

- Startseite
- Über uns
- Neutronenquelle
- Neutronen
- Brennelemente
- Entsorgung der Brennelemente
- FRM II-Brennelement
- Aufbewahrung in Ahaus
- Sichere Verpackung
- Transportfahrzeug
- Genehmigungen
- Funktionstest
- FAQ**
- Lebenszyklus eines Brennelements
- Reaktor
- Bestrahlungsanlagen
- Sicherheitssysteme
- Umrüstung
- Rundherum sicher
- Forschung
- Industrie & Medizin
- Karriere
- Ihr Besuch am FRM II

Startseite > Neutronenquelle > Brennelemente > Entsorgung der Brennelemente > FAQ



Fragen und Antworten zum FRM II-Brennelement

Was enthält ein abgebranntes Brennelement des FRM II?

Insgesamt sind noch ca. 6,9 kg Uran in einem abgebrannten Brennelement enthalten, davon ca. 6 kg Uran-235, zusätzlich ca. 12 g Plutonium. Der Anreicherungsgrad in U-235 des abgebrannten Brennelementes beträgt noch ca. 88 %, gegenüber 93 % eines frischen Brennelements. Die Bruttonasse eines abgebrannten Brennelements macht etwa 44 kg aus, davon ist das meiste Aluminium.

Warum verwendet der FRM II einen hoch angereicherten Brennstoff?

Weltweit hat der FRM II das höchste Verhältnis von nutzbarem Neutronenfluss zu thermischer Leistung und ist damit besonders ressourcenschonend. Die hohe Neutronendichte im Neutronenfluss ist Voraussetzung der im FRM II betriebenen hochspezialisierten Forschung und damit der international starken Stellung der deutschen Neutronenforschung.

Die Entscheidung für eine Hochflussneutronenquelle bedeutete zwangsläufig den Einsatz von HEU (Highly enriched uranium). Allerdings hatte sich bereits vor Planung und Errichtung des FRM II, beginnend Ende der 1970er Jahre, international die politische Bestrebung herausgebildet, den Einsatz von HEU in Forschungsreaktoren möglichst einzuschränken. Das hat keine sicherheitstechnischen Gründe: HEU ist nicht per se „gefährlicher“ als LEU (low enriched uranium) und die erforderliche Schadesvorsorge ist auch in HEU-Reaktoren gewährleistet.

Weitere Infos zur [Umrüstung](#).

Haben andere Forschungsreaktoren umgerüstet?

Weltweit haben bisher über 70 Reaktoren umgerüstet. In Deutschland wurden bereits zwei Reaktoren erfolgreich auf LEU umgerüstet: BER 2 (1997 – 2000) und DIDO (2004). Beide sind bereits außer Betrieb. (Stand: 2022)

Bis heute wurde noch keine Hochleistungs-Forschungs-Neutronenquelle erfolgreich umgerüstet.

Weltweit sind folgende Hochleistungs-Forschungsreaktoren und Neutronenquellen mit HEU in Betrieb:

Name	Reaktortyp	Land	Erstkritikalität	Therm. Leistung	Brennstoff	Anreicherung
FRM II	Strahlrohr	Deutschland	2004	20 MW	U ₂ Si ₂ Al	93%
RHF	Strahlrohr	Frankreich	1971	58,3 MW	UA ₂ Al	93%
BR2	MTR*	Belgien	1961	100 MW	UA ₂ Al	93%
MITR	Strahlrohr	USA	1958	6 MW	UA ₂ Al	93%
NBSR	Strahlrohr	USA	1967	20 MW	UO ₂ Al	93%
MURR	Strahlrohr	USA	1966	10 MW	UA ₂ Al	93%
ATR	MTR	USA	1967	250 MW	UA ₂ Al	93%
HFIR	Strahlrohr	USA	1965	100 MW	U ₃ O ₈ Al	93%

*) Materialtestreaktor

Weitere Infos zur [Umrüstung](#).



Fragen und Antworten zur Aufbewahrung in Ahaus

Warum werden die FRM II-Brennelemente ins Zwischenlager Ahaus gebracht?

