg sowie Vorarlberg erstellt.

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2025

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-831-3

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY	11
EINLEITUNG	16
1 ÜBERBLICK ÜBER DAS NATIONALE ENTSORGUNGSPROGRAMM UND DAS SUP-VERFAHREN	17
1.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten	17
1.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	21
1.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen	24
1.3.1 Fragen	24
1.3.2 Vorläufige Empfehlungen	25
2 ABFALLMENGEN UND KLASSIFIZIERUNG	26
2.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten	26
2.1.1 Klassifizierung	26
2.1.2 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	26
2.1.3 Schwach und mittel radioaktive Abfälle	27
2.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	28
2.2.1 Klassifizierung	28
2.2.2 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	29
2.2.3 Schwach und mittel radioaktive Abfälle	31
2.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen	32
2.3.1 Vorläufige Empfehlungen	33
3 KONDITIONIERUNG	34
3.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten	34
3.1.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	34
3.1.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle	35
3.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	37
3.2.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	37
3.2.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle	39
3.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen	42
3.3.1 Fragen	43
3.3.2 Vorläufige Empfehlungen	43
4 ZWISCHENLAGERUNG	44
4.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten	44

4.1.1	Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	44
4.1.2	Schwach und mittel radioaktive Abfälle	47
4.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	49
4.2.1	Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	49
4.2.2	Schwach und mittel radioaktive Abfälle	56
4.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	58
4.3.1	Fragen	60
4.3.2	Vorläufige Empfehlungen	61
5	TRANSPORTE	63
5.1	Darstellung in den SUP-Dokumenten.....	63
5.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	64
5.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	66
5.3.1	Fragen	66
5.3.2	Vorläufige Empfehlungen	67
6	ENDLAGERUNG	68
6.1	Darstellung in den SUP-Dokumenten.....	68
6.1.1	Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	68
6.1.2	Schwach und mittel radioaktive Abfälle	69
6.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	70
6.2.1	Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	70
6.2.2	Schwach und mittel radioaktive Abfälle	71
6.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	73
6.3.1	Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle	73
6.3.2	Schwach und mittel radioaktive Abfälle	73
6.3.3	Fragen	74
7	GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN AUF ÖSTERREICH.....	75
7.1	Darstellung in den SUP-Dokumenten.....	75
7.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015 ..	75
7.3	Schlussfolgerungen	77
8	FRAGEN UND VORLÄUFIGE EMPFEHLUNGEN	78
8.1	Überblick über das nationale Entsorgungsprogramm und das SUP-Verfahren	78
8.1.1	Fragen	78
8.1.2	Vorläufige Empfehlungen	78
8.2	Abfallmengen und Klassifizierung.....	78
8.2.1	Vorläufige Empfehlungen	78

8.3	Konditionierung.....	79
8.3.1	Fragen	79
8.3.2	Vorläufige Empfehlungen	79
8.4	Zwischenlagerung	79
8.4.1	Fragen	79
8.4.2	Vorläufige Empfehlungen	80
8.5	Transporte.....	81
8.5.1	Fragen	81
8.5.2	Vorläufige Empfehlungen	82
8.6	Endlagerung	82
8.6.1	Fragen	82
9	REFERENZEN	83
10	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS.....	89
11	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	90

ZUSAMMENFASSUNG

Das nationale Entsorgungsprogramm Deutschlands wird zur Zeit einer Aktualisierung unterzogen. Für diese Aktualisierung wird eine Strategische Umweltprüfung (SUP) nach deutschem Recht (UVPG) und der EU SUP-Richtlinie 2001/42/EG durchgeführt.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK) beauftragte, unter Mitfinanzierung durch die Bundesländer Kärnten, Salzburg sowie Vorarlberg, das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten SUP-Unterlagen im Rahmen der hier vorliegenden Fachstellungnahme zu koordinieren. Ziel der österreichischen Beteiligung am SUP-Verfahren ist es, mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu verhindern.

Österreich beteiligte sich bereits 2015 an einer SUP zum damaligen deutschen Entsorgungsprogramm. (UMWELTBUNDESAMT 2015, 2017) Diese beiden Fachstellungnahmen enthielten Fragen und vorläufige Empfehlungen. In der gegenständlichen Fachstellungnahme wird auch überprüft, inwieweit diese in der neuen Überarbeitung des Entsorgungsprogrammes berücksichtigt wurden.

Überblick über das Nationale Entsorgungsprogramm (NaPro) und das SUP-Verfahren

Bis zum August 2025 soll das beschlossene NaPro nach einem Kabinettsbeschluss bereits an die Europäische Kommission übermittelt werden. Angesichts dieses knappen Zeitplans stellt sich die Frage, inwieweit die Ergebnisse dieses grenzüberschreitenden SUP-Verfahrens berücksichtigt werden können.

Die Entscheidung für einen Endlagerstandort für hoch radioaktive Abfälle war im ersten NaPro 2015 noch mit 2031 benannt, nun wurde sie mit „Mitte des Jahrhunderts“ angegeben.

Um eine sichere Entsorgung zu gewährleisten, sind realistische Kostenschätzungen und ausreichende Finanzierung essenziell. Sowohl das NaPro als auch der Nationale Bericht aus dem Jahr 2024 verweisen für weitere Ausführungen auf einen Kostenbericht aus dem Jahr 2015. Die dort aufgelisteten Gesamtkosten umfassen ca. 63,83 Mrd. Euro. Es bleibt die Frage nach einer aktuellen Schätzung der Kosten offen, die die veränderten Zeitpläne bei allen Endlagerprojekten berücksichtigt.

Klassifizierung und Abfallmengen

In dem aktuellen NaPro werden überwiegend die Angaben hoch radioaktive Abfälle und Abfälle aus der Wiederaufbereitung sowie sonstige Abfälle verwendet, sie sind vergleichbar mit der internationalen Klassifizierung (schwach, mittel und hoch radioaktive Abfälle). Außerdem gibt es die Kategorie der geringfügig radioaktiven Stoffe, die in den konventionellen Stoffkreislauf zur Verwertung oder Beseitigung freigegeben werden sollen. An der Praxis der Freigabe gibt es

vielfach Kritik. In Deutschland freigegebene Stoffe können exportiert und in Österreich beliebig verwendet werden.

Die in Deutschland vorhandene Menge an abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren lässt sich aufgrund der bereits endgültig abgeschalteten Leistungsreaktoren gut bestimmen. Etwa 20 % der zurzeit in Deutschland aufbewahrten abgebrannten Brennelemente wurden zum Stichtag (31.12.2023) noch in den Reaktorbecken nassgelagert. Solange noch Brennelemente in den Lagerbecken des KKW Gundremmingen C vorhanden sind, ist bei unfallbedingter Freisetzung und atmosphärischem Transport der Radionuklide nach Österreich von massiven Auswirkungen auszugehen.

Formal entsprechen die Angaben schwach und mittel radioaktiver Abfälle fast vollständig den geforderten Angaben gemäß Richtlinie 2011/70/Euratom. Für die Standortsuche des Endlagers insbesondere für hoch radioaktive Abfälle sind neben den Abfallstoffen, die aus der Schachanlage Asse zurückgeholt werden sollen, und den zu erwartenden radioaktiven Abfällen aus der Urananreicherung auch weitere schwach und mittel radioaktive Abfallstoffe, die nicht im Endlager Schacht Konrad deponiert werden können, zu betrachten. Es sind dies mindestens ca. 57.000 m³ der prognostizierten 360.000 m³. Diese sogenannten Delta-Abfälle sind jedoch nicht klar aufgelistet.

Konditionierung

Die Konditionierungsmethode für bestrahlte Brennelemente kann für die Bundesrepublik Deutschland noch nicht endgültig festgelegt werden, da der Endlagerstandort und das Wirtsgestein noch nicht feststehen. Aus Sicht von Österreich besteht das Interesse, dass die Konditionierungsmethode mit dem geringsten Störfallpotenzial, also ohne Zerlegung der Brennelemente gewählt wird.

Durch den Betrieb von Konditionierungsanlagen für schwach und mittel radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland sind bisher keine radiologischen Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zu erwarten. Da der Umgang und die Konditionierung der sogenannten Delta-Abfälle noch nicht bekannt ist kann eine potenzielle Auswirkung auf Österreich noch nicht langfristig ausgeschlossen werden.

Zwischenlagerung

Für mögliche Auswirkungen auf Österreich sind aufgrund der Entfernung zur Grenze sechs süddeutsche Brennelemente-Zwischenlager (Grafenrheinfeld, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim, Isar und Gundremmingen) relevant. Zudem wären vom geplanten Eingangslager – abhängig vom Standort – potenzielle Auswirkungen auf Österreich möglich.

Nach derzeitigen Angaben der Vorhabensträgerin BGE wird erst zwischen 2046 und 2068 ein Endlagerstandort feststehen. Eine Inbetriebnahme wird weitere 20 bis 30 Jahre erfordern. Das Ende der Genehmigungen für die derzeit betrie-

benen Zwischenlager (2034-2047) steht nicht in Einklang mit der Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers. Es sind daher erheblich längere Zeiträume für die notwendige Zwischenlagerung zu erwarten. Die Endlagerkommission (ESK) hält Zwischenlagerzeiträume von bis zu 120 Jahren für möglich.

Die Lagerung der hoch radioaktiven Abfallstoffe in den Behältern ist auf 40 Jahre befristet. Regulatorische Anforderungen für verlängerte Zwischenlagerdauern müssen noch definiert werden. Laut NAPRO (2025) wird zurzeit ein Regelwerk erstellt.

Mit zunehmender Zwischenlagerdauer ist von einer alterungsbedingten Veränderung der Materialien der Behälterkomponenten auszugehen. Die BGZ hat ein Forschungsprogramm zur verlängerten Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle erarbeitet. Dieses ist jedoch weder im Umfang noch in der Zielsetzung ausreichend. In den Zwischenlagern fehlen ausreichende Einrichtungen für Reparatur-, Wartungs- und Prüfmaßnahmen. Es wird daher empfohlen aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten „Heiße Zellen“ zu implementieren, in denen gegebenenfalls der Austausch von Primärdeckeldichtungen möglich sind.

Auch für die abgebrannten Brennelemente aus den Nicht-Leistungsreaktoren muss eine sichere langfristige Zwischenlagerung gewährleistet werden. Das gilt insbesondere für die abgebrannten Brennelemente aus dem FRM II, die atomwaffenfähiges Uran enthalten.

Die im NAPRO (2025) präsentierten Pläne/Konzepte und technischen Lösungen für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind unzureichend. Die Endlagerkommission empfahl bereits 2016 eine regelmäßige Überprüfung der Belastbarkeit des aktuellen Zwischenlagerkonzepts.

Mit Urteil des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Schleswig am 19.06.2013 wurde die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben; eine Revision wurde nicht zugelassen. Bemängelt wurde im Urteil der Umfang der Ermittlungen und Bewertungen im Genehmigungsverfahren bezüglich potenzieller Terrorangriffe. Auch nach Aufhebung der Genehmigung aufgrund begründeter Zweifel an den Sicherheitsnachweisen werden die Behälter weiter im Zwischenlager Brunsbüttel aufbewahrt. Der vor zehn Jahren gestellte Neuantrag ist noch nicht genehmigt.

In den süddeutschen Zwischenlagern sowie in den zentralen Zwischenlagern sollten im Wesentlichen nur die Behälter selbst den Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten. Die Gebäudestärken sind entsprechend gering. Nach einer Einschätzung der zuständigen Behörden in 2010 waren Nachrüstmaßnahmen erforderlich. Im Wesentlichen wurden die Lagerhallen entlang einiger Wände durch zusätzliche Mauern geschützt. Auch der Zugang der Hallen wurde verändert. Der Schutz vor externen Terrorangriffen wurde durch die Nachrüstungen nur geringfügig verbessert.

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit

verdient. Eine neue Risikobewertung muss derartige Szenarien in die Sicherheitsbetrachtung für Zwischenlager in Deutschland einbeziehen. Dies gilt auch für neue Bedrohungslagen durch terroristische Angriffe, etwa durch sogenannte Kamikazedrohnen.

Die Zwischenlagerung der anfallenden schwach und mittel radioaktiven Abfälle stellt ein wichtiges Glied der Entsorgungskette dar und muss zeitlich auf Anfall und Endlagermöglichkeiten abgestimmt sein. Damit stellt eine intensive planerische Befassung mit diesem Thema auch einen wichtigen Teil eines NaPro dar. Dies ist auch in RL 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 festgelegt. Die vorliegenden Unterlagen stellen dieses Thema nicht in plausibler und übersichtlicher Weise dar. Dies betrifft die Zwischenlagerung der schwach und mittel radioaktiven Abfälle insgesamt, aber insbesondere die sogenannten Delta-Abfälle. Direkte mögliche Umweltauswirkungen auf Österreich sind zurzeit zwar nicht zu erwarten, ob diese aber auch langfristig ausgeschlossen werden können, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht vollständig bewerten.

Transporte

Eine Betroffenheit des österreichischen Staatsgebietes durch den Transport bestrahlter Brennelemente und hoch radioaktiver Abfälle ist in Bezug auf Unfallauswirkungen und sonstigen Einwirkungen Dritter möglich, wenn solche Transporte zu einem Endlagerstandort mit geringer Entfernung zur Grenze durchgeführt werden.

Auswirkungen bei unfallfreiem Transport und nach Unfällen sowie sonstigen Einwirkungen Dritter wären möglich, wenn bestrahlte Brennelemente aus Forschungsreaktoren zum Beispiel im Transit zu einem Mittelmeerhafen durch Österreich befördert würden. Derartige Transporte sind zurzeit nicht geplant.

Endlagerung

Die Rahmenbedingungen für die Endlagersuche für hoch radioaktive Abfälle und, parallel dazu, für ein zusätzliches Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle werden vom Standortauswahlgesetz vorgegeben. Eine Standortfestlegung ist bisher nicht erfolgt.

Die vorliegenden SUP-Unterlagen beschreiben die erwarteten Umweltauswirkungen der Maßnahmen, die bei der Standortauswahl sowie der Errichtung eines Endlagers umgesetzt werden. Angaben zu Umweltauswirkungen aufgrund möglicher störfallbedingter Freisetzungen radioaktiver Stoffe während der Einlagerung der Abfälle oder beim Verschluss eines zukünftigen Endlagers sind sehr allgemein gehalten, da bisher keine Festlegung auf ein Wirtsgestein, einen Standort oder ein Endlagerkonzept erfolgt ist.

Im mehrstufigen Standortauswahlverfahren ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, erst auf 54 % der bundesdeutschen Fläche eingegrenzt. In dieser Fläche hat die BGE 90 sogenannte Teilgebiete ausgewiesen, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Mögliche Wirtsgesteine sind Steinsalz, Tonsteine und kristalline Gesteine. Österreich könnten vor allem von Teilgebieten berührt werden, die an Oberösterreich grenzen, sowie von Teilgebieten, die im hydrologischen Einzugsgebiet der Donau liegen. Eine Einschätzung von Auswirkungen von möglichen Standorten in diesen Teilgebieten auf Österreich ist aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich und erscheint aufgrund des frühen Stadiums des Standortauswahlverfahrens nicht zielführend.

Grenzüberschreitende Auswirkungen auf Österreich

Erhebliche Auswirkungen der Aktivitäten in Umsetzung des NaPro auf Österreich sind grundsätzlich möglich, dies infolge schwerer, auslegungsüberschreitender Unfälle in (grenznahen) Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle, in KKW-Lagerbecken, in denen noch abgebrannte Brennelemente lagern, im Eingangslager für das Endlager für vor allem hoch radioaktive Abfälle, sofern dieses in der Nähe der Grenze errichtet wird, sowie durch Unfälle bei eventuellen Transporten in der Nähe der Grenze oder über österreichisches Gebiet.

Im Rahmen einer SUP sollten schwere, auslegungsüberschreitende Unfälle in den Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente berechnet werden, um mögliche erhebliche negative Auswirkungen auf Österreich prüfen zu können. Es wären Berechnungsergebnisse wünschenswert, die einen Vergleich sowohl mit den österreichischen Interventionsmaßnahmen als auch mit landwirtschaftlichen Schutzmaßnahmen erlauben.

SUMMARY

Currently, Germany's program for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste (national program) is being updated. This update is subject to a Strategic Environmental Assessment in line with German law (UVPG) and the EC SEA directive 2001/42/EC.

The Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Climate and Environmental Protection, Regions and Water Management (BMLUK) has commissioned the Federal Environment Agency to coordinate the assessment of the submitted SEA documents in the framework of this expert opinion. The aim of Austria's participation in the SEA procedure is to minimize or prevent possible significant adverse effects of the project on Austria. The Provinces of Carinthia, Salzburg and Vorarlberg support this statement.

Already in 2015, Austria participated in the SEA on the German waste management program. (UMWELTBUNDESAMT 2015, 2017) These two expert opinions prepared questions and preliminary recommendations. The present expert opinion also evaluates the extent to which these were taken into account in the review of the nuclear waste management program.

Overview of the National Waste Management Program (NaPro) and the SEA procedure

According to a government decision, the approved NaPro is to be submitted to the European Commission by August 2025. This tight schedule raises some doubts to what extent the results of this transboundary SEA can be taken into account .

In the first NaPro from 2015, the decision on a final storage site for highly radioactive waste was to be taken in 2031, but now the draft review mentions "mid-century."

Realistic cost estimates and sufficient funding are essential to ensure safe disposal. For further details, both the NaPro and the 2024 National Report refer to a 2015 cost report. The total costs listed there amount to approximately 63.83 billion Euro. What remains unanswered is an updated cost estimate that takes into account the changed time schedules for all final disposal projects.

Classification and waste amounts

The current NaPro mostly uses the terms high-level radioactive waste, waste from reprocessing, and other waste, which is comparable to the international classification (low-level, medium-level, and high-level radioactive waste). In addition, the category of low-level radioactive materials is used; these shall be cleared for the release into the conventional material cycle for recycling or disposal. It should be noted that the practice of clearance is widely criticized. Materials cleared in Germany can be exported and used in Austria.

In Germany, the amount of spent fuel elements from commercial reactors can be easily determined using data from the reactors that have already been permanently shut down. Approximately 20% of the spent fuel elements currently stored in Germany were still in wet storage in reactor pools as of December 31, 2023. As long as fuel elements are still stored in the pools at the Gundremmingen C nuclear power plant, a massive impact on Austria can be expected in the event of an accident-related release and atmospheric transport of radionuclides.

Formally, the data provided on low- and medium-level radioactive waste almost completely comply with the requirements of Directive 2011/70/Euratom.

The search for a site for the final repository, which is designated in particular for the high-level radioactive waste, also needs to consider the waste materials to be retrieved from the Asse mine and the expected radioactive waste from uranium enrichment and also all the other low- and medium-level radioactive waste materials that cannot be deposited in the Konrad final repository. This amounts to at least around 57,000 of the predicted 360,000 m³. However, these so-called delta wastes are not clearly listed.

Conditioning

As the final repository site and host rock have not been determined yet, the conditioning method for irradiated fuel elements cannot be definitively decided for the Federal Republic of Germany. It is in the interest of Austria that the conditioning method is chosen which has the lowest potential for incidents, i. e. without dismantling the fuel elements.

At this point in time, the operation of conditioning facilities for low- and medium-level radioactive waste in the Federal Republic of Germany is not expected to have any radiological impacts on Austrian territory. However, as the handling and conditioning of so-called delta wastes is not yet known, a potential impact on Austria cannot be ruled out in the long term.

Interim storage

Due to their proximity to the border, six interim storage facilities for nuclear fuel elements in southern Germany (Grafenrheinfeld, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim, Isar, and Gundremmingen) are relevant in terms of their potential impact on Austria. In addition, the planned receiving storage facility could have – depending on its siting – potential impacts on Austria.

According to current information from the project sponsor BGE, a final storage site will only be determined between 2046 and 2068; commissioning will require another period of 20 to 30 years. The expiration of the licenses for the currently operated interim storage facilities (2034-2047) is not aligned with the commissioning of the deep geological repository. Significantly longer periods for the necessary interim storage have to be expected. The Nuclear Waste Management Commission (ESK) considers interim storage periods of up to 120 years to be possible.

Storing high-level radioactive waste in containers is limited to 40 years. It will be necessary to define regulatory requirements for extended interim storage periods. According to NAPRO (2025), a set of rules is currently being drawn up.

With increasing interim storage duration, age-related changes in the materials of the container components need to be expected. The BGZ Company for Interim Storage has developed a research program for the extended interim storage of high-level radioactive waste. However, this program is insufficient in terms of both scope and objectives. The interim storages lack adequate facilities for repair, maintenance, and testing measures. It is therefore recommended that, due to the necessary long storage times, “hot cells” will be installed at all long-term interim storage sites, which make the replacement of primary lid seals possible if the need occurs.

Safe long-term interim storage must also be ensured for spent fuel elements from non-commercial reactors, in particular for spent fuel elements from the FRM II, which contain weapons-grade uranium.

The plans/concepts and technical solutions presented in NAPRO (2025) for the interim storage of spent fuel elements and high-level radioactive waste from reprocessing are inadequate. As early as 2016, the Nuclear Waste Management Commission recommended to conducting a review of the validity of the current storage concept on a regular basis.

In a ruling by the Higher Administrative Court (OVG) of Schleswig on June 19, 2013, the permit for the interim storage site Brunsbüttel was revoked; an appeal was not allowed. The ruling criticized the scope of the investigations and assessments in the approval process with regard to potential terrorist attacks. Even after the license was revoked due to justified doubts about the safety cases, the casks remained in the Brunsbüttel interim storage. The new permit application submitted ten years ago has not yet been approved.

In the interim storage facilities in southern Germany and in the central interim storage facilities, essentially only the containers themselves are designed to provide protection against external impacts. The building strengths are correspondingly low. According to an assessment by the competent authorities in 2010, retrofitting measures were necessary. Essentially, the storage halls were protected along some walls by additional walls. The access to the halls also underwent changes. Protection against external terrorist attacks was only slightly improved by the retrofitting.

Another threat for nuclear facilities is posed by military actions which deserve special attention in the current global situation. A new risk assessment must include such scenarios in the safety considerations for interim storage facilities in Germany. This also applies to new threats from terrorist attacks which could involve so-called kamikaze drones.

The interim storage of low- and medium-level radioactive waste is an important part in the disposal chain and must be timed with the waste generation and final storage options. Therefore, intensive planning in this field is also an important part of a NaPro, as stipulated in Directive 2011/70/Euratom, Art. 12(1).

The available documentation is not presenting this topic in a plausible and stringent manner. This concerns the interim storage of low- and medium-level radioactive waste in general, but in particular the so-called delta waste. Although no direct environmental impact on Austria is currently expected, it is not possible at this point in time to assess whether this can be ruled out in the long term.

Transports

The Austrian territory may be affected by the transport of irradiated fuel elements and high-level radioactive waste in terms of accident impacts and other third-party effects if such transports are carried out to a final repository located close to the border.

Impacts from accident-free transports and after accidents or other types of third-party impacts would be possible if irradiated fuel elements from research reactors were transported through Austria, for example, in transit to a Mediterranean port. Currently, such transports are not planned.

Final repository

The framework conditions for the search for a final repository for high-level radioactive waste and – in parallel – for an additional final repository for low- and intermediate-level radioactive waste are specified by the Site Selection Act. A site has not yet been determined.

The submitted SEA documents describe the expected environmental impacts of the measures to be implemented during site selection and the construction of a final repository. Information on environmental impacts due to possible releases of radioactive substances during waste storage or closing the future final repository is very general, as no decision has yet been made on a host rock, a site, or a final repository concept.

In the multi-step site selection process, the area that could potentially be considered as a site for a final repository for high-level radioactive waste has been narrowed down to 54% of Germany's total territory. Within this territory, the BGE has identified 90 so-called sub-areas that are expected to offer favorable geological conditions for the safe final disposal of high-level radioactive waste. Possible host rocks include rock salt, claystone, and crystalline rocks. Austria may be affected primarily by sub-areas bordering Upper Austria and by sub-areas located in the Danube River hydrological catchment area. Based on the available information, it is not possible to assess the effects of possible sites in these sub-areas on Austria, and this does not appear to be effective given the early stage of the site selection process.

Transboundary impacts on Austria

In general, significant impacts on Austria resulting from activities due to implementing the NaPro are possible in the case of severe Beyond Design Basis Accidents in interim storage facilities for spent fuel elements and high-level radioactive waste close to the border and in nuclear power plant storage pools where

spent fuel elements are still stored and in the receiving storage for the final repository in particular for the high-level radioactive waste if it will be built near the border, as well as accidents during possible transports near the border or across Austrian territory.

In the framework of an SEA, severe Beyond Design Base Accidents need to be calculated for interim storage facilities for spent fuel and possible transport routes to assess possible significant negative impacts on Austria. It would be desirable to have calculation results which enable the comparison with both Austrian intervention measures and agricultural protection measures.

