

Abteilung Nukleare Sicherheit

Ines Bredberg
Dominique Ernst
Katarzyna Niedzwiedz
Klaus Hebig-Schubert
Ralf Köhler
Julia Palmes
Eckhard Westermeier



Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung

Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2022



Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2022

BASE-N-01/23

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de: 0221-2023071338507

Zur Beachtung:

Die BASE-Berichte und BASE-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung unter <http://www.base.bund.de> kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.

Salzgitter; August 2023

Impressum

**Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung
(BASE)**

Wegelystraße 8
10623 Berlin

Telefon: 030 184321 0
E-Mail: info@base.bund.de
www.base.bund.de

Mitwirkende:
Ines Bredberg
Dominique Ernst
Katarzyna Niedzwiedz
Klaus Hebig-Schubert
Ralf Köhler
Julia Palmes
Eckhard Westermeier

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Elektrische Energieerzeugung in Deutschland ..	11
1.1 Allgemeines.....	11
1.2 Ausstieg aus der Stromerzeugung durch Kernenergie	12
1.2.1 Stand der Atomgesetzgebung in Deutschland.....	12
1.2.2 Erzeugung und Übertragung von Elektrizitätsmengen.....	13
2 Kernkraftwerke	14
2.1 Kernkraftwerke in Betrieb	17
2.1.1 Verfügbarkeiten und meldepflichtige Ereignisse	17
2.1.2 Anlagen- und Genehmigungsstatus.....	17
2.2 Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet	18
2.3 Kernkraftwerke in Stilllegung.....	20
2.4 Kernkraftwerke aus dem Atomgesetz entlassen	29
2.5 Eingestellte Kernkraftwerksvorhaben	30
3 Forschungsreaktoren	31
3.1 Forschungsreaktoren in Betrieb	31
3.2 Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet	33
3.3 Forschungsreaktoren in Stilllegung.....	34
3.4 Forschungsreaktoren aus dem Atomgesetz entlassen	36

4	Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung	40
4.1	Urananreicherungsanlagen	40
4.2	Brennelementfabriken.....	40
4.2.1	Brennelementfabrik in Betrieb	40
4.2.2	Brennelementfabriken aus dem Atomgesetz entlassen	41
4.3	Lagerung abgebrannter Brennelemente.....	43
4.3.1	Lagerung in Kernkraftwerken	43
4.3.2	Lagerung in dezentralen Brennelemente-Zwischenlagern.....	43
4.3.3	Lagerung in zentralen Brennelemente-Zwischenlagern	47
4.4	Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und Kernbrennstoffen.....	50
4.4.1	Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen	50
4.4.2	Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen	50
4.5	Die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen.....	51
4.6	Konditionierung von Brennelementen	53
4.7	Endlagerung	53
4.7.1	Stand des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle	54
4.7.2	Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Endlagern	54
	Anhänge – Übersicht.....	57
	Anhang I – Kernkraftwerke	58
	Anhang II – Forschungsreaktoren.....	72
	Anhang III – Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung	82

Vorwort

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) ist die zentrale Fachbehörde des Bundes für den sicheren Umgang mit den Hinterlassenschaften der Nutzung der Kernenergie. Es nimmt Regulierungs-, Genehmigungs- und Aufsichtsaufgaben im Bereich Endlagerung, Zwischenlagerung sowie für den Umgang mit und den Transporten von hochradioaktiven Abfällen wahr. Es reguliert insbesondere das Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle und führt die Beteiligung der Öffentlichkeit durch. Das BASE gehört als selbständige Bundesoberbehörde zum Ressort des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und berät es mit seiner Fachexpertise in Fragen der nuklearen Entsorgung und der kerntechnischen Sicherheit. Es betreibt und koordiniert Forschung in seinen Themengebieten. Die Aufgaben basieren dabei auf den folgenden gesetzlichen Grundlagen:

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG)
- Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG)
- Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BfnEErrG)
- Gesetz zur Errichtung eines Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung (Entsorgungsfondsgesetz - EntsorgFondsG)
- Gesetz zur Regelung des Übergangs der Finanzierungs- und Handlungspflichten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle der Betreiber von Kernkraftwerken (Entsorgungsübergangsgesetz)
- Gesetz zur Transparenz über die Kosten der Stilllegung und des Rückbaus der Kernkraftwerke sowie der Verpackung radioaktiver Abfälle (Transparenzgesetz)
- Gesetz zur Nachhaftung für Abbau- und Entsorgungskosten im Kernenergiebereich (Nachhaftungsgesetz)
- Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG)

Das BASE – bzw. bis 2016 das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) – erstellt im Rahmen dieses Aufgabenspektrums und den damit vorliegenden Informationen bereits seit 1993 jährlich einen Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Aus einem zunächst nur für den internen Gebrauch bzw. das damalige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) verfügbaren Bericht entwickelte sich im Laufe der Zeit ein Dokument, das als Übersichtswerk sowohl für die Fachwelt als auch für die interessierte Öffentlichkeit von Bedeutung ist. So wird der Bericht seit 1998 veröffentlicht. Seit 2009 ist er als digitales Dokument über das Online-Repository DORIS des BfS sowie seit 2020 auch über die Website des BASE abrufbar. Für den internationalen Bereich wird der Bericht regelmäßig in einer englischen Übersetzung angeboten.

Der vorliegende Bericht mit dem Stand 31.12.2022 gibt einen Überblick über die Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland. Im Bericht aufgeführt sind die wesentlichen Daten aller Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren und der Anlagen der nuklearen Ver- und -entsorgung. Im Berichtszeitraum waren drei Kernkraftwerke in Betrieb. Die Stromerzeugung durch Kernenergie im Jahr 2022 betrug insgesamt ca. 34,7 TWh (2021: 69,1 TWh). Der Anteil der Kernenergie an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung betrug ca. 6 % (2021: ca. 11,8 %)¹.

Abkürzungsverzeichnis

ADIBKA	Abbrandmessung differentieller Brennelemente mit kritischer Anordnung
AGEB	AG Energiebilanzen
AKR-2	Ausbildungsreaktor der Technischen Universität Dresden
ANEX	Anlage für Nullleistungs-Experimente
ANF	Advanced Nuclear Fuels GmbH, Französischer Industriekonzern, Framatome Tochtergesellschaft, Hauptgeschäftsfeld: Nukleartechnik
AtG	Atomgesetz
AVR	Atomversuchskernkraftwerk Jülich
AZA	Abfall-Zwischenlager Ahaus
AZB	Abfall-Zwischenlager Biblis
AZG	Abfall-Zwischenlager Gorleben
AZN	Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim
AZO	Abfall-Zwischenlager Obrigheim
AZP	Abfall-Zwischenlager Philippsburg
AZR	Abfall-Zwischenlager Grafenrheinfeld
AZS	Abfall-Zwischenlager Stade
AZU	Abfall-Zwischenlager Unterweser
AZW	Abfall-Zwischenlager Würgassen
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, bis zum 31.12.2019 Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)
BB	Brandenburg
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BE	Berlin
BeHA	Bereitstellungshalle für radioaktive Abfälle und Reststoffe Isar
BER II	Berliner-Experimentier-Reaktor II
BfnEErrG	Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGE mbH	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGZ mbH	BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH
BZK	Brennelemente-Zwischenlager Krümmel
BLG	Brennelementlager Gorleben GmbH
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (bis Dezember 2021)
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd.
Bq	Becquerel
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
BZA	Brennelemente-Zwischenlager Ahaus
BZB	Brennelemente-Zwischenlager Biblis
BZD	Brennelemente-Zwischenlager Grohnde
BZF	Brennelemente-Zwischenlager Brokdorf
BZG	Brennelemente-Zwischenlager Gorleben
BZI	Brennelemente-Zwischenlager Isar
BZK	Brennelemente-Zwischenlager Krümmel
BZL	Brennelemente-Zwischenlager Lingen
BZM	Brennelemente-Zwischenlager Gundremmingen
BZN	Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim
BZP	Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg
BZR	Brennelemente-Zwischenlager Grafenrheinfeld
BZU	Brennelemente-Zwischenlager Unterweser

CASTOR®	Cask for Storage and Transport of Radioactive material
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires, AREVA-Gruppe
CSD-C	Colis Standard de Déchets Compactés
DAHER-NCS	Nuclear Cargo + Service GmbH
DBG	Dauerbetriebsgenehmigung
Destatis	Statistisches Bundesamt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DIDO	Schwerwassermoderierter und -gekühlter Forschungsreaktor im Forschungszentrum Jülich
DKFZ	Deutsches Krebsforschungszentrum
DNT	DAHER Nuclear Technologies GmbH
DWK	Deutsche Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH
DWR	Druckwasserreaktor
ELK	Einlagerungskammer
ELMA	Erweiterungslager für mittelaktive Abfälle
EnBW	Energiewerke Baden-Württemberg AG
EndlSiAnfV	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung
EndlSiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
EnKK	EnBW Kernkraft GmbH
EntsorgungÜG	Entsorgungsübergangsgesetz
E.ON	E.ON Kernkraft GmbH, jetzt PreussenElektra
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
ERU	Enriched-Uranium (angereichertes Uran)
ESTRAL	Ersatztransportbehälterlager
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Entwurfsunterlage
EWN	Energiewerke Nord GmbH, seit 02.02.2017 EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH
FDR	Fortschrittlicher Druckwasserreaktor
FMRB	Forschungs- und Messreaktor Braunschweig
FR 2	Forschungsreaktor Karlsruhe 2
FRF 1	Forschungsreaktor Frankfurt 1
FRF 2	Forschungsreaktor Frankfurt 2
FRG-1	Forschungsreaktor Geesthacht 1
FRG-2	Forschungsreaktor Geesthacht 2
FRH	Forschungsreaktor der Medizinischen Hochschule Hannover
FRJ-1	Forschungsreaktor Jülich 1
FRJ-2	Forschungsreaktor Jülich 2
FRM	Forschungsreaktor München
FRM-II	Forschungsreaktor München II, Hochflussneutronenquelle
FRMZ	Forschungsreaktor TRIGA Mark II der Universität Mainz
FRN	Forschungsreaktor Neuherberg
FZJ	Forschungszentrum Jülich GmbH
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
GB	Großbritannien
GKN 1	Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 1
GKN 2	Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 2
GKSS	Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, jetzt: Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
GNS	Gesellschaft für Nuklear Service mbH
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
GWh	Gigawattstunde
HAW	High Active Waste
HAWC	High Active Waste-Concentrate
HB	Hansestadt Bremen

HBPI	Hauptbetriebsplan
HDR	Heißdampfreaktor Großwelzheim
HE	Hessen
HEU	High Enriched Uranium
HH	Hansestadt Hamburg
HKG	Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH
HMGU	Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH
HOBEG	Hochtemperatur-Brennelement Gesellschaft
HTR	Hochtemperaturreaktor
HWL	High Active Waste Lager
IAZ	Industrielles Anwendungszentrum
JEN mbH	Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH
K	Kelvin
KAHTER	Kritische Anlage für Hochtemperaturreaktoren
KBR	Kernkraftwerk Brokdorf
KEITER	Kritisches Experiment zum Incore-Thermionik-Reaktor
KGR	Kernkraftwerk Greifswald
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel
KKE	Kernkraftwerk Emsland
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKG-BELLA	Standortzwischenlager für Brennelemente
KKI 1	Kernkraftwerk Isar 1
KKI 2	Kernkraftwerk Isar 2
KKK	Kernkraftwerk Krümmel
KKN	Kernkraftwerk Niederaichbach
KKP 1	Kernkraftwerk Philippsburg Block 1
KKP 2	Kernkraftwerk Philippsburg Block 2
KKR	Kernkraftwerk Rheinsberg
KKS	Kernkraftwerk Stade
KKU	Kernkraftwerk Unterweser
KKW	Kernkraftwerk
KMK	Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich
KNK II	Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage, Karlsruhe
KRB A	Kernkraftwerk Gundremmingen Block A
KRB-II-B	Kernkraftwerk Gundremmingen Block B
KRB-II-C	Kernkraftwerk Gundremmingen Block C
KWB A	Kernkraftwerk Biblis Block A
KWB B	Kernkraftwerk Biblis Block B
KWG	Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde
KWL	Kernkraftwerk Lingen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
KWU	Siemens AG, Fachbereich Kraftwerk-Union
KWW	Kernkraftwerk Würgassen
Lasma	Lager für radioaktive Abfälle und Reststoffe
LasmAaZ	Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am Zwischenlager des Kernkraftwerks Krümmel
LAVA	Anlage zur Lagerung und Verdampfung hochaktiver Abfallflüssigkeiten
LAW	Low Active Waste
LEU	Low Enriched Uranium
LWR	Leichtwasserreaktor
MERLIN	Medium Energy Research Light Water Moderated Industrial Nuclear Reactor im FZ Jülich
MEU	Medium Enriched Uranium
MOX	Mischoxid (-Brennstoff)

MTR	Materials Testing Reactor
MWU	Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW _e	Megawatt elektrische Leistung
MWh	Megawattstunde
MW _{th}	Megawatt thermische Leistung
mvK	mit verändertem Korb
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor, Karlsruhe
NBauO	Niedersächsische Bauordnung
NBG	Nationales Begleitgremium
NCS	Nuclear Cargo + Service GmbH, seit 01.10.2015 DAHER-NCS
NI	Niedersachsen
NMU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (seit November 2017 Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz)
NUKEM	NUKEM GmbH Alzenau
NW	Nordrhein-Westfalen
OH	Otto Hahn
oHG	Offene Handelsgesellschaft
OVG	Oberverwaltungsgericht
PFB	Planfeststellungsbeschluss
PG	Prozessgebäude
PKA	Pilotkonditionierungsanlage
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PuO ₂	Plutoniumdioxid
RAKE	Rosendorfer Anordnung für Kritische Experimente
RBZ-N	Reststoffbearbeitungszentrum (RBZ-N) am Standort Neckarwestheim
RBZ-P	Reststoffbearbeitungszentrum (RBZ-N) am Standort Philippsburg
RDB	Reaktordruckbehälter
RFR	Rosendorfer Forschungsreaktor
RP	Rheinland-Pfalz
RRR	Rosendorfer Ringzonenreaktor
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
RWE	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätsgesellschaft
SAAS	Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (der ehemaligen DDR)
SAR	Siemens Argonaut Reaktor
SE	Sicherer Einschluss
SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
SG	Stilllegungsgenehmigung
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SM	Schwermetall
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SN	Sachsen
SNEAK	Schnelle Nullenergie-Anordnung
SNR	Schneller natriumgekühlter Reaktor
ST	Sachsen-Anhalt
StandAG	Standortauswahlgesetz
STARK	Schnell-Thermischer Argonaut Reaktor
StMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
StrISchG	Strahlenschutzgesetz
StrISchV	Strahlenschutzverordnung
SUA	Siemens-Unterkritische Anordnung
SUR	Siemens-Unterrichtsreaktor

SWR	Siedewasserreaktor
SZL	Standort-Zwischenlager
TBG	Teilbetriebsgenehmigung
TBH-KBR	Transportbereitstellungshalle Kernkraftwerk Brokdorf
TBL	Transportbehälterlager
TEG	Teilerrichtungsgenehmigung
TG	Teilgenehmigung
TH	Thüringen
THTR-300	Thorium-Hochtemperaturreaktor, Hamm-Uentrop
TRIGA	Training Research Isotope General Atomics
TRIGA HD I	Forschungsreaktor TRIGA HD I Heidelberg
TRIGA HD II	Forschungsreaktor TRIGA HD II Heidelberg
TSG	Teilstilllegungsgenehmigung
TUM	Technische Universität München
TWh	Terawattstunde
U-235	Uranisotop 235
U ₃ O ₈	Triuranooctoxid
UAG	Urananreicherungsanlage Gronau
UF ₆	Uranhexafluorid
UNS	Unabhängiges Notkühlsystem
UO ₂	Urandioxid
UTA	Urantrennarbeit
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBA	Verlorene Betonabschirmung
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft (e.V.)
VEK	Verglasungseinrichtung Karlsruhe
VGB	Technischer Verband der Energieanlagen-Betreiber (e.V.)
VKTA	Strahlenschutz, Analytik und Entsorgung Rossendorf (e.V.)
WAK	Rückbauprojekt Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe WAK
WAW	Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WWER	Wassergekühlter, wassermoderierter Energiereaktor (DWR russischen Typs)
WWR-S (M)	Wassergekühlter, wassermoderierter Reaktor russischen Typs; S steht für Serienfertigung und M für Modifizierung (beim RFR: Veränderungen am Kern und am Brennstoff)
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg
ZLN	Zwischenlager Nord, Rubenow

1 Elektrische Energieerzeugung in Deutschland

1.1 Allgemeines

Im Jahr 2022 wurden in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt ca. 574 TWh elektrische Energie erzeugt (2021: ca. 585 TWh; Anmerkung: Bruttoerzeugung exklusive Einspeisungen, d.h. ohne Stromsaldo).

Die Bruttostromerzeugung in Deutschland sank im Vergleich zum Vorjahr um ca. 1,9 % (siehe Tabelle 1.1).* Dabei betrug der Anteil der Kernenergie an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung rund 6,0 % (2021: 11,8 %).

Tabelle 1.1: Anteile der Energieträger an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung in Prozent

***	2020		2021		2022*	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Kernenergie	64,4	11,3	69,1	11,8	34,7	6,0
Braunkohle	91,7	16,2	110,4	18,9	117,0	20,4
Steinkohle	42,8	7,5	54,9	9,4	66,0	11,5
Mineralöl	4,7	0,8	4,9	0,8	4,6	0,8
Erdgas	94,8	16,7	90,0	15,4	77,5	13,5
Erneuerbare, darunter	250,8	44,2	237,6	40,5	256,2	44,6
Wind	131,8	23,3	115,0	19,7	124,0	21,6
Wasser	18,7	3,3	19,4	3,3	17,5	3,0
Biomasse	45,4	7,8	45,4	7,8	46,8	8,2
Photovoltaik	48,8	8,6	51,4	8,8	62,3	10,9
Müll (nur erneuerbarer Anteil)	5,8	1,0	5,7	1,0	5,4	0,9
Geothermie	0,2	****	0,2	****	0,2	****
Übrige konventionelle Energieträger (gesamt) **	18,3	3,2	18,6	3,2	18,0	3,1
GESAMT	567,5	100,0	585,0	100,0	574,0	100,0

* Alle Zahlen des Jahres 2022 sind vorläufige gerundete Werte. Abweichungen zwischen den vorläufigen (geschätzten) Werten und den endgültigen Werten sind möglich.