Das **Zwischenlager Ahaus** ist für die Aufbewahrung von Brennelementen aus deutschen Forschungsreaktoren vorgesehen: Im Jahr 1993 hatte die Stadt Ahaus einer Ergänzung des Ansiedlungsvertrages zugestimmt, wonach Brennelemente aus Forschungsreaktoren im Zwischenlager Ahaus aufbewahrt werden können, sofern dafür eine atomrechtliche Genehmigung erteilt wird.

Auf dieser Basis hat die damalige Betreiberin des Zwischenlagers im Jahr 2000 mit der TUM einen Vertrag über die zukünftige Aufbewahrung von bis zu 21 Behältern im Zwischenlager Ahaus geschlossen.

Mit der Einlagerung der FRM II-Brennelemente im Zwischenlager Ahaus kommt die BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH dieser vertraglichen Verpflichtung nach. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass die Neutronenquelle auch zukünftig Neutronen für die Wissenschaft liefern kann und so einen wichtigen Beitrag zur Lösung grundlegender Fragestellungen leistet.

Wer ist Eigentümer der Brennelemente, wenn sie in Ahaus lagern bzw. wer hat im Zwischenlager die Verantwortung über die Brennelemente?

Eigentümer der Brennelemente ist weiterhin der FRM II. Die Verantwortung für die anforderungsgerechte und sichere Lagerung liegt bei der bundeseigenen BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH, dem Betreiber des Zwischenlagers.

Wie viele Stellplätze sind in Ahaus für den FRM II reserviert?

Der FRM II hat dort Stellplätze für bis zu 21 Behälter des Typs CASTOR® MTR3 angemietet.

Warum werden die Brennelemente nicht in das näher gelegene Zwischenlager des Kernkraftwerks Isar II transportiert?

Die Verteilung der nuklearen Abfälle auf die Zwischenlagerstandorte ist Ausdruck vertraglicher Verpflichtungen und politischer Vereinbarungen. Für das Zwischenlager Ahaus wurde im Jahr 1993 zwischen der Stadt Ahaus und der ehemaligen Betreiberin des Zwischenlagers vereinbart, dass Brennelemente aus Forschungsreaktoren im Zwischenlager aufbewahrt werden können, sofern dafür eine atomrechtliche Genehmigung erteilt wird.

In Folge dieser Verträge wurde in der 3. Teilgenehmigung des FRM II festgelegt, dass die abgebrannten Brennelemente in das Brennelementzwischenlager Ahaus verbracht werden. Aus diesem Grund wurde bereits im Jahr 2000 ein Vertrag zwischen dem Freistaat Bayern – vertreten durch die Technische Universität München – und Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH über die zukünftige Einlagerung abgeschlossen. Dieser Entsorgungsweg wird jetzt konsequent weiterverfolgt.

Die Verteilung der HAW-Abfälle (HAW: für hochradioaktive und wärmeentwickelnd) aus der Wiederaufarbeitung auf die Standort-Zwischenlager Brokdorf, Biblis, Philippsburg und Isar wurde 2015 im breiten politischen Konsens zwischen Bundesregierung und allen beteiligten Landesregierungen beschlossen.

Deshalb ist das Zwischenlager Isar unter anderem für die rückzuführenden HAW-Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im britischen Sellafield vorgesehen.

Bund und Länder begrüßten die Vereinbarung als faire regionale Lastenverteilung.

Wird die Aufbewahrungsgenehmigung der Garching Brennelemente für Ahaus „unbefristet“ erteilt oder zeitlich begrenzt?

Die Betriebsgenehmigung für das Zwischenlager in Ahaus läuft 2036 aus. Das geplante Endlager in Deutschland soll voraussichtlich nicht vor 2051 in Betrieb gehen.

Die Aufbewahrungsgenehmigung für die Brennelemente des FRM II ist an die Betriebsgenehmigung für das Zwischenlager gebunden und deshalb nicht unbefristet.

Da das Endlager für hochradioaktive Abfälle gemäß dem Nationalen Entsorgungsprogramm zur Mitte dieses Jahrhunderts seinen Betrieb aufnehmen soll, bereitet sich BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH schon heute darauf vor, in atomrechtlichen Genehmigungsverfahren mit öffentlicher Beteiligung die Sicherheit der Zwischenlagerung über 40 Jahre hinaus nachzuweisen und nach dem jeweils geltenden Stand von Wissenschaft und Technik überprüfen zu lassen.