EINLEITUNG

Das nationale Entsorgungsprogramm Deutschlands wird zur Zeit einer Aktualisierung unterzogen. Für diese Aktualisierung wird eine Strategische Umweltprüfung (SUP) nach deutschem Recht (UVPG) und der EU SUP-Richtlinie 2001/42/EG durchgeführt.

Die für das nationale Entsorgungsprogramm zuständige Behörde ist das Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN, vormals BMUV). Das BMUKN ist auch die zuständige SUP-Behörde.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK) beauftragte das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten SUP-Unterlagen im Rahmen der hier vorliegenden Fachstellungnahme zu koordinieren. Ziel der österreichischen Beteiligung am SUP-Verfahren ist es, mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu verhindern.

Österreich beteiligte sich bereits 2015 an einer SUP zum damaligen deutschen Entsorgungsprogramm. Weiters erfolgte 2017 eine Bewertung zusätzlicher Informationen. Beide Fachstellungnahmen wurden ebenfalls vom damaligen BMLUW (heute BMLUK) beauftragt und vom Umweltbundesamt koordiniert. (UMWELTBUNDESAMT 2015, 2017) Sowohl die erste als auch die überarbeitete zweite Fachstellungnahme enthielten Fragen und vorläufige Empfehlungen. In der gegenständlichen Fachstellungnahme wird auch überprüft, inwieweit diese in der neuen Überarbeitung des Entsorgungsprogrammes berücksichtigt wurden.

1 ÜBERBLICK ÜBER DAS NATIONALE ENTSORGUNGSPROGRAMM UND DAS SUP- VERFAHREN

1.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

Für die SUP wurden von der deutschen Seite zwei Dokumente vorgelegt: Die Neufassung des Nationalen Entsorgungsprogramms (NAPRO 2025) und der SUP-Bericht (SUP-BERICHT 2025).

Auf die Themen Bestand und Prognose sowie Entsorgung wird in den folgenden Kapiteln dieser Fachstellungnahme näher eingegangen.

Grundlagen der Entsorgungspolitik inkl. Zeitplan

Im ersten Kapitel des NaPro werden Grundsätze der Entsorgungspolitik dargelegt. (NAPRO 2025, S. 5ff.)

Die Entsorgung von radioaktiven Abfällen erfolgt grundsätzlich in nationaler Verantwortung. Die Endlagerung soll im Inland erfolgen.

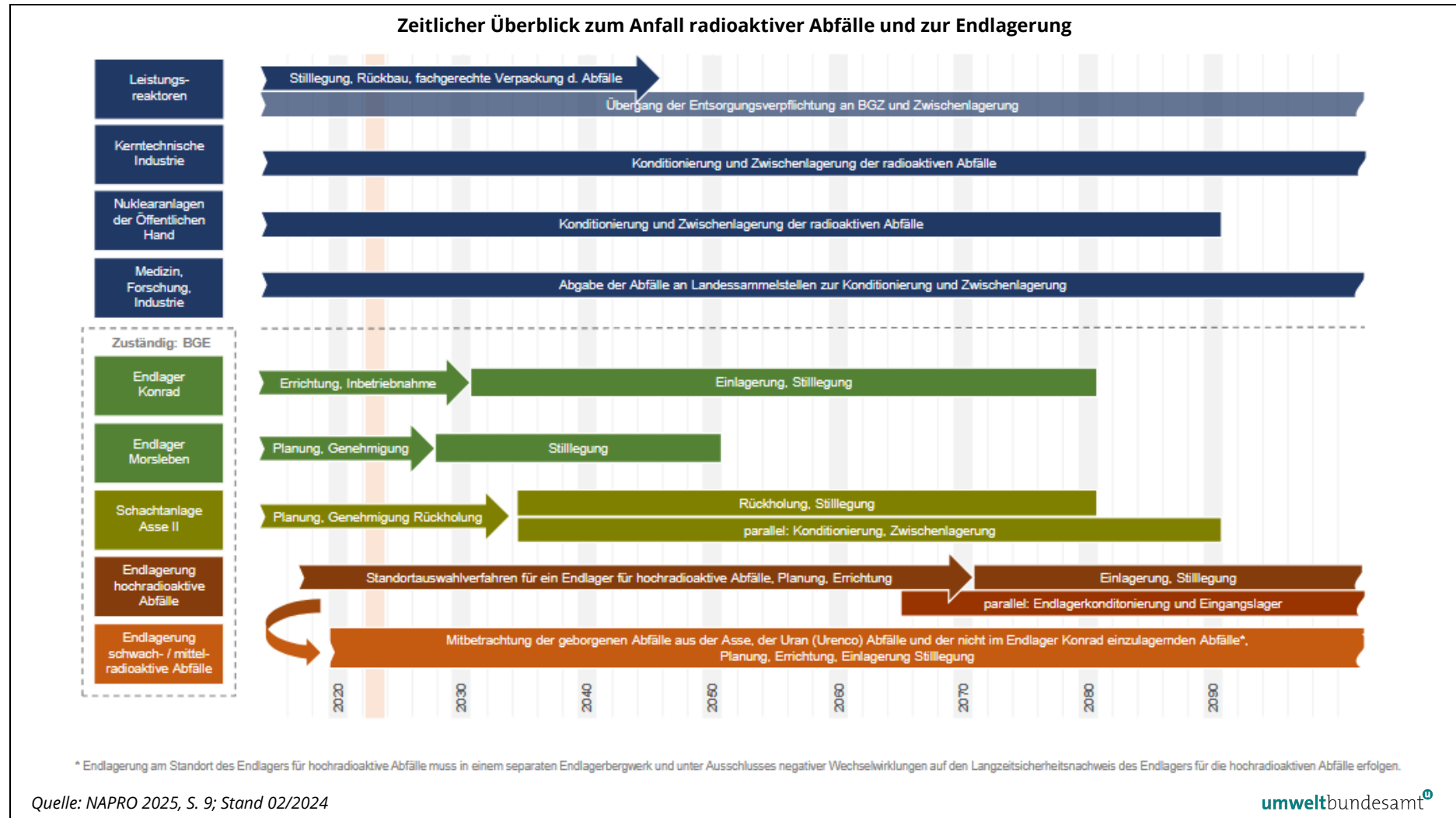
Die Nutzung der KKW zur Stromerzeugung endete in Deutschland am 15. April 2023. Abgebrannte Brennelemente werden seit 1. Juli 2005 nicht mehr in die Wiederaufarbeitung gebracht. Abgebrannte Brennelemente aus Nicht-Leistungsreaktoren dürfen nur noch aus bestimmten Gründen ausgeführt werden.

Der Bund ist zuständig für die Errichtung von Endlagern. Alle Arten von radioaktiven Abfällen sollen in tiefen geologischen Formationen eingelagert werden.

Es sollen drei Endlager errichtet werden: Das Endlager Konrad für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und ein weiteres Endlager für die schwach und mittel radioaktiven Abfälle, die nicht im Endlager Konrad endgelagert werden können.

Die folgende Abbildung zeigt den Zeitplan bis 2100.

Abbildung 1: Zeitplan (NAPRO 2025, S. 9)



Der Zeitbedarf für das Endlager hoch radioaktive Abfälle wird von der Planung bis zur Errichtung bis 2070 angegeben. Der Endlagerstandort soll bis „Mitte des Jahrhunderts“ (NAPRO 2025, S. 7) festgelegt werden, die Einlagerung laut obiger Abbildung ab 2070 starten. Der Betrieb des Endlagers Konrad soll zu Beginn der 2030er Jahre starten. Ab Mitte der 2030er Jahre soll laut obiger Abbildung die Rückholung der Abfälle aus der Asse II starten.

Für die Zulassung und Aufsicht ist die BASE, das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, zuständig. Das BMUKN als zuständiges Ministerium lässt sich von der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), der Strahlenschutzkommission (SSK) und der Entsorgungskommission (ESK) beraten. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) ist privatwirtschaftlich organisiert, der alleinige Gesellschafter ist der Bund. Die BGE ist zuständig für die Endlager, von der Standortauswahl über Errichtung, Betrieb bis hin zur Stilllegung. Weiters ist die BGE für die Endlagerbehälterentwicklung zuständig, ebenso wie für das Eingangslager und entsprechende Konditionierungsanlagen. Die Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) ist für die Zwischenlager der Energieversorgungsunternehmen zuständig, die seit 1.1.2020 auf Basis des Entsorgungsübergangsgesetzes schrittweise übernommen werden.

Forschung

Der Bund ist zuständig für die Bereitstellung technisch-wissenschaftlicher Grundlagen zur Realisierung der Endlager, und daraus folgend auch für die Ermöglichung der dafür nötigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der entsprechenden Kompetenzen (NAPRO 2025, S. 16f.) Verschiedene laufende Forschungsförderungsmaßnahmen werden vorgestellt.

Rechtsrahmen

Als rechtliche Basis werden das Grundgesetz, das Atom- und das Strahlenschutzrecht genannt. (NAPRO 2025, S. 21)

Bezüglich der Details des Rechtsrahmens verweist das NaPro auf die Berichte für die Überprüfungskonferenzen des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle.

Öffentlichkeitsbeteiligung

Die SUP für das NaPro und dessen Aktualisierung werden als Maßnahme der Öffentlichkeitsbeteiligung angeführt, weiters das Standortauswahlgesetz und das darin enthaltene Beteiligungskonzept. Erwähnt werden auch Informationsangebote und Zugang zur Umweltinformation. (NAPRO 2025, S. 22ff.)

Kosten und Finanzierung

In Kapitel 6 des NaPro werden Kosten und Finanzierung beschrieben. (NAPRO 2025, S. 25ff.) Es gilt grundsätzlich das Verursacherprinzip. Die Abfallverursacher müssen Mittel für die Entsorgung vorsehen und bereithalten. Die Betreiber der Leistungsreaktoren sind für Stilllegung, Rückbau und Konditionierung ihrer Abfälle zuständig. Ihre finanziellen Verpflichtungen und die von ihnen bereits entrichteten Mittel für Zwischen- und Endlagerung wurden jedoch 2017 auf den Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung (KENFO) übertragen. Betreiber von Nicht-Leistungsanlagen sind hingegen nach wie vor selbst vorausleistungspflichtig.

Die Länder müssen Landessammelstellen für die in ihrem Gebiet anfallenden radioaktiven Abfälle (institutionelle Abfälle) einrichten. Die Kosten für deren Endlagerung wird von den Ländern an den Bund abgeführt. Von den Abfallverursachern werden von den Ländern Gebühren eingehoben.

Für Details zu den Kosten des Rückbaus, der Konditionierung, Zwischen- und Endlagerung der abgebrannten Brennelemente, der verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und sonstiger radioaktiver Abfälle verweist das NaPro auf den Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle.

Dieser Bericht ist aus dem Jahr 2015 und enthält eine Gesamtkostenschätzung von ca. 63,83 Mrd. Euro. (BMUB 2015)

SUP-Verfahren

Die SUP Dokumentation umfasst alle Maßnahmen, die im NaPro geplant sind. Die Endlager Konrad und Morsleben werden in der SUP nicht berücksichtigt, da Umweltauswirkungen bereits im Zuge anderer Verfahren berücksichtigt wurden. (SUP-BERICHT 2025, S 30f.)

Alternativen

Als mögliche Alternativen zum vorgeschlagenen NaPro werden diskutiert (SUP-BERICHT 2025, S. 87ff.):

- Varianten der Zwischenlagerung (andere Behälter, andere Standorte, andere Technologien wie etwa die Nasslagerung)
- Langzeitlagerung
- Tiefe Bohrlöcher
- Transmutation

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 SUP-Bericht werden daher keine grundsätzlichen vernünftigen Alternativen für die Zwischenlagerung und für die Endlagerung der Abfälle betrachtet. (SUP-Bericht 2025, S. 87ff)

1.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

Österreich hat sich im SUP-Verfahren 2015 zur ersten Fassung des nationalen Entsorgungsprogramms beteiligt (UMWELTBUNDESAMT 2015), eine Aktualisierung der damaligen Fragen und vorläufigen Empfehlungen erfolgte 2017. Damals kam es zu keinen bilateralen Konsultationen, in denen die Fragen hätten beantwortet werden können. Für die vorliegende Fachstellungnahme wurde überprüft, ob die damaligen Fragen bzw. vorläufige Empfehlungen in die überarbeitete Fassung des nationalen Entsorgungsprogramms eingeflossen sind. Gegebenenfalls werden die Fragen erneut aufgegriffen.

Auf der Webseite des BMUKN wird in den FAQ die folgende Zeitplan veröffentlicht¹:

- 8. Oktober 2024: Scoping-Termin
- März 2025: Vorlage des Entwurfs des Umweltberichts
- Mai 2025: Auslage der Unterlagen
- Mai 2025: Beginn der Öffentlichkeitsbeteiligung
- Juli 2025: Abschluss der Öffentlichkeitsbeteiligung
- Berücksichtigung der Ergebnisse der Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung
- Juli/August 2025: Einbringung und Bestätigung des NaPro durch das Kabinett
- August 2025: Übersendung des NaPro an die EU (inklusive englischer Übersetzung)

Angesichts dieses knappen Zeitplans stellt sich die Frage, inwieweit die Ergebnisse dieses grenzüberschreitenden SUP-Verfahrens vor der Bestätigung des NaPro berücksichtigt werden können.

Diskussion des NaPro

Das NaPro umfasst grundsätzlich alle laut Artikel 2 der Richtlinie 2011/70/Euratom erforderlichen Inhalte. Im Folgenden wird auf jene Inhalte näher eingegangen, die für die Bewertung möglicher erheblicher Folgen für Österreich von besonderem Interesse sind.

Zeitpläne

Im NaPro wird die Entscheidung für den Standort des Endlagers für hoch radioaktive Abfälle mit „Mitte des Jahrhunderts“ benannt. Dies basiert offenbar auf einer Aussage der BGE, die 2046 als realisierbar in den Raum stellte. (BASE 2022)

¹ <https://www.bmu.de/themen/nukleare-sicherheit/endlagerung/nationales-entsorgungsprogramm>, gesehen 2025-06-03

In ersten Version des NaPro aus 2015 war noch 2031 als Datum der Standortauswahl festgelegt worden, so wie es auch im StandAG (2017, §1) steht.

Eine Standortauswahl bis zum Jahr 2031 wurde schon vor Jahren im Abschlussbericht der Endlagerkommission als unrealistisch benannt. (KOMMISSION 2016) Die Endlagerkommission sah es als eher realistisch an, dass die ganze erste Etappe ab Start im Jahr 2018 35 bis 61 Jahre dauern würde anstatt 13 Jahre, was ein Datum für die Standortauswahl zwischen 2053 und 2081 bedeuten würde. Bei diesem Szenarium sah die Endlagerkommission einen Betriebsbeginn erst im nächsten Jahrhundert als realistisch an, und ein Verschlussdatum weit in das nächste Jahrhundert hinein. Weiters wurde angemerkt: „Beschleunigungsmöglichkeiten im Verfahren auf Kosten von Sicherheit oder auf Kosten von Beteiligung lehnt die Kommission ab.“ (KOMMISSION 2016, S. 245f.)

Die BASE informiert auf ihrer Webseite in einem Eintrag vom 14.11.2022, dass die BGE nun eine Zeitspanne von 2046 bis 2068 für die Standortentscheidung genannt hat.² Dies liegt am unteren Ende des von der Endlagerkommission genannten Bereichs von 2053 bis 2081. Die Einlagerung soll laut NaPro (siehe Abb. 1 weiter oben) ca. 2070 starten. Hier hatte die Endlagerkommission bereits 2016 einen Betriebsstart erst im nächsten Jahrhundert als realistisch angegeben.

Es stellt sich die Frage, inwieweit der jetzt vorgelegte Zeitplan für das Endlager für hoch radioaktive Abfälle bereits überholt ist. Eine Verschiebung stellt in mehrerlei Hinsicht ein Problem dar, wie die BASE in ihrem Papier „Beschleunigungspotenzial im Standortauswahlverfahren“ festhält (BASE 2022): Ein realistischer und für alle beteiligten Akteur:innen verbindlicher Zeitplan wird als Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Realisierung des Endlagers für hoch radioaktive Abfälle gesehen und als zentral für Glaubwürdigkeit und Akzeptanz. Je länger das Suchverfahren dauert, desto mehr steht laut BASE zu befürchten, dass das Vertrauen in die Lösbarkeit schwindet, aber auch, dass zukünftigen Generationen Lasten und Risiken aufgebürdet würden.

Eine Verschiebung des Endlagerzeitplans führt zudem zu einer erheblichen Verlängerung der Zwischenlagerdauer, wofür die bestehenden Zwischenlager weder genehmigt noch ausgelegt sind. (siehe dazu Kapitel 4.2.1)

Kosten und Finanzierung

Um eine sichere Entsorgung zu gewährleisten, sind realistische Kostenschätzungen und ausreichende Finanzierung essenziell. In vielen Ländern zeigt sich, dass die Mittel der KKW-Betreiber nicht ausreichen. In Deutschland wurde die Finanzierungsverantwortung von den Betreibern der Leistungsreaktoren bereits frühzeitig auf den Bund übertragen.

² <https://www.base.bund.de/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/zeitplan-endlagersuche.html>, gesehen am 08.06.2025

Der Kostenbericht aus dem Jahr 2015 (BMUB 2015) ergibt eine Kostenschätzung von ca. 63,83 Mrd. Euro für fast alle Entsorgungsaktivitäten. Die dort verwendeten Zahlen haben den Preisstand 2012 oder 2013.

Die Geldmittel für die Finanzierung der staatlichen Aufgaben im Bereich der Zwischen- und Endlagerung wurden von den Betreibern der im Entsorgungsfondsgesetz genannten Leistungsreaktoren zur Verfügung gestellt. Sie haben im Juli 2017 insgesamt rund 24,1 Milliarden Euro an den KENFO überwiesen. Der eingezahlte Betrag beinhaltet einen sogenannten Grundbetrag sowie einen Risikoaufschlag von rund 6,2 Milliarden Euro, der über die kalkulierten Entsorgungskosten hinausgehende Kosten- und Zinsrisiken abdecken soll. (NATIONALER BERICHT 2024, S. 53)

Im vierten Nationalen Bericht wird weiters darauf verwiesen, dass das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) jährlich die Rückstellungen für die Stilllegung und Konditionierung der Abfälle aus den Leistungsreaktoren überprüft. Die letzte Überprüfung fand 2022 statt, es wurden keine Beanstandungen gefunden. Die Summe der Rückstellungen betrug Ende 2022 ca. 20,5 Mrd. Euro. (NATIONALER BERICHT 2024, S. 53)

Sowohl das NaPro als auch der Nationale Bericht aus dem Jahr 2024 verweisen für weitere Ausführungen auf BMUB (2015). Die dort aufgelisteten Kosten sind jedoch mindestens 10 Jahre alt und somit veraltet.

Die Europäische Kommission zeigt sich in ihren Implementierungsberichten der Richtlinie 2011/70/Euratom nicht zufrieden mit den Angaben der Mitgliedsstaaten zu Kosten und Finanzierung der Entsorgung. Im Bericht der Europäischen Kommission aus 2024 (EC SWD 123 2024, S. 40) werden für Deutschland bis 2080 Gesamtkosten von 66,90 Mrd. Euro genannt. Es handelt sich hier größtenteils um dieselben Zahlen wie sie im Bericht aus 2015 vorgelegt wurden (BMUB 2015), u.a. für die Stilllegung von Morsleben und den Offenhaltungsbetrieb in Gorleben wurden etwas höhere Zahlen angesetzt.

Bereits die ARTEMIS Follow-Up Mission der IAEO aus 2022 empfahl ein Update der Kosten, u.a. um die Kosten der Bergung der Asse II Abfälle zu aktualisieren (Empfehlung Nr. 2) (IAEA 2022a). Auch wurde vorgeschlagen, den Kostenbericht in kürzeren Intervallen als 10 Jahre zu erneuern (Vorschlag Nr. 11). Dieser Vorschlag wurde jedoch geschlossen, da das ARTEMIS Team von der deutschen Seite informiert worden war, dass künftig der Bericht alle drei Jahre aktualisiert werden würde. Zum jetzigen Zeitpunkt (Juni 2025) liegt jedoch noch keine solche Aktualisierung vor.

Eine weitere Empfehlung der ARTEMIS-Follow-Up Mission ist offen, und zwar die Empfehlung Nr. 3, dass die Regierung bei der Aktualisierung der Kostenschätzung Risiken und Unsicherheit analysieren solle.

Im Zuge der Beteiligung an der SUP 2015 (UMWELTBUNDESAMT 2015) wurden zahlreiche Fragen zu Kosten und Finanzierung gestellt. Etliche davon haben sich durch die Einrichtung des KENFO und die Änderung der Zuständigkeiten für die Finanzierung erübrigt. Dennoch bleibt die Frage nach einer aktuellen Schätzung

der Kosten offen, die die veränderten Zeitpläne bei allen Endlagerprojekten berücksichtigt.

Alternativen

Im SUP-Bericht wurde schlüssig dargestellt, warum die genannten Alternativen Tiefe Bohrlöcher und die Transmutation derzeit keine vernünftigen Alternativen im Sinne des UVPG sind. Weiters wurden die Umweltfolgen einer Langzeitlagerung über 1 Million Jahre nachvollziehbar skizziert.

1.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Österreich hat sich im SUP-Verfahren 2015 zur ersten Fassung des nationalen Entsorgungsprogramms beteiligt (UMWELTBUNDESAMT 2015), eine Aktualisierung der damaligen Fragen und vorläufigen Empfehlungen erfolgte 2017. Für die vorliegende Fachstellungnahme wurde überprüft, ob die damaligen Fragen bzw. vorläufige Empfehlungen in die überarbeitete Fassung des nationalen Entsorgungsprogramms eingeflossen sind. Gegebenenfalls werden die Fragen erneut aufgegriffen.

Bis zum August 2025 soll das beschlossene NaPro nach einem Kabinettsbeschluss bereits an die Europäische Kommission übermittelt werden. Angesichts dieses knappen Zeitplans stellt sich die Frage, inwieweit die Ergebnisse dieses grenzüberschreitenden SUP-Verfahrens vor der Bestätigung des NaPro berücksichtigt werden können.

Die Entscheidung für einen Endlagerstandort für hoch radioaktive Abfälle war im ersten NaPro 2015 noch mit 2031 benannt, nun wurde sie mit „Mitte des Jahrhunderts“ angegeben.

Um eine sichere Entsorgung zu gewährleisten, sind realistische Kostenschätzungen und ausreichende Finanzierung essenziell. Sowohl das NaPro als auch der Nationale Bericht aus dem Jahr 2024 verweisen für weitere Ausführungen auf einen Kostenbericht aus dem Jahr 2015 (BMUB 2015). Die dort aufgelisteten Gesamtkosten umfassen ca. 63,83 Mrd. Euro. Es bleibt die Frage nach einer aktuellen Schätzung der Kosten offen, die die veränderten Zeitpläne bei allen Endlagerprojekten berücksichtigt.

1.3.1 Fragen

F1: Welcher Zeitplan ist für die weiteren Schritte der grenzüberschreitende Beteiligung an der SUP vorgesehen? Wie werden die Empfehlungen der Expert:innen im Beschluss des NaPro berücksichtigt werden?

F2: Wie würden sich eventuelle Beschleunigungsmaßnahmen für die Endlager-suche auf Sicherheit und Öffentlichkeitsbeteiligung auswirken?

F3: In welchen Abständen werden die im Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle dargestellten Kosten (letzter Bericht aus 2015) künftig aktualisiert und veröffentlicht?

F4: Wie wird die Empfehlung der ARTEMIS-Follow-Up Mission berücksichtigt, dass bei der Aktualisierung der Kostenschätzung Risiken und Unsicherheit analysiert werden sollen?

1.3.2 Vorläufige Empfehlungen

VE1: Es wird empfohlen, den Bericht zu Kosten und Finanzierung der Entsorgung in kürzeren Abständen wie etwa alle 3 Jahre zu aktualisieren.

2 ABFALLMENGEN UND KLASSIFIZIERUNG

2.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

2.1.1 Klassifizierung

Im Nationalen Entsorgungsprogramm (NAPRO 2025) und im Umweltbericht zur Strategischen Umweltprüfung (SUP-BERICHT 2025) sind keine Ausführungen zur Klassifizierung von radioaktiven Abfällen enthalten.

Im Verzeichnis radioaktiver Abfälle sind Informationen zur Klassifizierung vorhanden. (BMUV 2023a) Es wird erklärt, dass grundsätzlich unterschieden wird zwischen:

- abgebrannte³ Brennelementen und radioaktiven Abfällen aus deren Wiederaufarbeitung und
- sonstigen radioaktiven Abfällen.