** u. a. nicht-erneuerbare Abfälle, Heizöl, Hochofengas, ohne Entnahmen aus Stromspeichern wie Pump- oder Batteriespeicher

*** alle Werte enthalten Rundungen

**** Wert sehr klein und wird hier nicht angegeben

[Quelle: Destatis, ZSW, BDEW; Stand Dezember 2022]

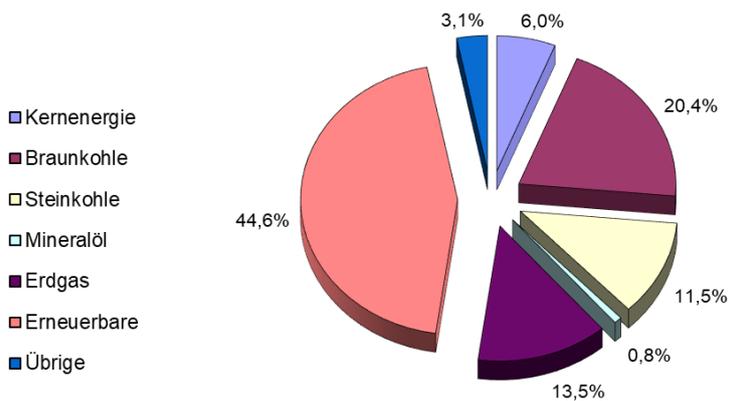


Abb. 1: Anteile der Energieträger an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung 2022 (Basis: 574,0 TWh)

1.2 Ausstieg aus der Stromerzeugung durch Kernenergie

Die Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität wird in Deutschland – zeitlich gestaffelt – beendet. Am 04.12.2023 wurde die Laufzeit der letzten drei Kernkraftwerke auf spätestens 15.04.2023 verlängert.

Das Ende der Betriebslaufzeit der einzelnen Kernkraftwerke ist im Atomgesetz (AtG) festgelegt. Nach endgültiger Abschaltung eines Kernkraftwerks schließt sich die Nachbetriebsphase an, währenddessen Arbeiten zur Vorbereitung der Stilllegung durchgeführt werden.

Aufgrund des Reaktorunfalls in der Kernkraftwerksanlage Fukushima Daiichi in Japan vom 11.03.2011 beschloss die Bundesregierung in einem Moratorium am 14.03.2011, alle in Deutschland befindlichen Kernkraftwerke, die bis einschließlich 1980 in Betrieb gegangen waren, übergangsweise für einen Zeitraum von drei Monaten vom Netz zu nehmen und herunterzufahren. Davon betroffen waren die Kernkraftwerke Biblis A und Biblis B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser und Philippsburg 1. Die Kernkraftwerke Biblis B und Brunsbüttel waren zu diesem Zeitpunkt bereits vom Netz, ebenso das Kernkraftwerk Krümmel.

Für diese acht abgeschalteten und zur damaligen Zeit neun noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke führte die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) eine Sicherheitsüberprüfung durch. Deren Ergebnisse sowie der gesamtgesellschaftliche Dialog unter Beteiligung der Ethikkommission "Sichere Energieversorgung" führten in Deutschland zu einer Neubewertung der Risiken der Nutzung der Kernenergie. Die Bundesregierung beschloss, die Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität in Deutschland zu beenden.

Im Anhang I wird in der Abbildung I.2 eine grafische Darstellung über die zeitliche Entwicklung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland gegeben.

1.2.1 Stand der Atomgesetzgebung in Deutschland

Mit dem 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 31.07.2011 wurde festgelegt, dass die letzten Kernkraftwerke in Deutschland Ende 2022 außer Betrieb gehen sollten.

Mit Inkrafttreten des novellierten Atomgesetzes am 06.08.2011 war die weitere Berechtigung zum Leistungsbetrieb für die acht Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel erloschen. Die Anlagen wurden somit endgültig abgeschaltet und Anträge auf Stilllegung gestellt. Von diesen acht Anlagen haben bis Ende des Jahres 2018 sieben Kernkraftwerke die erste Stilllegungsgenehmigung erhalten. Die Stilllegungsgenehmigung für das Kernkraftwerk Krümmel befindet sich im Genehmigungsverfahren.

Der Ausstieg aus der Kernenergienutzung wurde gemäß Atomgesetz schrittweise weitergeführt. Am 27.06.2015 ging das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld endgültig vom Netz. Am 31.12.2017 endete der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerkes Gundremmingen B. Das Kernkraftwerk Philippsburg 2 wurde am 31.12.2019 endgültig abgeschaltet. Mit Ablauf des 31.12.2021 endete der Leistungsbetrieb der Kernkraftwerke Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen C.

Die letzten drei in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 sollten gemäß der 13. AtG-Novelle vom 31.07.2011 spätestens zum 31.12.2022 ihre Berechtigung zum Leistungsbetrieb verlieren. Mit einer weiteren Gesetzesnovelle, dem 19. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 04.12.2022, wurde das Datum zum endgültigen Abschalten dieser drei Anlagen auf den 15.04.2023 verschoben. Für den weiteren Leistungsbetrieb bis dahin dürfen nur die in der jeweiligen Anlage noch vorhandenen Brennelemente benutzt werden.

1.2.2 Erzeugung und Übertragung von Elektrizitätsmengen

Bereits im Juni 2001 hatten die Bundesregierung und die Energieversorgungsunternehmen für jedes Kernkraftwerk eine bestimmte Elektrizitätsmenge vereinbart, die die einzelne Anlage mit Bezugsdatum zum 01.01.2000 noch produzieren darf (Konsensvereinbarung). Diese ergab für jedes Kernkraftwerk eine Betriebszeit von ungefähr 32 Jahren und wurde im April 2002 im Atomgesetz festgelegt. 2010 beschloss die Bundesregierung, die Laufzeit der Kernkraftwerke, die bis einschließlich 1980 den Leistungsbetrieb aufnahmen, um acht Jahre beziehungsweise die Laufzeit der jüngeren Kernkraftwerke um 14 Jahre zu verlängern. Entsprechend wies das im Dezember 2010 geänderte Atomgesetz den einzelnen Kernkraftwerken zusätzliche Elektrizitätsmengen zu. Unter dem Eindruck des Reaktorunfalls in Fukushima Daiichi beschloss die Bundesregierung, die Laufzeitverlängerung zurückzunehmen und die Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Elektrizitätserzeugung zu beenden. Das daraufhin mit der 13. AtG-Novelle vom 31.07.2011 geänderte Atomgesetz enthält wieder ausschließlich die bereits in dem früheren Atomgesetz vom April 2002 festgeschriebenen Elektrizitätsmengen für jedes einzelne Kernkraftwerk. Die im Dezember 2010 festgelegte Laufzeitverlängerung wurde rückgängig gemacht und die zusätzlichen Elektrizitätsmengen gestrichen.

Mit der Novellierung des Atomgesetzes vom 31.07.2011 wurde für jedes einzelne Kernkraftwerk erstmals ein konkretes Abschaltdatum gesetzlich festgelegt. Zusätzlich listet das Atomgesetz in der Spalte 2 der Anlage 3 zu § 7 Absatz 1a die mit Bezugsdatum 01.01.2000 noch produzierbaren Elektrizitätsmengen auf (siehe auch Spalte 2 der Tabelle I.2 im Anhang I), nach deren Erzeugung die Berechtigung zum Betrieb der Anlage erlischt. Gemäß Atomgesetz ist es möglich, Elektrizitätsmengen ganz oder teilweise von einem auf ein anderes Kernkraftwerk zu übertragen. Übertragungen von Elektrizitätsmengen sind dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) mitzuteilen und werden bei der Erfassung der Elektrizitätsmengen berücksichtigt. Das BASE veröffentlicht jährlich die erzeugten und verbrauchten Elektrizitätsmengen gemäß § 7 Absatz 1c AtG als Jahresmeldung im Bundesanzeiger. Die Jahresmeldung 2022 ist im Anhang I in Tabelle I.2 enthalten.

Im Berichtszeitraum 2022 wurden folgende Übertragungen von Elektrizitätsmengen vorgenommen:

Auf das Kernkraftwerk Emsland

- 28.02.2022: insgesamt 1946,15 GWh von den stillgelegten Kernkraftwerken Gundremmingen Block C (301,43 GWh) und Mülheim-Kärlich (1644,72 GWh)
- 23.09.2022: 60 GWh vom stillgelegten Kernkraftwerk Philippsburg 2

Auf das Kernkraftwerk Isar 2

- 08. bzw. 09.12.2022: insgesamt 296,00 GWh von den endgültig abgeschalteten Kernkraftwerken Brokdorf (194,00 GWh) und Grohnde (102,00 GWh)

Auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2

- 23.09.2022: 1467,38 GWh vom stillgelegten Kernkraftwerk Philippsburg 2
- 09.12.2022: 410,00 GWh vom Kernkraftwerk Isar 2
- 16.12.2022: 2,308 GWh vom endgültig abgeschalteten Kernkraftwerk Brokdorf
- 21.12.2022: 100,00 GWh vom Kernkraftwerk Isar 2

Mit der 19. AtG-Novelle vom 04.12.2022 ist die bis zum 15.04.2023 verlängerte Berechtigung zum Leistungsbetrieb der letzten drei Kernkraftwerke Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 unabhängig von den erzeugten Elektrizitätsmengen oder Elektrizitätsmengenübertragungen beschlossen worden.

2 Kernkraftwerke

In der Bundesrepublik Deutschland ergab sich zum Berichtszeitpunkt 31.12.2022 24:00 Uhr MEZ folgender Status:

- 3 Kernkraftwerke in Betrieb,²
- 3 Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet,
- 27 Kernkraftwerke in Stilllegung,
- 3 Kernkraftwerke Stilllegung beendet und aus dem Atomgesetz entlassen und
- 6 Kernkraftwerksvorhaben eingestellt.

Der Angriff der Russischen Föderation auf die Ukraine am 24.02.2022 stellt eine Zäsur für die sichere Nutzung der Kernenergie im europäischen Rahmen und die deutsche Strategie zur Energiesicherheit und Energieerzeugung dar. Der nachfolgende politische Prozess in Deutschland und weltweit führte zu dramatischen Änderungen der nationalen und internationalen Wirtschafts- und Energiepolitik. In Deutschland wurde beispielsweise zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems für den Winter 2022/2023 die gemäß AtG § 7 Abs. 1a ursprünglich für den 31.12.2022 festgelegte endgültige Abschaltung der drei letzten in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 vom Gesetzgeber auf den 15.04.2023 verschoben.

Das Berichtsjahr 2022 stand wie die beiden Vorjahre weiter unter dem Eindruck der Corona-Pandemie. Die kerntechnische Sicherheit war durch die Betreiber durchgehend gewährleistet, die Aufsicht hierüber durch die Behörden weiterhin gesichert. Alle deutschen Kernkraftwerke verfügen über Pandemiepläne, die an die aktuelle Pandemielage und deren Entwicklungen regelmäßig angepasst und auf deren Basis frühzeitig Maßnahmen zum Schutz des Personals und zur Sicherstellung des sicheren Betriebs ergriffen wurden.

Die einzelnen Kernkraftwerke werden gemäß ihrem Betriebszustand in den Kapiteln 2.1 bis 2.5 sowie in den entsprechenden Tabellen im Anhang I beschrieben. Ein Überblick wird im tabellarischen Teil in Anhang I gegeben. Darüber hinaus sind in der folgenden Abbildung die Betriebszeiten der Kernkraftwerke in Deutschland seit ihrer Erstkritikalität dargestellt.

² Mit der Gesetzesnovelle, dem 19. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 04.12.2022, wurde das Datum zum endgültigen Abschalten der drei noch in Betrieb befindlichen Anlagen auf den 15.04.2023 verschoben.

Tabelle 2.1: Kernkraftwerke in Deutschland 2022, Stand 31.12.2022 24:00 Uhr MEZ

Status	Druckwasser- reaktor (DWR)		Siedewasser- reaktor (SWR)		Sonstige		Gesamt	
	An- zahl	MWe (brutto)	Anzahl	MWe (brutto)	Anzahl	MWe (brutto)	Anzahl	MWe (brutto)
In Betrieb	3	4.291	–	–	–	–	3	4.291
Endgültig abge- schaltet	2	2.910	1	1.402	–	–	3	4.312
In Stillle- gung	16	12.246	8	5.160	3	344	27	19.094
Vollstän- dig abge- baut	–	–	1	16	2	131	3	147
Vorhaben einge- stellt	5	3.320	–	–	1	327	6	3.647

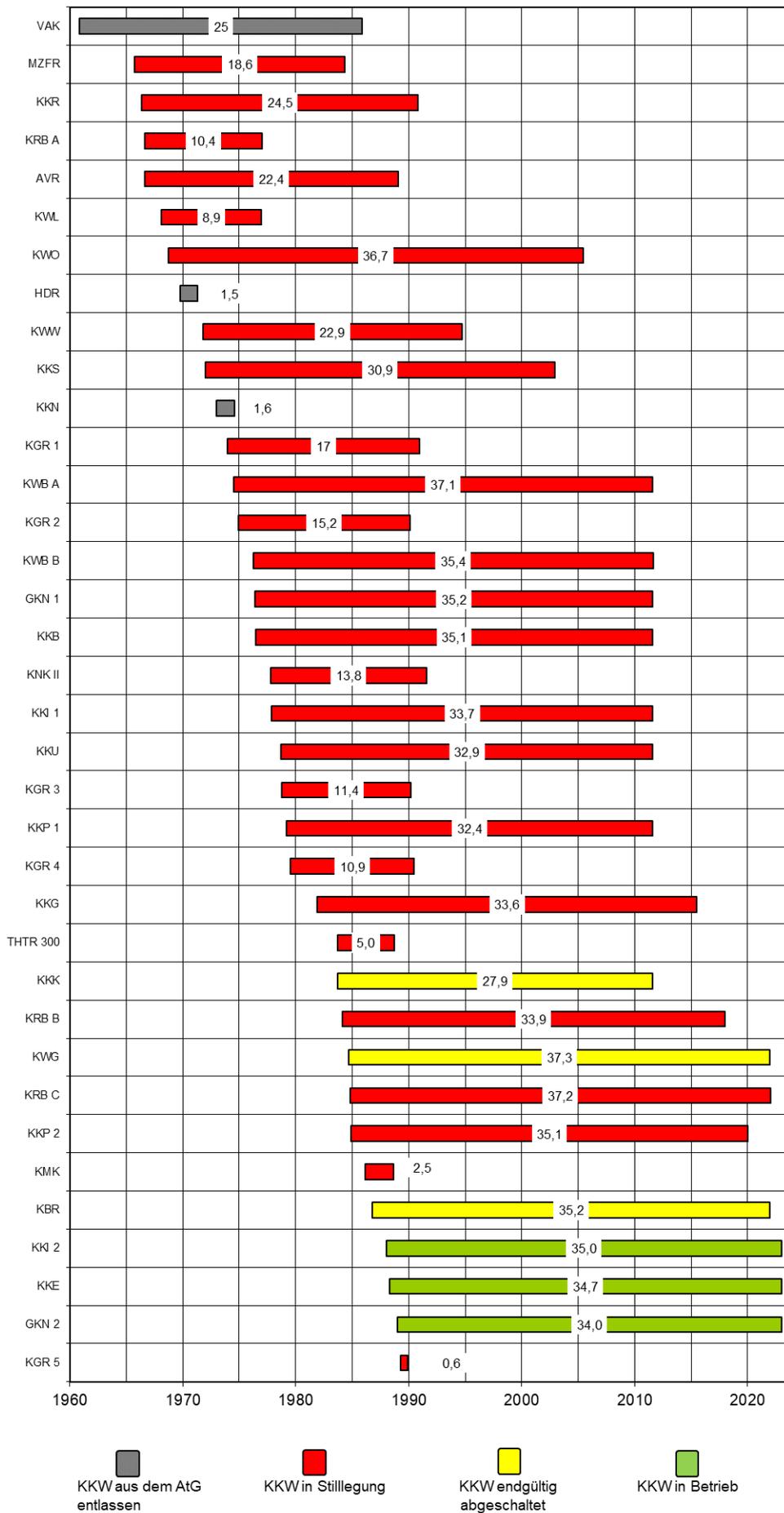


Abb. 2: Betriebszeiten der Kernkraftwerke in Deutschland in Jahren seit Erstkritikalität
Stand 31.12.2022

2.1 Kernkraftwerke in Betrieb

Im Berichtsjahr 2022 waren drei Kernkraftwerke in Betrieb. Eine Auflistung der im Berichtsjahr in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke mit ihren wesentlichen Kenndaten enthält Tabelle I.3 im Anhang I.

2.1.1 Verfügbarkeiten und meldepflichtige Ereignisse

In der Tabelle 2.2 sind die Verfügbarkeiten und die meldepflichtigen Ereignisse aus deutschen Kernkraftwerken aus dem Jahr 2022 aufgelistet. Die Störfallmeldestelle des BASE veröffentlicht Jahresberichte und Monatsberichte zu meldepflichtigen Ereignissen. Diese Berichte enthalten die nach der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV) gemeldeten Ereignisse in Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren der Bundesrepublik Deutschland, die von der Störfallmeldestelle des BASE erfasst werden.

Details und weitere Informationen zu meldepflichtigen Ereignissen sind im Internet auf der BASE-Homepage unter https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/stoerfallmeldestelle/ereignisse/ereignisse_node.html abrufbar.

Tabelle 2.2: Verfügbarkeiten und Zahl meldepflichtiger Ereignisse der Kernkraftwerke im Berichtsjahr 2022

KKW	Zeitverfügbarkeit* [%]	Arbeitsverfügbarkeit* [%]	Arbeitsausnutzung* [%]	Zahl meldepflichtiger Ereignisse
GKN 2	94,43	94,42	90,94	1
KKE	94,88	94,83	91,66	4
KKI 2	97,25	96,88	94,00	1

*Quelle: Internationaler Fachverband für die Erzeugung und Speicherung von Strom und Wärme (vgbe.)

2.1.2 Anlagen- und Genehmigungsstatus

Im folgenden Abschnitt wird jeweils eine kurze Beschreibung der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke vorgenommen und auf die - durch die zuständigen atomrechtlichen Behörden gemäß Tabelle I.1 (Anhang I) - im Berichtszeitraum 2022 erteilten Genehmigungen nach § 7 AtG eingegangen. Darüber hinaus werden auch laufende Genehmigungsverfahren angesprochen, wenn ihnen eine besondere Bedeutung für den Anlagen- und Genehmigungsstatus zukommt.

Die Terror-Anschläge vom 11.09.2001 in den USA haben auch den Blick auf kerntechnische Anlagen als mögliche Ziele gelenkt. Obwohl nach Auffassung der Sicherheitsbehörden keine konkrete Gefährdung speziell für kerntechnische Anlagen besteht, sind auch die deutschen Kernkraftwerke in die Maßnahmenpakete zum Schutz gegen Terroranschläge mit Verkehrsflugzeugen eingebunden. Ziel ist zum einen, Eingriffe in den Flugverkehr zu erschweren, zum anderen, die möglichen Auswirkungen zu mindern. Im Rahmen dieses gesamten Komplexes wurden neben anlageninternen Maßnahmen, die sofort umgesetzt werden konnten, auch Anträge zur Erschwerung der Treffergenauigkeit im Fall eines gezielten terroristischen Flugzeugangriffs (Tarnschutz durch künstliche Vernebelung) gestellt. Für einige Anlagen sind hierzu atomrechtliche Genehmigungsbescheide nach § 7 AtG erteilt und umgesetzt worden.

Baden-Württemberg

Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 2 (GKN 2)

Neckarwestheim 2 ist ein Druckwasserreaktor (DWR), eine Konvoi-Anlage, die 1988 mit einer Leistung von 1.316 MW_e in Betrieb genommen wurde. Die derzeitige Reaktorleistung von 1.400 MW_e ergibt sich aufgrund mehrerer thermischer und elektrischer Leistungsänderungen.