Müssen die FRM II-Brennelemente für die Zwischenlagerung speziell aufbereitet werden?

Am FRM II werden vor dem Verpacken der Brennelemente in die Transport- und Lagerbehälter, die Brennelement-Köpfe (ca. 42 cm lange Alu-Stücke, welche zur Handhabung der Brennelemente dienen) abgeschnitten. Dies dient zur Volumenreduzierung und optimierten Trennung der Abfälle. Die reinen Aluminium-Stücke werden als mittelradioaktive Abfälle in ein entsprechendes Endlager eingelagert.

Eine weitere Aufbereitung ist nicht erforderlich.

Müssen die FRM II-Brennelemente für eine Endlagerung speziell aufbereitet werden?

Das Atomgesetz verlangt, dass der sichere Verbleib bestrahlter Kernbrennstoffe bis zu deren Ableiterung an ein Endlager in Zwischenlagern zu gewährleisten ist. Dieser Verpflichtung kommt der FRM II durch den mit dem Brennelement-Zwischenlager Ahaus geschlossenen Lagervertrag nach. Ob und inwieweit eine Konditionierung vor dem Einstellen in ein zukünftiges Endlager nötig ist, hängt von den Einlagerungsbedingungen für dieses Endlager ab und ist deshalb noch nicht bekannt.

Technisch entspricht die „Aufbereitung“ abgebrannter Brennelemente in den wesentlichen Prozessschritten einer Wiederaufarbeitung. Auch eine Abreicherung ist eine Aufbereitung. Laut Atomgesetz (§ 7 Abs. 1 Satz 2) sind solche Anlagen in Deutschland nicht genehmigungsfähig, also verboten.



Fragen und Antworten zur sicheren Verpackung

Was ist ein CASTOR®?

CASTOR®-Behälter sind Transport- und Lagerbehälter, in denen abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Stoffe sicher verpackt, aufbewahrt und transportiert werden können. Sie werden von deutschen Unternehmen GNS entwickelt, gefertigt und an Kunden weltweit vertrieben. Es gibt sie in unterschiedlichen Ausführungen, die insbesondere auf die Eigenschaften der verschiedenen Brennelemente angepasst sind. Die Abmessungen der Brennelemente unterscheiden sich je nach Reaktortyp. Der technische Aufbau der Behälter ist grundsätzlich jedoch immer gleich.

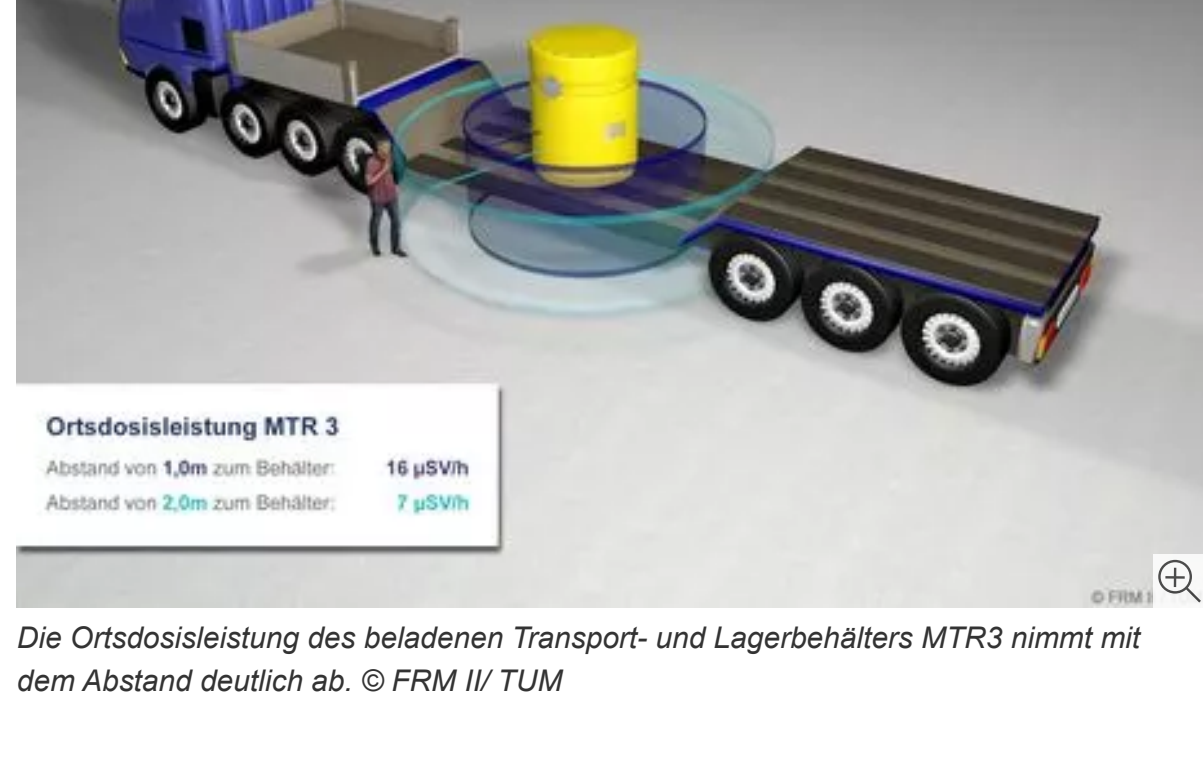
CASTOR®-Behälter sind massive, tonnenschwere Metallkonstruktionen, die in Tests bewiesen haben, dass sie auch unter extremen Bedingungen sicher sind. Nur so haben sie die behördliche Zulassung für ihren Einsatz als Transport- und Lagerbehälter erhalten.