Die abgebrannten Brennelemente und radioaktiven Abfälle aus deren Wiederaufarbeitung zählen zu den hoch radioaktiven Abfällen und entsprechen zum größten Teil den hoch radioaktiven Abfällen nach IAEA-Klassifikation.

Die sonstigen radioaktiven Abfälle gehören zu den schwach und mittel radioaktiven Abfällen (LILW) und entsprechen hauptsächlich den schwach und mittel radioaktiven Abfällen nach IAEA-Klassifikation. Ein Teil der LILW entspricht radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die im Endlager Konrad endgelagert werden sollen.

Die sonstigen radioaktiven Abfälle (radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung) werden für die Darstellung im Bericht „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ nach ihrem Verarbeitungszustand kategorisiert. (BMUV 2023a).

2.1.2 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Der Bestand an abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung (hoch radioaktive Abfälle) wird im NAPRO (2025) zum Stichtag 31. Dezember 2023 angegeben. Aus dem Betrieb der Leistungsreaktoren sind insgesamt etwa 16.711 Mg SM in Form abgebrannter Brennelemente (BE) angefallen. 6.673 Mg SM an abgebrannten Brennelementen sind zur Wiederaufarbeitung oder zum dauerhaften Verbleib im Ausland abtransportiert und entsorgt worden. Die verbleibenden 10.038 Mg SM müssen in der Bundesrepublik Deutschland direkt endgelagert werden. Davon waren zum Stichtag der überwiegende Teil in den Zwischenlagern, aber noch 1.896 Mg SM (ca. 20%) in den Lagerbecken der Kernkraftwerke gelagert.

³ Im NAPRO (2025) wird die Bezeichnung bestrahlte Brennelemente verwendet.

Das Gesamtaktivitätsinventar aller gelagerten abgebrannten Brennelemente wird mit rund 2,1 E20 Bq abgeschätzt. (BMUV 2023a)

Seit dem 1. Juli 2005 ist die Abgabe von abgebrannten Brennelementen aus der gewerblichen Elektrizitätserzeugung in die Wiederaufarbeitung verboten.

Die aus dem europäischen Ausland zurückgeführten radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung deutscher abgebrannter Brennelemente und im Inland angefallene verglaste hoch radioaktive Abfälle lagern in Form von 3.332 Kokillen in 119 Behältern im Zwischenlager Gorleben, dem Zwischenlager Nord und im Brennelemente-Zwischenlager in Biblis. Laut NAPRO (2025) sind in 2024 Rücktransport von vier Behältern mit hoch radioaktiven Abfällen aus Frankreich sowie zwei Rücktransporte von jeweils sieben Behältern aus dem Vereinigten Königreich für die Jahre 2024 und 2025 vorgesehen.

Die in den deutschen Versuchs- und Demonstrationsreaktoren angefallenen Mengen an Brennstoff, die noch endzulagern sind, lagern trocken in 457 Behältern im Zwischenlager Ahaus und im Forschungszentrum Jülich und vier weitere Behälter im Zwischenlager Nord. Die aus Forschungsreaktoren stammende Menge abgebrannter Brennelemente lagert an den Forschungsreaktoren in Berlin, in Garching und in Mainz sowie in 18 Behältern im Zwischenlager Ahaus. Aus den Nicht-Leistungsreaktoren wird eine Abfallmenge im Bereich von insgesamt 10 bis 12 Mg SM erwartet.

Seit Mai 2017 darf die Erteilung einer Genehmigung zur Ausfuhr von aus dem Betrieb von Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen zu Forschungszwecken stammenden abgebrannten Brennelementen nur aus schwerwiegenden Gründen der Nichtverbreitung von Kernbrennstoffen oder aus Gründen einer ausreichenden Versorgung deutscher Forschungsreaktoren mit Brennelementen für medizinische und sonstige Zwecke der Spitzenforschung erfolgen.

2.1.3 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Zum Stichtag 31. Dezember 2023 betrug der Bestand an schwach und mittel radioaktiven Abfällen rund 134.300 m³ konditionierte radioaktive Abfälle (konditionierte Abfallprodukte 23.186 m³ und Endlagergebinde 111.094 m³). Zusätzlich sind 25.460 Mg Rohabfall und vorbehandelter Abfall vorhanden.

Dazu kommen nach derzeitiger Schätzung ca. 175.000 bis 220.000 m³ konditionierte Abfälle aus der Rückholung aus der Schachanlage Asse II. Zudem wird für den Fall, dass eine weitere Verwertung nicht erfolgt, mit bis zu 100.000 m³ Abfallgebindevolumen mit abgereichertem Uran aus der Urananreicherung gerechnet. (NAPRO 2025)

Nach 2045 werden keine größeren Abfallmengen aus der Stilllegung der Leistungsreaktoren mehr erwartet. Es wird ein Abfallgebindevolumen von rund 360.000 m³ prognostiziert. Da 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. Laut SUP-BERICHT (2025) sind die „Delta-Abfälle“ radioaktive Abfälle, die aufgrund ihres Nuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung oder des Zeitpunkts ihres Anfalls oder aufgrund der im Planfeststellungsbeschluss Konrad vorgegebenen Volumenbegrenzung nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad in Frage kommen.

Laut NAPRO (2025) ist eine detailliertere Aufschlüsselung des Bestandes radioaktiver Abfälle dem Bericht „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ zu entnehmen. Dieses Verzeichnis wird im dreijährigen Turnus fortgeschrieben.

2.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

2.2.1 Klassifizierung

Laut RL 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 lit. c), soll eine Bestandsaufnahme sämtlicher abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle im nationalen Programm enthalten sein, ebenso eine Schätzung der künftigen Mengen, auch aus der Stilllegung. Aus der Bestandsaufnahme müssen der Standort und die Menge radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente gemäß einer geeigneten Klassifizierung eindeutig hervorgehen.

In dem aktuellen Nationalen Entsorgungsplan erfolgt die Klassifizierung in der Bundesrepublik Deutschland vergleichbar mit der internationalen Klassifizierung (schwach, mittel und hoch radioaktive Abfälle). An wenigen Stellen wird noch die alte deutsche Klassifizierung benutzt.

Da in der Bundesrepublik Deutschland alle Arten radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen endgelagert werden sollen, wurde bisher vom internationalen Standard abgewichen und die Abfälle in Wärme entwickelnd mit hohem Radioaktivitätsinventar und vernachlässigbar Wärme entwickelnd mit weniger hohem Radioaktivitätsinventar unterteilt. Die Unterscheidung bezieht sich auf den Wärmeeintrag durch die Abfälle in die Endlagerformation für die zunächst beiden geplanten Endlager.

In Artikel 2 Abs. 1 und 2 der RL 2011/70/Euratom werden die im Inland anfallenden radioaktiven Abfälle festgelegt, für die die Richtlinie gilt. Dazu gehören auch sehr gering radioaktive Abfälle (very low level waste, VLLW). Mit diesen Abfällen wird in den Mitgliedsstaaten der EU unterschiedlich umgegangen. In einigen Ländern wurde bzw. wird für diese Abfälle insgesamt oder teilweise ein eigener Entsorgungsweg und damit ein eigenes Endlager festgelegt. In anderen Mitgliedsstaaten, wie zum Beispiel in der Bundesrepublik Deutschland, werden

diese Abfälle nach RL 2013/59/Euratom aus dem atom- bzw. strahlenschutzrechtlichen Zuständigkeitsbereich in den konventionellen Stoffkreislauf überführt.

In der Bundesrepublik Deutschland freigegebene Stoffe (z. B. sonst als radioaktiver Abfall zu entsorgender Bauschutt oder Metalle) unterliegen nicht mehr dem Atom- und Strahlenschutzrecht und fallen bei einem Transport nach Österreich auch nicht in den Regelungsbereich der EU-Richtlinie 2006/117/Euratom für radioaktive Abfälle. Das heißt, sie können exportiert und in Österreich beliebig verwendet werden. Dadurch ist eine Überschreitung des auch in Österreich gültigen Richtwertes von 10 $\mu\text{Sv/a}$ nicht auszuschließen.

Da eine Vereinheitlichung der Freigabewerte aus Strahlenschutzgründen nur auf dem niedrigsten Niveau erfolgen darf, ist es sinnvoll, auf ein Verbot zumindest der unangemeldeten Verbringung dieser Stoffe in einen anderen Staat hinzuwirken. Der Empfängerstaat könnte bei einer Anmeldung prüfen, ob mit den zu erwartenden Stoffen und deren Mengen die 10 $\mu\text{Sv/a}$ eingehalten werden können.

2.2.2 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die Bundesrepublik Deutschland ist zum 15. April 2023 aus der Nutzung der Kernenergie zur Erzeugung von Elektrizität ausgestiegen. Die in Deutschland vorhandene Menge an abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren lässt sich aufgrund der bereits endgültig abgeschalteten Leistungsreaktoren gut bestimmen. Eine Wiederinbetriebnahme der gemäß AtG abgeschalteten Anlagen ist nicht zu erwarten.

Noch etwa 20 % der zurzeit in Deutschland aufbewahrten abgebrannten Brennelemente (bezogen auf Mg SM) wurden zum Stichtag (31.12.2023) in den Reaktorbecken der jeweiligen Reaktoren nassgelagert.

Bei einer massiven äußeren Einwirkung auf das Reaktorgebäude des KKW Gundremmingen ist nicht auszuschließen, dass die Kühlung des Brennelementelagerbeckens nicht mehr gewährleistet werden kann. Nach einem vollständigen oder teilweisen Trockenfallen der Brennelemente heizen sich diese auf und es kann zu Freisetzungen bis hin zu einer fast vollständigen Freisetzung des Cäsium-Inventars kommen. Solange noch Brennelemente in den Lagerbecken vorhanden sind, ist bei unfallbedingter Freisetzung und atmosphärischem Transport der Radionuklide nach Österreich von massiven Auswirkungen auszugehen. Es wurde daher empfohlen, dass nach einer endgültigen Abschaltung der beiden Reaktoren alle möglichen Maßnahmen getroffen werden, dass die Brennelemente nicht länger als technisch nötig in den Lagerbecken lagern. UMWELTBUNDESAMT (2017) Zur Risikominimierung Österreichs ist eine möglichst zügige Verbringung der abgebrannten Brennelemente in das Standort-Zwischenlager erforderlich. Block B des KKW Gundremmingen, der schon Ende 2017 abgeschaltet wurde, ist bereits brennstofffrei. Für Block C, der seit Ende

2021 abgeschaltet ist, ist die Entladung aus dem Lagerbecken noch nicht abgeschlossen.

Laut NAPRO (2025) wird damit gerechnet, dass bis zum Jahr 2027 alle in Leistungsreaktoren eingesetzten Brennelemente in Behältern verbracht worden sind. Es wird aber nicht erklärt, wie und wenn ja mit welchen Maßnahmen eine zügige Entladung der Lagerbecken gewährleistet werden soll.

Die Bundesregierung ging noch im Jahr 2014 davon aus, dass in den acht in 2011 abgeschalteten KKW in den Jahren 2016 bzw. 2017 Brennstofffreiheit hergestellt werden kann.⁴ Dieses Ziel wurde allerdings nicht erreicht. Bezüglich einer möglichen Auswirkung auf Österreich war insbesondere eine Betrachtung des Inventars des Lagerbeckens im KKW Isar 1 relevant, dies war erst im November 2020 brennstofffrei.⁵

Abfälle aus der Wiederaufbereitung

Die hoch radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufbereitung sind ebenfalls vollständig erfasst, da die Wiederaufbereitung beendet ist. Anders als im NAPRO (2025) angegeben, sind die Rückführungen bereits weitgehend erfolgt. Die letzten verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich hat Deutschland im November 2024 zurückgenommen und in das Zwischenlager Philippsburg eingelagert. Verglaste hoch radioaktive Abfälle aus Großbritannien wurden 2020 in sechs Behältern in das Zwischenlager Biblis und im April 2025 in sieben Behältern in das Zwischenlager Isar transportiert.

Sieben Behälter mit hoch radioaktiven Abfällen aus Großbritannien sollen noch zurückgenommen und in das Standortzwischenlager Brokdorf gebracht werden. Anders als im NAPRO (2025), plant die Bundesregierung die Rückführung der letzten Abfälle aus Großbritannien 2026 abzuschließen.⁶

Export abgebrannter Brennelemente

Es wurde erwogen, die abgebrannten Brennelemente aus dem AVR Jülich zur Wiederaufarbeitung und zum dauerhaften Verbleib in die USA zu exportieren. Die Rückführung in die USA wird als Option für die unverzügliche Räumung des AVR-Zwischenlagers seit Herbst 2022 nicht weiterverfolgt. Des Weiteren ist die Erteilung einer Genehmigung für das Bestandslager am Standort Jülich wahrscheinlich. Nach Atomgesetz ist dann keine Ausfuhr mehr gestattet. Weitere Exporte von abgebrannten Brennelementen sind in Deutschland nicht geplant und seit 2017 auch nur noch in Ausnahmen genehmigungsfähig.

⁴ Unter anderem, weil es bezüglich der verkehrsrechtlichen Behälterzulassung des CASTOR® V/52 zu Verzögerungen kam, die mit der Vollständigkeit der Antragsunterlagen zusammenhingen. (DBT 2015) Weitere Verzögerungen traten wegen fehlender Konzepte zum Umgang beschädigter und/oder unvollständig abgebrannter Brennstäbe auf.

⁵ www.preussenelektra.de/de/newsroom/pressemitteilungen/2020/kki1istbrennstofffrei.html

⁶ Die Aufbewahrung hat das BASE der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH genehmigt. Die hierfür erforderliche Transportgenehmigung steht noch aus.

2.2.3 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Formal entsprechen die Angaben zu sonstigen radioaktiven Abfällen fast vollständig den geforderten Angaben gemäß Richtlinie 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 lit. c). Jedoch sollte die Berichtspflicht gegenüber der EU-Kommission kein Selbstzweck sein, sondern eine Grundlage für die Entsorgungsplanung und Endlagersuche in Deutschland bilden.

Eine wichtige Voraussetzung für die Suche nach einem Endlager ist eine möglichst aktuelle und vollständige Bilanzierung der in Deutschland vorhandenen und voraussichtlich noch entstehenden radioaktiven Abfälle, die für eine längerfristige Zwischenlagerung und/oder eine Endlagerung vorgesehen sind. Im Rahmen der Endlagersuche nach StandAG müssen auch alle sonstigen radioaktiven Abfälle, die nicht in das Endlager Konrad verbracht werden sollen, vollständig erfasst und für die Öffentlichkeit und die Fachwelt nachvollziehbar dokumentiert werden. Es wird aus den Unterlagen nicht deutlich, welches die so genannten Delta-Abfälle sind, die nicht in das geplante Endlager Konrad eingelagert werden können.

Das IAEA ARTEMIS Team kritisierte, dass sich der Detaillierungsgrad der Bestandsaufnahme für schwach und mittel radioaktive Abfälle auf die Anzahl und das Volumen der konditionierten Abfallgebinde und das Gewicht der nicht konditionierten Abfälle beschränkt und schlug vor, zusätzliche Informationen und Beschreibungen aufzunehmen. Der Inventarbericht enthält keine Daten über Radionuklidvektoren und spezifische chemische Komponenten. Das Team ermutigt das BMUV, diese Art von Informationen in zukünftige Versionen des Inventarberichts aufzunehmen. (IAEA 2022a)

Das BMUV teilte dem ARTEMIS Review Team mit, dass die jüngsten Abfallmengenprognosen einen Anstieg des zu entsorgenden Abfallvolumens um 60.000 m³ anzeigen. Diese Menge wird im Inventar der nicht in Konrad zu entsorgenden Endlagers zu berücksichtigen sein. (IAEA 2022a)

Eine mengenmäßige Mindestangabe der Delta-Abfälle ist jetzt im SUP-BERICHT (2025) vorhanden. Diese Abfälle sind jedoch nicht klar aufgelistet. Diese Unklarheit, die erhebliche Auswirkung auf die Auslegung des zurzeit gesuchten Endlagers hat, erschwert das Auswahlverfahren zusätzlich.

Das Ziel die aktuellen und zukünftigen Quellen von schwach, mittel und sehr schwach radioaktiven nach RL 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 lit. c) zu betrachten und deren qualitative und mengenmäßige Abschätzung auf Plausibilität zu untersuchen, kann aufgrund der Darstellung in den vorhandenen Unterlagen nicht vollständig durchgeführt werden.

2.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Klassifizierung

In dem aktuellen Nationalen Entsorgungsprogramm werden die Angaben hoch radioaktive Abfälle und Abfälle aus der Wiederaufbereitung sowie sonstige Abfälle verwendet. Sie sind vergleichbar mit der internationalen Klassifizierung (schwach, mittel und hoch radioaktive Abfälle). An wenigen Stellen wird noch die alte deutsche Klassifizierung benutzt, die vom internationalen Standard abgewichen und die Abfälle in Wärme entwickelnd und vernachlässigbar Wärme entwickelnd unterteilt hat.

Außerdem gibt es die Kategorie der geringfügig radioaktiven Stoffe, die in den konventionellen Stoffkreislauf zur Verwertung oder Beseitigung freigegeben werden sollen. An der Praxis der Freigabe gibt es vielfach Kritik. In Deutschland freigegebene Stoffe können exportiert und in Österreich beliebig verwendet werden. Dadurch ist eine Überschreitung des auch in Österreich gültigen Richtwertes von 10 $\mu\text{Sv/a}$ nicht auszuschließen.

Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die in Deutschland vorhandene Menge an abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren lässt sich aufgrund der bereits endgültig abgeschalteten Leistungsreaktoren gut bestimmen. Etwa 20 % der zurzeit in Deutschland aufbewahrten abgebrannten Brennelemente (bezogen auf Mg SM) wurden zum Stichtag (31.12.2023) noch in den Reaktorbecken der jeweiligen Reaktoren nassgelagert.

Solange noch Brennelemente in den Lagerbecken vorhanden sind, ist bei unfallbedingter Freisetzung und atmosphärischem Transport der Radionuklide nach Österreich dort von massiven Auswirkungen auszugehen. Für das KKW Gundremmingen C, das seit Ende 2021 abgeschaltet ist, ist die Entladung aus dem Lagerbecken noch nicht abgeschlossen. Laut NAPRO (2025) wird damit gerechnet, dass bis zum Jahr 2027 alle in Leistungsreaktoren eingesetzten Brennelemente in Behältern verbracht worden sind. Es wird aber nicht erklärt, ob und wenn ja mit welchen Maßnahmen eine zügige Entladung der Lagerbecken gewährleistet werden soll. Verzögerungen sind nicht auszuschließen. Zur Risikominimierung Österreichs ist eine möglichst zügige Verbringung der abgebrannten Brennelemente in das Standort-Zwischenlager erforderlich.

Exporte von hoch radioaktiven Abfällen oder abgebrannten Brennelementen aus Deutschland sind nicht geplant und seit Mai 2017 auch nur in Ausnahmefällen genehmigungsfähig.

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Formal entsprechen die Angaben fast vollständig den geforderten Angaben gemäß Richtlinie 2011/70/Euratom. Eine wichtige Voraussetzung für die Suche

nach einem Endlager ist eine aktuelle und vollständige Bilanzierung der vorhandenen und voraussichtlich noch entstehenden radioaktiven Abfälle.

Für die Standortsuche des Endlagers, insbesondere für hoch radioaktive Abfälle, sind neben den Abfallstoffen, die aus der Schachtanlage Asse zurückgeholt werden sollen und den zu erwartenden radioaktiven Abfällen aus der Urananreicherung auch weitere schwach und mittel radioaktive Abfallstoffe, die nicht im Endlager Schacht Konrad deponiert werden können, zu betrachten. Es sind mindestens ca. 57.000 der prognostizierten 360.000 m³. Diese „nicht konradgängigen Abfälle“ oder mengenmäßig nicht für das geplante Endlager Konrad vorgesehenen Abfälle (sogenannte Delta-Abfälle) sind jedoch nicht klar aufgelistet. Diese Unklarheit, die erhebliche Auswirkung auf die Auslegung des zurzeit gesuchten Endlagers hat, erschwert das Auswahlverfahren zusätzlich.

Das Ziel, die aktuellen und zukünftigen Quellen von schwach, mittel und sehr schwach radioaktiven Abfällen zu betrachten und deren qualitative und mengenmäßige Abschätzung auf Plausibilität zu untersuchen, kann aufgrund der Darstellung in den vorhandenen Unterlagen nicht vollständig durchgeführt werden.

2.3.1 Vorläufige Empfehlungen

VE2: Es wird empfohlen eine nachvollziehbare Bestandsaufnahme und Prognose der sonstigen, nicht-konradgängigen Abfälle zu erstellen.

VE3: Es wird empfohlen festzulegen, welche Abfälle in das nach StandAG zu suchende Lager verbracht werden sollen und dann die entsprechenden Kriterien weiterzuentwickeln.

3 KONDITIONIERUNG

3.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

3.1.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Laut SUP-BERICHT (2025) besteht die Maßnahme „Endlagerung der hoch radioaktiven Abfälle“ aus mehreren Projekten. Dazu gehört auch eine endlagergerechte Konditionierung aller hoch radioaktiven Abfälle.

Es wird erklärt, dass die Transport- und Lagerbehälter sukzessive aus dem Eingangslager des Endlagers entnommen und in einer heißen Zelle der Konditionierungsanlage fernbedient geöffnet werden. 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.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Direktstrahlung wirkt sich im Wesentlichen auf Menschen in der Anlage und auf dem Betriebsgelände aus.

Durch den Betrieb einer Konditionierungsanlage kommt es zur **Emission radioaktiver Stoffe** über den Luftpfad (Ableitung) und den Wasserpfad. Im SUP-BERICHT (2025) wurden die Emissionen aus einer Konditionierungsanlage analog zu NUKEM (1984) abgeschätzt. Es wurde von einem Durchsatz von 1.311 Brennelementen im Jahr und einer Defektrate von 1 % der Stäbe ausgegangen. Eine Zerlegung von Stäben wurde nicht unterstellt. Für den Betrieb einer Konditionierungsanlage werden Ableitungswerte festgelegt, die die erwarteten Ableitungen abdecken und die Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV gewährleisten. Die erwarteten Ableitungen mit der Abluft können durch verbesserte Filtertechnik für aerosolförmige Radionuklide und Iod-129 verringert werden. Die Ableitungen der Konditionierungsanlage über den Luft- und Wasserpfad können potenziell relevante Umweltauswirkungen auslösen. Im Rahmen der Genehmigung sind entsprechende Minimierungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet **Risiken möglicher störfallbedingter Freisetzungen radiologischer Stoffe**. Störfallbedingte Freisetzungen 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. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die Minimierung von Störfallrisiken als Quelle potenziell relevanter Umweltauswirkungen auf Basis einer Risikoanalyse zu berücksichtigen. Teilweise können dabei Störfälle durch die entsprechende Auslegung einer Anlage ausgeschlossen werden.

Als Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe werden auf den festgelegten Störfallplanungswert für die effektive Dosis von 50 mSv hingewiesen. Der Wert bezieht sich 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.

3.1.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Kapitel 3.2.2 des NAPRO (2025) erklärt zur Konditionierung der Abfälle, die in das Endlager Konrad verbracht werden, dass diese die für dieses Endlager laut Planfeststellungsbeschluss geltenden Endlagerungsbedingungen einhalten müssen. Dazu sind die radioaktiven Abfälle entsprechend zu konditionieren und zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen einer Produktkontrolle durch die BGE zu unterziehen. Die Produktkontrolle umfasst u. a. Prüfungen der radiologischen und stofflichen Zusammensetzung, Bauartprüfungen von Abfallbehältern, Stichprobenprüfungen von Abfallgebinden sowie die Qualifizierungen von Konditionierungsmaßnahmen.

Laut SUP-BERICHT (2025) wurde die Endlagerung und alle damit verbundenen Vorgänge mit ihren jeweiligen resultierenden Umweltauswirkungen im Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad geprüft und ist daher nicht weiter zu berücksichtigen. Aktuell geht die BGE davon aus, dass die Einlagerung von schwach und mittel radioaktiven Abfällen Anfang der 2030er Jahre beginnen wird.

Konditionierung der rückgeholten Abfälle aus der Schachtanlage Asse II

Kapitel 3.2.4 des NAPRO (2025) benennt die erforderliche Konditionierung der aus der Schachtanlage Asse II zu bergenden Abfälle. Es wird erklärt, dass die Arbeiten zur Planung und Genehmigung für die Rückholung der Abfälle laufen. Die Abfälle sollen vor Ort konditioniert werden.⁷ Mit Stand März 2025 wurde für die Konditionierungsanlage und das Zwischenlager für die rückgeholten Abfälle die Genehmigung noch nicht beantragt.