Das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 ist mit der Inbetriebnahme im Dezember 1988 das jüngste in Deutschland betriebene Kernkraftwerk. Auf Basis des AtG § 7 Absatz 1e verliert das GKN 2 zum 15.04.2023 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.

Am 18.07.2016 hat die EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) einen Antrag auf Stilllegung und Abbau des GKN 2 nach § 7 Absatz 3 AtG gestellt. Der Antrag wurde mit Schreiben vom 15.05.2017 aktualisiert. Das Vorhaben wurde am

22.06.2018 bekannt gemacht und die Unterlagen vom 02.07. bis zum 03.09.2018 öffentlich ausgelegt. Am 27.11.2018 fand der Erörterungstermin statt.³

Am 07.12.2020 wurde von der EnBW das auf dem Kernkraftwerksgelände errichtete Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim (AZN) gemäß Entsorgungsübergangsgesetz an die BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ mbH) übergeben. Das am 17.12.2018 nach § 7 Strahlenschutzverordnung genehmigte Reststoffbearbeitungszentrum (RBZ-N) am Standort Neckarwestheim wurde am 02.03.2021 in Betrieb genommen. Das Standort-Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente wurde zum 01.01.2019 an die BGZ mbH übertragen, und wird von der BGZ mbH als Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (BZN) betrieben.

Bayern

Kernkraftwerk Isar Block 2 (KKI 2)

Das Kernkraftwerk Isar Block 2 ist eine Konvoi-Anlage mit DWR. Sie wurde als erste der drei Konvoi-Anlagen (Isar 2, Neckarwestheim 2, Emsland) 1988 mit einer Leistung von 1.370 MW_e in Betrieb genommen. Die derzeitige Reaktorleistung von 1.485 MW_e ergibt sich aufgrund zweier thermischer und mehrerer elektrischer Leistungserhöhungen. Damit ist KKI 2 der derzeit leistungsstärkste Kernkraftwerksblock Deutschlands und verliert spätestens mit Ablauf des 15.04.2023 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.

Mit Datum vom 01.07.2019 wurden die Stilllegung und der Abbau des KKI 2 beantragt. Im Rahmen des Verfahrens zur Prüfung auf Umweltverträglichkeit fand am 05.03.2020 ein Scoping-Termin statt. Das Vorhaben wurde am 29.07.2021 bekannt gemacht und die Unterlagen wurden vom 03.09. bis zum 02.11.2021 öffentlich ausgelegt. Österreich hat auf eigenen Wunsch die Notifikation gemäß Artikel 3 des UNECE Übereinkommens über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen (Espoo-Konvention) und Artikel 7 der UVP-Richtlinie erhalten. Die Unterlagen wurden in Österreich vom 20.09. bis 19.11.2021 ausgelegt.

Für den Standort Isar wurden ein Antrag auf Genehmigung nach § 7 StrlSchV zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Bereitstellungshalle und ein Antrag zur Errichtung einer Bereitstellungshalle gestellt und erteilt. Der Bau dieser Bereitstellungshalle (BeHa) geht planmäßig voran.

Das Standortzwischenlager für bestrahlte Brennelemente wurde zum 01.01.2019 an die BGZ mbH übertragen, und wird von der BGZ mbH als Brennelemente-Zwischenlager Isar (BZI) betrieben.

Niedersachsen

Kernkraftwerk Emsland (KKE)

Die Anlage Emsland ist ein DWR und eine der drei Konvoi-Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland. Die Anlage wurde 1988 mit einer Leistung von 1.316 MW_e in Betrieb genommen. Die derzeitige Reaktorleistung von 1.406 MW_e ergibt sich aufgrund einer thermischen und mehrerer elektrischen Leistungserhöhungen. Die letzte Leistungserhöhung um 6 MW erfolgte im Mai 2014 durch den Austausch der Hochdruckturbine. Das Kernkraftwerk Emsland verliert spätestens zum 15.04.2023 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.

Am 22.12.2016 hat die Kernkraftwerke Lippe-Ems GmbH einen Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Anlage gestellt.

Das Standortzwischenlager für bestrahlte Brennelemente wurde zum 01.01.2019 an die BGZ mbH übertragen, und wird von der BGZ mbH als Brennelemente-Zwischenlager Lingen (BZL) weiterbetrieben.

Am 29.08.2019 hat die Kernkraftwerke Lippe-Ems GmbH einen Antrag zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach § 12 StrlSchG in einem neuen Technologie- und Logistikgebäude Emsland (TLE) eingereicht. Der Antrag wurde mit Datum 08.07.2020 revidiert und befindet sich in Bearbeitung. Das TLE soll auch radioaktive Stoffe aus dem KWL aufnehmen.

2.2 Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet

Im nachfolgenden Kapitel sind die Kernkraftwerke dargestellt, die endgültig abgeschaltet wurden und noch keine Genehmigung zur Stilllegung der Anlage erhalten oder im Berichtszeitraum von der erteilten

Stilllegungsgenehmigung noch keinen Gebrauch gemacht haben. Tabelle I.4 des Anhangs I enthält die wichtigsten Daten zu den Kernkraftwerken dieser Kategorie.

Niedersachsen

Kernkraftwerk Grohnde (KWG)

Das Kernkraftwerk Grohnde ist ein DWR (Vor-Konvoi) und wurde 1984 mit einer Leistung von 1.365 MW_e in Betrieb genommen. Eine thermische und zwei elektrische Leistungserhöhungen führten zu einer Reaktorleistung von 1.430 MW_e. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb des Kernkraftwerkes erlosch gemäß § 7 Absatz 1a AtG mit dem 31.12.2021. Das Kernkraftwerk Grohnde wurde an diesem Tag endgültig abgeschaltet.

Am 26.10.2017 wurde ein Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage in der ersten Abbauphase (1. SAG) gestellt. In Verbindung mit diesem Antrag wurde am 30.11.2017 die Errichtung einer Transportbereitstellungsanlage gemäß § 7 Strahlenschutzverordnung beantragt. Die Unterlagen befinden sich in der Prüfung. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung fand am 04.04.2019 ein Scoping-Termin zu beiden Verfahren statt. Das Verfahren wurde am 28.04.2021 bekannt gemacht und die Auslegung der Unterlagen erfolgte vom 06.05. bis 05.07.2021. Die Erörterung der Einwendungen fand vom 01.10.2021 bis 31.12.2021 als Online-Konsultation statt.

Das Standortzwischenlager für bestrahlte Brennelemente wurde zum 01.01.2019 an die BGZ mbH übertragen, und wird von der BGZ mbH als Brennelemente-Zwischenlager Grohnde (BZD) betrieben.

Schleswig-Holstein

Kernkraftwerk Krümmel (KKK)

Beim Kernkraftwerk Krümmel handelt es sich um den leistungsstärksten Siedewasserreaktor (SWR) der Baureihe 69. Die Anlage wurde 1983 mit einer Leistung von 1.316 MW_e in Betrieb genommen. Zum Abschluss des Leistungsbetriebes betrug die Reaktorleistung 1.402 MW_e.

Nach einem Transformatorbrand im Juni 2007 war die Anlage abgeschaltet worden. Im Juni 2009 kam es nach kurzzeitigem Anfahren erneut zu einem Kurzschluss in einem Maschinentransformator. Danach befand sich das KKK im Stillstandsbetrieb.

Durch die Änderung des Atomgesetzes 2011 hat die Anlage den Leistungsbetrieb endgültig eingestellt (siehe Kapitel 1.3) und befindet sich seit dem 18.06.2018 im Nachbetrieb. Der Reaktor wurde entladen. Seit 11.12.2019 ist das Kernkraftwerk Krümmel frei von Brennelementen und Brennstäben. Unbestrahlte, nur durch Lagerbeckenwasser kontaminierte Brennelemente wurden bereits zur Zwischenlagerung nach Schweden transportiert. Zu einem späteren Zeitpunkt sollen sie in die USA verbracht und dort weiterverarbeitet werden. Im Berichtsjahr wurde die Außerbetriebnahme einer Reihe von Systemen weitergeführt. Die Entsorgung von altem Coreschrott (alte Einbauten des Reaktordruckbehälters (RDB)) findet fortlaufend statt.

Am 24.08.2015 wurde von der Betreiberin ein Antrag auf Stilllegung und Abbau des Kernkraftwerkes Krümmel gestellt. Im Rahmen zur Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung wurde am 27.06.2016 ein Scoping-Termin durchgeführt. Am 29.09.2017 wurde der Antrag auf Stilllegung der Anlage präzisiert. Es wurde zusätzlich u. a. der Abbau des Reaktordruckbehälters, des biologischen Schilts, weiterer aktivierter Anlagenteile sowie Bereiche um das Brennelementlagerbecken aufgenommen. Laut Aussage der Aufsichtsbehörde wird die Erteilung der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung im Jahr 2023 angestrebt.

Ein Antrag auf Genehmigung nach § 7 Strahlenschutzverordnung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in einem neu zu errichtendem Lager für radioaktive Abfälle und Reststoffe (LasmAaZ,) wurde am 13.12.2016 gestellt. Der Bauantrag erfolgte am 31.03.2017. Die Baugenehmigung für das LasmAaZ wurde am 29.04.2020 erteilt. Das Gebäude wird derzeit errichtet.

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Krümmel erfuhr eine bauliche Ertüchtigung und wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Krümmel (BZK)).

Kernkraftwerk Brokdorf (KBR)

Beim Kernkraftwerk Brokdorf handelt es sich um einen DWR (Vor-Konvoi). Die Anlage wurde 1986 mit einer Leistung von 1.380 MW_e in Betrieb genommen. Die Reaktorleistung betrug zuletzt 1.480 MW_e. Sie ergab sich aus zwei thermischen und mehreren elektrischen Leistungserhöhungen. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb des

Kernkraftwerkes erlosch gemäß § 7 Absatz 1a AtG mit dem 31.12.2021. Das Kernkraftwerk Brokdorf wurde an diesem Tag endgültig abgeschaltet.

Am 01.12.2017 beantragte die Betreiberin die Stilllegung und den Abbau der Anlage in der ersten Abbauphase gemäß § 7 Absatz 3 AtG bei der Genehmigungsbehörde, der am 24.03.2020 ergänzt wurde. Es sind zwei Abbauphasen vorgesehen. Der Beginn der Abbauphase eins ist mit Brennelementen auf der Anlage geplant.

Am 08.12.2017 wurde ein Genehmigungsantrag nach § 7 StrlSchV zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und Reststoffen in einer neu zu errichtenden Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR) gestellt. Für beide Vorhaben fand im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung am 29.01.2019 ein Scoping-Termin statt. Die Auslegung der Unterlagen erfolgte vom 15.06. bis zum 17.08.2020. Der Erörterungstermin wurde als Online-Konsultation im Zeitraum 15.02. bis 15.05.2021 durchgeführt.

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Brokdorf wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Brokdorf (BZF)). Am 07.07.2022 erteilte das BASE die Genehmigung zur Erweiterung des baulichen Schutzes des BZF.

2.3 Kernkraftwerke in Stilllegung

In der Bundesrepublik Deutschland befanden sich im Berichtsjahr 27 Kernkraftwerksblöcke in Stilllegung (siehe Tabelle I.5 im Anhang I). Der Thorium-Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop ist die letzte deutsche Kernkraftwerksanlage im sicheren Einschluss. Die anderen Kernkraftwerke werden weiterhin mit dem Ziel der Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung zurückgebaut.

Baden-Württemberg

Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 1 (GKN 1)

Das Kernkraftwerk Neckarwestheim 1 ist ein Druckwasserreaktor (DWR) und wurde 1976 mit einer Leistung von 855 MW_e in Betrieb genommen. Die elektrische Reaktorleistung betrug zuletzt 840 MW_e. Die Anlage wurde auf Anordnung der Bundesregierung am 16.03.2011 abgefahren. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb ist mit Änderung des Atomgesetzes zum 06.08.2011 erloschen (siehe Kapitel 1.2.1). Die Brennelemente wurden in den Block 2 transportiert. Der letzte Transport fand im April 2018 statt. Seitdem ist die Anlage brennelement- und brennstabfrei.

Die erste Stilllegungs- und Abbaugenehmigung wurde am 24.04.2013 beantragt und am 03.02.2017 erteilt. Seitdem wurden die inneren Einbauten des Reaktordruckbehälters demontiert und zerlegt. Die Rückbauarbeiten im Maschinenhaus haben begonnen. Die zweite Abbaugenehmigung wurde mit Schreiben vom 21.12.2017 beantragt und am 12.12.2019 erteilt. Sie umfasst u. a. den Abbau des Unterteils des Reaktordruckbehälters, des biologischen Schildes, des Brennelementlagerbeckens und Teilen des Reaktorsicherheitsbehälters. Im August 2021 wurde mit der Zerlegung des Reaktordruckbehälters begonnen. Diese konnte zu Beginn des Jahres 2022 abgeschlossen werden.

Ergänzende Informationen zum Standort siehe Neckarwestheim 2 im Kapitel 2.1.1 Anlagen- und Genehmigungsstatus.

Kernkraftwerk Philippsburg Block 1 (KKP 1)

Das Kernkraftwerk Philippsburg 1 gehört wie Isar 1, Brunsbüttel und Krümmel zu den Siedewasserreaktoren (SWR) der Baureihe 69 und wurde 1979 mit einer Leistung von 900 MW_e in Betrieb genommen. Die mit Abschaltung des Reaktors im Jahr 2011 gültige elektrische Leistung betrug 926 MW_e. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb ist mit Änderung des Atomgesetzes zum 06.08.2011 erloschen (siehe Kapitel 1.2.1). Alle Brennelemente und Brennstäbe wurden bis Ende 2016 in das Standortzwischenlager KKP verbracht. Das KKP 1 ist seitdem brennelement- und brennstabfrei. Am 14.05.2020 wurden die Kühltürme von den Kernkraftwerken KKP 1 und KKP 2 gesprengt. Auf der freigewordenen Fläche soll ein Gleichstrom-Umspannwerk (Konverter) gebaut werden.

Am 24.04.2013 wurde ein Antrag gemäß § 7 Absatz 3 AtG auf Erteilung einer 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung gestellt und am 07.04.2017 erteilt. Mit dem Rückbau wurde begonnen. Die zweite Abbaugenehmigung wurde mit Schreiben vom 21.12.2017 beantragt und am 31.07.2020 genehmigt. Antragsgegenstände der zweiten Genehmigung sind u. a. der Abbau des biologischen Schildes, des Brennelementlagerbeckens, des Reaktorbeckens und des Flutraums im Reaktorgebäude.

Das am 17.12.2018 nach Strahlenschutzverordnung genehmigte, neu errichtete Abfall-Zwischenlager Philippsburg (AZP) wurde mit der Inbetriebnahme am 14.04.2020 gemäß Entsorgungsübergangsgesetz an die BGZ mbH übergeben. Das ebenfalls am 17.12.2018 nach § 7 Strahlenschutzverordnung genehmigte Reststoffbearbeitungszentrum (RBZ-P) am Standort Philippsburg wurde am 08.03.2021 in Betrieb genommen. Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Philippsburg wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg (BZP)).

Kernkraftwerk Philippsburg Block 2 (KKP 2)

Beim Kernkraftwerk Philippsburg 2 handelt es sich um einen Druckwasserreaktor (Vor-Konvoi-Anlage). Die Anlage war im Jahre 1984 mit einer Leistung von 1.349 MW_e in Betrieb gegangen. Durch mehrere thermische und elektrische Leistungserhöhungen wurde die elektrische Leistung der Anlage sukzessive auf einen Wert von 1.468 MW_e erhöht. Die Erlaubnis zum Betrieb des Kernkraftwerkes erlosch gemäß § 7 Absatz 1a AtG mit dem 31.12.2019.

Am 18.07.2016 beantragte die EnKK die Stilllegung und den Abbau des KKP 2 nach § 7 Absatz 3 AtG und aktualisierte mit Schreiben vom 15.05.2017 den Antrag. Die erste Stilllegungs- und Abbaugenehmigung wurde am 17.12.2019 erteilt. Der Reaktordruckbehälter wurde im Januar 2020 entladen, die Brennelemente ins Brennelementlagerbecken verbracht. Am 14.05.2020 wurden die Kühltürme des Kernkraftwerkes Philippsburg (Blöcke 1 und 2) gesprengt. Im Zeitraum Juni bis Juli 2020 erfolgte eine Primärkreisdekontamination.

Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR)

Der Mehrzweckforschungsreaktor mit einem 57 MW_e schwerwassermoderierten Druckkesselreaktor wurde von 1965 bis 1984 betrieben. Neben der Stromerzeugung diente er durch die Kraft-Wärme-Kopplung auch der Wärmeversorgung des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Nach seiner endgültigen Abschaltung wurde der unmittelbare und vollständige Rückbau der Anlage beschlossen. Die abgebrannten Brennelemente wurden in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) aufgearbeitet. Der Rückbau erfolgt seither in jeweils gesondert atomrechtlich genehmigten Teilschritten (Teilstilllegungsgenehmigungen).

Mit der 8. Stilllegungsgenehmigung vom 31.01.2007 wurde der Rückbau des aktivierten Teils des biologischen Schildes, der Rückbau aller Systeme und Einrichtungen, die Dekontamination und der Abriss aller Gebäudestrukturen gestattet. Mit dem Abriss des aktivierten Betons des biologischen Schildes 2011 endete der fernbediente Rückbau am MZFR. Die Vorbereitungen zum Abriss des sogenannten D₂O-Turmes, des Filterhauses sowie des Hilfsanlagengebäudes wurden im November 2020 begonnen, dazu gehören die Beseitigung von Restkontaminationen, radiologische Voruntersuchungen sowie Freigabemessungen. Nach Abschluss dieser Vorbereitungen wurde im März 2021 mit den Abrissarbeiten begonnen. Zur Vorbereitung des geplanten Abrisses des Reaktorgebäudes wird dieses an der stehenden Struktur dekontaminiert und freigemessen und im Inneren werden Betonstrukturen abgebaut.

Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)

Das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO), ein 357 MW_e leistender Druckwasserreaktor wurde am 22.09.1968 erstmals kritisch und nahm 1969 seinen Leistungsbetrieb auf. Nach 36 Betriebsjahren wurde das KWO am 11.05.2005 aufgrund des Erlöschens der Berechtigung zum Leistungsbetrieb gemäß § 7 Absatz 1a AtG endgültig abgeschaltet.

Der Rückbau soll in insgesamt vier unabhängigen Genehmigungsschritten erfolgen. Der Kernbrennstoff wurde aus dem Kern entfernt. Die Brennelemente wurden in 15 CASTOR[®]-Behälter im Zeitraum vom 27.06. bis 19.12.2017 in das Standortzwischenlager Neckarwestheim verbracht. Seitdem ist die Anlage brennelement- und brennstofffrei.