Die Behälter sind mit einem Doppeldeckelsystem verschlossen, das den sicheren Einschluss des radioaktiven Inventars dauerhaft gewährleistet. Die Wandstärke von etwa 40 Zentimetern zusammen mit dem zusätzlich eingesetzten Moderatormaterial sorgt dafür, dass von der Strahlung die abgebrannten Brennelemente in den Behältern keine Gefahr für die Umgebung ausstrahlt.

Für die Transporte von Garching nach Ahaus wird ein Transport- und Lagerbehälter vom Typ MTR3 verwendet. Der Behälter ist rund 1,60 Meter hoch und hat einen Durchmesser von etwa 1,5 Metern. Er kann jeweils maximal 5 Brennelemente aus dem FRM II aufnehmen.

Wie hoch ist die Dosisleistung außen am Behälter?

Bei diesen Daten handelt es sich um die Ergebnisse aus Messungen der sogenannten Ortsdosisleistung (ODL), die durch die von den einzelnen beladenen Behältern ausgehende Gamma- und Neutronenstrahlung verursacht wird. Die ODL gibt an, welche Dosis eine Einzelperson an einem bestimmten Ort in einem bestimmten Zeitraum erhält. Die Kennnis der ODL ist für die Genehmigung von Transporten wie dem vorliegenden relevant. So muss der Antragsteller nachweisen, dass in zwei Metern Entfernung von den senkrechten Außenflächen des Transportfahrzeugs eine ODL von 100 Mikrosvert pro Stunde (µSv/h) nicht überschritten wird. Dabei handelt es sich um den gesetzlich vorgegebenen Grenzwert für den Transport radioaktiver Stoffe. Der höchste in diesem Abstand berechnete Wert für die Behälter aus Garching liegt bei **7 µSv/h Ortsdosisleistung**, also weniger als ein Zehntel des erlaubten Wertes.



An der Außenfläche des voll beladenen Behälters MTR3 beträgt (bei Direktkontakt) die Dosisleistung maximal 65 µSv/h.

- Bei einem Abstand von 0,5m zum Behälter, beträgt die ODL 35 µSv/h.
- Bei einem Abstand von 1,0m zum Behälter, beträgt die ODL 16 µSv/h.
- Bei einem Abstand von 2,0m zum Behälter, beträgt die ODL 7 µSv/h.

Zum Vergleich: Dies entspricht nach Angaben des Bundesamts für Strahlenschutz etwa der Höhenstrahlung, der man während einer Stunde Flugzeit in 10.000 Meter Höhe ausgesetzt ist.