Endlagerechte Konditionierung der Abfälle aus der Urananreicherung

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

⁷ Die rund 47.000 m³ schwach und mittel radioaktive Abfälle sollen geborgen, konditioniert und bis zur Endlagerung zwischengelagert werden. Derzeitige Schätzungen gehen von einem Volumen der konditionierten Abfälle von ca. 175.000 bis 220.000 m³ für die spätere Endlagerung aus.

nicht festgelegt. Laut SUP-BERICHT (2025) wird konservativ davon ausgegangen, dass eine Konditionierung mit Behandlung des U_3O_8 erfolgt, und hierzu eine Konditionierungsanlage errichtet, betrieben und stillgelegt werden wird. Der Betrieb der Konditionierungsanlage führt zur Emission von Direktstrahlung (Gamma- und Neutronenstrahlung) innerhalb des Gebäudes.

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. Höher aktive Flüssigkeiten werden dem radioaktiven Abfall zugeführt, die übrigen Abwässer werden im Rahmen der entsprechenden Genehmigung abgeleitet. Potenziell relevante Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe können nicht ausgeschlossen werden. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen.

Konditionierung der Delta-Abfälle

Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Konditionierung der Delta-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. Als Exkurs sind die als hypothetische Variante „Erneute Konditionierung der schwach und mittel radioaktiven Abfälle“ bezeichnete Umweltauswirkungen durch die Anlieferung der radioaktiven Abfälle beschrieben. Die Errichtung einer Konditionierungsanlage für schwach und mittel radioaktive Abfälle lässt sich in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur schwer einschätzen.

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. Die Bewertungen der potenziellen Umweltauswirkungen entsprechen laut SUP-BERICHT (2025) denen für die schwach und mittel radioaktiven Abfälle, die in Konrad eingelagert werden sollen, 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 bereits über die Behandlung mit den schwach und mittel radioaktiven Abfällen ausreichend erfasst sind und darüber hinaus keine relevanten Umweltauswirkungen zu berücksichtigen sind.

Laut NAPRO (2025) wirkt die Bundesregierung darauf hin, dass die anfallenden radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus den Anlagen, die sich im sicheren Einschluss befinden (Thorium-Hochtemperaturreaktor

Hamm-Uentrop, Forschungsreaktor Neuherberg, Forschungsreaktor 2 in Karlsruhe), rechtzeitig konditioniert werden, um sie während des Betriebszeitraums des für sie vorgesehenen Endlagers einlagern zu können.

3.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

3.2.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die Zwischen- und die Endlagerung abgebrannter Brennelemente und hoch radioaktiver Abfälle muss nach Artikel 1 Abs. 2 der RL 2011/70/Euratom in einem möglichst sicheren Zustand erfolgen. Für die Endlagerung müssen die Gebinde darüber hinaus in einen bei Zutritt von Flüssigkeiten möglichst auslaugresistenten Zustand überführt sein, um die Freisetzung der Radionuklide in die Geosphäre so lange wie möglich zu verzögern. Die adäquate Umsetzung ist für Österreich relevant, da hierdurch eine zeitlich absehbare Entsorgung im Nachbarland sichergestellt werden soll.

Die geplante Konditionierung für die Brennelemente und die bereits erfolgte weitgehende Konditionierung der hoch radioaktiven Abfälle können zu einer sicheren Entsorgung führen. Die Aspekte der langfristigen passiven Sicherheit können bezüglich der Konditionierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht dargestellt werden, da die Endlagerformation und damit zusammenhängend das Einlagerungskonzept noch nicht feststehen.

Die in Artikel 12 Abs. 1 der RL 2011/70/Euratom geforderte Darstellung von Zwischenetappen der Entsorgung und darauf bezogene Zeitpläne und Konzepte bzw. technische Lösungen werden bezüglich der Konditionierung mit den vorgelegten Unterlagen in allgemeiner Form formal erfüllt. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Sicherheit für die Konditionierung vom Zustand der Brennelemente bzw. hoch radioaktiven Abfälle zum Zeitpunkt des Konditionierungsbeginns abhängt. Insbesondere für den Zustand der abgebrannten Brennelemente kann wichtig sein, wie lange sie vorher zwischengelagert wurden. Da abzusehen ist, dass das Endlager nicht wie zunächst vorgesehen „um das Jahr 2050 in Betrieb geht“, sondern erst deutlich später, kann dies zu Komplikationen bei der Behälterentladung und dem weiteren Umgang führen. Dies wäre dann mit höheren Freisetzungswerten im Normalbetrieb und bei Störfällen verbunden. Außerdem kann sich die Störfallwahrscheinlichkeit erhöhen.

Konditionierungskonzepte

Die abgebrannten Brennelemente befinden sich zur Zwischenlagerung unbehandelt in Transport- und Lagerbehältern vom Typ B nach IAEA (2012b). Mit der Konditionierung soll am Standort des Endlagers in Abstimmung mit der Einlagerungslogistik direkt ein endlagergerechtes Gebinde hergestellt werden. Diese

Vorgehensweise ist aus sicherheitstechnischer Sicht sinnvoll. Da noch nicht entschieden ist, in welchem Wirtsgestein nach welchem Endlagerkonzept eingelagert werden wird, kann allerdings auch noch kein Konditionierungskonzept festgelegt werden.

Im SUP-BERICHT (2025) wird von einer Konditionierung ohne Zerlegung der Brennelemente ausgegangen. Eine Konditionierung mit Zerlegung der Brennelemente bedingt eine komplexere Konditionierungsanlage und würde ein größeres Störfall- und Freisetzungspotenzial bedeuten. Die Zerlegung von Brennelementen sollte deshalb vermieden werden.

Ein anderes Konzept der Endlagerung sieht die Endlagerung in den vorhandenen Transport- und Lagerbehältern vor. Dieses Konzept hat den Vorteil, dass die Brennelemente nicht einzeln gehandhabt werden müssen. Damit sind die Handhabungsschritte auf ein Minimum begrenzt.

Die Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren werden nicht explizit bezüglich der Konditionierung für die Endlagerung erwähnt.

Die hoch radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufbereitung wurden bereits an den Standorten der Wiederaufarbeitungsanlagen konditioniert. Sie müssen in der Konditionierungsanlage am Endlagerstandort nur in einen dem Endlagerkonzept entsprechenden Endlagerbehälter überführt werden.

Störfälle

Wird ein endlagergerechtes Gebinde mit abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren nicht im Transport- und Lagerbehälter hergestellt, müssen die Brennelemente vollständig aus diesem Behälter entladen werden. Es handelt sich beispielsweise um 19 Druckwasserreaktor-Brennelemente bei einem Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR® V/19 oder 24 bei einem Typ TN 24.

Bei starken Einwirkungen von außen stünde ein hohes Radioaktivitätspotenzial zur Verfügung. Weitere Störfälle mit hohen Freisetzungsraten könnten bei der Handhabung von Brennelementen (in zerlegter oder unzerlegter Form), durch Eigenerwärmung des Kernbrennstoffs aufgrund ungenügender Kühlung (die Pufferlagerung und Handhabung erfolgt nicht unter Wasser, sondern in einer Atmosphäre) und durch den Absturz einer Last in den geöffneten und noch beladenen Transport- und Lagerbehältern auftreten.

Im Falle der Öffnung eines oder mehrerer Behälter mit graphithaltigen AVR oder THTR-Brennelementkugeln ist, in Abhängigkeit vom Anlagenkonzept, die Entstehung eines Brandes nicht auszuschließen. Bei Erreichen bestimmter Temperaturen brennt auch das Graphit der Kugeln und erlaubt neben der großen Menge H-3 und C-14 auch die Freisetzung entstandener Spaltprodukte sowie der enthaltenen Mikropartikel mit dem Kernbrennstoff.

Das Störfallpotenzial für verglaste hoch radioaktive Abfälle ist durch die Betrachtung zu den Brennelementen abgedeckt.

Konditionierungsanlagen und Standorte

Eine Konditionierungsanlage ist am Endlagerstandort geplant. Das bedeutet, durch die Konditionierung sind Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet nur möglich, wenn das Endlager in relativer Grenznähe eingerichtet wird. Dies ist vom Standortauswahlverfahren abhängig.

Bei besonders grenznahen Standorten könnte eine Betroffenheit nicht nur durch die Auswirkungen von Störfällen, sondern auch durch radioaktive Ableitungen im Normalbetrieb mit Abluft oder Abwasser gegeben sein. Im SUP-BERICHT (2025) wird hinsichtlich der Abschätzung der Emissionen aus einer Konditionierungsanlage für abgebrannte Brennelemente eine Defektrate von 1 % der Stäbe angenommen, eine Zerlegung von Stäben wurde nicht unterstellt. Beide Annahmen sind nicht zwangsläufig gültig, durch die lange Lagerzeit kann zum einen eine höhere Defektrate auftreten, zudem kann eine Konditionierung mit einer Zerlegung der beschädigten Brennelemente erfolgen. Mit Maßnahmen sollte gewährleistet werden, dass die Ableitungen der radioaktiven Stoffe mit der Abluft so gering wie möglich bleiben.

Werden für die durch die Ableitungen verursachten Strahlenbelastungen die Grenzwerte von jeweils 0,3 mSv/a eingehalten, so können auf österreichisches Staatsgebiet nur Strahlenbelastungen auftreten, die unter dem österreichischen Grenzwert für Personen aus der Bevölkerung von 1 mSv/a liegen.

3.2.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Die Zwischen- und die Endlagerung schwach und mittel radioaktiver Abfälle muss nach Artikel 1 Abs. 2 von RL 2011/70/Euratom in einem möglichst sicheren Zustand erfolgen. Dementsprechend muss für die radioaktiven Abfälle ein Zustand hergestellt werden, der im Normalbetrieb und bei Störfällen möglichst freisetzungsrésistent und für die Endlagerung bei Zutritt von Lösungen möglichst auslaugresistent ist. Dies kann durch eine entsprechende Behandlung der radioaktiven Abfälle (Konditionierung) erreicht werden.

Von Zustand und Verpackung (Behälter) der radioaktiven Abfälle sind der Umfang von Freisetzungen radioaktiver Stoffe und damit die möglichen Auswirkungen von Störfällen während Zwischenlagerung, Transport und Endlagerung sowie die längerfristige Rückhaltung radioaktiver Stoffe im geschlossenen Endlager abhängig. Dies könnte, ebenso wie bei Störfällen in der Konditionierungsanlage selbst, auch für radiologische Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet relevant sein. Für grenznahe Standorte von Konditionierungsanlagen könnten auch Ableitungen im Normalbetrieb Auswirkungen haben.

Zum Zeitpunkt der Antragstellung zur Planfeststellung (1982) wurde 1988 für die Inbetriebnahme des Endlagers Schacht Konrad genannt. Der Zeitpunkt verzögerte sich aus teils politischen, teils verfahrenstechnischen und rechtlichen

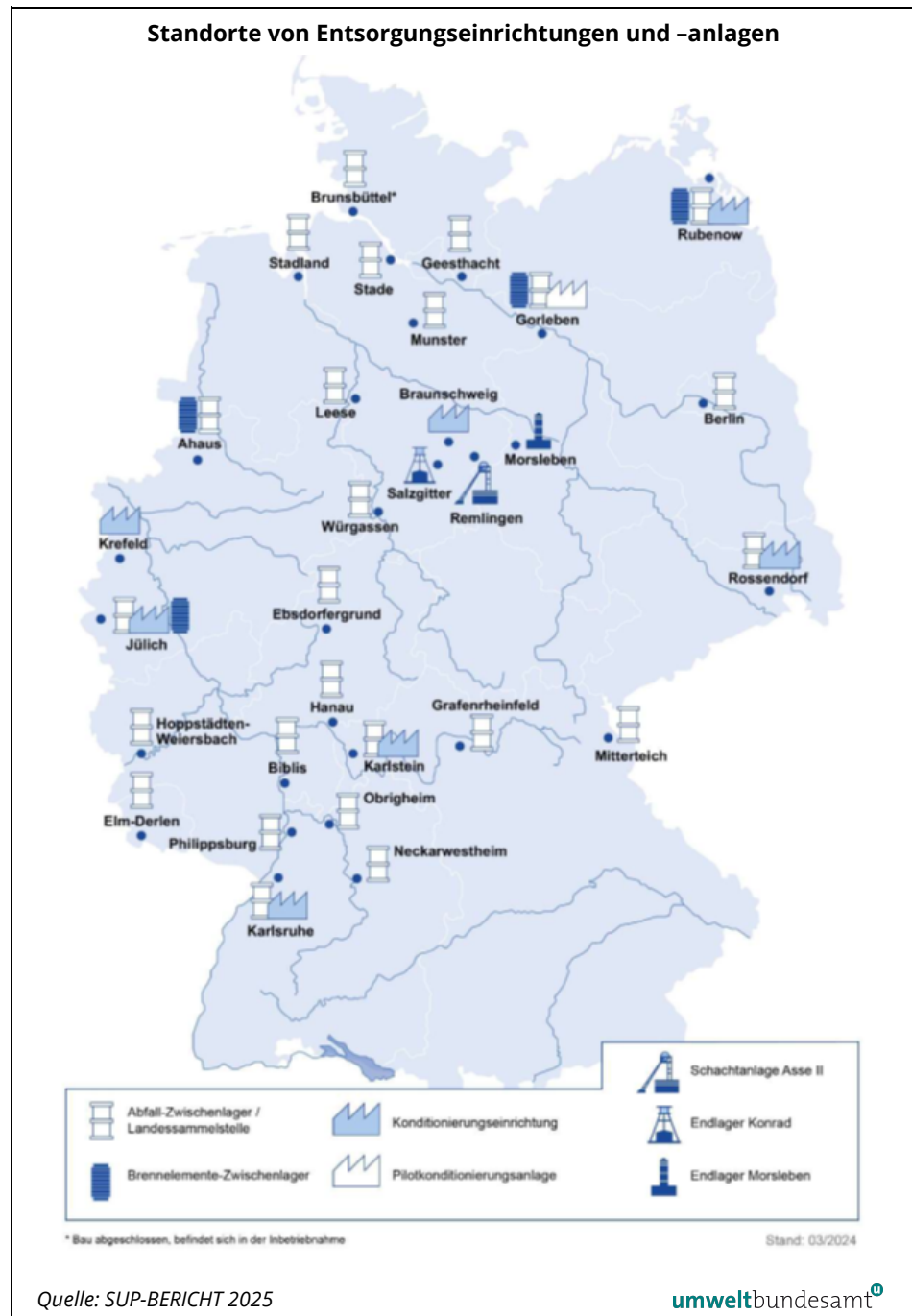
Gründen immer weiter. Ob der jetzige Zeitpunkt Anfang der 2030er Jahre realisiert werden kann, ist unklar. 2015 wurde noch von einer Inbetriebnahme in 2022 ausgegangen.

In BMUV (2023a) werden die bereits angewendeten und für die Abfälle weiter vorgesehenen Konditionierungsmethoden aufgeführt. Diese Methoden entsprechen internationalem Standard und sind Stand von Wissenschaft und Technik.

Bei der Konditionierung sollen die Endlagerungsbedingungen für das geplante Endlager Konrad berücksichtigt und deren Einhaltung durch eine ordnungsgemäße Produktkontrolle gewährleistet werden. Die Konditionierungsmethoden und die einzusetzenden Behälter wurden auf Grundlage der Genehmigungsanforderungen für ein Zwischenlager und/oder der Endlagerungsbedingungen für Konrad ausgewählt.

Die Standorte der gegenwärtig in Betrieb befindlichen und der zurzeit geplanten Konditionierungsanlagen befinden sich in großer Entfernung zur österreichischen Staatsgrenze. (Abbildung 2) Bleibt dieser Status quo erhalten, können relevante radiologische Auswirkungen durch Normalbetrieb aufgrund der Erfahrungen mit bisherigen Ableitungen aus Konditionierungsanlagen ausgeschlossen werden. Wegen des im Vergleich zu hoch radioaktiven Abfällen relativ geringen Radioaktivitätsinventars von Abfallgebinden gilt das auch für Störfälle.

Abbildung 2: Standorte von Anlagen und Einrichtungen der Entsorgung (SUP-BERICHT 2025)



Rückgeholte radioaktive Abfälle aus der Schachtanlage Asse II

Die Konditionierung der schwach und mittel radioaktiven Abfälle soll am Standort der Rückholung an der Asse in Niedersachsen erfolgen. Die Entfernung zum österreichischen Staatsgebiet ist so groß, dass Auswirkungen auf dieses ausgeschlossen werden können. Deshalb wird die Konditionierung dieser Abfälle hier nicht weiter betrachtet.

Abgereichertes Uran aus der Urananreicherung

Die Konditionierungsschritte für das U_3O_8 werden im Vergleich zu den anderen Konditionierungsmethoden eher einfach sein. Es ist nicht davon auszugehen, dass eine Stoffumwandlung durchgeführt wird. Darüber hinaus ist die Uranverbindung im Normalbetrieb und auch im Störfall relativ gering flüchtig. Zum Standort der Konditionierungsanlage gibt es in den Unterlagen zum Nationalen Entsorgungsprogramm keine Aussage. Ein Standort in Grenznähe zu Österreich kann aber gegenwärtig ausgeschlossen werden. Deshalb sind durch die Konditionierung von abgereichertem Uran keine Auswirkungen auf österreichisches Gebiet zu erwarten.

Konditionierung der „Delta-Abfälle“

Die Konditionierung der „Delta-Abfälle“ sollte weiter konkretisiert werden. Abhängig vom Ort des potenziell dritten Endlagers könnte Österreich betroffen sein. Die Konditionierungsanlage könnte durch Emissionen im Normalbetrieb oder bei störfallbedingter Freisetzung Auswirkungen auf Österreich haben, andererseits könnte ein Fehlen einer geeigneten Konditionierungsanlage die Endlagerung unnötig verzögern.

3.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Die Konditionierungsmethode für abgebrannte Brennelemente kann für die Bundesrepublik Deutschland noch nicht endgültig festgelegt werden, da der Endlagerstandort und das Wirtsgestein noch nicht feststehen. Aus Sicht von Österreich besteht das Interesse, dass die Konditionierungsmethode mit dem geringsten Störfallpotenzial, also ohne Zerlegung der Brennelemente gewählt wird. Zudem sollte frühzeitig berücksichtigt werden, welche Auswirkungen die erwartete lange Zwischenlagerdauer auf das Konditionierungskonzept haben wird.

Durch den Betrieb von Konditionierungsanlagen für schwach und mittel radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland sind bisher keine radiologischen Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zu erwarten. Die Umsetzbarkeit von Entsorgungskonzepten in Nachbarländern ist aber für Österreich von Bedeutung. Daher sind auch der Umgang und die Konditionierung der sogenannten „Delta-Abfälle“ von Bedeutung, um potenzielle Auswirkungen auch langfristig auszuschließen.

3.3.1 Fragen

F5: An welchen Konditionierungskonzepten für abgebrannte Brennelemente wird zurzeit gearbeitet? Welches ist zurzeit die bevorzugte Variante für Leistungsreaktoren und für Nicht-Leistungsreaktoren?

F6: Mit welchem Zeitplan und Entscheidungsschnittstellen wird an der Konditionierung der so genannten „Delta-Abfälle“ gearbeitet?

3.3.2 Vorläufige Empfehlungen

VE4: Es sollte frühzeitig an Konditionierungskonzepten für abgebrannte Brennelemente gearbeitet werden, die auch nach einer verlängerten Zwischenlagerung noch durchgeführt werden können.

4 ZWISCHENLAGERUNG

4.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

4.1.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Kapitel 3.1.1 des NAPRO (2025) thematisiert die Zwischenlagerung: Die abgebrannten Brennelemente und die verglasten radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden trocken in Transport- und Lagerbehältern aufbewahrt. Neben den dezentralen Brennelemente-Zwischenlagern an den Kernkraftwerksstandorten gibt es die zentralen Brennelemente-Zwischenlager in Gorleben und Ahaus sowie das Zwischenlager Nord.

Am Standort des Zwischenlagers Nord wird ein Ersatztransportbehälterlager, kurz ESTRAL, errichtet werden, in das die bisher in Halle 8 des Zwischenlagers Nord gelagerten 74 Castor-Behälter umgelagert werden. Die BGZ übernahm ab 2017 im Rahmen einer gesellschaftsrechtlichen Übertragung die beiden zentralen Zwischenlager Gorleben und Ahaus und ab 01. Januar 2019 auf Grundlage des Entsorgungsübergangsgesetzes die genehmigten dezentralen Brennelemente-Zwischenlager.

Voraussichtlich bis zum Jahr 2027 werden alle in den Leistungsreaktoren eingesetzten Brennelemente in etwa 1.050 Transport- und Lagerbehältern in Brennelemente-Zwischenlager verbracht worden sein.

Die aus der Wiederaufarbeitung zurückzuführenden verglasten radioaktiven Abfälle befinden sich ebenfalls in Transport- und Lagerbehältern und werden in zentralen und dezentralen Brennelemente-Zwischenlagern gelagert. Für diese Abfälle werden nach heutiger Prognose insgesamt 137 Transport- und Lagerbehälter benötigt.

Laut NAPRO (2025) hat sich die trockene Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und der verglasten radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Transport- und Lagerbehältern bewährt. Ausreichende Zwischenlagerkapazitäten für die Aufnahme aller abgebrannten Brennelemente und verglasten radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind in Deutschland vorhanden.

Verlängerung der Zwischenlagerebene

Die atomrechtliche Genehmigung für die Aufbewahrung von Transport- und Lagerbehältern ist auf 40 Jahre begrenzt. Nach heutigen Erkenntnissen kann in diesem Zeitraum eine Räumung der Lager nicht mehr umgesetzt werden. Der Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle soll bis Mitte des 21. Jahrhunderts festgelegt werden. Daher werden derzeit die Neugenehmigungsverfahren für die Zwischenlager bereits vorbereitet. Laut SUP-BERICHT (2025) wird die erste Genehmigung 2034 auslaufen. Die technischen und genehmigungsrechtlichen Vorkehrungen für eine verlängerte Aufbewahrung werden insbeson-

dere durch Untersuchungen in Forschungsprogrammen und durch die Erstellung eines Regelwerkes für die verlängerte Zwischenlagerung, das die Anforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt, getroffen.

Es ist Aufgabe der Betreiber dieser Lager, die sichere Zwischenlagerung bis zu einem noch zu bestimmenden Zeitpunkt der Endlagerung zu gewährleisten.

Eingangslager

Der Standort für das Endlager für hoch radioaktive Abfälle soll bis Mitte des Jahrhunderts festgelegt werden. Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager für hoch radioaktive Abfälle soll am Standort auch ein Eingangslager für abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung genehmigt werden. Dadurch wird die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Brennelemente-Zwischenlager geschaffen werden. Die abgebrannten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sollen bis dahin an vorhandenen Zwischenlagerstandorten aufbewahrt werden. Das Eingangslager soll ab 2065 in Betrieb sein. (NAPRO 2025) Laut SUP-BERICHT (2025) wird davon ausgegangen, dass das Eingangslager etwa 500 Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung besitzt, die eine gestaffelte Auslagerung aus den Zwischenlagern ermöglichen.

Forschungsvorhaben

Das BMUV (jetzt BMUKN) verantwortet seit Dezember 2021 das Projektförderprogramm zur Sicherheitsforschung für kerntechnische Anlagen. In seinem Rahmen wird u. a. gezielt nationale anwendungsorientierte Grundlagenforschung für die nukleare Sicherheit insbesondere in den Bereichen verlängerte Zwischenlagerung gefördert. Darüber hinaus wird auch die internationale Zusammenarbeit in gemeinsamen Forschungsprojekten (z.B. OECD/NEA, EURATOM) zu diesen Bereichen unterstützt.

Zudem betreibt das BASE zur Erfüllung seiner Aufgaben wissenschaftliche Forschung zur Lagerung radioaktiver Stoffe. Zusätzlich tragen BGE und BGZ Verantwortung als Vorhabenträgerinnen für entsprechende aufgabenbezogene Forschung und Entwicklung.

In Forschungsvorhaben, die unter Beteiligung der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) GmbH und der BGZ durchgeführt bzw. begleitet werden, wurden und werden Aspekte wie z. B. der Stand der trockenen Zwischenlagerung in Deutschland und im internationalen Vergleich, technisches und nichttechnisches Alterungsmanagement, das Langzeitverhalten der Behälter und eingelagerter Inventare sowie speziell auf die Zwischenlagerung in Deutschland zutreffende Problemstellungen behandelt. Sie bilden die Grundlage dafür, die Sicherheit der Zwischenlagerung auch über den bisher genehmigten Zeitraum nachzuweisen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die von Zwischenlagern für hoch radioaktive Abfälle ausgehende **Direktstrahlung** wird durch Abschirmmaßnahmen minimiert. Die Direktstrahlung wird, bezogen auf ein voll belegtes Lager, bei der Verlängerung der Zwischenlagerdauer abnehmen, da kurzlebige Radionuklide abklingen.