Die erste Stilllegungs- und Abbaugenehmigung zur endgültigen und dauerhaften Betriebseinstellung wurde am 28.08.2008 erteilt. Die 2. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, erteilt am 24.10.2011, regelt unter anderem den Abbau von Anlagenteilen und zugeordneten Hilfssystemen im Kontrollbereich (u. a. Reaktorkühlsystem und Dampferzeuger) und das Betriebsreglement für die Fortführung des Stilllegungsbetriebes.

Am 30.04.2013 wurde die 3. Abbaugenehmigung für den Abbau des Reaktordruckbehälter-Unterteils, der Reaktordruckbehälter-Einbauten, des biologischen Schildes und einzelner baulicher Anlagenteile im Reaktorgebäude erteilt. Der Abbau der Reaktordruckbehälter-Einbauten ist abgeschlossen. Das Reaktorbehälter-Unterteil wurde zerlegt. Im Berichtszeitraum wurden weitere Arbeiten zum Abbau der Betonstrukturen innerhalb des Reaktorgebäudes durchgeführt. Das Reaktorbecken und das biologische Schild wurden komplett demontiert und verpackt. Auch das Brennelementlagerbecken wurde demontiert.

Am 03.11.2015 wurde der vierte und letzte Abbauschritt beantragt und am 14.05.2018 genehmigt. Gegenstand der Genehmigung ist der Abbau von restlichen baulichen, maschinen- und elektrotechnischen Anlagenteilen, die

Bearbeitung der dabei anfallenden Reststoffe sowie die Behandlung der dabei anfallenden radioaktiven Abfälle. Im Rahmen dieser Genehmigung läuft derzeit die Gebäudedekontamination im Reaktorgebäude, Reaktorhilfsgebäude und Notstandsgebäude.

Zum 01.01.2020 wurde das Standort-Abfalllager Obrigheim, jetzt Abfall-Zwischenlager Obrigheim (AZO), gemäß Entsorgungsübergangsgesetz an die BGZ mbH übergeben.

Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNK II)

Das Versuchskraftwerk KNK II diente der Entwicklung der Brütertechnologie. Die Anlage enthielt einen 21 MW_e natriumgekühlten schnellen Brutreaktor und wurde 1977 in Betrieb genommen. Der Reaktor wurde nach Abschluss des Versuchsprogramms am 23.08.1991 endgültig abgeschaltet.

Das Stilllegungskonzept sieht einen Rückbau der Anlage in zehn Schritten vor. Die erste Genehmigung für die Stilllegung der Anlage wurde am 26.08.1993 erteilt. Seit dem 26.05.1994 ist die Anlage frei von Kernbrennstoff; dieser wurde zunächst nach Cadarache (F) abtransportiert und lagert nun im Zwischenlager Nord.

Nachdem der Ausbau der Primärabschirmung im Rahmen der 9. Stilllegungsgenehmigung beendet war, wurde der Abbau des biologischen Schildes vorbereitet. Die vorhandene Einhausung wurde abgebaut und durch einen Demontage-Caisson (Schutzeinhausung) ersetzt. Dieser dient zur Lüftungstechnischen Trennung zwischen Reaktorgebäude und Reaktorschacht. Mit den Arbeiten zum Abbau des biologischen Schildes wurde in 2019 begonnen.

Am 15.07.2021 wurde die 10. Stilllegungsgenehmigung erteilt. Der genehmigte Umfang stellt den letzten Schritt zum vollständigen Abbau der Anlage dar. Neben dem Abbau von noch verbliebenen Einrichtungen umfasst die Genehmigung auch den Abriss aller Gebäude.

Laut Angabe der Betreiberin ist das Stilllegungsziel die vollständige Entlassung der Anlage aus dem Atomgesetz.

Bayern

Kernkraftwerk Gundremmingen Block A (KRB A)

Die Anlage Gundremmingen A (SWR) ging mit einer Leistung von 250 MW_e im August 1966 in Betrieb. Charakteristisch für diese Anlage war eine reaktorinterne Wasser-Dampf-Abscheide- und Dampftrocknungsanlage, die erstmalig in einem SWR eingesetzt wurde. Nach einem Störfall im Jahre 1977 entschied sich die Betreiberin 1980, die Anlage aus wirtschaftlichen Gründen nicht wieder instand zu setzen, sondern endgültig abzuschalten. Die letzten Brennelemente wurden bis 1989 aus der Anlage entfernt und zur Wiederaufarbeitung gebracht. Die Genehmigung zur Stilllegung nach § 7 Absatz 3 Atomgesetz wurde am 26.05.1983 erteilt. Es erfolgt der vollständige Rückbau der Anlage in drei Phasen auf der Grundlage der vorliegenden atomrechtlichen Genehmigungen. Der Rückbau ist weit fortgeschritten. Die nicht mehr benötigten Systeme und Komponenten im Maschinenhaus und Reaktorgebäude sind abgebaut. Das Reaktorgebäude ist dekontaminiert, aber noch nicht aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen.

Das ehemalige Technikgebäude (ohne Reaktorgebäude) des Blockes A wird seit 01.01.2015 als Technologiezentrum genutzt. Dort werden Dekontaminationsarbeiten und Abfallbehandlungsarbeiten für die Blöcke KRB II B und KRB II C durchgeführt.

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Gundremmingen wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Gundremmingen (BZM)).

Am 13.11.2020 ist die Verschmelzung der Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH auf die RWE Nuclear GmbH wirksam geworden. Somit ist die RWE Nuclear GmbH die alleinige Genehmigungsinhaberin der atomrechtlichen Genehmigungen des Kernkraftwerkes Gundremmingen.

Kernkraftwerk Gundremmingen Blöcke B (KRB II B) und C (KRB II C)

Das Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB II) war als Doppelblockanlage mit baugleichen Blöcken KRB II B und KRB II C ausgelegt. In beiden Blöcken arbeiteten Siedewasserreaktoren (SWR) der Baureihe 72, die 1984 bzw. 1985 jeweils mit einer Leistung von 1.310 MW_e in Betrieb genommen wurden. Aufgrund mehrerer elektrischer Leistungserhöhungen betrug die Reaktorleistung des Blockes B zuletzt 1.344 MW_e.

Am 11.12.2014 wurde von der Betreiberin der Abbau von Anlagenteilen in Block B beantragt. Am 31.12.2017 wurde das KRB II B gemäß Atomgesetz dauerhaft abgeschaltet. Der Reaktor wurde entladen. Die Brennelemente

befinden sich im Brennelementlagerbecken und werden sukzessive in das Standortzwischenlager, jetzt Brennelemente-Zwischenlager Gundremmingen (BZM), verbracht. Am 19.03.2019 wurde die erste Genehmigung auf Stilllegung und Abbau des Kernkraftwerks Gundremmingen, Phase 1, erteilt. Seitdem wird das KRB II B rückgebaut.

Der Block C des Doppelblockkraftwerkes KRB II ging 1985 mit einer elektrischen Leistung von 1.310 MWe in Betrieb. Durch stufenweise technische Modernisierungen wurde zuletzt eine Leistung von 1.344 MWe erreicht. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb des Kernkraftwerkes erlosch gemäß § 7 Absatz 1a AtG mit dem 31.12.2021. Das Kernkraftwerk Gundremmingen wurde an diesem Tag endgültig abgeschaltet.

Der Rückbau des KRB II ist in drei Phasen geplant. Alle Teilvorhaben werden gesondert beantragt und genehmigt. Eine erste Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage KRB II, 1. Teilschritt, wurde am 19.03.2019 erteilt. Die erste Phase beinhaltet den Abbau des KRB II Block B. Im 2. Teilschritt ist dann der Abbau des Blockes C vorgesehen. Eine zweite Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des KRB II Block C wurde am 26.05.2021 erteilt. Seit dem Jahr 2022 befindet sich Block C im Rückbau. Nach Erreichen der Kernbrennstofffreiheit können dann im dritten und letzten Teilschritt die restlichen Systeme und Anlagenteile sukzessive zurückgebaut werden. Diese dritte Genehmigung wurde am 07.07.2022 beantragt.

Ergänzende Informationen zum Standort und zur Betreiberin siehe Kernkraftwerk Gundremmingen Block A im gleichen Abschnitt.

Kernkraftwerk Isar Block 1 (KKI 1)

Das Kernkraftwerk Isar 1 gehört zu den SWR der Baureihe 69 und wurde 1977 mit einer elektrischen Leistung von 907 MWe in Betrieb genommen. Die zuletzt gültige elektrische Reaktorleistung betrug 912 MWe. Seit dem 17.03.2011 ist das KKI 1 dauerhaft abgeschaltet. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb ist mit Änderung des Atomgesetzes zum 06.08.2011 erloschen (siehe Kapitel 1.2.1). Im April 2020 wurde der letzte mit Brennelementen beladene CASTOR®-Behälter in das Standortzwischenlager Isar gebracht. Seit Oktober 2020 ist das Kernkraftwerk Isar 1 brennelement- und brennstabfrei. Der letzte defekte Brennstab wurde in das Brennelementlagerbecken des Kernkraftwerkes Isar 2 gebracht.

Am 04.05.2012 wurde ein Antrag gemäß § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Anlage KKI 1 gestellt. Am 17.01.2017 wurde die erste Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für das Kernkraftwerk Isar Block 1 erteilt (Phase 1). Die Genehmigung wurde beklagt. Die Klage des BUND Naturschutz in Bayern e.V. vom 08.02.2017 gegen die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung wurde vom 22. Senat des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs mit Urteil vom 20.12.2018 abgewiesen. Das Bundesverwaltungsgericht hat am 21.01.2021 auch die eingelegte Revision zurückgewiesen. Damit ist die erste Stilllegungs- und Abbaugenehmigung bestandskräftig.

Am 31.01.2020 wurde ein Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG zum weiteren Abbau der Anlage, Phase 2 (2. Stilllegungsgenehmigung) gestellt. Gegenstand des Antrags sind der Abbau des Reaktordruckbehälters, des biologischen Schildes sowie zum Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen aus dem Kernkraftwerk Isar 2 in den Einrichtungen der Reststoffbearbeitung und auf Pufferlagerflächen. Die Abbauphasen 1 und 2 sollen parallel erfolgen.

Weitere Informationen zum Standort siehe Isar 2 im Kapitel 2.1.2 „Anlagen- und Genehmigungsstatus“.

Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld ist ein DWR (Vor-Konvoi-Anlage) und wurde 1981 mit einer Leistung von 1.299 MWe in Betrieb genommen. Die Reaktorleistung lag zuletzt bei 1.345 MWe und ergab sich durch zwei elektrische Leistungserhöhungen. Am 15.12.2020 wurde der letzte beladene CASTOR®-Behälter in das Standortzwischenlagergebracht. Die Anlage ist seit Dezember 2020 brennelement- und brennstabfrei.

Am 28.03.2014 wurde ein Antrag zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage gestellt. Die Anlage wurde am 27.06.2015 von der Betreiberin vom Netz genommen. Die erste Stilllegungsgenehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG wurde am 11.04.2018 erteilt. Der BUND Naturschutz in Bayern e. V. hat am 04.06.2018 Klage gegen diese Genehmigung erhoben. Das Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Bayern hat dazu im Juli 2019 seine Stellungnahme abgegeben.

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld befindet sich in der ersten von zwei Abbauphasen. Am 17. Dezember 2019 hat die PreussenElektra GmbH einen Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG zum weiteren Abbau des KKG, Phase 2 (2. Abbaugenehmigung) gestellt. Der Antrag umfasst den Abbau des Reaktordruckbehälters und den Abbau des biologischen Schildes. Die Abbauphasen sollen in parallellaufenden Abbauphasen erfolgen.

Die von der PreussenElektra GmbH errichtete Bereitstellungshalle für schwach- bis mittelradioaktive Reststoffe wurde am 03.05.2021 betriebsbereit an die BGZ mbH übergeben und wird von der BGZ mbH seit Mitte 2021 als Abfall-Zwischenlager (AZR) betrieben.

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Grafenrheinfeld wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager (BZR)).

Brandenburg

Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR)

Das Kernkraftwerk Rheinsberg mit einer Leistung von 70 MW_e (Reaktortyp WWER) ging 1966 in Betrieb. Es diente der eigenständigen Reaktorentwicklung der DDR. Die erzeugte elektrische Energie wurde an das Landesnetz abgegeben. Die Anlage wurde nach 24 Jahren Betrieb 1990 endgültig abgeschaltet. Der Standort ist seit dem 09.05.2001 frei von Kernbrennstoffen; die Brennelemente wurden in das Zwischenlager Nord (ZLN) gebracht. Es ist der vollständige Rückbau der Anlage vorgesehen. Die erste Stilllegungsgenehmigung wurde am 28.04.1995 erteilt. Die Stilllegungsarbeiten werden sukzessive in Teilschritten mit entsprechenden Genehmigungen durchgeführt.

Am 30.10.2007 erfolgte der Transport des Reaktordruckbehälters ins Zwischenlager Nord (ZLN) bei Greifswald. Dadurch ist das Aktivitätsinventar der Anlage erheblich gesunken.

Am 03.07.2013 stellte die Betreiberin einen Antrag auf Erteilung einer Änderungsgenehmigung zur Genehmigung I/95 zur Stilllegung und Teilabbau des KKR gemäß § 7 AtG. Dieser beschäftigte sich mit dem Konzept der Langzeitverwahrung. Mit Schreiben vom 22.09.2015 hat die Betreiberin den Antrag zurückgezogen. Ein überarbeitetes Konzept zum weiteren Rückbau des KKR wurde am 27.08.2015 bei der Genehmigungsbehörde vorgestellt. Die „Konzeption zur weiteren Vorgehensweise“ legte die EWN mit Schreiben vom 13.01.2016 vor. Im Februar 2022 stellte die Betreiberin den Antrag auf Genehmigung gemäß § 7 Abs. 3 AtG zum Rückbau von Gebäuden und Gebäudestrukturen des KKR. Derzeit wird das Entkernen von Räumen des Reaktorgebäudes und des Gebäudes der Speziellen Wasseraufbereitung sowie der angeschlossenen Außenbehälteranlage umgesetzt.

Die Stilllegung des Kernkraftwerks Rheinsberg umfasst auch das Aktive Lager für feste und flüssige radioaktive Reststoffe (ALfR). Dort finden Abbrucharbeiten an den Reststrukturen der Behälteranlage und angrenzender Räume in einer Schutzeinhausung statt. Es wurde ein Antrag auf Bergung kontaminierten Erdreichs im Grundwasserbereich gestellt.

Hessen

Kernkraftwerk Biblis - Blöcke A (KWB A) und B (KWB B)

Die Anlagen Biblis A und B zählen zu den acht Kernkraftwerken die aufgrund der Änderung des Atomgesetzes im Jahr 2011 ihren Leistungsbetrieb endgültig einstellen mussten (siehe Kapitel 1.2.1).

Biblis A mit einem DWR wurde 1974 mit einer Leistung von 1.204 MW_e in Betrieb genommen. Die zuletzt gültige elektrische Reaktorleistung betrug 1.225 MW_e. Das Kernkraftwerk Biblis wurde als Doppelblockanlage konzipiert. Block B, ebenfalls ein DWR, nahm seinen Betrieb 1976 mit einer elektrischen Leistung von 1.300 MW_e auf. Diese Leistung war auch die zuletzt gültige. Block A ist seit November 2016 frei von Brennelementen und Brennstäben. Die Brennelement- und Brennstabfreiheit in Biblis B wurde Anfang Juni 2019 erreicht.

Am 06.08.2012 wurden atomrechtliche Anträge nach § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Blöcke A und B des Kernkraftwerks Biblis gestellt. Am 30.03.2017 wurden die ersten Stilllegungs- und Abbaugenehmigungen für das Kernkraftwerk Biblis Blöcke A und B erteilt. Der BUND Hessen e.V. hat die Genehmigung für Block A beklagt. Am 28.04.2020 wurde die zweite Abbaugenehmigung für Block A und am 15.07.2020 für Block B erteilt. Gegenstand der Genehmigungen sind unter anderem der Abbau des Reaktordruckbehälters, des biologischen Schildes sowie der Abbau von Einrichtungen zur Umschließung der äußeren Sicherheitsbereiche.

Der Ausbau der vier Dampferzeuger und der Flutbehälter von Block A ist weit fortgeschritten. Es ist geplant die Dampferzeuger vor Ort teilzuerlegen. Später sollen diese von der EWN GmbH am Standort Lubmin weiterzerlegt werden. Schwerpunkt der laufenden Rückbautätigkeiten ist die Schaffung der Abbau-Infrastruktur. In Block B wurde damit begonnen, die Einbauten des RDB und des Brennelementlagerbeckens zu demontieren. Die Behandlung der abgebauten Materialien soll im Block A stattfinden. Zur vorübergehenden Zwischenlagerung der beim Rückbau anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Reststoffe am Kraftwerksstandort wurde am 05.04.2016 die Genehmigung nach § 7 StrlSchV für das Lager für radioaktive Abfälle und Reststoffe aus Betrieb und Stilllegung

des KWB (LAW-Lager 2) erteilt. Die beiden Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle sind zum Jahresbeginn 2020 an die BGZ mbH übergegangen (neu: Abfall-Zwischenlager Biblis 1 und 2 (AZB 1 und AZB 2)).

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Biblis wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Biblis (BZB)).

Mecklenburg-Vorpommern

Kernkraftwerk Greifswald (KGR), Blöcke 1 bis 5

Der Bau des Kernkraftwerkes Greifswald ging auf die Entscheidung der Regierung der ehemaligen DDR von 1955 zurück, Kernenergie zur Elektroenergieerzeugung zu nutzen. Von den acht DWR-Blöcken des KGR mit je 440 MW_e des russischen Typs WWER (Reaktor W-230 und W-213) ging Block 1 im Jahre 1973 in Betrieb. Die Inbetriebnahme der Blöcke 2 bis 4 folgte in den Jahren 1974, 1977 und 1979. Die Blöcke 1 bis 4 wurden 1990 nach einer Sicherheitsbeurteilung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) und des Staatlichen Amtes für Atomicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der ehemaligen DDR abgeschaltet. Weiterhin wurde entschieden, auch Block 5 stillzulegen, der 1989 erstmals kritisch und dessen Inbetriebnahme noch von der damaligen Aufsichtsbehörde SAAS unterbrochen wurde. Durch die Doppelblockbauweise ist Block 5 mit Block 6 verbunden. Die Blöcke 6 bis 8 waren zum damaligen Zeitpunkt noch im Bau (siehe auch Kapitel 2.5).

Seit dem 22.05.2006 ist das Kernkraftwerk Greifswald frei von Kernbrennstoffen.