Hat der FRM II die Beladung und den Umgang mit dem Behälter vorher getestet?

Die beteiligten Akteure verfügen über langjährige Erfahrung mit Beladung, Handhabung und Transport von CASTOR®-Behältern. Darüber hinaus hat der FRM II in Vorbereitung auf die Transporte der Brennelemente von Garching nach Ahaus einen Funktionstest des zum Einsatz kommenden Behältertyps CASTOR® MTR3 durchgeführt. Für die Tests kamen „Dummy-Brennelemente“ zum Einsatz, um die Beladung möglichst realitätsnah nachzustellen. Dabei wurde jeder einzelne Handhabungsschritt mit dem Behälter, von geschultem FRM II-Personal, durchgeführt.

Zur Fotostrecke des Funktionstests

Wie sicher sind die Behälter?

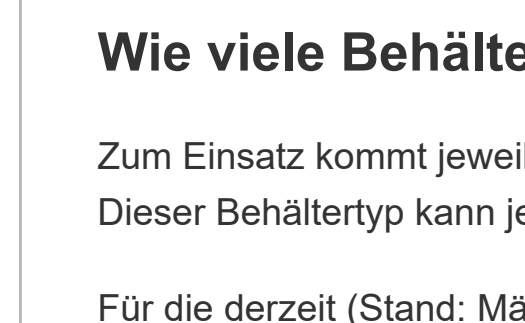
Die GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH entwickelt und stellt seit 40 Jahren Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR® her. Mehr als 1500 dieser Sicherheitsbehälter sind mittlerweile beladen und zwischengelagert. Die Behälter müssen das radioaktive Inventar sicher einschließen, die von ihm ausgehende Strahlung abschirmen und die im Inneren entstehende Wärme abführen. Die Behälter haben bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) umfangreiche Testprogramme erfolgreich absolviert und sind gemäß den nationalen Bestimmungen für den Transport und die Lagerung zugelassen. Sie erfüllen die hohen Anforderungen der internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) und des deutschen Bundesamts für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE).

Die Behälter sind mit zwei Deckeln verschlossen. Dieses Doppeldeckelsystem garantiert den sicheren Einschluss des radioaktiven Inventars. Die Dichtheit der Behälter wird während der Zwischenlagerung permanent überwacht. Die Behälter sind so ausgelegt, dass sie selbst extremen Einwirkungen, wie z. B. Transportunfällen, Feuer oder einem Flugzeugabsturz standhalten. Gemäß den Anforderungen der Internationalen Atomenergie Organisation haben die CASTOR®-Behälter verschiedene Sicherheitstests zu durchlaufen.

Weitere Informationen zur Behältersicherheit [↗](#) (GNS)

Warum musste der Transport- und Lagerbehälter neu entwickelt werden?

GNS hat den CASTOR® MTR3 im Auftrag der drei deutschen Forschungsreaktorbetreiber Technische Universität München, Helmholtz-Zentrum Berlin und Johannes Gutenberg-Universität Mainz entwickelt, um deren aktuellen und künftigen Entsorgungsbedarf erfüllen zu können. Der Behälter kann mit verschiedenen Tragkörpern für die unterschiedlichen Brennelemententypen der drei Forschungsreaktoren ausgestattet werden (TUM: KKE7; HZB: MTR; JGU: TRIGA).



Fragen und Antworten zum Transportfahrzeug

Wie viele Behälter werden beladen? Wie viele Transporte ergeben sich daraus?

Zum Einsatz kommt jeweils ein Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente aus Forschungsreaktoren, der CASTOR® vom Typ MTR3. Dieser Behältertyp kann jeweils maximal 5 Brennelemente aufnehmen. Pro Transport wird ein Behälter transportiert.

Für die derzeit (Stand: März 2022) 47 verbrauchten (=abgebrannten) Brennelemente aus Garching werden damit insgesamt 10 Behälter benötigt.

Wer führt die Transporte der abgebrannten Brennelemente durch?

Die Firma Orano NCS (ehemals Daher NT) führt die Transporte entsprechend der Beförderungsgenehmigung durch, die das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) erteilt.

Werden Straßen, Ausfahrten und Brücken entlang der Strecke, während des Transports, gesperrt?