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. (SUP-BERICHT 2025)

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe

Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand usw.) sowie durch Einwirkungen von außen (Erdbeben, Unwetter, Extremwasserstände usw.) sind störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen grundsätzlich möglich. Störfallbedingte Freisetzungen radiologischer Stoffe sind aus Vorsorgegründen im Rahmen einer verlängerten Zwischenlagerung potenziell relevant.

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. Es wird gesagt, dass 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 wird.

Der verlängerte Zwischenlagerbetrieb beinhaltet – wie auch der derzeitige Betrieb der Zwischenlager – das Risiko von Störfällen. Das Auftreten störfallbedingter Freisetzungen radiologischer Stoffe soll durch die mittels Zulassung geprüften Behälter unterbunden bzw. minimiert werden. Inwieweit und wann sich das Risiko von Störfällen und damit verbundenen Freisetzungen beispielsweise alterungsbedingt deutlich vergrößert, ist im Rahmen der SUP nicht abschätzbar. Im Rahmen der für eine verlängerte Aufbewahrung erforderlichen Genehmigungsverfahren sind Sicherheitsanalysen zu potenziellen Umweltauswirkungen durch störfallbedingte Freisetzungen durchzuführen und Vermeidungs- oder Minimierungsmaßnahmen zu ergreifen.

Zwischenlager zur Aufbewahrung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Gemäß den Planungen umfasst die Entsorgung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren die Zwischenlagerung und anschließend die Endlagerung im Endlager gemäß Standortauswahlverfahren.

Für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren ist u. a. das bestehende Zwischenlager

Ahaus vorgesehen. Hier lagern bereits Transport- und Lagerbehälter (TLB) aus verschiedenen Demonstrations- und Forschungsreaktoren aber auch aus Leistungsreaktoren.

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. 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.

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.

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

4.1.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Laut SUP-BERICHT (2025) müssen die schwach und mittel radioaktiven Abfälle aus Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen sowie schwach und mittel radioaktive Abfälle aus Industrie, Forschung und Medizin zwischengelagert werden, bis das dafür vorgesehene Endlager Konrad in Betrieb ist. Sie werden bis zur Abgabe an das Endlager Konrad in Abfall-Zwischenlagern, Landessammelstellen oder der Sammelstelle der Bundeswehr gelagert, die jeweils eigene Annahmebedingungen für die Zwischenlagerung haben.

Die BGZ übernimmt seit dem 1. Januar 2020 auf Grundlage des Entsorgungsübergangsgesetzes sukzessive die in diesem Gesetz genannten Abfall-Zwischenlager der Energieversorgungsunternehmen. Weitere Abfall-Zwischenlager werden von Unternehmen der Öffentlichen Hand, beispielsweise an den Standorten Jülich, Karlsruhe, Rossendorf und Rubenow, sowie von der Industrie an weiteren Standorten betrieben.

In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Endlagers Konrad und der konkreten Ausgestaltung des Abrufregimes ist zu erwarten, dass auch endlagergerecht konditionierte und produktkontrollierte Abfallgebinde noch über längere Zeiträume zwischengelagert werden müssen. (NAPRO 2025)

Aktuell geht die BGE davon aus, dass die Einlagerung von schwach und mittel radioaktiven Abfällen Anfang der 2030er Jahre beginnen wird. An einigen Kernkraftwerks- und Forschungsstandorten wurden inzwischen weitere Lagerkapazitäten geschaffen. Die radioaktiven Abfälle können bis zum Erreichen des im Planfeststellungsbeschluss Konrad begrenzten Einlagerungsvolumens von 303.000 m³ an dieses abgegeben werden. Die Dauer des Einlagerungsbetriebs des Endlagers Konrad soll einen Zeitraum von 40 Jahren nicht überschreiten. (SUP-BERICHT 2025)

Es wird auch erklärt, dass durch mehrfache Verzögerungen bei der Fertigstellung und Inbetriebnahme des Endlagers Konrad für schwach und mittel radioaktive Abfälle diese nun länger zwischengelagert werden als ursprünglich vorgesehen.

Die aus der Schachtanlage Asse II rückzuziehenden Abfälle sollen vor Ort konditioniert und in einem am Standort neu zu errichtenden Zwischenlager bis zu ihrer Endlagerung aufbewahrt werden. Die Verantwortung für die Konditionierung und Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II liegt bei der BGE.

Zwischenlagerung der „Delta-Abfälle“

Bei den „Delta-Abfällen“ handelt es sich laut SUP-BERICHT (2025) 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.“

Ob schwach und mittel radioaktive Abfälle als „Delta-Abfälle“ behandelt werden, hängt von der Zuordnung im Einlagerungsmanagement, der Betriebszeit und den Endlagerbedingungen des Endlagers Konrad ab.

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 mittel radioaktive 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 mittel radioaktiven Abfälle, die für die Entsorgung ins Endlager Konrad vorgesehen sind. 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 mittel radioaktive Abfälle am gleichen Standort wie das Endlager für hoch radioaktive Abfälle oder an einem weiteren Standort errichtet werden wird, ist von einer Zwischenlagerung von bis zu mehreren Jahrzehnten auszugehen.

Zwischenlager für schwach und mittel radioaktive 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 hoch radioaktive 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, in anderen wurde lediglich eine Vorprüfung durchgeführt (z. B. Zwischenlager in Philippsburg und Neckarwestheim).

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Laut SUP-BERICHT (2025) werden die Umweltauswirkungen übergreifend für alle Standorte bewertet, unabhängig davon, ob im jeweiligen Genehmigungsverfahren bereits Umweltbewertungen vorgenommen wurden. Unabhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen erfolgt eine generische Betrachtung des verlängerten Betriebs von bestehenden Zwischenlagern für schwach und mittel radioaktive Abfälle.

Umweltauswirkungen durch **Direktstrahlung** bleiben bestehen, sie werden aber mit der Zeit abnehmen. **Luftgetragene Emissionen** bleiben im verlängerten Betrieb bestehen und müssen weiterhin berücksichtigt werden. Durch den weiteren Betrieb der Zwischenlager bleibt das **Risiko störfallbedingter Freisetzen** 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 Freisetzen sinkt. Aus Vorsorgegründen sollten Umweltauswirkungen aus störfallbedingten Freisetzen als potenziell relevant betrachtet werden.

4.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

4.2.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Für mögliche Auswirkungen auf Österreich sind aufgrund der Entfernung zur Grenze sechs süddeutsche Brennelemente- Zwischenlager (Grafenrheinfeld, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim, Isar und Gundremmingen) relevant. Unfallanalysen mit Ausbreitungsrechnungen, die von einem österreichischen Expert:innenteam im Rahmen der grenzüberschreitenden UVP-Verfahren in den Jahren 2001/2002 durchgeführt wurden, zeigten, dass bei potenziellen auslegungsüberschreitenden Unfällen radioaktive Stoffe auf österreichisches Staatsgebiet gelangen können. (UMWELTBUNDESAMT 2001; 2002a-e)

Eingangslager

Das geplante Eingangslager am zukünftigen noch auszuwählenden Endlagerstandort könnte in Süddeutschland errichtet werden, so dass potenzielle Auswirkungen auf Österreich möglich wären. Anhand der Unterlagen ist deutlich geworden, dass die Bundesregierung davon ausgeht, dass über einen längeren Zeitraum Behälter mit abgebrannten BE und hoch radioaktiven Abfällen in dem Eingangslager aufbewahrt werden könnten.

Nach den Plänen der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) soll frühestens 2046 ein Endlager-Standort feststehen. Die BGE räumt aber ein, eine Entscheidung könne auch erst 2068 fallen. Das zentrale Eingangslager kann bereits nach der ersten Teilgenehmigung des Endlagers errichtet werden. Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager besteht jedoch weder Rechtssicherheit noch die Garantie, dass das Endlager tatsächlich in Betrieb genommen wird.

Im SUP-BERICHT (2025) wird angenommen, dass das Eingangslager etwa 500 Stellplätze für Behälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufbereitung vorhält. Laut NAPRO (2025) wird davon ausgegangen, dass zunächst die Behälter einiger Zwischenlager in das Eingangslager transportiert werden, und dann nach und nach die anderen Lager geräumt werden, sobald Behälter in das geologische Tiefenlager eingelagert wurden. Es wird nicht gesagt, welche Zwischenlagereignisungen bis zu welchem Zeitraum verlängert werden und in welcher Reihenfolge dann die Behälter in ein Eingangslager transportiert werden sollen.

Laut ESK (2023) wird für den Betrieb des Endlagers ein Eingangslager für die aus der Zwischenlagerung anzuliefernden Behälter benötigt, das sich idealerweise am Endlagerstandort befindet. Dieses Eingangslager ist so zu dimensionieren, dass zumindest so viele Behälter aus den Zwischenlagern gleichzeitig aufgenommen werden können, wie für eine unterbrechungsfreie Konditionierung der Inventare bzw. die Einlagerung der Behälter erforderlich ist.

Die ESK weist auch darauf hin, dass bei einer deutlichen Verzögerung der Standortauswahl der Bau eines Eingangslagers entfallen würde und dann nur im Rahmen der Errichtung eines neuen zentralen Zwischenlagers an einem dann zu definierenden Standort realisiert werden könnte.

Verlängerung der Zwischenlagerung und Regelwerk

Laut NAPRO (2025) wird nun die Standortfestlegung eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz „bis Mitte des Jahrhunderts“ und nicht mehr 2031 wie zuvor erwartet. Bis zur Einlagerung der Behälter folgen zudem zunächst das Genehmigungsverfahren und der Bau des Bergwerks. Es kommt zu einem Delta zwischen dem Ende der derzeitigen Genehmigungen für die Zwischenlager und der Einlagerung der ersten Behälter in das Endlager, erst recht bis zur vollständigen Einlagerung aller Behälter.

Das Problem der zeitlichen Lücke für die Zwischenlagerung wird im NAPRO (2025) zwar benannt, eine nachvollziehbare Lösung wird aber nicht präsentiert. Es sollen einerseits die Genehmigungen für die Zwischenlager verlängert und

zum anderen ein Eingangslager am Endlagerstandort errichtet werden. Weder der Zeitraum für die Verlängerung der Zwischenlager noch die Betriebsdauer des Eingangslagers werden genannt. Vor allem aber ist die Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe in den einzelnen Behältern jeweils auf 40 Jahre befristet.

Die BGE stellte Ende 2022 erstmals einen Zeitplan für das Standortauswahlverfahren auf. (BGE 2022a) Demnach kann erst 2046 bis 2068 die Entscheidung für einen Standort getroffen werden. (siehe dazu auch Kapitel 1 dieser Fachstellungnahme) Die ESK (2023) schätzte ab, dass dann bei einer unterstellten Errichtungsdauer von ca. 20 Jahren und einer Betriebsdauer von 30 Jahren, die ab 2034 auslaufenden Zwischenlagereignisgenehmigungen teilweise um etwa 80 Jahre verlängert werden müssen. Theoretisch sind somit Zwischenlagerzeiten von bis zu 120 Jahren erforderlich, eventuell sogar darüber hinaus, falls es auch bei der Errichtung und dem Betrieb des Endlagers Verzögerungen gegenüber den derzeitigen Annahmen geben sollte.

Dies bedeutet, dass sich die ursprünglich geplante Zwischenlagerdauer verdreifachen kann, was zu einer Zunahme von Unsicherheiten bzgl. des Komponenten- und Inventarverhaltens führt. Selbst wenn derzeit keine Cliff-Edge-Effekte bei der trockenen Zwischenlagerung in Behältern erkennbar sind, so stellt dies doch erhebliche Anforderungen an das Alterungsmanagement für die Behälter und das Lagergebäude sowie an die Abtransportierbarkeit der Behälter nach so langer Zwischenlagerung dar. (ESK 2023)

Für eine Zwischenlagerdauer von mehr als 50 Jahren gibt es bisher in keinem Staat weltweit Erfahrungen. Insofern kann der erforderliche Lagerzeitraum für die Behälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Deutschland nicht als Stand von Wissenschaft und Technik der trockenen Zwischenlagerung bezeichnet werden.

Auch international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. (BUDELMANN 2017)

Beschleunigungsmöglichkeiten im Verfahren auf Kosten von Sicherheit oder auf Kosten von Beteiligung lehnte die Endlagerkommission ab. Der Zeitbedarf ist hinsichtlich der Gewichtung nachrangig zu den Zielen Sicherheit und Partizipation. (KOMMISSION 2016)

Basierend insbesondere auf der Zeitabschätzung der BGE für das Standortauswahlverfahren und den aufsichtlichen Erkenntnissen des BASE sah das BMUV es als erforderlich an, das bisherige Vorgehen im Standortauswahlverfahren zu analysieren und auf der Grundlage des Gesetzes insbesondere im Hinblick auf Beschleunigungspotenziale zu bewerten. Dazu wird unter Leitung des BMUV mit dem BASE ein Arbeitskreis „Evaluation und Zeitplan Standortauswahlverfahren“ installiert. (BMUV 2023b)

Regulatorische Anforderungen für verlängerte Zwischenlagerdauern müssen noch definiert werden. Die bisherigen Anforderungen an Untersuchungen und Sicherheitsnachweisen beziehen sich nur auf einen Lagerzeitraum von 40 Jahren.

Die ESK hat im März 2023 ein Positionspapier zur verlängerten Zwischenlagerung herausgebracht. Darin wird ein nationales Regelwerk für die verlängerte Zwischenlagerung empfohlen. Dieses sollte alle Anforderungen zum Nachweis der Sicherheit über den gesamten Zwischenlagerzeitraum enthalten. (ESK 2023) Diese Initiative der ESK ist zu begrüßen. Laut NAPRO (2025) wird ein Regelwerk erstellt, mehr Informationen werden nicht genannt.

Potenzielle Folgen der Verlängerung bzw. Alterung

Mit zunehmender Zwischenlagerdauer ist von einer alterungsbedingten Veränderung der Materialien der Behälterkomponenten auszugehen. Sicherheitstechnisch relevant sind Material- und Zustandsänderungen an Metall- und Elastomer-Dichtungen im Deckelsystem, an dem Tragkorb zur Aufnahme von Brennelementen oder Kokillen, am Dichtheitsüberwachungssystem (Druckschalter) und an den Polyethylen-Strukturen zur Neutronenabschirmung.

Fast alle in Deutschland gelagerte Behälter sind CASTOR-Behälter des Herstellers GNS. Diese werden andererseits auch fast nur in Deutschland eingesetzt. Insofern ist nationale Forschung besonders wichtig.

Die BGZ hat in den letzten Jahren eine Fachabteilung aufgebaut und das Forschungsprogramm zur verlängerten Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle erarbeitet. Das Forschungsprogramm wird laut BGZ laufend fortgeschrieben und aktualisiert und an den sich weiterentwickelnden Stand von Wissenschaft und Technik angepasst. (BGZ 2023a)

Der Umfang des BGZ Forschungsprogramms zum Behälter ist bisher noch gering. Die meisten Effekte von potenziell negativ von Alterung betroffenen Behälter-Komponenten werden als vernachlässigbar bewertet. Das liegt vor allem daran, dass der bewertete Zeitraum sich nur auf etwas mehr als 40 Jahre bezieht.

Für lange Zwischenlagerzeiten (mehr als 40 Jahre) liegen bisher keine ausreichenden Erfahrungen hinsichtlich der Alterung der abgebrannten Brennelemente vor. Die BGZ führt nun in Schweden mit dem Projekt „LEDA“ auch ein eigenes Forschungsprogramm zum Hüllrohrverhalten unter Bedingungen der verlängerten Zwischenlagerung durch. (BGZ 2023a)

Die BGZ hat mit ihrem Forschungsprogramm den erforderlichen ersten Schritt unternommen, um die notwendige Forschung zu initiieren. Dieses ist jedoch nicht ausreichend, weder im Umfang noch in der Zielsetzung.

Zum Nachweis, dass den zwischengelagerten Behältern eine Transportfähigkeit wie zum Zeitpunkt der Einlagerung attestiert werden kann, ist laut ESK ein Alterungsmanagement zu implementieren, dessen Auswertung eine zusätzliche Basis für die Genehmigung der erforderlichen Transporte am Ende der Zwischenlagerphase bildet. Im Rahmen dieses Alterungsmanagements sind alle Alterungsprozesse zu erfassen und hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen zu bewerten. Für potenziell sicherheitsrelevante Prozesse ist ein Überwachungsprogramm zu erstellen, das sowohl die Spezifika der einzelnen Behältertypen und Inhalte als auch mögliche äußere Einflüsse und insbesondere die maximal notwendige Dauer der Zwischenlagerung berücksichtigt. (ESK 2023)

Reparaturmöglichkeiten

Seit Stilllegung der Kernkraftwerke sind keine „Heißen Zellen“ für Reparatur-, Wartungs- und Prüfmaßnahmen an den Standort der Standortzwischenlager vorhanden. Die Endlagerkommission wies bereits vor ca. 10 Jahren daraufhin, dass im Genehmigungsverfahren für die Verlängerung der Zwischenlagerung geprüft werden muss, ob der Einbau „Heißer Zellen“ erforderlich ist. (KOMMISSION 2016)

Bisher sind in den ESK-Leitlinien zur Zwischenlagerung sowohl das Verbringen in eine andere Anlage als auch die Reparatur mit Fügedeckel bei fehlenden spezifizierter Dichtheit der Primärdeckeldichtung zugelassen. Dabei wurde jedoch nur eine Zwischenlagerdauer von 40 Jahren unterstellt. Es muss jedoch für die meisten Behälter von einer deutlich längeren Lagerzeit ausgegangen werden.

Bemerkenswert ist, dass auch die IAEA im Rahmen der 2019 durchgeführten ARTEMIS Mission geraten hat, einen Notfallplan für die Reparatur von Lagerbehältern und die Umlagerung abgebrannter Brennelemente im Falle einer Beschädigung aufzustellen.⁸ (IAEA 2022a) Das Artemis Team berief sich dabei auf die IAEA SSG-15, in Absatz. I.51 heißt es: *„Die Einbeziehung einer heißen Zelle in die Auslegung eines Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente sollte in Betracht gezogen werden, um das Entladen des Behälters und das anschließende Umpacken des Brennstoffs oder Reparaturen zu ermöglichen.“*

Die Bundesregierung erklärt gegenüber dem ARTEMIS Review Team, dass ein Reparaturkonzept (Fügedeckel) in Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente zugelassen ist. Daher ist für diese Reparatur keine heiße Zelle erforderlich. Allerdings sei für den Behältertyp CASTOR® HAW28M die Transportkonfiguration mit Fügedeckel nicht zugelassen. Für den Fall, dass der Primärdeckel die erforderliche Dichtheit nicht gewährleisten kann, soll eine Änderung der Bauartzulassung beantragt werden, die voraussichtlich im Jahr 2025 erteilt wird. Sollte diese Änderung nicht zugelassen werden, muss im Zwischenlager die Dichtung des Primärdeckels repariert werden. Laut Bundesregierung steht genügend Zeit für die Genehmigung und den Bau einer solchen Anlage zur Verfügung.

Es wurde von der Bundesregierung erklärt, dass der Aufbau einer Backup-Infrastruktur (z.B. Heiße Zelle) zur Gewährleistung der Sicherheit und Transportfähigkeit in der Verantwortung der BGZ liegt und darauf verwiesen, dass die BGZ ein Forschungsprogramm zur Bewertung des Langzeitverhaltens von abgebrannten Brennelementen gestartet hat. (IAEA 2022a)⁹

Aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten sollten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten, während der gesamten zu erwartenden Betriebszeit

⁸ Zur Erfüllung der Verpflichtung zur Durchführung eines Peer-Review aus der Richtlinie 2011/70/Euratom wurde im September 2019 eine *Radioactive Waste Management Integrated Review Service* (ARTEMIS) Mission und im November 2022 eine Folgemission durchgeführt.

⁹ Anmerkung: die IAEA betrachtet die Anregung aufgrund der Zuversicht, dass sie rechtzeitig abgeschlossen werden kann, als erledigt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass zu diesem Zeitpunkt die erforderliche Verlängerung der Lagerzeit noch nicht (offiziell) bekannt war.

„Heiße Zellen“ vorhanden sein, in denen ggf. der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Überprüfungen von Inventar und Einbauten im Behälterinnenraum möglich sind.

Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente aus Nicht-Leistungsreaktoren

Auch für Brennelemente aus den Nicht-Leistungsreaktoren muss eine risikoarme langfristige Zwischenlagerung gewährleistet werden. Diese sollen in das Zwischenlager Ahaus verbracht werden. Es ist sicherheitstechnisch wenig vorausschauend diese in das verhältnismäßig schlechtgeschützte Zwischenlager Ahaus zu transportieren, dessen Betriebsgenehmigung zudem bereits am 31.12.2036 endet.

Darüber hinaus besteht für den Brennstoff aus dem Forschungsreaktor München FRM II ein besonderes Problem. Die abgebrannten Brennelemente, die zurzeit noch in einem Nasslager aufbewahrt werden, enthalten etwa 87% angereichertes und damit atomwaffenfähiges Uran. (ISR 2017)¹⁰

Im letzten Forschungsprogramm sah die BGZ für die abgebrannten Brennelemente aus den Nicht-Leistungsreaktoren keinen Forschungsbedarf, um den Nachweis der Einhaltung der Schutzziele auch für die verlängerte Zwischenlagerung zu erbringen. Diese Einschätzung sollte bei der notwendig langen Zwischenlagerzeit überprüft werden.

Konzept der Zwischenlagerung

Die im NAPRO (2025) präsentierten Pläne/Konzepte und technischen Lösungen für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind unzureichend. In Deutschland existieren mehrere Gründe, die Zwischenlagerung neu zu bewerten und das bestehende Zwischenlagerkonzept in Frage zu stellen.

Die Endlagerkommission empfiehlt eine regelmäßige Überprüfung der Belastbarkeit des aktuellen Zwischenlagerkonzepts.

Gegebenenfalls sollten auch Aussagen dazu getroffen werden, wie lange das gegenwärtige Konzept noch tragfähig ist. (KOMMISSION 2016)

Aus Sicht der Endlagerkommission impliziert diese Überprüfung eine Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen einer konsolidierten Zwischenlagerung an mehreren größeren Standorten sowie mit einer Verbringung in ein Zwischenlager am Endlagerstandort.

Von der Endlagerkommission wird auf die verschiedenen Probleme (fehlende „Heiße Zelle“, fehlende Gewährleistung der Integrität der Behälterinventare und Handhabbarkeit der Behälter für lange Lagerzeiträume, überdimensioniertes

¹⁰ Ab einer Anreicherung von mehr als 20 Prozent gilt Uran als hoch angereichert und atomwaffentauglich. Die Verwendung dieses Brennstoffs widerspricht dem internationalen Programm zur Umstellung von Forschungsreaktoren auf niedrig angereichertes Uran.

Eingangslager, unzureichender Terrorschutz) hingewiesen und gefordert, dass diese in einen differenzierten und ausgewogenen Neubewertungsprozess für die notwendige Zwischenlagerung einfließen. (KOMMISSION 2016)

Auch die ESK weist in ihrem aktuellen Positionspapier daraufhin, dass alternativ zu einer Verlängerung der Aufbewahrungsgenehmigung bei den derzeitigen Standortzwischenlagern die Errichtung eines Zentrallagers oder weniger Regionallager in Erwägung gezogen werden könnte. Nachteilig ist bei einer solchen Lösung, dass sich die Gesamtanzahl der Transporte vergrößert. (ESK 2023)

Beispiel Brennelemente-Zwischenlager Brunsbüttel

Mit Urteil des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Schleswig (4 KS 3/08) am 19.06.2013 wurde die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben; eine Revision wurde nicht zugelassen. Mit dieser Entscheidung wurde das Urteil des OVG Schleswig, durch das die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben wird, rechtskräftig. Bemängelt wurde im Urteil der Umfang der Ermittlungen und Bewertungen im Genehmigungsverfahren. Zwar ist ein Gericht nicht für die Prüfung der Sicherheit einer kerntechnischen Anlage zuständig, aber faktisch bedeutet die Feststellung von Ermittlungs- und Bewertungsdefiziten in den Sicherheitsanalysen im Genehmigungsverfahren, dass die Sicherheit nicht nachgewiesen ist.

Auch nach Aufhebung der Genehmigung werden die Behälter weiter im Zwischenlager Brunsbüttel aufbewahrt.

Am 16.11.2015 wurde ein Antrag auf eine neue Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 des Atomgesetzes (AtG) in dem bestehenden SZL Brunsbüttel gestellt. Dieser Antrag wurde bisher nicht genehmigt, da es anscheinend erhebliche bzw. nicht leicht zu behebende Lücken in den Sicherheitsnachweisen gibt. Daher wurde am 07.02.2020 zusätzlich ein Antrag zur Aufbewahrung für einen befristeten Zeitraum von fünf Jahren gestellt. Die BASE erklärt, dass dieser *„Antrag eine genehmigungsrechtliche Grundlage für die Aufbewahrung schaffen kann, sofern eine Genehmigung zur Aufbewahrung bis 2046 erteilt wird. Die Genehmigung würde der Überbrückung des Zeitraums bis zu einer vollständigen Umsetzung der im Antrag von 2015 beschriebenen Maßnahmen dienen.“* (BASE 2023a) Die Prüftiefe bzw. der Umfang der zu erbringenden Nachweise ist für einen kurzen Zeitraum geringer.