Die erste Stilllegungsgenehmigung zur Stilllegung der Gesamtanlage und zum Abbau von Anlagenteilen (Go1) wurde am 30.06.1995 nach § 7 Absatz 3 AtG erteilt. Seitdem sind weitere Genehmigungen und Änderungsgenehmigungen zur Stilllegung und zum Rückbau erteilt worden. Der Antrag GA 08.5 (Abbruch/Abriss der baulichen Anlagen des Spezialgebäudes Nord I einschließlich der Verbindungsbrücke zum Apparatehaus Nord I) vom 29.11.2013 befindet sich weiter in Bearbeitung. EWN erstellt hierzu eine Abbruchstrategie, da eine Freigabe an der stehenden Struktur nicht in allen Bereichen möglich ist. Am 08.07.2016 wurde von der EWN GmbH ein Antrag gemäß § 7 Absatz 1 und 3 AtG auf Änderung der Genehmigung Go1 sowie zum Rückbau/Abbau Abluftkamin Nord II einschließlich Luftkanal Spezialgebäude 2 – Kamin gestellt. Die Genehmigung wurde am 09.05.2018 erteilt. Der Abbruch des Kamins ist abgeschlossen. Mit Schreiben vom 05.06.2018 wurde ein weiterer Antrag auf Erteilung einer Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbruch/Abriss der baulichen Anlagen des Spezialgebäudes Nord II einschließlich der Verbindungsbrücke zum Apparatehaus Nord II und der Abfüllstation /Rotationsdünnenschichtverdampferanlage (GA08.7) gestellt.

Mit Schreiben vom 28.09.2018 hat die EWN die Genehmigung zum Bau und Betrieb einer Zerlegehalle nach § 12 Strahlenschutzgesetz beantragt. In der künftigen Zerlegehalle sollen Großkomponenten aus dem Rückbau der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg endlagergerecht zerlegt und verpackt werden. Die Baugenehmigung wurde am 22.06.2020 erteilt, mit der Errichtung wurde begonnen.

Mit Schreiben vom 29.05.2019 wurde von der EWN beim BASE ein Antrag gemäß § 6 AtG zur Aufbewahrung von Lagerbehältern im neu zu errichtenden Ersatztransportbehälterlager (ESTRAL) gestellt, in das zurzeit im ZLN lagernde Transport- und Lagerbehälter verschiedener Bauart eingelagert werden sollen (siehe Kapitel 4.3.3). Der Erörterungstermin fand vom 01.11. bis 02.11.2022 in Greifswald statt.

Niedersachsen

Kernkraftwerk Stade (KKS)

Das Kernkraftwerk Stade, ein DWR mit einer Leistung von 672 MW_e, war von 1972 bis 2003 in Betrieb. Die endgültige Abschaltung erfolgte am 14.11.2003. Die damalige Betreiberin E.ON, jetzt PreussenElektra, beantragte mit Schreiben vom 23.07.2001 den direkten Rückbau der Anlage. Die Brennelemente wurden Ende April 2005 zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich abtransportiert.

Der Rückbau ist in fünf Phasen vorgesehen. Zuletzt wurde am 04.02.2011 die Phase 4 genehmigt, welche den weiteren Abbau der Anlage und Maßnahmen zur Freigabe von Gebäuden und Bodenflächen beinhaltet. Das atomrechtliche Genehmigungsverfahren für Stilllegung und Abbau ist mit der Genehmigung von Phase 4 abgeschlossen. Phase 5 beinhaltet den konventionellen Abbau der Gebäude.

Alle Systeme und Komponenten des Leistungsbetriebs wurden aus dem Kontrollbereich entfernt. Im Berichtsjahr fanden Abbau- und Entsorgungsmaßnahmen statt. Die Abbrucharbeiten im Bereich des Kalottenbodens wurden fortgesetzt.

Im Rahmen der Abbautätigkeiten wurde im Januar 2014 am Boden des Containments eine Kontamination festgestellt. Es wird davon ausgegangen, dass es sich dabei um eine Kontamination aus der Leistungsbetriebsphase handelt. Der Befund führt dazu, dass der entsprechende Betonbereich nicht durch eine Freimessung an der stehenden Gebäudestruktur nach Grobdekontamination freigegeben werden kann, sondern abgebaut werden muss.

Kernkraftwerk Lingen (KWL)

Das Kernkraftwerk Lingen, ein SWR mit einer Leistung von 252 MW_e, wurde 1968 in Betrieb genommen. Nach 9 Jahren Leistungsbetrieb wurde die Anlage wegen Schäden an den Dampfumformern im Januar 1977 zum Einbau neuer Dampfumformer abgeschaltet. Es wurden weitere schwere Schäden festgestellt, so dass die Betreiberin im März 1979 entschied, den Nuklearteil stillzulegen und die vorhandene Dampfturbine mit einer neu zu installierenden, erdgasgefeuerten Hochtemperatur-Gasturbine zu nutzen. Auf der Grundlage der Genehmigung vom 21.11.1985 wurde ab 1988 die Anlage im sicheren Einschluss (SE) betrieben. Die Brennelemente wurden vor Beginn des SE nach Sellafield (GB) transportiert. Die Überwachung des SE erfolgte vom benachbarten Kernkraftwerk Emsland.

Im Dezember 2007 gab die Kernkraftwerk Lingen GmbH bekannt, dass sie den Antrag auf Fortführung des sicheren Einschlusses zurückzieht. Am 15.12.2008 wurde von der Betreiberin ein Antrag auf Abbau der Anlage nach § 7 Absatz 3 AtG gestellt. Der Abbau der verbliebenen Anlage soll in drei Teilprojekten erfolgen. Am 21.12.2015 wurde die Genehmigung für den ersten Genehmigungsschritt (Teilprojekt 1) zum Abbau des Kernkraftwerkes Lingen erteilt. Dieser umfasst den Abbau aller nicht kontaminierten und kontaminierten Anlagenteile, sofern diese für den weiteren Abbaubetrieb und den weiteren Abbau nicht erforderlich sind. Der zweite Genehmigungsschritt (Teilprojekt 2) beinhaltet den Abbau des Reaktordruckgefäßes mit seinen Einbauten, des biologischen Schildes, den Restabbau, die Dekontamination und die Entlassung der Anlage aus der atomrechtlichen Überwachung. Die Genehmigung dazu wurde am 22.07.2021 erteilt. Das dritte Teilprojekt umfasst den konventionellen Gebäudeabriss. Im Herbst 2021 wurde der Ausbau der beiden Dampfumformer als Ganzes durchgeführt. Der Abbau des Reaktordruckbehälters wird vorbereitet.

Kernkraftwerk Unterweser (KKU)

Das Kernkraftwerk Unterweser ging 1978 mit einer Leistung von 1.300 MW_e in Betrieb. Es ist ein Kernkraftwerk mit DWR. Zuletzt betrug die elektrische Reaktorleistung 1.410 MW_e. Mit der 13. Novelle zur Änderung des Atomgesetzes erlosch der Leistungsbetrieb zum 06.08.2011 (siehe Kapitel 1.2.1).

Die Brennelemente wurden aus dem Reaktorkern entfernt und sind in das Standortzwischenlager eingelagert worden. Die Sonderbrennstäbe wurden in CASTOR®-Behälter verpackt und ebenfalls ins Zwischenlager verbracht. Das Kernkraftwerk Unterweser ist seit dem 21.02.2019 frei von Brennelementen und Brennstäben. Am 04.05.2012 wurde ein Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage KKU gestellt, der mit Schreiben vom 20.12.2013 dahingehend erweitert wurde, dass der Abbau des KKU mit noch in der Anlage vorhandenen Brennelementen beginnen soll. Am 05.02.2018 wurde der erste Genehmigungsbescheid (Bescheid I/2018) für das Kernkraftwerk Unterweser zur Stilllegung und zum Abbau (1. SAG) erteilt. Am 15.07.2021 wurde der Genehmigungsbescheid I/2021 für das Teilprojekt 2 des Abbaus (insbesondere Abbau der aktivierten Anlagenteile) erteilt. Damit liegen alle für den Abbau vorgesehenen atomrechtlichen Genehmigungsbescheide vor. Es erfolgen weiter Abbau- und Entsorgungsarbeiten, insbesondere vorbereitende Maßnahmen zum Ausbau der Dampfumformer als Ganzes.

Folgende Arbeiten konnten abgeschlossen werden: die Unterwasser-Zerlegung und die Verpackung der RDB-Einbauten sowie die Herstellung der „Wasserfreiheit“ im Brennelementlagerbecken und RDB. Mit der Segmentierung des RDB-Unterteils mittels Großbandsägensystem wurde begonnen.

Das Abfall-Zwischenlager Unterweser 2 ist im Juli 2020 in Betrieb genommen worden und gemäß Entsorgungsübergangsgesetz an die BGZ mbH übergeben worden (neu: Abfall-Zwischenlager Unterweser 2 (AZU 2)). Das AZU 1 ist bereits im Jahr 1981 in Betrieb genommen worden.

Das seit 2003 genehmigte Standortzwischenlager Unterweser wurde am 01.01.2019 an die BGZ mbH übergeben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Unterweser (BZU)).

Nordrhein-Westfalen

Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich (AVR)

Das AVR-Versuchskernkraftwerk war ein Versuchsreaktor, der ausschließlich in Deutschland entwickelt wurde. Mit einem 15 MW_e Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor (HTR) ging er 1966 in Betrieb und diente der in Deutschland begonnenen Entwicklung dieses Reaktortyps mit kugelförmigen Brennelementen aus Graphit, in denen sich uran- und thoriumhaltige „coated particles“ befinden. Der AVR wurde Ende 1988 endgültig abgeschaltet, als auch mit der

Stilllegung des Prototypreaktors THTR-300 (308 MW_e) in Hamm-Uentrop die Weiterentwicklung dieser Technologie in Deutschland nicht weiterverfolgt wurde. Während des Betriebs hat der AVR ca. 1.500 GWh elektrische Energie in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Am 09.03.1994 wurde die Genehmigung zur Stilllegung, Entladung des Reaktorkerns, des Abbaus von Anlagenteilen und des sicheren Einschlusses erteilt. Die Entladung der Kugelbrennelemente in das zentrale Zwischenlager auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich wurde, bis auf einen Rest von maximal 197 Stück, im Juni 1998 abgeschlossen. Die verbliebenen Kugelbrennelemente können bis zur Zerlegung des Reaktorbehälters nicht mit strahlenschutztechnisch und wirtschaftlich vertretbarem Aufwand geborgen werden.

Nach der Übernahme der damaligen AVR GmbH durch die EWN GmbH im Jahr 2003 entschloss sich die Betreiberin, das Konzept des Rückbaus zu ändern. Der sichere Einschluss wurde beendet und der direkte Abbau beantragt. Die Genehmigung zum vollständigen Abbau der Anlage wurde am 31.03.2009 erteilt. Der Reaktorbehälter wurde aus dem Reaktorgebäude entfernt und am 23.05.2015 in das am Standort errichtete Reaktorbehälter-Zwischenlager transportiert. Die Genehmigung zum Betrieb des Zwischenlagers wurde am 01.03.2010 erteilt. Dieses Lager dient ausschließlich zur Zwischenlagerung des AVR-Reaktorbehälters und ist auf eine Zwischenlagerung von 30 bis 60 Jahren ausgelegt.

Die Demontearbeiten von Komponenten des Primärkreises sind abgeschlossen. Die zur Vorbereitung der Betonabbrucharbeiten im Schutzbehälter notwendigen Dekontaminationsarbeiten sind ebenso abgeschlossen. Die Abbrucharbeiten der Einbauten des Schutzbehälters und der Schutzbehälterwand wurden im Berichtsjahr fortgesetzt, sie werden mehrere Jahre dauern. Der Abbruch erfolgt funkfern gesteuert mit einem Abbruchroboter.

Am 01.09.2015 wurde die Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN mbH) als Tochtergesellschaft der EWN GmbH gegründet. Diese umfasst nunmehr die Nuklearbereiche des Forschungszentrums Jülich sowie die Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor (AVR) GmbH.

Kernkraftwerk Würgassen (KWW)

Das Kernkraftwerk Würgassen, ein Siedewasserreaktor mit einer Leistung von 670 MW_e, war von 1971 bis 1994 in Betrieb. Aufgrund der 1994 bei einer planmäßigen Revision festgestellten Rissbefunde am Kernmantel des Reaktors entschied sich die Betreiberin, die Anlage endgültig abzuschalten. Seit Oktober 1996 ist die Anlage frei von Kernbrennstoffen; die Brennelemente wurden zur Wiederaufarbeitung nach La Hague (F) verbracht.

Die erste Stilllegungsgenehmigung erfolgte am 14.04.1997. Seither wurden weitere drei Stilllegungsgenehmigungen für die Anlage erteilt. Der nukleare Rückbau wurde im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Die Freimessungen im Außengelände wurden im Jahr 2016 abgeschlossen, der behördliche Freigabebescheid wurde im Dezember 2017 erteilt. Das Freigabeverfahren für das Kontrollbereichsgebäude wurde im Berichtsjahr weitergeführt. Auch der Zwischenlagerbetrieb für radioaktive Abfälle des 2007 in Betrieb genommenen Abfall-Zwischenlager Würgassen (AZW), in denen ausschließlich schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Rückbau und Betrieb der Anlage gelagert werden, wurde fortgesetzt. Die im umgebauten Gebäudes des Unabhängigen Notkühlsystems (UNS-Zwischenlager) lagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle sollen in den nächsten Jahren ausgelagert werden, da ein gemeinsamer Abriss aller Gebäude erst dann in Betracht kommt, wenn das UNS-Zwischenlager geräumt ist.

Thorium-Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop (THTR-300)

Der THTR-300, mit einem heliumgekühlten Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor (308 MW_e), ging 1983 in Betrieb. Im September 1989 wurde die endgültige Stilllegung der Anlage beschlossen, nachdem sie am 29.09.1988 zur planmäßigen Jahresrevision abgeschaltet worden war. Am 13.11.1989 unterzeichneten die Bundesregierung, das Land Nordrhein-Westfalen, die Betreibergesellschaft HKG und deren Gesellschafter einen Rahmenvertrag zur Restabwicklung des Projektes THTR-300. Die 1. Teilgenehmigung für die Stilllegung, das Entladen des Reaktorkerns und den Abbau von Anlagenteilen wurde am 22.10.1993 erteilt. Seit diesem Zeitpunkt wurden die Kugelbrennelemente aus dem Reaktorkern abgezogen und in CASTOR[®]-Behältern in das Brennelemente-Zwischenlager Ahaus (BZA) verbracht. Der Reaktorkern ist seit 1995 entladen. Am 21.05.1997 wurde die Genehmigung für den Betrieb des sicheren Einschlusses (Erhaltungsbetrieb) erteilt. Die Anlage befindet sich seit Oktober 1997 im sicheren Einschluss. Der nukleare Abbau ist ab dem Jahr 2030 vorgesehen.

Rheinland-Pfalz

Mülheim-Kärlich (KMK)

Das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich, ein DWR mit 1.302 MW_e, ging im März 1986 in Betrieb. Nachdem das BVerwG die erste Teilgenehmigung aufgehoben hatte, war es seit dem 09.09.1988 abgeschaltet.

Die RWE Power AG hatte mit Schreiben vom 21.06.2001 die Anträge nach § 7 AtG auf Erteilung der 1. Teilgenehmigung für die Errichtung und Betrieb des KMK, soweit sie nicht beschieden waren, und der Teilgenehmigung (Dauerbetrieb) zurückgezogen. Die bestrahlten Brennelemente wurden zur Wiederaufarbeitung nach La Hague (F) abtransportiert. Neue Brennelemente, die für die Nachladung des Reaktors bestimmt waren, wurden an den Hersteller in Belgien abgegeben.

Der Abbau der Anlage KMK erfolgt in drei unabhängigen Schritten. Schritt 1 beinhaltet die endgültige Stilllegung der Anlage. Im 2. Schritt soll u. a. der Abbau der Anlagen des Primärkreises erfolgen. Schritt 3 sieht u. a. die Freigabe der Gebäude und des Geländes aus der atomrechtlichen Aufsicht vor. Der Abriss der freigegebenen Gebäude soll dann nach baurechtlichen Vorschriften erfolgen.

Auf Grundlage der am 16.07.2004 erteilten Genehmigung für die Abbauphase 1a und der am 23.02.2006 erteilten Änderungsgenehmigung zur Genehmigung 1a wurden im Berichtsjahr die Abbaumaßnahmen fortgesetzt. Der Antrag für die Abbauphase 2b zum Abbau der zwei Dampferzeuger, des Reaktordruckbehälters mit seinen Kerneinbauten und der aktivierten Bereiche des biologischen Schildes wurde am 08.10.2015 positiv beschieden. Die Demontage der Dampferzeuger hat im Oktober 2018 begonnen und wurde im Januar 2021 beendet. Die ersten Montagearbeiten zur mehrstufigen Zerlegung des Reaktordruckbehälters haben begonnen. Neben dem Rückbau der Großkomponenten und zugehörigen vorlaufenden Arbeiten liegt der Fokus weiterhin auf vorbereitenden Tätigkeiten zur Gebäudefreimessung.

Der Bescheid vom 31.01.2014 gemäß § 7 Absatz 3 AtG regelt die Entlassung und Freigabe von Bodenflächen und der darauf befindlichen baulichen Anlagen (Genehmigung 3c). Auf der Basis der inzwischen vollzogenen Genehmigungen „3a Ost“ und „3b West“ erfolgte zwischenzeitlich die Verkleinerung des Anlagengeländes auf eine Größe von 6 ha. Diese Fläche ist für den weiteren Abbau der Restanlage erforderlich. Eine letzte atomrechtliche Genehmigung 3d soll die Freigabe der Gebäude des Kontrollbereiches und die Entlassung des Standortes aus der atomrechtlichen Überwachung regeln.

Schleswig-Holstein

Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)

Das Kernkraftwerk Brunsbüttel, die älteste SWR-Anlage der Baureihe 69, erhielt seine 1. Betriebsgenehmigung am 22.06.1976. Die Reaktorleistung von 806 MW_e wurde seit Inbetriebnahme nicht verändert.

Brunsbüttel ist eines der acht Kernkraftwerke in Deutschland, die aufgrund der Änderung des deutschen Atomgesetzes 2011 endgültig abgeschaltet wurden (siehe Kapitel 1.2.1). Die Anlage ist seit 18.02.2018 frei von Brennelementen und Brennstäben.

Die Genehmigung zum Antrag vom 01.11.2012 gemäß § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Anlage KKB wurde am 21.12.2018 durch das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung, Schleswig-Holstein erteilt. Erste Maßnahmen zum Abbau der Anlage wurden durchgeführt. Es wurde mit dem Rückbau des RDB begonnen, Einbauten und Rohrleitungen wurden entfernt. Die zweite Abbaugenehmigung (2. SAG) wurde am 08.06.2020 gemäß § 7 Absatz 3 AtG beantragt. Diese sieht den weiteren Abbau von Anlagenteilen des Kernkraftwerkes Brunsbüttel vor.

Am 05.05.2014 wurde ein Antrag nach § 7 StrlSchV zum Umgang mit radioaktiven Stoffen im neu zu errichtendem Lager für radioaktive Abfälle und Reststoffe (LasmA) gestellt. Der Baubeginn erfolgte am 06.09.2018 auf Basis einer Teilbaugenehmigung.

2.4 Kernkraftwerke aus dem Atomgesetz entlassen

In der Bundesrepublik Deutschland wurden bisher drei Kernkraftwerke vollständig abgebaut und aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Im Anhang I, Tabelle I.6 sind wesentliche Daten dieser Anlagen aufgeführt.