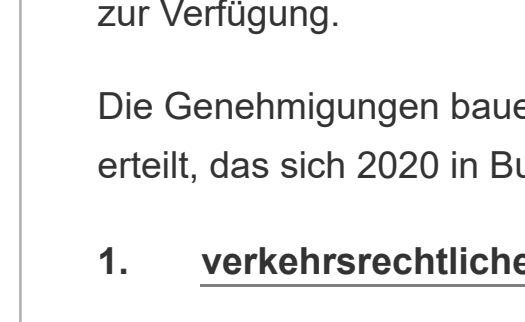
Die Polizei ist in die Vorbereitung und Umsetzung des Transports eingebunden und entscheidet unabhängig und ladebedingt über Maßnahmen wie die Sperrung von Straßen oder Brücken.

Welche Sicherheitsmaßnahmen werden zur Durchführung der Transporte ergriffen?

Das Transportfahrzeug wurde entsprechend der Beförderungsgenehmigung von der Firma Orano NCS entwickelt. Es wird eine Zugmaschine mit einem angehängten Auflieger sein. Es ist nach der anzuwendenden SEWD-Richtlinie („Richtlinie für den Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter bei der Beförderung von Kernbrennstoffen auf der Straße und der Schiene“) ausgelegt. Details hierzu können aus Sicherheitsgründen nicht bekannt gemacht werden, um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen nicht zu beeinträchtigen.

Wird es bei den Transporten einen Polizeieinsatz geben?

Ja, es wird einen Polizeieinsatz im Rahmen der Transporte geben. Die Innenministerien der beteiligten Bundesländer werden bei den Transporten sowie der jeweiligen Sicherungsmaßnahmen mit eingebunden.



Fragen und Antworten zu den Genehmigungen

Wer hat die Genehmigungen beantragt?

Die TUM ist nicht Antragsstellerin. Antragsteller sind Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) im Verfahren für Lager- und Transportbehälter, BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH im § 6 AtG Verfahren für Aufbewahrungsgenehmigung; Orano NCS (ehemals Daher NT) im § 4 AtG Verfahren für die Beförderungsgenehmigung. Der FRM II stellt die Unterlagen den Antragstellern im benötigten Umfang zur Verfügung.

Die Genehmigungen bauen, wie folgt, aufeinander auf und werden vom bisherigen Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) erteilt, das sich 2020 in Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) umbenannt hat:

1. **verkehrsrechtliche Zulassung [↗](#) des Behälters Castor MTR 3 (Genehmigung im Januar 2019 vom BfE erteilt)**
Antragsteller im Genehmigungsverfahren ist der Hersteller der Behälter, die GNS. Profunde Behörde (BfE) in Salzgitter. Einen Bericht über die Materialprüfung (BAM) in Berlin und das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) in Salzgitter. Einen Bericht über die Zulassung ist [hier](#) [↗](#) zu finden.
2. **Aufbewahrungsgenehmigung [↗](#) (§ 6 AtG) [↗](#)**
Das Genehmigungsverfahren wird durch den Betreiber des Zwischenlagers Ahaus, die BGZ geführt. Prüfende Behörden sind das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, die Bundesanstalt für Materialprüfung und der TÜV Hannover. Die Aufbewahrungsgenehmigung ist Voraussetzung für die Erteilung der Beförderungsgenehmigung (§ 4 AtG).
Umfangreiche weitere Informationen über das Genehmigungsverfahren finden Sie beim [Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung \(BASE\)](#) [↗](#).
3. **Beförderungsgenehmigung [↗](#) (§ 4 AtG) [↗](#)**
Die Beförderungsgenehmigung gemäß § 4 AtG hat das vom FRM II beauftragte Transportunternehmen Daher NT (heute: Orano NCS) beim Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (heute: BASE) beantragt. Mit der Erteilung der Beförderungsgenehmigung durch das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung wird die sichere Durchführbarkeit des Transports bestätigt.
Umfangreiche weitere Informationen über das Genehmigungsverfahren finden Sie beim [Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung \(BASE\)](#) [↗](#).

Wer erteilt die Genehmigungen?

Das frühere BfE (Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit), das sich seit 1. Januar 2020 in Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) umbenannt hat, erteilt die Genehmigungen.