Terrorangriffe

Die Basis für die Sicherung von Zwischenlagern bildete zunächst der inhärente Schutz durch den Transport- und Lagerbehälter selbst. Es wurde davon ausgegangen, dass dieser einen ausreichenden Schutz gegen die bei ortsfesten kerntechnischen Einrichtungen zu unterstellenden gewaltsamen Einwirkungen bietet. Das Zwischenlagergebäude musste daher baulich nicht so ausgeführt werden wie die sicherheitsrelevanten Gebäude eines Kernkraftwerkes.

In den norddeutschen Zwischenlagern¹¹ nach dem STEAG-Konzept (Stärke der Wand: ca. 120 cm, Stärke der Decke: 130 cm) soll das Lagergebäude zumindest einen gewissen Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten. In den süddeutschen Zwischenlagern¹² nach dem WTI-Konzept (Stärke der Wand: ca. 85 cm, Stärke der Decke: ca. 55 cm) sowie in den zentralen Zwischenlagern (Wand- und Deckenstärke 20-50 cm) sollten im Wesentlichen nur die Behälter selbst den Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten.

Nach einer Einschätzung der zuständigen Behörden in 2010 waren für alle deutschen Zwischenlager Nachrüstmaßnahmen erforderlich. Im Wesentlichen wurden die Lagerhallen entlang einiger Wände durch eine zusätzliche zehn Meter hohe und 85 cm dicke Mauer geschützt. Auch der Zugang der Hallen wird verändert, so dass ein Eindringen von Unbefugten erschwert wird. Die Vereinzelungsanlage erschwert insbesondere den unbefugten Zugang.

Im Antragsverfahren wird nicht die Wirksamkeit der Härtungsmaßnahmen nachgewiesen, sondern lediglich, dass von dieser Maßnahme keine negative Rückwirkung auf die Lagerung ausgeht. Die Halle, die in Lubmin neu gebaut wird, wird einen deutlich besseren baulichen Schutz gewährleisten. Mit einer Gebäudestärke von 1,80 Meter soll das neue Zwischenlager in Lubmin (ESTRAL) dickere Wände und Decken als bisherige Zwischenlagergebäude haben.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Zwischenlager wurden mögliche Auswirkungen eines potenziellen Hohlladungsbeschusses betrachtet, der als abdeckendes SEWD-Szenario gilt. Dabei wird unterstellt, dass eine Gruppe von Tätern in das Zwischenlager eindringt und mit panzerbrechenden Waffen die Behälter beschädigt. Durch einen Beschuss mit einem Hohlladungsgeschoss kann die Wand eines metallischen Behälters durchschlagen und in seinem Inneren Brennstoff zerstäubt werden. Der Beschuss bewirkt weiterhin einen Druckaufbau im Inneren des Behälters. Dadurch würde eine beträchtliche Menge an radioaktivem Material in die Atmosphäre freigesetzt werden.

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen wie die Angriffe auf die ukrainischen Atomanlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient. Eine neue Risikobewertung muss derartige Szenarien in die Sicherheitsbetrachtung für Zwischenlager in Deutschland einbeziehen. Dies gilt auch für neue Bedrohlungen durch terroristische Angriffe etwa durch sogenannte Kamikazedrohnen.

4.2.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Die Zwischenlagerzeit für schwach und mittel radioaktive Stoffe hat sich durch die immer weiter verschobene Inbetriebnahme des Endlagers Konrad mehrfach

¹¹ Brunsbüttel, Krümmel, Unterweser, Lingen, Grohnde, Brokdorf

¹² Gundremmingen, Grafenrheinfeld, Philippsburg, Isar, Biblis

verlängert.¹³ Dieses hat zu einigen Schwierigkeiten (z. B. verrostete Fässer) geführt, da dadurch aber keine Auswirkungen auf Österreich zu erwarten sind, wird dies hier nicht dargestellt.

Für eine Betrachtung nach RL 2011/70/Euratom ist die angegebene Datenbasis für die Zwischenlagerung schwach und mittel radioaktiver Stoffe zu inkonsistent, um eine fundierte Einschätzung abgeben zu können. Bei der Auflistung im Verzeichnis radioaktiver Abfälle fehlt die Angabe der vorhandenen Gesamtaktivitäten der derzeit gelagerten Abfälle. Die Angabe der genehmigten Gesamtkapazitäten der jeweiligen Anlagen bzw. möglichen Betriebsdauern werden im Bericht zum Gemeinsamen Übereinkommen präsentiert. (BMUV 2024a) Dabei werden diese Genehmigungen unterschiedlich angegeben (Angabe der maximalen Gebindezahl, Gesamtaktivität oder das Volumen). Eine Abschätzung der derzeitigen Kapazitätsausschöpfung und der möglicherweise noch notwendigen Errichtung weiterer Kapazitäten ist dadurch nicht möglich.

Die möglicherweise noch notwendigen weiteren Zwischenlagerkapazitäten werden im NAPRO (2025) weder mengen- und größenmäßig noch örtlich diskutiert. Ihre Relevanz für Österreich im Fall eines Störfalles (z. B. Brand) eines möglicherweise grenznahen Zwischenlagers kann daher derzeit auch nicht abgeschätzt werden.

Die BGZ plante 2020 den Bau eines Logistikzentrums für schwach und mittel radioaktive Abfälle auf dem Gelände des ehemaligen Kernkraftwerks Würgassen. Dieses sollte die passgenaue Belieferung des Endlagers Konrad sicherstellen. Ab dem Jahr 2027 sollten dort die Behälter mit schwach und mittel radioaktiven Abfällen aus den dezentralen Zwischenlagern in Deutschland gesammelt und für den Transport ins Endlager Konrad zusammengestellt werden. Das Logistikzentrum wurde Ende 2023 wieder abgesagt. Zur Begründung wurde gesagt, die BGE arbeite bereits seit einigen Jahren an der Entwicklung einer Softwarelösung, um die Abfälle zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Zusammensetzung anliefern lassen und dann auch einlagern zu können.

In jedem Fall ist die Anlieferung an das Endlager Konrad eine logistische Herausforderung. Es gibt laut BGE viele Abfallgebinde, die den radiologischen Anforderungen der Endlagerungsbedingungen Konrad entsprechen und auch von der Produktkontrolle freigegeben sind. Gleichzeitig liegen aber aktuell noch keine freigegebenen Gebinde im Hinblick auf die stoffliche Beschreibung vor, so dass zum heutigen Stand kein Abfallgebinde im Endlager Konrad eingelagert werden könnte. Hintergrund ist, dass für einige Stoffe die Grenzwerte im konventionellen Wasserrecht gesenkt wurden. Das Nachweissystem für das Endlager Konrad sieht im Rahmen der Umsetzung der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis in diesem Fall vor, dass alle wasserrechtlichen Nachweise erneut unter den neuen Randbedingungen geführt werden. (BGE 2025a) Tatsache ist aber, dass es zurzeit keine für die Einlagerung in das Endlager Konrad genehmigten Abfälle gibt. Inwieweit sich damit die Einlagerung in das Endlager Konrad weiter verzögert,

¹³ Zurzeit wird ein Inbetriebnahme Anfang der 2030 Jahre erwartet.

wird im NAPRO (2025) nicht thematisiert. Es kann zurzeit nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass dieser Endlagerplan komplett aufgegeben werden muss.

Die sogenannten Delta-Abfälle werden in jedem Fall noch viele Jahrzehnte zwischengelagert bleiben. Da nicht bekannt ist, an welchen Standorten diese langfristig lagern werden, können hier potenzielle Auswirkungen auf Österreich nicht bewertet werden.

4.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Für mögliche Auswirkungen auf Österreich sind aufgrund der Entfernung zur Grenze sechs süddeutsche Brennelemente-Zwischenlager (Grafenrheinfeld, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim, Isar und Gundremmingen) relevant. Zudem könnte das geplante Eingangslager am zukünftigen noch auszuwählenden Endlagerstandort in Süddeutschland errichtet werden, so dass auch von dort potenzielle Auswirkungen auf Österreich möglich wären.

Nach derzeitigen Angaben der Vorhabensträgerin BGE wird erst zwischen 2046 und 2068 ein Endlager-Standort feststehen. Eine Inbetriebnahme wird weitere 20 bis 30 Jahre erfordern. Das Ende der Genehmigungen für die derzeit betriebenen Zwischenlager (2034-2047) steht nicht in Einklang mit der Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers. Es sind daher erheblich längere Zeiträume für die notwendige Zwischenlagerung zu erwarten. Die ESK hält Zwischenlagerzeiträume von bis zu 120 Jahren für möglich.

Die Lagerung der hoch radioaktiver Abfallstoffe in den Behältern ist auf 40 Jahre befristet. Regulatorische Anforderungen für verlängerte Zwischenlagerdauern müssen noch definiert werden. Laut NAPRO (2025) wird zurzeit ein Regelwerk erstellt.

Mit zunehmender Zwischenlagerdauer ist von einer alterungsbedingten Veränderung der Materialien der Behälterkomponenten auszugehen. Zudem wirken sich Qualitätsmängel bei einem deutlich längeren Lagerzeitraum stärker aus und müssen daher neu bewertet werden. Die BGZ hat ein Forschungsprogramm zur verlängerten Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle erarbeitet. Dieses ist jedoch weder im Umfang noch in der Zielsetzung ausreichend.

In den Zwischenlagern fehlen ausreichende Einrichtungen für Reparatur-, Wartungs- und Prüfmaßnahmen. Es wird daher empfohlen aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten „Heiße Zellen“ zu implementieren, in denen ggf. der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Überprüfungen von Inventar und Einbauten im Behälterinnenraum möglich sind.

Auch für Brennelemente aus den Nicht-Leistungsreaktoren muss eine sichere langfristige Zwischenlagerung gewährleistet werden. Das gilt insbesondere für die abgebrannten Brennelemente aus dem FRM II, die atomwaffenfähiges Uran enthalten.

Die im NAPRO (2025) präsentierten Pläne/Konzepte und technischen Lösungen für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind unzureichend. Die Endlagerkommission empfahl bereits 2016 eine regelmäßige Überprüfung der Belastbarkeit des aktuellen Zwischenlagerkonzepts.

Mit Urteil des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Schleswig am 19.06.2013 wurde die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben; eine Revision wurde nicht zugelassen. Bemängelt wurde im Urteil der Umfang der Ermittlungen und Bewertungen im Genehmigungsverfahren bezüglich potenzieller Terrorangriffe. Auch nach Aufhebung der Genehmigung aufgrund begründeter Zweifel an den Sicherheitsnachweisen werden die Behälter weiter im Zwischenlager Brunsbüttel aufbewahrt. Der vor zehn Jahren gestellte Neuantrag ist noch nicht genehmigt.

In den süddeutschen Zwischenlagern nach dem WTI-Konzept (Stärke der Wand: ca. 85 cm, Stärke der Decke: ca. 55 cm) sowie in den zentralen Zwischenlagern (Wand- und Deckenstärke 20-50 cm) sollten im Wesentlichen nur die Behälter selbst den Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten. Nach einer Einschätzung der zuständigen Behörden in 2010 waren für alle deutschen Zwischenlager Nachrüstmaßnahmen erforderlich. Im Wesentlichen wurden die Lagerhallen entlang einiger Wände durch eine zusätzliche zehn Meter hohe und 85 cm dicke Mauer geschützt. Auch der Zugang der Hallen wurde verändert, so dass ein Eindringen von Unbefugten erschwert wird. Auch der Schutz vor externen Terrorangriffen wurde durch die Nachrüstungen nur geringfügig verbessert.

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient. Eine neue Risikobewertung muss derartige Szenarien in die Sicherheitsbetrachtung für Zwischenlager in Deutschland einbeziehen. Dies gilt auch für neue Bedrohungslagen durch terroristische Angriffe, etwa durch sogenannte Kamikazedrohnen.

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Die Zwischenlagerung der anfallenden radioaktiven Abfälle stellt ein wichtiges Glied der Entsorgungskette dar und muss zeitlich auf Anfall und Endlagermöglichkeiten abgestimmt sein. Damit stellt eine intensive planerische Befassung mit diesem Thema auch einen wichtigen Teil eines Nationalen Entsorgungsprogramms dar, was auch in der nach RL 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 festgehalten wird. Die vorliegenden Unterlagen sind derzeit nicht geeignet, dieses Thema in plausibler und übersichtlicher Weise darzustellen. Dies betrifft die Zwischenlagerung der schwach und mittel radioaktiven Abfälle insgesamt, aber insbesondere die sogenannten „Delta-Abfälle“.

Direkte mögliche Umweltauswirkungen auf Österreich sind zurzeit zwar nicht zu erwarten, ob diese aber auch langfristig ausgeschlossen werden können, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht vollständig bewerten.

4.3.1 Fragen

Abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

F7: Welche auslegungsüberschreitende Unfälle mit Auswirkungen in den bestehenden süddeutschen Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktiver Abfälle werden betrachtet und welche Quellterme sind ggf. zu erwarten?

F8: Welche Ergebnisse lieferte das GRS-Gutachten aus dem Jahr 2010 bezüglich der potenziellen Auswirkungen eines Absturzes eines Airbus A380 auf ein süddeutsches Standortzwischenlager?

F9: Welche Kapazität und welche Betriebsdauer sind für das Eingangslager am Standort des Endlagers erforderlich? Werden an das Eingangslager die gleichen Sicherheitsanforderungen wie an Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente gestellt?

F10: Hat der vom BMUV installierte Arbeitskreis „Evaluation und Zeitplan Standortauswahlverfahren“ machbare Beschleunigungspotenziale identifiziert, die zu einer Reduzierung der notwendigen Zwischenlagerzeiten führen könnten?

F11: Wann wird das von der BASE erarbeitete neue Regelwerk für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelemente und hoch radioaktiven Abfällen vorliegen?

F12: Welche Ursache haben die Mängel bei der Qualitätssicherung der Tragzapfen der Behälter?

F13: Welche technischen Maßnahmen sind vorgesehen, um die Integrität der Behälterinventare und des Behälterinnenraums zu gewährleisten?

F14: Welche Ergebnisse aus internationalen Forschungsprojekten zu Fragen der sicheren Langzeitzwischenlagerung fließen in die Bewertung der Sicherheit der deutschen Zwischenlager ein, an welchen dieser Projekte beteiligt sich Deutschland aktiv?

F15: Welche Untersuchungsprogramme zum Nachweis des Langzeitverhaltens von Behälterkomponenten (z. B. Metalldichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) sind in den letzten Jahren initiiert worden? Sind weitere Forschungsvorhaben in den nächsten Jahren geplant?

F16: Wie ist der Stand des Genehmigungsverfahrens für den Behältertyp CASTOR® HAW28M mit Fügedeckel transportiert zu werden?

F17: Warum wurde dem Vorschlag der Endlagerkommission nicht gefolgt, im Rahmen der Fortschreibung des Nationalen Entsorgungsprogramms das Zwischenlagerkonzept einschließlich des geplanten Eingangslagers auf notwendigen Optimierungs- und Veränderungsbedarf zu prüfen?

F18: Wann wird die Erteilung der 2015 beantragten Genehmigung und wann die Erteilung der 2020 beantragten Genehmigung für das Brennelemente-Zwischenlager Brunsbüttel erwartet?

F19: Wurden in den letzten Jahren die als abdeckend betrachteten Ereignisse für potenzielle Terrorangriffe verändert? Hat die geänderte geopolitische Situation und die in großer Stückzahl eingesetzten Kamikaze-Drohnen zu veränderten Sicherheitsanforderungen geführt?

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

F20: Welche weiteren Zwischenlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle müssen noch an welchen Standorten errichtet werden? Mit welcher Dauer der Zwischenlagerung wird gerechnet? Welche Art der baulichen Ausführung von Zwischenlagern wird angestrebt?

F21: Welche Zeitdauer wird für die Lagerung der Delta-Abfälle erwartet und an welchen Standorten soll diese langfristige Zwischenlagerung erfolgen?

4.3.2 Vorläufige Empfehlungen

Abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

VE5: Die angelegten Sicherheitsanforderungen für das Eingangslager sollten mindestens denen von Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente entsprechen.

VE6: Es wird empfohlen, den anvisierten Zeitraum für die Verlängerung der Genehmigung der bestehenden Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Einklang mit der laut BGE voraussichtlich benötigten Zeit für die Inbetriebnahme der Anlagen am Endlagerstandort zu bringen.

VE7: Weiters wird empfohlen, umfangreiche Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit während der Langzeitzwischenlagerung, für den anschließenden Transport und die Konditionierung zur Endlagerung festzulegen.

VE8: Aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten sollten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten Heiße Zellen vorhanden sein, in denen der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Periodische Sicherheitsüberprüfung von Inventar und von den Einbauten im Behälterinnenraum inklusive Instandsetzung möglich sind.

VE9: Im Falle einer Undichtigkeit der Primärdeckeldichtung wird deren Auswechslung statt einer Reparatur mit Fügedeckel empfohlen.

VE10: Es wird empfohlen, das bestehende Zwischenlagerkonzept zeitnah zu überprüfen. Dabei sollten alle Implikationen, die die mögliche sehr lange Lagerdauer hat, berücksichtigt werden.

VE11: Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen der Zwischenlager sollten auch auslegungsüberschreitende Einwirkungen aufgrund von Sonstigen Einwirkungen Dritter betrachtet werden, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. Das betrifft insbesondere die potenzielle Einwirkung von Kamikaze-Drohne.

VE12: Im Sinne einer Minimierung der bestehenden Risiken sollten auch potenzielle Unfälle aus den bestehenden Anlagen neu bewertet werden. Diese könnten als Grundlage für das erforderliche neue Konzept für die Zwischenlagerung dienen.

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

VE13: Es wird empfohlen, für die Zwischenlagerung der sogenannten Delta-Abfälle geeignete Anforderungen für die zu erwartende lange Zwischenlagerung zu erstellen.

5 TRANSPORTE

5.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

Transport zum Endlagerstandort

Laut NAPRO (2025) ist mit Beginn der Räumung der Zwischenlager erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu rechnen. Es ist Aufgabe der Betreiber der Zwischenlager dafür zu sorgen, dass zum Zeitpunkt der Beendigung der Zwischenlagerung die Transport- und Lagerbehälter (TLB) nachweislich die Anforderungen für sichere Transporte zur Endlagerung erfüllen.

Transport abgebrannter Brennelementen aus Nicht-Leistungsreaktoren

Die Zwischenlagerung erfolgt auch an externen Anlagenstandorten, entsprechend sind auch Transporte zu berücksichtigen. Darüber hinaus lagert abgebrannter Kernbrennstoff in den Nasslagern an den Standorten der Forschungsreaktoren in Berlin, Garching und Mainz. Die Brennelemente sollen in geeignete TLB verladen und in Zwischenlager transportiert werden.

Rücktransport aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente

In Großbritannien lagern noch hoch radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus Deutschland. Diese müssen nach Deutschland rückgeführt werden. Aktuell steht noch ein Transport mit sieben TLB der Bauart CASTOR HAW28M an das Zwischenlager Brokdorf aus.

Allgemeine Ausführungen zu Transporten radioaktiver Abfälle

Im SUP-BERICHT (2025) befindet sich ein „Exkurs: Übergeordnete Beschreibung der Transporte radioaktiver Abfälle“.

Transportunfälle mit der Möglichkeit einer Aktivitätsfreisetzung und einer daraus folgenden Strahlenexposition von Personen und/oder unfallbedingten Umgebungskontaminationen können nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

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, hoch radioaktiven Abfällen und Quellen bedarf zudem einer Beförderungsgenehmigung nach § 4 AtG.

Störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe und Direktstrahlung aus Transportunfällen

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.

Bei den für die Beförderung hoch radioaktiver 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.

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. Ein Transportunfall ist unwahrscheinlich, aber kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

5.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

Die Republik Österreich kann von Transporten abgebrannter Brennelemente oder hoch radioaktiver Abfälle betroffen sein, sofern diese Transporte über österreichisches Staatsgebiet geführt werden oder in dessen Nähe verlaufen. Im ersten Fall wäre eine Betroffenheit sowohl durch den unfallfreien Transport als auch bei einem Unfall oder sonstigen Einwirkungen Dritter gegeben, im zweiten Fall nur bei einem Unfall oder sonstigen Einwirkungen Dritter mit erheblichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe.

Bei grenznahem Transport sind grenzüberschreitende potenzielle Umweltauswirkungen nicht auszuschließen. Dies wäre in Bezug auf österreichisches Staatsgebiet möglich, wenn der Endlagerstandort in Grenznähe wäre. Zur Überführung von abgebrannten Brennelementen und hoch radioaktiven Abfällen von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort sind ca. 1.500 Transporteinheiten erforderlich.

Insgesamt sind mindestens 150 Transporte von Zwischenlagern zu dem Standort des geologischen Tiefenlagers zu erwarten.¹⁴ Daher sollten diese erst erfolgen, wenn das geologische Tiefenlager sicher in Betrieb genommen wird.

Sonstige Einwirkungen Dritter (z. B. Beschuss mit einem panzerbrechenden Geschoss) werden im SUP-BERICHT (2025) nicht betrachtet. In der Vergangenheit wurden mehrere Studien zu Auswirkungen von Transportunfällen bzw. zum Beschuss eines Transport- und Lagerbehälters mit panzerbrechenden Waffen erstellt.

¹⁴ Es wird hier unterstellt, dass bei einem Transport ca. 10 bis 12 Behälter transportiert werden.

Ein Integritätsverlust eines Behälters während des Transports durch einen Unfall oder einen Terrorangriff könnte massive Strahlendosen in der Umgebung verursachen. In einer Studie (INTAC 1996) wurde nach einem schweren Unfall beim Transport von verglasten, hoch radioaktiven Abfällen eine Bodenkontamination mit Cs-137 in 10 km Entfernung von ca. 500 kBq/m², die Überschreitung des Störfallplanungswertes der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv noch in 15 km Entfernung vom Unfallort und die Notwendigkeit der Umsiedlung für ein Gebiet bis in ca. 5 km Entfernung ermittelt.¹⁵ Die Ergebnisse zeigen, dass der Grenzwert bei sehr schweren Unfällen durchaus auch in größeren Entfernungen überschritten werden kann.

Für den Beschuss eines mit abgebrannten Brennelementen beladenen Transport- und Lagerbehälters vom Typ CASTOR mit einer panzerbrechenden Waffe wurde in einer Studie der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH eine Strahlenbelastung von 300 mSv in 500 m Entfernung ermittelt (GRS 2003).

Die beiden Studien zeigen übereinstimmend, dass nach dem Beschuss eines Behälters mit panzerbrechenden Waffen der Grenzwert der Strahlenschutzverordnung überschritten werden kann. Unterschiedlich ist die Entfernung, bis zu der Überschreitungen auftreten können. Finden Transporte dieser Art grenznah statt, kann österreichisches Staatsgebiet betroffen sein. Zu einem Beschuss solcher Transporte mit panzerbrechenden Waffen oder sonstigen Einwirkungen Dritter enthalten die Unterlagen zum Nationalen Entsorgungsprogramm keine Aussagen.

Das Entsorgungskonzept der Bundesrepublik Deutschland sieht vor, die abgebrannten Brennelemente an den Standorten der Kernkraftwerke zwischenzulagern, bis sie endlagergerecht konditioniert und endgelagert werden. So sollen Transporte vermieden werden. Eine Transportminimierung ist sicherheitstechnisch zu begrüßen.

Dezentrale Zwischenlager direkt an den Standorten der Erzeugung sind gegenüber zentralen Lagern vorzuziehen, da sie die erforderlichen Transporte von radioaktiven Stoffen und das damit verbundene Risiko minimieren. Das gilt aber nur dann, wenn die Zwischenlager ausreichend geschützt sind. Ein durch konstruktive Maßnahmen gesicherter Transport in ein besser gesichertes Lager kann insgesamt die Risiken für die Bevölkerung minimieren. In einem Abwägungsprozess sollten die Risiken von notwendigen Lagerungen und Transporten im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für die Zwischenlagerung bewertet werden.

Ohne vorhandenes Gesamtkonzept für die langfristige Zwischenlagerung sollten keine Transporte erfolgen. Das gilt auch und insbesondere für die Transporte aus Nicht-Leistungsreaktoren zum TBL Ahaus. Der Transport des hochangereicherten und damit atomwaffenfähiges Material des FRM II in das

¹⁵ In dieser Studie wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht berücksichtigt, sondern stattdessen unter Berücksichtigung der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Möglichkeiten ein Szenario für den maximal glaubhaften Unfall entwickelt.