Bayern

Heißdampfreaktor Großwelzheim (HDR)

Der Heißdampfreaktor Großwelzheim mit 25 MW_e Leistung diente als Prototyp und Versuchsanlage der Entwicklung dieser Reaktorbaulinie und wurde 1969 in Betrieb genommen. Nach nur 1,5 Jahren Betrieb wurde er 1971 aufgrund von Deformationen an den Hüllrohren der neuartigen Siedeüberhitzer-Brennelemente endgültig abgeschaltet. Die abgebrannten Brennelemente wurden in der WAK wiederaufgearbeitet. Das Reaktorgebäude und die eingebauten Systeme wurden von 1974 bis 1991 für die Durchführung nichtnuklearer Untersuchungen des Verhaltens von Kernkraftwerksanlagen bei schweren Störfällen (u. a. Erdbeben) genutzt. Die Stilllegung des Reaktors wurde am 16.02.1983 genehmigt. Es wurde der vollständige Rückbau der Anlage durchgeführt.

Mitte Mai 1998 konnte die Anlage aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen werden. Die restlichen Abbauarbeiten konventioneller Art wurden bis Mitte Oktober 1998 abgeschlossen.

Kernkraftwerk Niederaichbach (KKN)

Das Kernkraftwerk Niederaichbach, ein Prototypkernkraftwerk mit 106 MW_e Leistung, zeichnete sich durch den Einsatz von Natururan und einen schwerwassermoderierten Druckröhrenreaktor mit CO₂-Gaskühlung aus. Durch das Druckröhrenprinzip sollten dickwandige, für LWR-Reaktoren erforderliche Druckgefäße vermieden werden und Reaktoren von nahezu beliebiger Baugröße einsetzbar sein.

Die Genehmigung zur Aufnahme des Betriebes wurde am 11.12.1972 erteilt. Am 17.12.1972 erreichte der Reaktor die erste Kritikalität. Technische Schwierigkeiten sowie die zu dieser Zeit bereits durchgesetzte Baulinie des Leichtwasserreaktors trugen zur Entscheidung des Eigentümers bei, den Reaktor endgültig abzuschalten. Die Entwicklung dieser Reaktorlinie wurde damit eingestellt. Mit der Abschaltung am 31.07.1974 war die Stilllegung des KKN beschlossen. Das Kernkraftwerk war somit 18,3 Volllasttage in Betrieb. Am 21.10.1975 wurde die Genehmigung zur Überführung der Anlage in den sicheren Einschluss und am 20.10.1981 die Genehmigung zum „sicheren Einschluss“ erteilt. Die Brennelemente wurden nach Frankreich zum CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives) verbracht. Der vollständige Abbau der Anlage wurde am 06.06.1986 genehmigt. Am 17.08.1995 war die Stilllegung des KKN beendet und das Kernkraftwerk aus dem Atomgesetz entlassen. Die Bodenplatten von Reaktor- und Gruftgebäude sind im Boden verblieben, da zur vollständigen Beseitigung eine Grundwasserabsenkung erforderlich gewesen wäre. Die übrigen Bodenplatten und unterirdische Rohrleitungen wurden entfernt. Dies war das erste Kernkraftwerk der Welt mit nennenswerter Leistung, dessen Stilllegung durch Übergabe des Standorts als "grüne Wiese" beendet wurde. Damit konnte in Deutschland erstmals die Machbarkeit sowohl der technischen Durchführung einer vollständigen Beseitigung als auch des zugehörigen atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens demonstriert werden.

Versuchsatomkraftwerk Kahl (VAK)

Das Versuchsatomkraftwerk Kahl mit einem 16 MW_e SWR war das erste Kernkraftwerk zur Elektroenergieerzeugung in Deutschland. Es ging 1960 in Betrieb. Im Jahr 1985 wurde die Anlage abgeschaltet, weil nach Angaben des Betreibers alle vorgesehenen wissenschaftlichen und betriebstechnischen Versuche abgeschlossen waren. Die erste Teilstilllegungsgenehmigung wurde mit Bescheid vom 05.05.1988 erteilt. Die Brennelemente wurden bis zum Jahr 1989 aus der Anlage entfernt und zur Wiederaufarbeitung nach Karlsruhe (WAK) verbracht. Bestrahlte MOX-Brennelemente, die sich in der WAK nicht wiederaufarbeiten ließen, wurden zur Lagerung und zum Verbleib in das Zentrale Lager für abgebrannte Brennelemente nach Schweden transportiert.

Die Entlassung der Gebäude und des Anlagengeländes aus der atomrechtlichen Überwachung ist am 17.05.2010 erfolgt. Die Rückbautätigkeiten im Rahmen des konventionellen Gesamtabrisses wurden am 24.09.2010 beendet.

2.5 Eingestellte Kernkraftwerksvorhaben

Nachfolgend sind Kernkraftwerksanlagen aufgelistet, die geplant waren, deren Fertigstellung aber nach Baubeginn eingestellt wurde. Tabelle I.7 im Anhang I gibt einen Überblick über diese Vorhaben.

Mecklenburg-Vorpommern

Kernkraftwerk Greifswald (KGR), Blöcke 6 bis 8

Im Kernkraftwerk Greifswald wurden die Bau- und Montagearbeiten an den Blöcken 6 bis 8 (440 MW_e DWR vom russischen Typ WWER, Reaktor W-213) im Jahre 1990 eingestellt.

Block 6 wird für Besucherrundgänge als technische Ausstellung zur Demonstration der Reaktortechnik genutzt. Das Maschinenhaus der Blöcke 5 bis 8 wurde komplett geräumt und wird industriell nachgenutzt (siehe auch Kapitel 2.3). Nicht kontaminierte Ausrüstungen der Blöcke 7 und 8 wurden in den Block 5 transportiert und dort zerlegt. Damit wurden Werkzeuge und Einrichtungen für das fernbediente Zerlegen von Reaktorkomponenten erprobt.

Nordrhein-Westfalen

Schneller natriumgekühlter Reaktor Kalkar (SNR 300)

Der SNR 300 mit einem 327 MW_e natriumgekühlten schnellen Brutreaktor wurde von 1973 bis 1991 errichtet, weitgehend fertig gestellt und die Inbetriebnahme vorbereitet. Noch vor der Beladung mit den bereits gefertigten Brennelementen wurde 1991 entschieden, die Anlage nicht in Betrieb zu nehmen. Die errichteten Systeme wurden in der Folgezeit abgebaut, verschrottet oder verkauft. Am 01.04.1996 wurde das Standortgelände per Eigentumsübertragung an die Kern-Wasser-Wunderland Freizeitpark GmbH übergeben und wird seither kommerziell genutzt. Die Brennelemente wurden zunächst vom BfS staatlich verwahrt und später zur Aufarbeitung nach Frankreich verbracht.

Sachsen-Anhalt

Kernkraftwerk Stendal

In der Nähe von Stendal war die Errichtung eines Kernkraftwerkes mit vier Blöcken geplant. Im Jahr 1979 wurde beschlossen, am Standort Druckwasserreaktoren des russischen Typs WWER mit je 1.000 MW_e zu bauen. Das ehemalige Staatliche Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR (SAAS) erteilte am 10.09.1982 die erste Erziehungsgenehmigung für zwei Blöcke. Die begonnenen Bau- und Montagearbeiten für die Blöcke A und B im Kernkraftwerk Stendal wurden nach mehrjährigen Verzögerungen 1990 eingestellt. Gebäude und Anlagen wurden zum Teil abgerissen bzw. werden anderweitig genutzt.

3 Forschungsreaktoren

Forschungsreaktoren sind kerntechnische Anlagen, die nicht der gewerblichen Stromerzeugung dienen. Sie werden in Forschungszentren und Universitäten u. a. für wissenschaftliche Experimente genutzt.

In der Bundesrepublik Deutschland sind insgesamt 46 Forschungsreaktoren zu betrachten. Davon sind gegenwärtig (Stand: 31.12.2022):

- 6 Forschungsreaktoren in Betrieb,
- 3 Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet
- 6 Forschungsreaktoren in Stilllegung und für
- 31 Forschungsreaktoren ist die Stilllegung beendet. Sie sind aus dem Atomgesetz (AtG) entlassen.

Die folgenden Kapitel enthalten Informationen zu deutschen Forschungsreaktoren gemäß ihres Betriebs- und Genehmigungszustandes. In den Tabellen im Anhang II sind die wichtigsten Fakten zu den deutschen Forschungsreaktoren aufgeführt. Einen Überblick über die noch bestehenden Standorte der Anlagen gibt die Abbildung II.

3.1 Forschungsreaktoren in Betrieb

In der Bundesrepublik Deutschland waren zum 31.12.2022 insgesamt sechs Forschungsreaktoren in Betrieb. Dazu zählen der FRM II ($P_{th} = 20$ MW), der FRMZ ($P_{th} = 100$ kW) und vier homogene Nullleistung-Unterrichtsreaktoren ($P_{th} \leq 2$ W). Zusätzlich zu den nachfolgenden Informationen können die wichtigsten Daten zu den Forschungsreaktoren in Betrieb dem Anhang II, Tabelle II.1 entnommen werden.

Hochflussneutronenquelle München in Garching (FRM-II)

Der FRM-II ist der neueste in Betrieb gegangene Forschungsreaktor in der Bundesrepublik Deutschland. Es handelt sich um einen leichtwassergekühlten Schwimmbadreaktor mit einem Kompaktkern mit hoch angereichertem Uran (HEU) als Brennstoff und schwerem Wasser als Moderator. Mit einem thermischen Neutronenfluss von $8 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ ist die Anlage – bei einer vergleichsweise niedrigen thermischen Leistung von 20 MW_{th} – die intensivitätsstärkste deutsche Neutronenquelle für Strahlrohrexperimente und Bestrahlungen für wissenschaftliche, industrielle und medizinische Zwecke.

Die nukleare Inbetriebsetzung und der Betrieb der Anlage wurden mit der am 02.05.2003 erteilten Betriebsgenehmigung geregelt. Der Reaktor wurde am 02.03.2004 erstmals kritisch. Am 25.04.2005 wurde der Routinebetrieb der Anlage aufgenommen.

Auf der Basis der Betriebsgenehmigung vom 02.05.2003 sowie einer Vereinbarung zwischen Bund und Freistaat Bayern vom 30.05.2003 war ursprünglich vorgegeben, den Reaktor bis spätestens zum 31.12.2010 von HEU auf einen Brennstoff mit abgesenktem Anreicherungsgrad von höchstens 50 % Uran-235 (MEU) umzurüsten. Es wurde am 22.10.2010 eine Anpassung der ursprünglichen Bund-Land-Vereinbarung vom 30.05.2003 vorgenommen, die eine Umrüstung bis spätestens zum 31.12.2018 vorsah. Da die praktische Realisierbarkeit der Umrüstung weiterhin nicht gegeben war, wurde die Vereinbarung im Dezember 2020 erneut aktualisiert. Darin wird angestrebt, bis Ende des Jahres 2023 eine Entscheidung über die Materialvariante für den Brennstoff zu treffen und bis Ende 2025 das Genehmigungsverfahren für die Umrüstung einzuleiten.

Nachdem im Dezember 2019 vier frische Brennelemente angeliefert wurden, lief der FRM II vom 13.01. bis 16.03.2020 den 47. Zyklus im bestimmungsgemäßen Betrieb. Der 47. Zyklus wurde regulär beendet. Der Beginn des 48. Zyklus wurde wegen COVID-Präventionsmaßnahmen sowie aufgrund eines meldepflichtigen Ereignisses im Mai 2020 zur Überschreitung der Genehmigungswerte für die Ableitung von C-14 vorerst auf das Frühjahr 2021 verschoben. Das Anfahren des FRM-II war im Jahr 2021 dennoch nicht möglich, da ein Defekt an der kalten Neutronenquelle festgestellt wurde. Im Jahr 2022 wurde zudem ein Schaden am Kompensator der Zentraleinheit im

Zentralkanal festgestellt. Die erforderliche Anfertigung und der Austausch der kalten Neutronenquelle und des Zentralkanals werden mehrere Monate in Anspruch nehmen. Das Anfahren des Reaktors ist für Anfang des Jahres 2024 geplant - vorerst ohne die kalte Neutronenquelle.

Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (ByStUV) hat im Berichtszeitraum 2022 der Betreiberin, der Technischen Universität München (TUM), folgende Genehmigungen erteilt:

- am 26.07.2022 die Genehmigung nach § 7 Abs. 1 AtG zur Errichtung und Betrieb einer Bestrahlungsanlage für Urantargets zur Produktion von Molybdän-99 (Mo-99) und
- am 19.09.2022 die Genehmigung nach § 9 Abs. 1 AtG für den Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen im Labor 2.5.05 im Industriellen Anwenderzentrum (IAZ) auf dem Anlagengelände des FRM II.

Forschungsreaktor TRIGA Mark II der Universität Mainz (FRMZ)

Der FRMZ ist ein offener Schwimmbadreaktor vom Typ TRIGA Mark II. Es handelt sich dabei um einen leichtwassergekühlten und -moderierten Reaktor mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Die nukleare Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 03.08.1965. Im Dauerbetrieb beträgt die thermische Leistung $100 \text{ kW}_{\text{th}}$ und der thermische Neutronenfluss $4 \cdot 10^{12} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Darüber hinaus kann der Reaktor im Pulsbetrieb über 30 ms mit einer Leistungsspitze von $250 \text{ MW}_{\text{th}}$ und einem thermischen Neutronenfluss von $8 \cdot 10^{15} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ gefahren werden. Die Anlage wird für die kernphysikalische Grundlagenforschung betrieben und eignet sich wegen der im Pulsbetrieb kurzzeitig herstellbaren hohen Neutronenflussdichte insbesondere für die Untersuchung kurzlebiger Radionuklide mit schnellen Rohrpostanlagen.

Auf der Basis einer Genehmigung vom 28.07.1992 wurde ein umfangreicher Umbau der Kreisläufe des Reaktors durchgeführt.

Nach der Installation einer Ultrakalten Neutronenquelle im Jahr 2011 wurden am FRMZ bisher Spitzenwerte mit Neutronengeschwindigkeiten von 5 m/s und Neutronendichten von 10 n/cm^3 erreicht.

Im Berichtsjahr 2022 befand sich die Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb. Der im Jahr 2015 im Rahmen der Hochschul-Exzellenzinitiative PRISMA eingeführte Mehrschichtbetrieb wird von den internationalen Forschungsgruppen gut angenommen und wurde auch im letzten Jahr in mehreren Sonderbetriebsphasen fortgeführt. Aufgrund der Corona-Situation wurde der Betrieb jedoch eingeschränkt. Weitere Einschränkungen und planmäßige Unterbrechungen des Betriebes ergaben sich durch angrenzende Baumaßnahmen des Neubaus des Institutes für Kernchemie.

Ausbildungskernreaktor der Technischen Universität Dresden (AKR-2)

Der AKR-2 ist ein homogener feststoffmoderierter Nullleistungsreaktor. Die Brennstoffplatten bestehen aus einer homogenen Mischung aus niedrig angereichertem Uranoxid (Anreicherung $< 20 \%$ U-235) und Polyäthylen als Moderatormaterial. Die Spaltzone ist allseitig von einem Reflektor aus Graphit umgeben. Die maximale thermische Dauerleistung des Reaktors beträgt 2 W_{th} und der thermische Neutronenfluss rund $3 \cdot 10^7 \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Der AKR-2 wurde am 22.03.2005 in Betrieb genommen und löste die alte AKR-1 Anlage ab, die von Juli 1978 bis März 2004 an der TU Dresden betrieben wurde. Der AKR-2 dient überwiegend Ausbildungs- und Lehrzwecken, ist aber auch Instrument für Forschungsarbeiten in nationalen und internationalen Projekten.

Im Berichtsjahr 2022 befand sich die Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb. Die Lehrtermine konnten aufgrund der Corona-Situation unter Einhaltung von Hygienemaßnahmen nur eingeschränkt angeboten werden.

Siemens-Unterrichtsreaktoren (SUR) 100

In Deutschland sind zurzeit noch drei Siemens-Unterrichtsreaktoren in Betrieb (Furtwangen, Stuttgart und Ulm). Bei den SUR-Anlagen besteht der Reaktorkern aus U_3O_8 mit niedriger U-235 Anreicherung ($< 20 \%$) und mit Polyäthylen als Moderator. Beide Materialien sind in Form einer homogenen Mischung in zylindrische Brennstoffplatten zusammengedrückt. Der Reaktorkern ist allseitig von einem Graphitreflektor umgeben. Die SUR-Anlagen wurden in Deutschland überwiegend in den 60er und 70er Jahren in Betrieb genommen. Die thermische Reaktorleistung beträgt $100 \text{ mW}_{\text{th}}$ und der thermische Neutronenfluss im zentralen Experimentierkanal liegt in der Regel bei $5 \cdot 10^6 \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Details sind der Tab. II.1 zu entnehmen. Die SUR-Anlagen werden überwiegend als Praktikumsgeräte für Ausbildung und Unterricht auf dem Gebiet der Kerntechnik benutzt.

Im Berichtsjahr 2022 befanden sich alle SUR-Anlagen im bestimmungsgemäßen Betrieb. Die Lehrtermine konnten aufgrund der Corona-Situation unter Einhaltung von Hygienemaßnahmen nur eingeschränkt angeboten werden.

3.2 Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet

In der Rubrik „Endgültig abgeschaltet“ wurden mit Stand 31.12.2022 drei Forschungsreaktoren erfasst. Für diese Reaktoren wurde noch keine Stilllegungsgenehmigung erteilt. In Tabelle II.2 im Anhang II des Berichtes sind die wesentlichen Daten zu diesen Reaktoren aufgeführt.

Berliner-Experimentier-Reaktor II (BER II)

Der BER II ist ein Schwimmbad-Reaktor mit Brennelementen vom Typ MTR. Die thermische Leistung betrug $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ und der thermische Neutronenfluss ca. $2 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Der Reaktor wurde am 09.12.1973 in Betrieb genommen und diente im Wesentlichen der reinen und anwendungsbezogenen Grundlagenforschung mit Strahlrohrexperimenten sowie der Erzeugung radioaktiver Isotope.

Am 14.06.1994 wurde zur Senkung des Proliferationsrisikos der Betrieb des BER II mit Brennelementen aus niedrig angereichertem Uran (LEU) bzw. Mischbeladungen mit Brennelementen aus hoch angereichertem Uran (HEU) und LEU genehmigt. Nach einer Reihe von Mischbeladungen wurde am 07.02.2000 erstmals ein reiner LEU-Kern aufgebaut und in Betrieb genommen.

Der Betreiber hatte am 24.04.2017 einen Antrag auf Stilllegung und Abbau des Berliner Experimentierreaktors BER II gestellt. Am 11.12.2019 wurde die Anlage nach über 40 Betriebsjahren endgültig abgeschaltet. Am 01.01.2020 hat die Nachbetriebsphase begonnen.

Im Berichtsjahr 2022 befand sich die Anlage im Nachbetrieb. Der Reaktorkern ist brennstofffrei. Die übrig gebliebenen frischen Brennelemente wurden im Juni 2021 an den Hersteller nach Frankreich verbracht. Alle 66 abgebrannten Brennelemente befinden sich in den Lagergestellen des Umsetzbeckens in der Experimentierhalle. Die Arbeiten zur Vorbereitung der Stilllegung und zur Abgabe möglichst aller Experimentiereinrichtungen an andere Institute zur Nachnutzung werden fortgeführt.

Forschungsreaktor Geesthacht 1 (FRG-1)

Der FRG-1 war ein offener Schwimmbadreaktor vom MTR-Typ mit einer thermischen Leistung von 5 MW_{th} und einem maximalen thermischen Neutronenfluss von ca. $1 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Er wurde am 23.10.1958 mit HEU in Betrieb genommen. Ursprünglich diente der FRG-1 der Erforschung nuklearer Schiffsantriebe. Später wurde er im Wesentlichen für die Materialforschung mit Strahlrohrexperimenten sowie der Isotopenproduktion und der Durchführung von Neutronenaktivierungsanalysen eingesetzt.

Der FRG-1 wurde ab 1963 mit dem neuen Reaktor FRG-2 in einer gemeinsamen Reaktorhalle, aber verschiedenen Betriebsbecken betrieben. Aufgrund einer späteren gemeinsamen Betriebsgenehmigung vom 06.09.1967 sind beide Reaktoren genehmigungstechnisch als eine Reaktoranlage anzusehen; dies gilt weiterhin auch nach Erteilung der Genehmigung zur Außerbetriebnahme und zum Teilabbau des FRG-2 vom 17.01.1995 (siehe Abschnitt FRG-2).

Im Laufe der über 40 Betriebsjahre wurde der FRG-1 kontinuierlich ertüchtigt. Im Februar 1991 wurde auf der Basis einer Änderungsgenehmigung vom 04.05.1988 – erstmals an einem deutschen Forschungsreaktor – eine Umrüstung von HEU auf LEU vorgenommen. Neben der Reduktion des Proliferationsrisikos konnte durch wesentlich dichtere Brennstoffe auch eine Erhöhung des thermischen Neutronenflusses erzielt werden.

Am 28.06.2010 wurde der FRG-1 endgültig abgeschaltet. Seitdem befindet sich die Anlage im Rahmen der weiterhin gültigen Betriebsgenehmigung in der Nachbetriebsphase. Im Nachbetrieb liegt der Fokus derzeit auf der Entsorgung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb als vorbereitende Maßnahme für die Stilllegung und den Abbau der Anlage.

Am 24.07.2012 wurden die letzten bestrahlten Brennelemente in die USA verbracht. Seit Ende Juli 2012 ist der Reaktor kernbrennstofffrei. Die Versuchsgeräte des Forschungsreaktors wurden zur weiteren Nutzung zu Forschungseinrichtungen nach Delft (Niederlande) und St. Petersburg (Russland) gebracht.

Am 21.03.2013 wurden die Stilllegung und der Abbau des FRG-1 und der Forschungsreaktoranlage (bestehend aus FRG-1 und noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2) sowie die Entlassung der Anlage aus dem Regelungsbe- reich des Atomgesetzes beantragt. Der Abbau der Forschungsreaktoranlage soll im Rahmen einer einzigen Stillle- gungs- und Abbaugenehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG erfolgen. Am 06.09.2016 wurde der Antrag auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors präzisiert. Am

21.03.2017 fand der Erörterungstermin statt. Der auf dem Gelände des Forschungszentrums gelagerte Reaktor-druckbehälter des Nuklearschiffes „Otto Hahn“ wurde im Rahmen der Präzisierung des Stilllegungsantrags in das Verfahren aufgenommen und soll in einer noch zu errichtenden Halle zerlegt werden.

Am 06.09.2016 wurde die Erteilung einer Genehmigung nach § 7 StrlSchV zum Umgang mit radioaktiven Stoffen für den Betrieb eines Lagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Transportbereitstellungshalle) auf dem Gelände der Forschungsreaktoranlage beantragt. Ein Erörterungstermin fand in 2017 statt. Das Genehmigungsverfahren läuft.

Forschungsreaktor Geesthacht 2 (FRG-2)

Beim FRG-2 handelte es sich wie beim FRG-1 um einen offenen Schwimmbadreaktor vom MTR-Typ; die thermische Leistung betrug $15 \text{ MW}_{\text{th}}$ und der maximale thermische Neutronenfluss ca. $2 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Er wurde am 16.03.1963 als Materialtestreaktor in Betrieb genommen und zu Bestrahlungsversuchen für die Weiterentwicklung von Kernkraftwerkskomponenten und der Reaktorsicherheit verwendet.

Der FRG-2 wurde mit dem FRG-1 in einer gemeinsamen Reaktorhalle, aber verschiedenen Reaktorbecken betrieben. Seit dem Inkrafttreten einer gemeinsamen Betriebsgenehmigung vom 06.09.1967 sind die beiden Reaktoren genehmigungstechnisch als eine Reaktoranlage anzusehen. Mit dieser Genehmigung wurde gleichfalls die Erhöhung der thermischen Leistung des FRG-2 von 5 MW_{th} auf $15 \text{ MW}_{\text{th}}$ gestattet. Der Betrieb des Reaktors erfolgte während seiner 30-jährigen Betriebszeit durchgehend mit HEU.

Am 28.01.1993 wurde vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (GKSS) aufgrund des Auftragsrückgangs für Materialtests durch Bestrahlungen im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie (heute Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF) und der Industrie ein Antrag auf die Außerbetriebnahme des FRG-2 und auf Teilabbau des Reaktors gestellt. Die Genehmigung wurde am 17.01.1995 erteilt. Die Brennelemente wurden bis zum 20.09.2000 in die USA verbracht.

Am 21.03.2013 wurden die Stilllegung und der Abbau des FRG-1 und der Forschungsreaktoranlage (bestehend aus FRG-1 und noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2) sowie die Entlassung der Anlage aus dem Regelungsbe- reich des Atomgesetzes beantragt. Der Abbau der Forschungsreaktoranlage soll im Rahmen einer einzigen Stillle- gungs- und Abbaugenehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG erfolgen. Am 06.09.2016 wurde der Antrag auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors präzisiert (siehe FRG-1). Am 21.03.2017 fand der Erörterungstermin statt. Das Genehmigungsverfahren läuft.

3.3 Forschungsreaktoren in Stilllegung

In der Bundesrepublik Deutschland befanden sich Ende 2022 sechs Forschungsreaktoren in Stilllegung. Tabelle II.3 des Anhangs II enthält die wichtigsten Daten dieser Kategorie.

Forschungsreaktor Karlsruhe 2 (FR 2)

Der FR 2 war ein mit niedrig angereichertem Uran (2 %) betriebener und mit Schwerwasser moderierter und ge- kühltler, geschlossener Tankreaktor. Es handelte sich um die erste nach eigenem Konzept entwickelte und gebaute deutsche Reaktoranlage. Mit $44 \text{ MW}_{\text{th}}$ stellte sie den bezüglich der thermischen Leistung stärksten deutschen For- schungsreaktor dar. Mit einem thermischen Neutronenfluss von $1 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ wurde der FR 2 als Neutronenquelle für Strahlrohrexperimente zur Grundlagenforschung sowie für Bestrahlungsversuche zur Brennstabentwicklung und zur Isotopenproduktion für medizinische Zwecke eingesetzt.

Die nukleare Inbetriebnahme des Reaktors erfolgte am 07.03.1961 mit Natururan. Zur Erhöhung des ursprünglichen thermischen Neutronenflusses von $3,9 \cdot 10^{13} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ auf $1 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ wurde 1966 auf Brennelemente mit niedrig angereichertem Uran (2 %) umgerüstet. Die maximale thermische Leistung des Reaktors erhöhte sich dabei von $12 \text{ MW}_{\text{th}}$ auf $44 \text{ MW}_{\text{th}}$ (Genehmigung vom 26.01.1966).

Der FR 2 wurde nach zwanzigjähriger Betriebszeit am 21.12.1981 aus wirtschaftlichen Gründen endgültig abge- schaltet. Die Brennelemente wurden bis zum 22.10.1982 an die WAK zur Wiederaufarbeitung abgegeben. Die erste von mehreren Teilgenehmigungen zur Stilllegung, zum Teilabbau und zu einem mindestens dreißigjährigen siche- ren Einschluss wurde am 03.07.1986 erteilt. Seit dem 20.11.1996 befindet sich der Reaktorblock als verbliebener Teil der Anlage im sicheren Einschluss. Seit 1997 wird die Reaktorhalle für eine ständige Ausstellung über die Ge- schichte der Kerntechnik genutzt.

Mit dem Betreiberbericht zur Sicherheitsüberprüfung des FR 2 vom März 2021 wurde die Erfüllung der sicherheitstechnischen Anforderungen an den sicheren Einschluss bestätigt. Nach dem sicheren Einschluss ist ein Rückbau zur endgültigen Beseitigung des Reaktorblocks vorgesehen. Die Planungen laufen derzeit. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg ist die zuständige Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde.

Forschungsreaktor München (FRM)

Beim FRM handelte es sich um einen Schwimmbadreaktor amerikanischer Bauart mit einer thermischen Leistung von 4 MW_{th} und einem thermischen Neutronenfluss von $7 \cdot 10^{13}$ 1/cm²·s. Die Anlage wurde am 31.10.1957 als erster Reaktor in Deutschland in Betrieb genommen. Der Nutzungszweck lag in der Bereitstellung von Neutronen für Strahlrohrexperimente und für Bestrahlungen, z. B. für die Erzeugung von Radioisotopen, für den Nachweis von Spurenelementen sowie zur Tumortherapie.

Die Anlage ging 1957 mit LEU und einer thermischen Leistung von 1 MW_{th} in Betrieb, wurde aber bereits 1960 auf HEU umgestellt. Im Laufe der Betriebsjahre erfolgte schrittweise eine Erhöhung des thermischen Neutronenflusses von ursprünglich $1 \cdot 10^{13}$ 1/cm²·s auf $7 \cdot 10^{13}$ 1/cm²·s; dazu wurde die thermische Leistung 1966 auf 2,5 MW_{th} und 1968 auf 4 MW_{th} erhöht sowie 1982 ein Beryllium-Reflektor eingebaut. Seit 1991 wurde der Kern als Mischkern betrieben und sukzessive von HEU auf MEU umgestellt.

Am 14.12.1998 hat die Technische Universität München (TUM) die Stilllegung der Anlage beantragt, um sie in einem späteren Verfahrensschritt in eine Nebenanlage des damals neuen FRM-II (Kapitel 3.1) überführen zu können. Am 28.07.2000 wurde der Reaktor endgültig abgeschaltet, am 03.06.2002 wurden die noch vorhandenen 47 Brennelemente in die USA verbracht. Am 03.04.2014 wurde die Genehmigung gemäß § 7 AtG zum Abbau der Reaktoranlage des FRM Garching erteilt. In der Reaktorhalle können bis zur Erneuerung der Lüftungsanlage keine Rückbautätigkeiten ausgeführt werden. Derzeit läuft die Planung dieser Anlage. Der Kuppelbau des FRM, bekannt als Garching Atom-Ei, wurde unter Denkmalschutz gestellt.

Forschungsreaktor Neuherberg (FRN)

Der FRN war ein Schwimmbadreaktor vom Typ TRIGA Mark III mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Die thermische Dauerleistung der Anlage betrug 1 MW_{th}, der thermische Neutronenfluss $3 \cdot 10^{13}$ 1/cm²·s. Im Pulsbetrieb konnte der Reaktor kurzzeitig über ca. 10 ms mit Leistungsspitzen bis zu 2.000 MW_{th} gefahren werden. Die Anlage wurde am 23.08.1972 in Betrieb genommen und wurde für die Isotopenproduktion und Strahlrohrexperimente in der medizinisch-biologischen Forschung verwendet.

Am 16.12.1982 wurde der Reaktor endgültig abgeschaltet. Die Brennelemente wurden im Rahmen der Betriebsgenehmigung entfernt und in die USA entsorgt. Die Stilllegungsgenehmigung vom 30.05.1983 umfasste die Stilllegung der Anlage und den Abbau von Anlagenteilen sowie die Herbeiführung des sicheren Einschlusses des Abschirmblockes mit dem ehemaligen Reaktorbecken. Das weitere Innehaben der Anlage im sicheren Einschluss wurde mit einem separaten Genehmigungsbescheid am 24.05.1984 gestattet.

Forschungs- und Messreaktor Braunschweig (FMRB)

Der FMRB war ein leichtwassergekühlter und -moderierter Schwimmbadreaktor mit zwei getrennten Spaltstoffzonen aus HEU, die über einen 400 Liter fassenden Schwerwassertank neutronenphysikalisch gekoppelt waren. Der Reaktor wurde am 03.10.1967 erstmals kritisch. Die thermische Leistung betrug 1 MW_{th}, der thermische Neutronenfluss $6 \cdot 10^{12}$ 1/cm²·s. Die Anlage wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als Neutronenquelle für Bestrahlungen und Strahlrohrexperimente eingesetzt, insbesondere im Bereich der Neutronenmetrologie und -dosimetrie sowie der Physik der kondensierten Materie.

Der Reaktor wurde am 19.12.1995 aus wirtschaftlichen Überlegungen außer Betrieb genommen. Die noch vorhandenen Brennelemente wurden am 28.08.1996 in die USA abtransportiert. Am 02.03.2001 wurde die Stilllegungsgenehmigung für die Anlage erteilt. Der Abbau der Anlage wurde Mitte 2004 beendet. Die beim Betrieb und dem Abbau angefallenen radioaktiven Abfälle und Reststoffe wurden konditioniert und bis Mai 2005 in das eigens dafür eingerichtete Zwischenlager in Räumen des FMRB eingebracht, das auch weiterhin der atomrechtlichen Aufsicht unterliegt. Das übrige Reaktorgebäude und andere Gebäudebereiche und Bodenflächen wurden sukzessive bis zum 28.07.2005 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen und können jetzt von der PTB uneingeschränkt für anderweitige Zwecke genutzt werden. Das Gelände, auf dem die PTB das Zwischenlager betreibt, ging mit dem 01.01.2012 durch Gesetz an die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BIMA) über.

Forschungsreaktor Jülich (FRJ-2)

Beim FRJ-2 (DIDO, abgeleitet von D₂O) handelte es sich um einen mit HEU betriebenen, schwerwassergekühlten und -moderierten, geschlossenen Tankreaktor englischer Bauart. Der Reaktor mit einer thermischen Leistung von

23 MW_{th} und einem thermischen Neutronenfluss von $2 \cdot 10^{14}$ 1/cm²·s wurde für Strahlrohrexperimente sowie für Bestrahlungen zur Isotopenproduktion und Neutronenaktivierungsanalyse verwendet.

Die nukleare Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 14.11.1962. Im Jahr 1967 wurde durch die Ausschöpfung vorhandener Reserven eine erste Leistungserhöhung von 10 MW_{th} auf 15 MW_{th} durchgeführt. 1972 erfolgte durch Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen eine zweite Leistungserhöhung auf 23 MW_{th}.

Am 02.05.2006 wurde der FRJ-2 endgültig abgeschaltet. Die abgebrannten Brennelemente wurden im Rahmen der Betriebsgenehmigung 2008 in die USA transportiert. Am 20.09.2012 erteilte die nordrhein-westfälische Landesbehörde die Genehmigung für die Stilllegung und den Abbau der Reaktoranlage.

Zur Fortführung der wissenschaftlichen Arbeiten richtete das damals zuständige Forschungszentrum Jülich (FZJ) eine Außenstation beim Forschungsreaktor FRM-II in Garching (Kapitel 3.1) ein. Dort betreibt das Jülicher Centre for Neutron Sciences (JCNS) gemeinsam mit der TU München und dem Helmholtz-Zentrum das Maier-Leibnitz-Zentrum.

Am 01.09.2015 wurde die Stilllegungsgenehmigung der in Jülich ansässigen Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH übertragen. Seit dem 01.01.2016 firmiert die Gesellschaft unter dem Namen "Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN mbH)". Diese umfasst nunmehr die Nuklearbereiche des Forschungszentrums Jülich sowie die Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor (AVR) GmbH.

Im Berichtszeitraum wurden die Rückbauarbeiten fortgeführt.

Siemens-Unterrichtsreaktor Aachen (SUR-AA)

Der Siemens-Unterrichtsreaktor Aachen wurde von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen) betrieben. Er wurde im Jahr 1963 durch die Siemens-Schuckertwerke AG errichtet und am 22.09.1965 erstmals kritisch. Die thermische Reaktorleistung des Reaktors betrug 100 mW_{th}, der thermische Neutronenfluss betrug ca. $6 \cdot 10^6$ 1/cm²·s. Der Forschungsreaktor diente Ausbildungs- und Übungszwecken im Rahmen der kerntechnischen Ausbildung und wurde auch für die Durchführung von Experimenten im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten genutzt. Im Jahr 2002 ging der Reaktor außer Betrieb. Der Brennstoff, zylindrische Platten aus einem homogenen Gemisch von Polyäthylen als Moderator und U₃O₈ mit niedriger U-235 Anreicherung (< 20 %), wurde zur Konditionierung und Entsorgung im Jahr 2008 zur Technischen Universität München verbracht. Im Jahr 2010 reichte die Betreiberin bei der zuständigen Landesbehörde den Antrag auf Stilllegung und Abbau der Anlage ein.

Am 26.06.2020 wurde die Genehmigung zur Stilllegung und vollständigen Abbau erteilt. Die Abbauarbeiten wurden aufgrund von Kapazitätsproblemen der Betreiberin noch nicht begonnen.

3.4 Forschungsreaktoren aus dem Atomgesetz entlassen

In der Bundesrepublik Deutschland ist mit Stand 31.12.2022 für 31 Forschungsreaktoren die Stilllegung beendet worden. Sie sind aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Einen Überblick gibt Tabelle II.4 im Anhang II des Berichtes. Im Folgenden wird über einige Forschungsreaktoren dieser Kategorie näher berichtet. Die Übrigen werden in einer Passage zusammengefasst.

Forschungsreaktor TRIGA HD I Heidelberg (TRIGA HD I)

Der TRIGA HD I war ein Schwimmbadreaktor vom Typ TRIGA Mark I mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Die thermische Leistung des Reaktors betrug 250 kW_{th}, der thermische Neutronenfluss $1 \cdot 10^{13}$ 1/cm²·s. Die Anlage wurde am 26.08.1966 als Bestrahlungsquelle für nuklearmedizinische Anwendungen in Betrieb genommen.

Der Reaktor wurde am 31.03.1977 aufgrund des Neubaus eines zweiten Forschungsreaktors (TRIGA HD II, siehe unten) im Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg (DKFZ) endgültig abgeschaltet. Die Brennelemente wurden in die neue Reaktoranlage überführt und dort weiterverwendet. Die Genehmigung zur Stilllegung der Anlage, erteilt am 30.06.1980, umfasste die Demontage der Komponenten sowie den sicheren Einschluss des Reaktortanks und des biologischen Schildes, der am 11.12.1980 herbeigeführt wurde. Da für das Gebäude ein Abriss vorgesehen war, hat das DKFZ am 25.04.2003 einen Antrag zum Rückbau der Restanlage eingereicht, der am

16.01.2006 genehmigt wurde. Der Rückbau der Anlage und das Freimessen der Gebäudestruktur wurden im Laufe der ersten Jahreshälfte 2006 durchgeführt. Am 13.12.2006 wurde der TRIGA HD I aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Anlage wurde im Rahmen des Freigabeverfahrens im Jahr 2009 konventionell abgerissen und das Gelände komplett saniert.