Zwischenlager Ahaus könnte durch den Bau eines Zwischenlagers am Standort des Forschungsreaktors vermieden werden.

Die in RL 2011/70/Euratom formulierte Ausnahme für die Verbringung von abgebrannten Brennelementen in ein anderes Land bezieht sich ausschließlich auf Forschungsreaktoren. Ein Export ist nur in Ausnahmefällen genehmigungsfähig. Ein Export von abgebrannten Brennelementen kann auch für Österreich relevant sein, da beispielsweise bei einem Transport in die USA eine Verschiffung über einen Mittelmeerhafen nicht ausgeschlossen werden kann. Dies hätte einen Transittransport über österreichisches Staatsgebiet zur Folge. Zurzeit sind keine Exporte geplant. Hoch radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden nur noch aus dem Vereinigten Königreich zum Standort-Zwischenlager Brokdorf stattfinden. Von diesem Transport ist Österreich nicht betroffen.

5.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Eine Betroffenheit des österreichischen Staatsgebietes vom Transport abgebrannter Brennelemente und hoch radioaktiver Abfälle ist in Bezug auf Unfallauswirkungen und sonstigen Einwirkungen Dritter möglich, wenn solche Transporte zu einem Endlagerstandort mit geringer Entfernung zur Grenze durchgeführt werden.

Auswirkungen bei unfallfreiem Transport und nach Unfällen sowie sonstigen Einwirkungen Dritter wären möglich, wenn abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren zum Beispiel im Transit zu einem Mittelmeerhafen durch Österreich befördert würden. Derartige Transporte sind zurzeit nicht geplant.

5.3.1 Fragen

F22 Welche Überlegungen bestehen zur Gewährleistung der Transportsicherheit nach der langen Zwischenlagerung?

F23: Welche Studien, Gutachten o. ä. liegen zu möglichen Auswirkungen von Unfällen beim Transport von Leistungs-, Versuchs-, Demonstrations- oder Forschungsreaktorbrennelementen sowie hoch radioaktiven Abfällen vor?

F24: Kann es ausgeschlossen werden, dass der Transport von abgebrannten Brennelementen aus Forschungsreaktoren sowie von schwach und mittel radioaktiven Abfällen, die zur Konditionierung in die USA oder einen anderen Staat verbracht werden, über österreichisches Staatsgebiet erfolgt?

5.3.2 Vorläufige Empfehlungen

VE14: Es wird empfohlen, ohne tragfähiges Gesamtkonzept für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen bis zur Einlagerung in ein Endlager keine Transporte mehr durchzuführen.

6 ENDLAGERUNG

6.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

6.1.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die Rahmenbedingungen für die Aufsuchung eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle werden vom 2013 erlassenen und 2017 novellierten Standortauswahlgesetz (StandAG) vorgegeben (NAPRO 2025). Das Standortauswahlverfahren soll unter Berücksichtigung gesetzlich vorgegebener Mindestanforderungen, Ausschlusskriterien und Abwägungskriterien in einem mehrstufigen Prozess den Standort festlegen, der die bestmögliche Sicherheit für die Endlagerung von bestrahlten Brennelementen und verglasten radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung für einen Zeitraum von einer Million Jahre gewährleistet (NAPRO 2025, S. 15). Als mögliche Wirtsgesteine werden Steinsalz, Ton- und Kristallingesteine genannt. Die Realisierung eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle hat im Standortauswahlverfahren Priorität.

Eine Standortfestlegung ist bisher nicht erfolgt. Im Standortauswahlverfahren ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, erst auf 54 % der bundesdeutschen Fläche eingegrenzt (SUP-BERICHT 2025, S. 24).

Die Erkundung möglicher Endlagerstandorte erfolgt zunächst übertägig mit geophysikalischen Verfahren (Seismik, Potenzialverfahren, Elektromagnetik), geologischen Kartierungen, hydrogeologischen Untersuchungen und Bohrungen (SUP-BERICHT 2025, S. 105). Dabei wird von bis zu zehn zu erkundenden Standorten mit bis jeweils zu mehreren 100 km² Fläche ausgegangen. Die konkreten Untersuchungsgebiete sind noch nicht bekannt. Auf die obertägigen Untersuchungen folgt an mindestens zwei Standorten eine untertägige Erkundung mit Bohrungen oder Erkundungsbergwerken (BGE 2022)

Der SUP-BERICHT (2025) beschreibt in allgemeiner Form die erwarteten Umweltauswirkungen der Maßnahmen, die bei der Standortauswahl umgesetzt werden (obertägige geologische und geophysikalisch Erkundung, Bohrungen, Erkundungsbergwerk) sowie der Errichtung eines Endlagers. Gleiches gilt für störfallbedingter Freisetzungen radioaktiver Stoffe während der Einlagerung der Abfälle und dem Verschluss des Endlagers (SUP-BERICHT 2025, S. 130; 143). Da bisher weder eine Festlegung auf ein Wirtsgestein, einen Standort oder ein Endlagerkonzept erfolgt ist, sind diese Angaben nur sehr allgemein.

Bezüglich der Sicherheitsanforderungen an das Endlager nach dem Verschluss wird darauf verwiesen, dass die radioaktiven Abfälle dauerhaft von der Biosphäre isoliert bleiben sollen. Für die Abfälle wird der Einschluss in geologischen Formationen angestrebt, um die radioaktiven Stoffe dauerhaft von der Biosphäre zu isolieren. In Bezug auf die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird auf die „EndLSiAnfV“ verwiesen: für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass die durch

Freisetzung von Radionukliden aus den radioaktiven Abfällen verursachte zusätzliche effektive Dosis für Menschen 0,1 Millisievert pro Jahr nicht überschreitet. Für wahrscheinliche Entwicklungen gelten nicht weiter genannte strengere Anforderungen. Die Erfüllung der Anforderungen muss im Genehmigungsverfahren für den Zeitraum von einer Million Jahre nachgewiesen werden. Von einer dauerhaften Überwachung des Endlagers wird nicht ausgegangen. SUP-BERICHT (2025, S. 136) schließt daher: *„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.“*

6.1.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente wird geprüft, ob eine zusätzliche Endlagerung schwach und mittel radioaktiver Abfälle¹⁶ am gleichen Standort möglich ist. Die Endlagerung von schwach und mittel radioaktiven Abfällen am gleichen Standort ist nur in hinreichender Entfernung vom Endlager für hoch radioaktive Abfälle in einem bergmännisch nicht verbundenen Wirtsgesteinsbereich zulässig. Dabei müssen negative Wechselwirkungen der beiden Endlager ausgeschlossen werden. Sollte die Errichtung eines zusätzlichen Endlagers für schwach und mittel radioaktiver Abfälle am Standort des Endlagers für hoch radioaktive Abfälle nicht möglich sein, muss für schwach und mittel radioaktiver Abfälle ein eigener Standort ausgewiesen werden (NAPRO 2025). Dabei wird davon ausgegangen, dass die geowissenschaftliche Datenbasis aus dem Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente auch für eine Festlegung eines Endlagerstandorts für schwach und mittel radioaktive Abfälle ausreicht.

Der SUP-BERICHT (2025, S. 161) geht davon aus, dass die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten für das Endlager für hoch radioaktive Abfälle auch für die Festlegung eines Endlagerstandorts für schwach und mittel radioaktive Abfälle dienen werden. Die erwarteten Umweltauswirkungen der Endlagersuche werden nicht gesondert erläutert.

Potenzielle Umwelteinflüsse werden für Errichtung, Einlagerungsbetrieb und Verschluss dargelegt. Da bisher keine Festlegung auf Wirtsgestein, Standortgebiet oder Endlagerkonzept erfolgt ist, sind die Angaben zu möglichen Umwelteinflüssen sehr generisch. Das gilt auch für mögliche störfallbedingte Freisetzungen¹⁷ radiologischer Stoffe im Einlagerungsbetrieb und nach Verschluss des Endlagers. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass aufgrund der Auslegung des Endlagers die Einhaltung der Störfallplanungswerte gewährleistet sein muss.

¹⁶ Radioaktive Abfälle, die nicht im Endlager Konrad gelagert werden können, rückgeholte Abfälle aus der Schachanlage Asse II, abgereichertes Uran aus der Urananreicherung

¹⁷ Etwa durch Brände oder Einwirkungen von außen

und dass potenzielle Störfälle im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Auf den Sicherheitsnachweis für die Zeit nach Verschluss des Endlagers geht SUP-BERICHT (2025) nur insofern ein, als erwähnt wird, dass die radioaktiven Abfälle für „*lange Zeit*“ von der Biosphäre isoliert bleiben sollen und „*Methoden zur Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers*“ vorhanden sind. Letztere „*berücksichtigen auch den Umgang mit unvermeidlichen Unsicherheiten bei der Prognose der Entwicklung des Endlagers über einen langen Zeitraum.*“ Für ein Endlager für schwach und mittel radioaktive Anfälle ist nachzuweisen, dass bei nicht auszuschließenden Freisetzungen die Exposition von Menschen unterhalb der nicht näher genannten gesetzlich festgelegten Dosisgrenzwerte bleibt.

Das einzige genehmigte und bestehende Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle ist das Lager Konrad in Niedersachsen. Das Endlager ist nicht Gegenstand der vorliegenden SUP, da es bereits ein Planfeststellungsverfahren durchlaufen hat, in dessen Verlauf eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wurde (SUP-BERICHT 2025, S. 24).

6.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

6.2.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die Bundesrepublik Deutschland verfügt derzeit über kein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente. Die Suche nach einem Standort für ein solches Endlager ist im Nationalen Entsorgungsprogramm und im Standortauswahlgesetz (STANDAG 2013; 2017) festgelegt. Dieses Gesetz sieht als ersten Schritt für das Auswahlverfahren die Empfehlungen von Mindestanforderungen, Ausschlusskriterien und Vorgangsweisen für die Suche nach geologischen Endlagerstandorten durch die Endlagerkommission vor. Diese Empfehlungen liegen seit Juli 2016 vor (KOMMISSION 2016).

Die Standortauswahl soll in einem mehrstufiges Auswahlverfahren durch Ausschluss ungeeigneter Standorte durchgeführt werden. Eine Einschätzung der Vorgehensweise zur Standortauswahl aus österreichischer Sicht wurde zuletzt in UMWELTBUNDESAMT (2017) abgegeben. Die vorliegenden Unterlagen (NAPRO 2025; SUP-BERICHT 2025) enthalten keine Daten, die eine Neubewertung notwendig machen würden.

In dem mehrstufigen Prozess des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, erst auf 54 % der bundesdeutschen Fläche eingegrenzt (SUP-BERICHT 2025, S. 24). Eine Standortfestlegung ist bisher nicht erfolgt.

Im Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020) hat die BGE 90 sogenannte Teilgebiete¹⁸ ausgewiesen, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle erwarten lassen. Als mögliche Wirtsgesteine wurden Steinsalz (in Diapiren oder stratiformer Lagerung), Tonsteine unterschiedlichen Alters (incl. jurassischem Opalinuston) und kristalline Gesteine identifiziert. Im Grenzgebiet zu Oberösterreich Tonsteine der Molassezone (Untere Meeresmolasse) und Kristallin des böhmischen Massivs¹⁹. Österreichische Interessen könne vor allem von den folgenden, an Oberösterreich grenzenden Teilgebieten betroffen sein, für die die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lässt (BGE 2020):

- Teilgebiet 003_00TG_046_00IG_T_f_tUMj im Südosten Bayerns mit Tonen der jüngeren Unteren Meeresmolasse als Wirtsgestein. Das Teilgebiet grenzt an Oberösterreich und liegt im hydrologischen Einzugsgebiet von Inn und Donau.
- Teilgebiet 195_00IG_K_g_MO in Bayern mit kristallinem Wirtsgestein im variszischen Grundgebirge. Das Teilgebiet grenzt an Oberösterreich und liegt im hydrologischen Einzugsgebiet von Inn und Donau.
- Teilgebiet 032_01IG_T_f_jmOPT in Baden-Württemberg und Bayern mit Tonstein des mittleren Jura als Wirtsgestein. Das Teilgebiet liegt im hydrologischen Einzugsgebiet der Donau.

Eine hydrologische Verbindung zu österreichischem Staatsgebiet könnte auch für Teilgebiet 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Baden-Württemberg und Bayern, kristallines Grundgebirge) gegeben sein.

6.2.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Das genehmigte Endlager Konrad für schwach und mittel radioaktive Abfälle ist in Niedersachsen. Für das Endlager wurde bereits eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt. Das bestehende Endlager Morsleben in Niedersachsen soll nach Atomrecht und unter Verbleib der Abfälle stillgelegt werden²⁰. Beide Endlager sind nicht Gegenstand der vorliegenden SUP, wurden aber in der SUP 2015 behandelt. Die SUP 2015 wurde in UMWELTBUNDESAMT (2015; 2017) diskutiert und bewertet. Die den österreichischen ExpertInnen vorliegenden Unterlagen enthalten keine Angaben zu den Sicherheitskriterien für Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle.

¹⁸ Nach § 13 StandAG sind Teilgebiete jene Gebiete in Deutschland, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in einem der drei Wirtsgesteine (Salz, Ton oder kristalline Gesteine) erwarten lassen.

¹⁹ <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/liste-aller-teilgebiete/>

²⁰ <https://www.bge.de/de/morsleben/>

In BMUB (2016a, Nr. 67 der Sammelstellungnahme) wird zum Endlager Morsleben festgehalten, dass für das Stilllegungskonzept des Endlagers „... eine Langzeitsicherheits**analyse** unter Berücksichtigung sowohl der derzeit zwischengelagerten wie auch der im Ostfeld eingelagerten radioaktiven Abfälle gemäß den atomrechtlichen Vorgaben für Endlager vor[liegt].“ Über einen Langzeitsicherheits**nachweis** liegen keine Angaben vor. Aus den vorliegenden Unterlagen ist auch nicht ersichtlich, welche Pläne für den Zeitraum nach dem Verschluss des Endlagers Morsleben in Bezug auf Kontrolle, Rückholbarkeit und Wissenserhalt existieren

Zum Schacht Konrad wird in derselben Unterlage (BMUB 2016a, Nr. 20 der Sammelstellungnahme) festgehalten, dass „Im Planfeststellungsverfahren ... die Genehmigungsbehörde ... 2002 festgestellt [hat], dass die Sicherheit des Endlagers Konrad nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erfüllt war. ... Es liegen derzeit keine Erkenntnisse vor, die die Sicherheit des Endlagers infrage stellen. Gleichwohl wird das BfS vor der Inbetriebnahme eine Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen für das Endlager Konrad nach dem dann geltenden Stand von Wissenschaft und Technik durchführen und – sofern erforderlich – notwendige Anpassungen vornehmen.“ Die den österreichischen ExpertInnen vorliegenden Unterlagen (BMUB 2016a, BMUB 2016b, NAPRO 2025, SUP-BERICHT 2025) enthalten keine Angaben, die dazu geeignet sind, die Frage nach dem Vorliegen eines Langzeitsicherheitsnachweises zu beantworten.

Ein Standort für ein zusätzliches Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle wurde noch nicht festgelegt. Die Standortwahl soll auf Grundlage der geowissenschaftlichen Daten, die im Rahmen des Auswahlverfahren für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente erhoben werden, erfolgen. Auf Basis dieser Daten soll weiters entschieden werden, ob beide Abfallkategorien am gleichen oder an getrennten Standorten endgelagert werden sollen.

Die vorliegenden Unterlagen (NAPRO 2025; SUP-BERICHT 2025) enthalten keine Daten, die eine Neubewertung des Standortauswahlverfahrens notwendig machen würden.

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente wird mit geprüft, ob eine zusätzliche Endlagerung schwach und mittel radioaktiver Abfälle am gleichen Standort möglich ist, oder ob ein eigener (zusätzlicher) Standort für hoch radioaktive Abfälle ausgewiesen werden muss (NAPRO 2025). Die Entscheidung wird auf Grund der geowissenschaftlichen Daten erfolgen, die im Zuge des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente erhoben werden.

Im derzeit laufenden mehrstufigen Auswahlverfahren für mögliche Endlagerstandorte werden noch 54 % der Fläche Deutschlands als Teilgebiete ausgewiesen, für die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwartet werden. Für die Diskussion der Teilgebiete in österreichischer Grenznähe und in hydrologischen Einzugsgebieten, die nach Österreich entwässern, wird auf Kapitel 6.2.1 verwiesen.

6.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

6.3.1 Abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle

Die Rahmenbedingungen für die Endlagersuche für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente werden vom Standortauswahlgesetz vorgegeben. Eine Standortfestlegung ist bisher nicht erfolgt.

Die vorliegenden SUP-Unterlagen beschreiben die erwarteten Umweltauswirkungen der Maßnahmen, die bei der Standortauswahl sowie der Errichtung eines Endlagers umgesetzt werden, also etwa die Auswirkungen obertägiger Erkundungen, Bohrungen und der Errichtung eines Erkundungsbergwerks, wobei die erwarteten Auswirkungen dieser Maßnahmen auf Österreich als zu vernachlässigbar eingeschätzt werden. Angaben zu Umweltauswirkungen aufgrund möglicher störfallbedingter Freisetzungen radioaktiver Stoffe während der Einlagerung der Abfälle oder beim Verschluss eines zukünftigen Endlagers sind sehr allgemein gehalten, da bisher keine Festlegung auf ein Wirtsgestein, einen Standort oder ein Endlagerkonzept erfolgt ist.

Im mehrstufigen Standortauswahlverfahren ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, erst auf 54 % der bundesdeutschen Fläche eingegrenzt (SUP-BERICHT 2025, S. 24). In dieser Fläche hat die BGE 90 sogenannte Teilgebiete ausgewiesen, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle erwarten lassen. Mögliche Wirtsgesteine sind Steinsalz, Tonsteine und kristalline Gesteine. Österreichische Interessen können vor allem von Teilgebieten berührt werden, die an Oberösterreich grenzen, sowie von Teilgebieten, die im hydrologischen Einzugsgebiet der Donau liegen. Eine detaillierte Einschätzung möglicher Auswirkungen solcher Standorte auf Österreich ist aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich und erscheint aufgrund des frühen Stadiums des Standortauswahlverfahrens nicht zielführend.

6.3.2 Schwach und mittel radioaktive Abfälle

Die beiden existierenden Endlager Konrad und Morsleben – beide nicht Gegenstand der vorliegenden SUP-Unterlagen – sind mehr als 300 km von der österreichisch-deutschen Grenze entfernt und liegen in den hydrologischen Einzugsgebieten der Weser und Elbe. Beide Flüsse entwässern in die Nordsee. Eine hydrologische Verbindung zum österreichischen Staatsgebiet ist daher auszuschließen. Stör- und Unfallszenarien, die zu möglichen grenzüberschreitenden Auswirkungen auf Österreich führen könnten, beschränken sich auf Emissionen in die Atmosphäre. Eine detaillierte Einschätzung der Auswirkungen solcher Emissionen ist in diesem Rahmen nicht möglich.

Ein Standort für ein zusätzliches Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle wurde noch nicht festgelegt. Die Standortwahl soll auf Grundlage der geowissenschaftlichen Daten, die im Rahmen des Auswahlverfahren für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente erhoben werden, erfolgen. Auf Basis dieser Daten soll weiters entschieden werden, ob beide Abfälle am gleichen oder an getrennten Standorten endgelagert werden sollen. Im mehrstufigen Standortauswahlverfahren ist der Raum, der als Standort für ein Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle möglicherweise in Frage kommt, erst auf 54 % der Fläche Deutschland eingegrenzt.

Österreichische Interessen können vor allem von Teilgebieten berührt werden, die an Oberösterreich grenzen, sowie von Teilgebieten, die im hydrologischen Einzugsgebiet der Donau liegen. Eine Einschätzung möglicher Auswirkungen solcher Standorte auf Österreich ist aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich und erscheint aufgrund des frühen Stadiums des Standortauswahlverfahrens auch nicht zielführend.

6.3.3 Fragen

F25: Welche nationalen und internationalen Sicherheitskriterien müssen für die Endlager von schwach und mittel radioaktiven Abfällen erfüllt werden?

F26: In den SUP-Unterlagen sind keine Sicherheitskriterien beschrieben. Wir ersuchen um Erläuterung zu den Sicherheitskriterien und Auskunft darüber, ob sie so gewählt wurden, dass sie in Übereinstimmung mit internationalen Standards (IAEA 2011; 2012a; WENRA WGWD 2014) sind.

F27: Wurde für die Endlager Morsleben und Konrad ein Sicherheitsnachweis erbracht, der sicherstellt, dass Containment und Isolierung der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre über ausreichend lange Zeiträume erfüllt werden? Wenn keine Sicherheitsnachweise vorliegen: welche Schritte sind zur Erbringung des Nachweises geplant? Gibt es Zeitpläne oder Fristen für den Nachweis?

F28: Gibt es zu den betreffenden Standorten Bewertungen und Modelle für mögliche Störfälle und Unfälle während des Betriebs und in der Nachbetriebsphase?

F29: Welche Pläne existieren für den Zeitraum nach dem Verschluss der Endlager Schacht Konrad und Morsleben für schwach und mittel radioaktive Abfälle (Kontrolle, Rückholbarkeit, Wissenserhalt)?

F30: Gibt es ein Managementsystem für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, das den Anforderungen von WENRA WGWD (2014) entspricht und mit der Richtlinie der IAEA (2008) vergleichbar ist?

7 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN AUF ÖSTERREICH

7.1 Darstellung in den SUP-Dokumenten

In den SUP-Dokumenten werden keine grenzüberschreitenden Auswirkungen thematisiert.

7.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die SUP 2015

Erhebliche Auswirkungen der Aktivitäten des NaPro auf Österreich sind grundsätzlich möglich durch schwere, auslegungsüberschreitende Unfälle in (grenznahen) Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle, in KKW-Lagerbecken, in denen noch abgebrannte Brennelemente lagern, sowie durch Unfälle bei eventuellen Transporten in Nähe der Grenze oder über österreichisches Gebiet. Auswirkungen wären auch von dem Eingangslager für das Endlager nach StandAG möglich, sofern dieses grenznah errichtet wird.

Potenzielle Auswirkungen von Konditionierungsanlagen und Zwischenlagern für schwach und mittel radioaktive Abfälle können zum jetzigen Zeitpunkt nicht bewertet werden, da Standorte und Konditionierungskonzepte noch nicht vorliegen.

Bezüglich des in Planung befindlichen tiefeingeologischen Endlagers für hoch radioaktive Abfälle können österreichische Interessen vor allem von Teilgebieten berührt werden, die an Oberösterreich grenzen, sowie von Teilgebieten, die im hydrologischen Einzugsgebiet der Donau liegen. Wie in Kapitel 6 dargelegt, ist jedoch eine detaillierte Einschätzung möglicher Auswirkungen solcher Standorte auf Österreich aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich und erscheint aufgrund des frühen Stadiums des Standortauswahlverfahrens nicht zielführend.

Für mögliche Auswirkungen auf Österreich sind aufgrund der Entfernung zur Grenze sechs süddeutsche Brennelemente-Zwischenlager (Grafenrheinfeld, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim, Isar und Gundremmingen) relevant. Unfallanalysen mit Ausbreitungsrechnungen, die von einem österreichischen Expertenteam im Rahmen der grenzüberschreitenden UVP-Verfahren in den Jahren 2001/2002 durchgeführt wurden, zeigten, dass bei potenziellen auslegungsüberschreitenden Unfällen radioaktive Stoffe auf österreichisches Staatsgebiet gelangen könnten. (UMWELTBUNDESAMT 2001; 2002a-e)

Erhebliche Auswirkungen von radioaktiven Kontaminationen sind in Österreich bereits ab dem Zeitpunkt zu erwarten, wenn die Richtwerte für landwirtschaftli-

che Schutzmaßnahmen überschritten werden. Dafür bedarf es einer Berechnung von schweren, auslegungsüberschreitenden Unfällen in den deutschen Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente (v.a. den grenznäheren), aber auch bei möglichen Transportunfällen, falls Transporte durch Österreich oder entlang der Grenze führen (siehe dazu Kap. 5). Dies sollte unter der Annahme einer möglichst ungünstigen Wettersituation für österreichisches Gebiet vorgenommen werden.

Bei einem schweren Unfall kann es auch zu einer erheblichen Betroffenheit Österreichs kommen, wenn landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen laut Maßnahmenkatalog (MASSNAHMENKATALOG 2022) ergriffen werden müssen. Der Maßnahmenkatalog sieht bereits bei geringen erwarteten Kontaminationen die Einleitung landwirtschaftlicher Schutzmaßnahmen vor. Darin findet sich u. a. die Maßnahme V06 („Unverzögliche Ernte von vermarktungsfähigen Produkten, insbesondere von lagerfähigen Produkten“) mit ihr zugeordneten (Prognose-)Werten:

Tabelle 1: (Prognose-)Werte für die landwirtschaftliche Maßnahme V06 (MASSNAHMENKATALOG 2022, S. 37f.)

	Zeitintegrierte Luftkonzentration bei trockener Deposition		Bodenkontamination		Luftkonzentration bei nasser Deposition	
	Iod Bq*h/m ³	Cs Bq*h/m ³	Iod Bq/m ²	Cs Bq/m ²	Iod Bq/m ³	Cs Bq/m ³
Start von Maßnahme V06	170	360	700	650	12	7

Laut Maßnahmenkatalog können bei Überschreiten dieser (Prognose-)Werte im ungünstigsten Fall die EU-Höchstwerte für Nahrungsmittel (in diesem Fall Blattgemüse) überschritten werden.

Es wäre wünschenswert, wenn die Berechnungen eines schweren Unfalls aus den Zwischenlagern Kontaminationsergebnisse entsprechend der obigen Tabelle liefern könnten, um überprüfen zu können, ob Österreich im Falle eines schweren Unfalls landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen ergreifen müsste.

Weiters wären Ergebnisse der Unfallberechnungen zur Dosis wünschenswert, die mit den Richtwerten aus dem österreichischen Notfallplan vergleichbar sind.

Tabelle 2: Interventionsmaßnahmen in Österreich laut BMLUK (2024, S. 131f.)

Schutzmaßnahme	Dosis für Personen < 18 Jahre, Schwangere (mSv)	Dosis für Erwachsene (mSv)	Art der Dosis
Aufenthalt im Gebäude	1	10	Effektive Erwartungsdosis über max. 2 Tage aus externer Strahlung und Inhalation
Iodprophylaxe	10	100	Erwartete Schilddrüsendosis über max. 2 Tage aus Inhalation
Evakuierung	50	50	Vermeidbare effektive Dosis über max. 2 Tage aus externer Strahlung und Inhalation
Zeitweise Umsiedlung	30	30	Effektive Erwartungsdosis über 30 Tage aus Bodenstrahlung
Dauerhafte Umsiedlung	100	100	Effektive Erwartungsdosis über 1 Jahr aus Bodenstrahlung

7.3 Schlussfolgerungen

Erhebliche Auswirkungen der Aktivitäten in Umsetzung des NaPro auf Österreich sind grundsätzlich möglich, dies infolge schwerer, auslegungsüberschreitender Unfälle in (grenznahen) Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktive Abfälle, in KKW-Lagerbecken, in denen noch abgebrannte Brennelemente lagern, im Eingangslager für das Endlager für vor allem hoch radioaktive Abfälle, sofern dieses in der Nähe der Grenze errichtet wird, sowie durch Unfälle bei eventuellen Transporten in der Nähe der Grenze oder über österreichisches Gebiet.

Im Rahmen einer SUP sollten schwere, auslegungsüberschreitende Unfälle in den Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente berechnet werden, um mögliche erhebliche negative Auswirkungen auf Österreich prüfen zu können. Es wären Berechnungsergebnisse wünschenswert, die einen Vergleich sowohl mit den österreichischen Interventionsmaßnahmen als auch mit landwirtschaftlichen Schutzmaßnahmen erlauben.

8 FRAGEN UND VORLÄUFIGE EMPFEHLUNGEN

8.1 Überblick über das nationale Entsorgungsprogramm und das SUP-Verfahren

8.1.1 Fragen

F1: Welcher Zeitplan ist für die weiteren Schritte der grenzüberschreitende Beteiligung an der SUP vorgesehen? Wie werden die Empfehlungen der Expert:innen im Beschluss des NaPro berücksichtigt werden?

F2: Wie würden sich eventuelle Beschleunigungsmaßnahmen für die Endlager-suche auf Sicherheit und Öffentlichkeitsbeteiligung auswirken?

F3: In welchen Abständen werden die im Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle dargestellten Kosten (letzter Bericht aus 2015) künftig aktualisiert und veröffentlicht?

F4: Wie wird die Empfehlung der ARTEMIS-Follow-Up Mission berücksichtigt, dass bei der Aktualisierung der Kostenschätzung Risiken und Unsicherheit analysiert werden sollen?

8.1.2 Vorläufige Empfehlungen

VE1: Es wird empfohlen, den Bericht zu Kosten und Finanzierung der Entsorgung in kürzeren Abständen wie etwa alle 3 Jahre zu aktualisieren.

8.2 Abfallmengen und Klassifizierung

8.2.1 Vorläufige Empfehlungen

VE2: Es wird empfohlen eine nachvollziehbare Bestandsaufnahme und Prognose der sonstigen, nicht-konradgängigen Abfälle zu erstellen.

VE3: Es wird empfohlen festzulegen, welche Abfälle in das nach StandAG zu suchende Lager verbracht werden sollen und dann die entsprechenden Kriterien weiterzuentwickeln.

8.3 Konditionierung

8.3.1 Fragen

F5: An welchen Konditionierungskonzepten für abgebrannte Brennelemente wird zurzeit gearbeitet? Welches ist zurzeit die bevorzugte Variante für Leistungsreaktoren und für Nicht-Leistungsreaktoren?

F6: Mit welchem Zeitplan und Entscheidungsschnittstellen wird an der Konditionierung der so genannten „Delta-Abfälle“ gearbeitet?

8.3.2 Vorläufige Empfehlungen

VE4: Es sollte frühzeitig an Konditionierungskonzepten für abgebrannte Brennelemente gearbeitet werden, die auch nach einer verlängerten Zwischenlagerung noch durchgeführt werden können.

8.4 Zwischenlagerung

8.4.1 Fragen

Abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

F7: Welche auslegungsüberschreitende Unfälle mit Auswirkungen in den bestehenden süddeutschen Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch radioaktiver Abfälle werden betrachtet und welche Quellterme sind ggf. zu erwarten?

F8: Welche Ergebnisse lieferte das GRS-Gutachten aus dem Jahr 2010 bezüglich der potenziellen Auswirkungen eines Absturzes eines Airbus A380 auf ein süddeutsches Standortzwischenlager?

F9: Welche Kapazität und welche Betriebsdauer sind für das Eingangslager am Standort des Endlagers erforderlich? Werden an das Eingangslager die gleichen Sicherheitsanforderungen wie an Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente gestellt?

F10: Hat der vom BMUV installierte Arbeitskreis „Evaluation und Zeitplan Standortauswahlverfahren“ machbare Beschleunigungspotenziale identifiziert, die zu einer Reduzierung der notwendigen Zwischenlagerzeiten führen könnten?

F11: Wann wird das von der BASE erarbeitete neue Regelwerk für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelemente und hoch radioaktiven Abfällen vorliegen?

F12: Welche Ursache haben die Mängel bei der Qualitätssicherung der Tragzapfen der Behälter?

F13: Welche technischen Maßnahmen sind vorgesehen, um die Integrität der Behälterinventare und des Behälterinnenraums zu gewährleisten?

F14: Welche Ergebnisse aus internationalen Forschungsprojekten zu Fragen der sicheren Langzeitzwischenlagerung fließen in die Bewertung der Sicherheit der deutschen Zwischenlager ein, an welchen dieser Projekte beteiligt sich Deutschland aktiv?

F15: Welche Untersuchungsprogramme zum Nachweis des Langzeitverhaltens von Behälterkomponenten (z. B. Metalledichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) sind in den letzten Jahren initiiert worden? Sind weitere Forschungsvorhaben in den nächsten Jahren geplant?

F16: Wie ist der Stand des Genehmigungsverfahrens für den Behältertyp CASTOR® HAW28M mit Fügedeckel transportiert zu werden?

F17: Warum wurde dem Vorschlag der Endlagerkommission nicht gefolgt, im Rahmen der Fortschreibung des Nationalen Entsorgungsprogramms das Zwischenlagerkonzept einschließlich des geplanten Eingangslagers auf notwendigen Optimierungs- und Veränderungsbedarf zu prüfen?

F18: Wann wird die Erteilung der 2015 beantragten Genehmigung und wann die Erteilung der 2020 beantragten Genehmigung für das Brennelemente-Zwischenlager Brunsbüttel erwartet?

F19: Wurden in den letzten Jahren die als abdeckend betrachteten Ereignisse für potenzielle Terrorangriffe verändert? Hat die geänderte geopolitische Situation und die in großer Stückzahl eingesetzten Kamikaze-Drohnen zu veränderten Sicherheitsanforderungen geführt?

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

F20: Welche weiteren Zwischenlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle müssen noch an welchen Standorten errichtet werden? Mit welcher Dauer der Zwischenlagerung wird gerechnet? Welche Art der baulichen Ausführung von Zwischenlagern wird angestrebt?

F21: Welche Zeitdauer wird für die Lagerung der Delta-Abfälle erwartet und an welchen Standorten soll diese langfristige Zwischenlagerung erfolgen?

8.4.2 Vorläufige Empfehlungen

Abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

VE5: Die angelegten Sicherheitsanforderungen für das Eingangslager sollten mindestens denen von Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente entsprechen.

VE6: Es wird empfohlen, den anvisierten Zeitraum für die Verlängerung der Genehmigung der bestehenden Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Einklang mit der laut BGE voraussichtlich benötigten Zeit für die Inbetriebnahme der Anlagen am Endlagerstandort zu bringen.

VE7: Weiters wird empfohlen, umfangreiche Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit während der Langzeitzwischenlagerung, für den anschließenden Transport und die Konditionierung zur Endlagerung festzulegen.

VE8: Aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten sollten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten Heiße Zellen vorhanden sein, in denen der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Periodische Sicherheitsüberprüfung von Inventar und von den Einbauten im Behälterinnenraum inklusive Instandsetzung möglich sind.

VE9: Im Falle einer Undichtigkeit der Primärdeckeldichtung wird deren Auswechslung statt einer Reparatur mit Fügedeckel empfohlen.

VE10: Es wird empfohlen, das bestehende Zwischenlagerkonzept zeitnah zu überprüfen. Dabei sollten alle Implikationen, die die mögliche sehr lange Lagerdauer hat, berücksichtigt werden.

VE11: Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen der Zwischenlager sollten auch auslegungsüberschreitende Einwirkungen aufgrund von Sonstigen Einwirkungen Dritter betrachtet werden, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. Das betrifft insbesondere die potenzielle Einwirkung von Kamikaze-Drohne.

VE12: Im Sinne einer Minimierung der bestehenden Risiken sollten auch potenzielle Unfälle aus den bestehenden Anlagen neu bewertet werden. Diese könnten als Grundlage für das erforderliche neue Konzept für die Zwischenlagerung dienen.

Schwach und mittel radioaktive Abfälle

VE13: Es wird empfohlen, für die Zwischenlagerung der sogenannten Delta-Abfälle geeignete Anforderungen für die zu erwartende lange Zwischenlagerung zu erstellen.

8.5 Transporte

8.5.1 Fragen

F22 Welche Überlegungen bestehen zur Gewährleistung der Transportsicherheit nach der langen Zwischenlagerung?

F23: Welche Studien, Gutachten o. ä. liegen zu möglichen Auswirkungen von Unfällen beim Transport von Leistungs-, Versuchs-, Demonstrations- oder Forschungsreaktorbrennelementen sowie hoch radioaktiven Abfällen vor?

F24: Kann es ausgeschlossen werden, dass der Transport von abgebrannten Brennelementen aus Forschungsreaktoren sowie von schwach und mittel radioaktiven Abfällen, die zur Konditionierung in die USA oder einen anderen Staat verbracht werden, über österreichisches Staatsgebiet erfolgt?

8.5.2 Vorläufige Empfehlungen

VE14: Es wird empfohlen, ohne tragfähiges Gesamtkonzept für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen bis zur Einlagerung in ein Endlager keine Transporte mehr durchzuführen.

8.6 Endlagerung

8.6.1 Fragen

F25: Welche nationalen und internationalen Sicherheitskriterien müssen für die Endlager von schwach und mittel radioaktiven Abfällen erfüllt werden?

F26: In den SUP-Unterlagen sind keine Sicherheitskriterien beschrieben. Wir ersuchen um Erläuterung zu den Sicherheitskriterien und Auskunft darüber, ob sie so gewählt wurden, dass sie in Übereinstimmung mit internationalen Standards (IAEA 2011; 2012a; WENRA WGWD 2014) sind.

F27: Wurde für die Endlager Morsleben und Konrad ein Sicherheitsnachweis erbracht, der sicherstellt, dass Containment und Isolierung der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre über ausreichend lange Zeiträume erfüllt werden? Wenn keine Sicherheitsnachweise vorliegen: welche Schritte sind zur Erbringung des Nachweises geplant? Gibt es Zeitpläne oder Fristen für den Nachweis?

F28: Gibt es zu den betreffenden Standorten Bewertungen und Modelle für mögliche Störfälle und Unfälle während des Betriebs und in der Nachbetriebsphase?

F29: Welche Pläne existieren für den Zeitraum nach dem Verschluss der Endlager Schacht Konrad und Morsleben für schwach und mittel radioaktive Abfälle (Kontrolle, Rückholbarkeit, Wissenserhalt)?

F30: Gibt es ein Managementsystem für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, das den Anforderungen von WENRA WGWD (2014) entspricht und mit der Richtlinie der IAEA (2008) vergleichbar ist?

9 REFERENZEN

- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (2022): Beschleunigungspotenziale im Standortauswahlverfahren. Der Präsident. Stand März 2025.
https://www.base.bund.de/shareddocs/ip6/base/de/2025/20250321_BASE_Beschleunigungspotenziale.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (2025a): Zwischenlager Brunsbüttel.
<https://www.base.bund.de/de/zwischenlager/aufbewahrung/standorte-zwischenlager/zwischenlager-brunsbuettel/zwischenlager-brunsbuettel.html?nn=334388>.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung (2020): Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG Stand 28.09.2020. Bundesgesellschaft für Endlagerung, 444 S.
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Zwischenbericht_Teilgebiete_barrierefrei.pdf.
- BGE – Bundesgesellschaft für Endlagerung (2022a): Zeitliche Betrachtung des Standortauswahlverfahrens Stand 28.10.2022
- BGE – Bundesgesellschaft für Endlagerung (2025a): Die Inbetriebnahme des Endlagers Konrad ist durch das Wasserrecht nicht gefährdet; Pressemitteilung Nr. 04/25 – Konrad; 16. April 2025.
- BGZ – Bundesgesellschaft für Zwischenlagerung (2023a): Zwischenlagerung weitergedacht, Das Forschungsprogramm der BGZ.
- BMLUK (2024): Gesamtstaatlicher Notfallplan: Ereignisse in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen. (Austrian Emergency Plan).
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015d): Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung. bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle. August 2015.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016a): Bewertung der eingegangenen Stellungnahmen zum Nationalen Entsorgungsprogramm und zum Umweltbericht aus dem Inland.
www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_stellungnahmen_inland_bf.pdf.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016b): Bewertung der eingegangenen Stellungnahmen zum Nationalen Entsorgungsprogramm und zum Umweltbericht aus der grenzüberschreitenden Beteiligung.
www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_stellungnahmen_grenzueberschreitend_bf.pdf.

- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023a): Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2022 und Prognose), November 2023.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023b): Standortauswahlverfahren - Einrichtung des Arbeitskreises „Evaluation und Zeitplan Standortauswahlverfahren“; Schreiben an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE); Bonn 23.03.2023.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2024a): Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die achte Überprüfungskonferenz im März 2025. Bundesministerium für Umwelt, August 2024.
- BUDELMANN (2017): Auf dem Weg in die Endlagerung – Die Notwendigkeit der langfristigen Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle; Harald Budelmann, Maria Rosaria Di Nucci, Ana María Isidoro Losada, Dennis Köhnke, Manuel Reichardt, GAIA 26/2 (2017) S. 110 –113.
- BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2023): Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle, Oda Becker, Juni 2023.
https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/atomkraft/BUNDStudieDeutscheZwischenlager.pdf.
- DBT (2015): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Annalena Baerbock, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (Drucksache 18/4741). Drucksache 18/4887; 12.05.2015.
- EC SWD 123 (2024): COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. Progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM. Accompanying the document REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects - THIRD REPORT {COM(2024) 197 final} - {SWD(2024) 127 final}. 22.05.2024.
- ESK – Entsorgungskommission (2023): Verlängerte Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und sonstiger hochradioaktiver Abfälle in Abhängigkeit von der Auswahl des Endlagerstandorts; ESK-Positionspapier, 23.03.2023.
- GRS – Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH (2003): Pretzsch, G. und Maier, R.: German Approach to estimate potential radiological consequences following a sabotage attack against nuclear interim storages. EUROSAFE 2003.

- IAEA – International Atomic Energy Agency (2008b): The Management System for the Disposal of Radioactive Waste. Safety Guide. IAEA Safety Standards Series GSG-3.4, Vienna. <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/7880/The-Management-System-for-the-Disposal-of-Radioactive-Waste-Safety-Guide>.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2011a): Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series SSG-14, Vienna. <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8535/Geological-Disposal-Facilities-for-Radioactive-Waste-Specific-Safety-Guide>.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2012a): The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards Series SSG-23, Vienna. <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8790/The-Safety-Case-and-Safety-Assessment-for-the-Disposal-of-Radioactive-Waste>.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2012b): Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. IAEA Specific Safety Requirements, No. SSR-6, Vienna.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2012c): Storage of Spent Nuclear Fuel IAEA Safety Standards Series SSG-15, Vienna.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2020a): International Atomic Energy Agency: Storage of Spent Nuclear Fuel IAEA Safety Standards Series SSG-15 (Rev 1), Vienna 2020.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2022a): Report of the integrated review service for radioactive waste and spent fuel management, decommissioning and remediation (ARTEMIS), follow-up mission to Germany; 06-12 November 2022.
- INTAC – Beratung Konzepte Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH (1996): Studie zu Gefahren beim Transport von HAW-Kokillen zur Zwischenlagerung in der BRD. Im Auftrag von Greenpeace e.V., Hannover, Februar 1996.
- ISR – Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien (2017): Gutachterliche Stellungnahme zum Forschungsreaktor München II (FRM-II), Projektnummer 94 110; Wolfgang Liebert, Friederike Friess, Klaus Gufler, Nikolaus Arnold, im Auftrag des Nationalen Begleitgremiums; Dezember 2017. JOINT CONVENTION (2020): Report of the Federal Government for the Seventh Review Meeting in May 2021 on the fulfilment of the obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. BMUV.
- KOMMISSION (2016): Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. Verantwortung für die Zukunft. Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes. 05. Juli 2016. K-Drs. 268.
- MASSNAHMENKATALOG (2022): Maßnahmenkatalog für radiologische Notfälle. Gesamtstaatlicher Notfallplan. BMLUK. Wien.

- NAPRO (2025): Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm). Entwurf. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. August 2025 (Entwurf 5. Juli 2024).
- NATIONALER BERICHT (2024): Vierter Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom (Bericht nach Artikel 14 (1) 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) . BMUV.
- NUKEM GmbH, DWK mbH (1984): Systemstudie Andere Entsorgungstechniken – Sicherheitstechnische Arbeiten zur Konditionierungsanlage bei den Anderen Entsorgungstechniken, Technischer Anhang 4.
- OVG SH – Oberverwaltungsgericht Schleswig Holstein (2013): Urteil 4 KS 3/08, verkündet am 19. Juni 2013.
- SCOPING PROTOKOLL (2024): Protokoll Scoping-Termin zur Festlegung des Untersuchungsrahmens für die Strategische Umweltprüfung (SUP) zum Nationalen Entsorgungsprogramm (NaPro). 26.11.2024.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/protokoll_scoping_napro_bf.pdf.
- STANDAG (2013): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG). Ausfertigungsdatum: 23.07.2013, BGBl. I S. 2553.
- STANDAG (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/.
- SUP-BERICHT (2025): Strategische Umweltprüfung zum Nationalen Entsorgungsprogramm. Umweltbericht für die Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Mai 2025.
- UMWELTBUNDESAMT (2001): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Isar (KKI BELLA). Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich, Salzburg, Tirol und Vorarlberg. Wien, November 2001.
- UMWELTBUNDESAMT (2002a): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Kreusch, J.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Neckar. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien, Februar 2002.

- UMWELTBUNDESAMT (2002b): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Kreusch, J.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Grafenrheinfeld. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien Februar 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (2002c): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Kreusch, J.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Philippsburg. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien, Februar 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (2002d): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Kreusch, J.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Biblis. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien, Februar 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (2002e): Baumgartner, C.; Becker, O.; Frank, A; Hirsch, H.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Gundremmingen. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich, Salzburg, Tirol und Vorarlberg. Wien, Jänner 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (2015): SUP Nukleare Entsorgungsprogramme. Nationales Entsorgungsprogramm Deutschland. Fachstellungnahme. ARGE SUP Nukleare Entsorgungsprogramme. Mraz, G., Baumann, M., Becker, O., Decker, K., Kalleitner-Huber, M., Konrad, W., Pauritsch, G.; Subauftragnehmer Hirsch, H., Indradiningrat, A.Y., Kreusch, J., Neumann, W. Erstellt im Auftrag des BMLUW, Abteilung I/6 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-540, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2017): SUP Nukleare Entsorgungsprogramme. Nationales Entsorgungsprogramm Deutschland. Analyse und Bewertung des aktuellen Standes. ARGE SUP Nukleare Entsorgungsprogramme. Mraz, G., Baumann, M., Becker, O., Decker, K., Kalleitner-Huber, M., Konrad, W., Pauritsch, G.; Subauftragnehmer Hirsch, H., Indradiningrat, A.Y., Kreusch, J., Neumann, W. Erstellt im Auftrag des BMLUW, Abteilung I/6 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-619, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2018): UVP-Verfahren Abbau des Kernkraftwerks Gundremmingen B (KRB II Block B); Konsultationsbericht; Oda Becker; Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus; REPORT; REP-0647; Wien 2018.

WENRA WGWD – WESTERN EUROPEAN NUCLEAR REGULATORS' ASSOCIATION,
WORKING GROUP ON WASTE AND DECOMMISSIONING (2014): Report
Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels. 22 December
2014. <http://www.wenra.org/publications/>.

10 ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Zeitplan (NAPRO 2025, S. 9).....	18
Abbildung 2:	Standorte von Anlagen und Einrichtungen der Entsorgung (SUP- BERICHT 2025).....	41
Tabelle 1:	(Prognose-)Werte für die landwirtschaftliche Maßnahme V06 (MASSNAHMENKATALOG 2022, S. 37f.)	76
Tabelle 2:	Interventionsmaßnahmen in Österreich laut BMLUK (2024, S. 131f.).....	77

11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AtG.....	Atomgesetz
AVR.....	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich
BASE.....	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, Aufsichtsbehörde
BE	Brennelement
BGE.....	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGZ.....	Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH
BMK.....	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Österreich, jetzt BMLUK
BMLFUW	Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich (heute: BMLUK)
BMLUK	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft, Österreich
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Deutschland, jetzt BMUKN
BMUKN	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Deutschland
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Deutschland, jetzt BMUKN
Bq	Becquerel
Cs-137	Cäsium-137
DEC.....	Design Extension Conditions
DWR	Druckwasserreaktor, auf Englisch: PWR
ENSREG.....	European Nuclear Safety Regulation Group
EWN.....	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen
ESK.....	Entsorgungskommission, Nuclear Waste Management Commission
GBq.....	GigaBecquerel
GDA	Generic Design Assessment

HLW.....	Hoch radioaktive Abfälle, high level waste
I-131	Iod-131
IAEO.....	Internationale Atomenergieorganisation
IPPAS.....	International Physical Protection Advisory Service
JEN	Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen
KENFO.....	Fonds zur Finanzierung der kerntechnischer Entsorgung
KKW	Kernkraftwerk
LILW.....	Schwach und mittel radioaktive Abfälle, low and intermediate level waste
Mg.....	MegaGramm, eine Million Gramm, entspricht einer Tonne
mSv.....	MilliSievert, ein Tausendstel Sievert
MWe	MegaWatt elektrisch
MWth	MegaWatt thermisch
NaPro.....	Nationales Entsorgungsprogramm
NGO	Nichtregierungsorganisation
NTI	Nuclear Threat Initiative
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
PGA.....	Peak Ground Acceleration (Maximale (horizontale) Bodenbeschleunigung)
PSÜ.....	Periodische Sicherheitsüberprüfung
RL.....	Reference Level
SEWD.....	Sonstige Einwirkungen Dritter
SM.....	Schwermetall
SUP	Strategische Umweltprüfung
SZL.....	Standortzwischenlager
THTR.....	Thorium-Hoch-Temperatur-Reaktor
TLB.....	Transport- und Lagerbehälter
UVP.....	Umweltverträglichkeitsprüfung
VLLW	Sehr schwach radioaktive Abfälle, very low level waste

WENRA WGWD	WENRA Working Group on Waste and Decommissioning
WENRA.....	Western European Nuclear Regulators Association
WKP	Wiederkehrende Prüfung
ZLN	Zwischenlager Nord

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at