Forschungsreaktor TRIGA HD II Heidelberg (TRIGA HD II)

Wie beim TRIGA HD I (siehe oben) handelte es sich beim TRIGA HD II um einen Schwimmbadreaktor vom Typ TRIGA Mark I mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Die thermische Leistung der Anlage betrug ebenfalls $250 \text{ kW}_{\text{th}}$, der thermische Neutronenfluss $1 \cdot 10^{13} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Der Reaktor wurde am 28.02.1978 erstmals kritisch und für Neutronenaktivierungsanalysen und zur Produktion kurzlebiger Radionuklide für medizinische Zwecke in der Krebsforschung verwendet.

Aufgrund der Übernahme der Isotopenproduktion durch einen Beschleuniger des DKFZ und der damit zu erwartenden rückläufigen Auslastung des Reaktors wurde die Anlage am 30.11.1999 außer Betrieb genommen. Die Brennelemente wurden am 01.06.2001 zur Entsorgung in die USA abtransportiert. Am 13.09.2004 wurde eine Genehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG zur Stilllegung und zum vollständigen Rückbau des Forschungsreaktors erteilt. Die Anlage wurde im Laufe des Jahres 2005 vollständig abgebaut und am 13.12.2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Forschungsreaktoren Frankfurt 1 und Frankfurt 2 (FRF 1 und FRF 2)

Beim FRF 2 handelte es sich um einen leichtwassergekühlten und -moderierten Reaktor vom modifizierten Typ TRIGA mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Der Reaktor wurde auf der Basis der Errichtungsgenehmigung vom 10.01.1973 in die verbliebenen Baulichkeiten (Reaktorhalle und Reaktorblock) des demontierten Vorgängerreaktors FRF 1 eingebaut. Der FRF 1 wurde in der Zeit vom 10.01.1958 bis 19.03.1968 als homogener Lösungsreaktor vom Typ L54 mit einer thermischen Leistung von $50 \text{ kW}_{\text{th}}$ betrieben. Der FRF 2 war als Neutronenquelle für die Grundlagenforschung in der Kernphysik und der Festkörperphysik sowie für Aktivierungsanalysen und zur Isotopenproduktion vorgesehen. Auf Beschluss des Hessischen Kultusministers vom 11.07.1980 wurde eine Betriebsgenehmigung nicht erteilt und auf eine nukleare Inbetriebnahme des betriebsfertigen Reaktors verzichtet.

Am 25.10.1982 wurde die Genehmigung zur Stilllegung des FRF 2 und zum Abbau von Anlagenteilen erteilt. Die nicht benutzten Brennelemente des Reaktors wurden 1981 zur weiteren Verwendung in eine ausländische Forschungsreaktoranlage (TRIGA MARK II in Ljubljana) verbracht. Die Restaktivität in der Anlage stammte ausschließlich aus dem früheren Betrieb des FRF 1 und befand sich nach dem Teilabbau der Anlage in einem sicher eingeschlossenen Zustand. Nach einer zwischenzeitlichen Nutzung des Reaktorgebäudes als Zwischenlager für schwach radioaktive Abfälle der Universität Frankfurt wurde am 28.12.2004 der Abriss der Reststrukturen des FRF – bestehend aus FRF 1 und FRF 2 – genehmigt. Am 31.10.2006 wurde die Anlage nach dem Abbau der aktivierten Betonstrukturen und dem Freimessen der verbliebenen Gebäudestrukturen und des Anlagengeländes aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Forschungsreaktor der Medizinischen Hochschule Hannover (FRH)

Beim FRH handelte es sich um einen Schwimmbadreaktor vom Typ TRIGA Mark I mit homogenen Brennstoffmoderatorelementen aus LEU und Zirkonhydrid. Die thermische Leistung der Anlage betrug $250 \text{ kW}_{\text{th}}$, der thermische Neutronenfluss ca. $9 \cdot 10^{12} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Die nukleare Inbetriebnahme des Reaktors erfolgte am 31.01.1973. Das Einsatzgebiet als Neutronenquelle umfasste im Wesentlichen die Neutronenaktivierungsanalyse sowie die Herstellung und Aktivierung kurzlebiger Radionuklide für medizinisch-biologische Anwendungen.

Aufgrund veränderter Herstellungsverfahren für Radiopharmaka und sinkender Nachfrage für die Nutzung des Reaktors wurde der Reaktor am 18.12.1996 endgültig abgeschaltet. Die Brennelemente wurden am 09.07.1999 in die USA abtransportiert. Am 22.02.2002 wurde ein Antrag zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen eingereicht und am 08.05.2006 genehmigt. Die Anlage wurde bis August 2007 vollständig abgebaut und freigemessen. Die staatliche Aufsicht nach § 19 AtG wurde am 13.03.2008 beendet.

Forschungsreaktor Jülich 1 (FRJ-1)

Der FRJ-1 (MERLIN, Medium Energy Research Light Water Moderated Industrial Nuclear Reactor) war ein mit HEU betriebener Schwimmbadreaktor englischer Bauart mit Brennelementen vom MTR-Typ. Die thermische Leistung betrug zuletzt $10 \text{ MW}_{\text{th}}$, der thermische Neutronenfluss ca. $1 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$. Der Reaktor ging am 23.02.1962 in Betrieb und wurde für Bestrahlungen und Strahlrohrexperimente verwendet.

1971 wurde für eine Erhöhung des Neutronenflusses von $6 \cdot 10^{13} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ auf den zuletzt verfügbaren Wert von $1,1 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ eine umfangreiche Umrüstung der Anlage vorgenommen. Dies betraf u. a. den Einsatz neuer

Brennelemente mit höherer Uran-235 Masse sowie Änderungen im Primär- und Sekundärkreislauf zur Abfuhr der von 5 MW_{th} auf 10 MW_{th} verdoppelten thermischen Leistung.

Am 22.03.1985 wurde der FRJ-1 abgeschaltet. Die Brennelemente wurden nach Maßgabe der Betriebsgenehmigung aus der Anlage entfernt und bis Oktober 1992 in die USA und nach Großbritannien abgeliefert. Am 08.06.1995 wurde die Genehmigung zur Stilllegung der Anlage erteilt. Der Abbau der Anlage erfolgte schrittweise auf der Basis weiterer Teilgenehmigungs- und Ergänzungsbescheide. Zuletzt wurde am 29.11.2004 die Dekontamination der Reaktorhalle und der Reaktorhallenanbauten sowie die Herstellung der Voraussetzungen für die Freimessung und Freigabe mit dem Ziel der Entlassung aus dem Anwendungsbereich des Atomgesetzes genehmigt. Diese Arbeiten wurden im Laufe des Jahres 2007 abgeschlossen und die Anlage am 23.11.2007 aus dem Anwendungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Reaktorhalle und ihre Anbauten wurden danach gemäß konventionellen Vorschriften abgerissen, so dass im Lauf des Jahres 2008 die „grüne Wiese“ hergestellt werden konnte.

Rosendorfer Forschungsreaktor (RFR)

Beim RFR handelte es sich um einen leichtwassermoderierten und -gekühlten Tankreaktor sowjetischer Bauart vom Typ WWR-S(M). Die thermische Leistung lag zuletzt bei 10 MW_{th}, der thermische Neutronenfluss bei ca. $1 \cdot 10^{14}$ 1/cm²·s. Die Anlage diente im Wesentlichen als Neutronenquelle zur Isotopenproduktion, für Aktivierungsanalysen und für die Materialforschung, darüber hinaus auch zu Ausbildungszwecken im Kernenergieprogramm der DDR.

Der Reaktor wurde am 16.12.1957 mit LEU und einer thermischen Leistung von 2 MW_{th} in Betrieb genommen, die bis 1967 schrittweise, u. a. auch durch eine Umrüstung von LEU auf MEU, auf 10 MW_{th} erhöht wurde.

Die Genehmigung zum Betrieb des Reaktors erfolgte durch befristete Zustimmungen und wurde letztmalig am 08.10.1990 von der seinerzeit zuständigen atomrechtlichen Behörde bis zum 30.06.1991 verlängert. Der Reaktor wurde am 27.06.1991 endgültig abgeschaltet. Das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) verfügte nach der Übernahme der Zuständigkeit als neue atomrechtliche Behörde mit einer aufsichtlichen Anordnung nach § 19 Absatz 3 AtG am 28.06.1991 eine Einstellung des auf Kernspaltung gerichteten Betriebs der Anlage.

Die bestrahlten Brennelemente wurden zwischen dem 30.05.2005 und dem 13.06.2005 in insgesamt 18 CASTOR[®]-Behältern in das Transportbehälterlager Ahaus gebracht.

Für die Stilllegung und den Abbau der Anlage wurden ab dem 30.01.1998 mehrere Teilgenehmigungen erteilt. Am 09.01.2014 wurde der Genehmigungsbescheid gemäß § 7 Absatz 3 AtG zur zweiten Änderung der vierten Genehmigung 4653/18 VKTA 04/2 erteilt. Gegenstand der Änderung war die Erweiterung des vorangegangenen Genehmigungsumfanges zum Totalabbruch der Restanlage unter Strahlenschutzbedingungen. Die Entlassung der Anlage aus dem AtG wurde am 21.06.2018 durch den Betreiber beantragt. Am 19.09.2019 wurde vom Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaates Sachsen die Zustimmung zur Freigabe des Geländes des ehemaligen Forschungsreaktors Rossendorf nach § 33 Strahlenschutzverordnung erteilt sowie die Entlassung der Anlage aus der atomrechtlichen Aufsicht bescheinigt. Damit war der Rückbau des RFR abgeschlossen.

Nuklearschiff "Otto Hahn" (OH)

Die "Otto Hahn" war das einzige in Deutschland betriebene Nuklearschiff und wurde formal der Rubrik der Forschungsreaktoren zugeordnet. Als Antriebsquelle wurde ein „Fortschrittlicher Druckwasserreaktor (FDR)“ mit niedrig angereichertem Urandioxid mit einer maximalen Anreicherung von 5,42 % Uran-235 und einer thermischen Leistung von 38 MW_{th} verwendet.

Die Hauptaufgabe der "Otto Hahn" bestand im Sammeln von Betriebserfahrungen für kernenergiebetriebene Schiffe zur zivilen Nutzung. Die Inbetriebnahme als Nuklearschiff erfolgte am 11.10.1968, die Außerbetriebnahme am 22.03.1979. Am 01.12.1980 wurde eine Genehmigung zur Stilllegung der "Otto Hahn" gemäß § 7 AtG in Verbindung mit den §§ 3 und 4 StrlSchV (alt) erteilt. Im Juni 1981 wurde der Reaktorbehälter im Hamburger Hafen ausgebaut und zur Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS) transportiert und wird seitdem in einem eigens dafür errichteten Schachtbauwerk (Betonschacht) für ein Nachuntersuchungsprogramm gelagert. Das Schiff wurde nach dem Ausbau der Reaktoranlage dekontaminiert und freigemessen und am 01.09.1982 aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen. Der auf dem Gelände des heutigen Helmholtz-Zentrums Geesthacht gelagerte Reaktordruckbehälter des Nuklearschiffes „Otto Hahn“ wurde in das nach § 7 AtG durchgeführte Verfahren zur Stilllegung des FRG 1 und des Abbaus der Forschungsreaktoranlage mit Antrag vom 06.09.2016 aufgenommen. Der Reaktordruckbehälter soll in einer noch zu errichtenden Halle zerlegt werden.

Die Brennelemente wurden bis auf 49 bestrahlte und drei unbestrahlte Brennstäbe bis zum Herbst 1979 zur Wiederaufarbeitung zur WAK verbracht. 52 Brennstäbe waren zunächst bei dem ehemaligen Betreiber des Schiffes verblieben und wurden im Juli 2010 in das französische Forschungszentrum CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives) in Cadarache transportiert. Von dort wurden sie im Dezember 2010 im Rahmen eines Sammeltransports mit weiteren etwa 2.500 Brennstäben aus dem Forschungszentrum Karlsruhe in das Zwischenlager Nord verbracht.

Weitere Forschungsreaktoren

Die übrigen Forschungsreaktoren sind bereits abgebaut bzw. aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Davon wurde eine Anlage nicht nach § 7 AtG, sondern nach § 9 AtG genehmigt (SUAK). Den Reaktoren lagen unterschiedliche Reaktorkonzepte zu Grunde. So finden sich unter ihnen Unterrichtsreaktoren (z. B. SUR-KI), Reaktoren mit Brennstofflösung (z. B. ABDIKA), kritische Anordnungen (z. B. ANEX) oder Argonaut-Reaktoren (z. B. RRR). Auf die einzelnen Reaktoren soll hier nicht näher eingegangen werden. Eine Übersicht dieser Kategorie befindet sich im Anhang II, Tab. II.4.

4 Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung

Im Anhang III sind wesentliche Daten und Informationen zur Kernbrennstoffversorgung und -entsorgung in Form von Tabellen, Abbildungen und Anlagen enthalten. Eine Übersichtskarte über die Standorte der Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung zeigt Abbildung III.

4.1 Urananreicherungsanlagen

Urananreicherungsanlage Gronau (UAG)

Die Urananreicherungsanlage Gronau ist die einzige Anreicherungsanlage in der Bundesrepublik Deutschland. (siehe Tabelle III.1)

Hier wird natürliches Uran in Form von Uranhexafluorid (UF_6) bis zu einer maximalen Konzentration des spaltbaren Isotops Uran-235 von 6 % in Zentrifugenkaskaden angereichert.

Die Anlage ist Mitte August 1985 mit 400 Mg Urantrennarbeit pro Jahr (UTA/a) in Betrieb gegangen. Ein Antrag auf Erweiterung der Produktionskapazität auf 4.500 Mg UTA/a wurde im September 1998 gestellt. Die Genehmigung dafür wurde am 14.02.2005 erteilt. Sie beinhaltet die Errichtung und den Betrieb einer zweiten Urantrennanlage mit einer Trennkapazität von bis zu 2.700 Mg UTA/a mit einem maximalen Anreicherungsgrad von 6 %. Die Genehmigung beinhaltet auch die Lagerung von 58.962 Mg abgereichertem Uran (Tails) in oxidischer Form und 38.100 Mg als UF_6 , von 10.000 Mg natürlichem Uran (Feed) als UF_6 und 1.250 Mg angereichertem Uran (Product) mit einem maximalen Anreicherungsgrad von 6 % Uran-235 als UF_6 . Die erweiterte Anlage UTA-2 wurde im Jahr 2011 in Betrieb genommen. Die UAG wird von der Urenco Deutschland GmbH betrieben und besitzt eine genehmigte Kapazität von nominal 4.500 Mg UTA/a. Im Jahr 2014 wurde der Bau eines Hallenlagers mit einer Kapazität von bis zu 60.000 Mg U_3O_8 beendet. Für die Inbetriebnahme und den Betrieb ist gemäß Genehmigung 7/6 UAG die Zustimmung der Aufsichtsbehörde erforderlich. Ein Antrag liegt noch nicht vor. Eine erste Einlagerung ist laut Aussage der Betreiberin mit Stand März 2022 nicht vor 2026 vorgesehen.

4.2 Brennelementfabriken

In der Bundesrepublik Deutschland ist eine Brennelementfabrik in Betrieb (Stand: 31.12.2022). Alle anderen sind bereits vollständig zurückgebaut und aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen (siehe auch Tabellen III.2; III.3).

4.2.1 Brennelementfabrik in Betrieb

Brennelementfabrik Advanced Nuclear Fuel GmbH (ANF), Lingen

In der Brennelementfabrik ANF werden Uran-Brennelemente mit einem maximalen Anteil von 5 % Uran-235 zum überwiegenden Einsatz in Leichtwasserreaktoren hergestellt. Als Ausgangsmaterial werden Urandioxid (UO_2)-Pulver, Uranhexafluorid (UF_6) oder extern gefertigte UO_2 -Tabletten verwendet. Der Prozess der Brennelementfertigung gliedert sich in folgende Verfahrensschritte: Konversion von Uranhexafluorid (UF_6) in UO_2 Tablettenfertigung, Brennstabfertigung und Brennelementfertigung.

Der Betrieb der Brennelementfertigung wurde im Januar 1979 mit extern angelieferten Urantabletten begonnen. Im März 1987 wurde mit der 5. Teilbetriebsgenehmigung (TBG) die Herstellung von jährlich bis zu 400 Mg UO_2 -Tabletten genehmigt (Beginn der Produktion 1988). Der Betrieb der Trockenkonversion mit bis zu 5 % Uran-235

angereichertem Uran wurde im Juni 1994 aufgenommen. Im Juni 1996 wurden eine zweite Brennstabfertigungslinie sowie ein Lager- und Umschlaggebäude für UO_2 -Tabletten und -Pulver genehmigt. Die derzeit genehmigte Verarbeitungsleistung ist für die Trockenkonversion auf 800 Mg/a und für sonstige Teilanlagen auf 650 Mg/a festgelegt. Am 10.03.2022, also kurz nach Beginn des Angriffskrieges Russlands auf die Ukraine, hat die ANF einen Antrag auf Fertigung von hexagonalen Brennelementen für Kernkraftwerke russischer Bauart (VVER-Druckwasserreaktoren) gem. § 7 Abs. 1 AtG gestellt. Nach eigener Aussage ist das Ziel der Betreiberin, die Versorgungssicherheit der osteuropäischen Kernkraftwerke zu erhöhen. Es soll das Brennelement-Design der russischen Firma TVEL verwendet werden.

2022 wurden 729 Brennelemente hergestellt. Die genehmigte Lagerkapazität von Uranhexafluorid beträgt 275 Mg. Der Rohstoff UF_6 wird in Behältern in einer separaten Lagerhalle aufbewahrt.

Am 12.06.2014 wurde eine Genehmigung gemäß § 7 AtG zur Erweiterung der Lagerbereiche für Kernbrennstoff durch Integration der bisher nach § 6 AtG genehmigten Lagerhalle zur Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen erteilt.

Die Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF) hat einen Antrag nach § 12 Abs. 3 StrlSchG für den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen in einer neuen Servicehalle gestellt. In der Servicehalle sollen für zusätzliche Typen von Brennelementtransportbehältern (auch von Dritten) Arbeiten zu wiederkehrenden Prüfungen und zur Wartung durchgeführt werden.

4.2.2 Brennelementfabriken aus dem Atomgesetz entlassen

Siemens Brennelementwerk Hanau, Betriebsteil MOX-Verarbeitung

Die Anlage diente ab 1968 der Herstellung von Mischoxid (MOX)-Brennelementen auf der Basis von Urandioxid/Plutoniumdioxid (UO_2/PuO_2), Plutoniumdioxid (PuO_2)- oder Urandioxid (UO_2)-Brennstoff, überwiegend für Leichtwasserreaktoren.

Aufgrund einer Anordnung des Hessischen Umweltministeriums nach § 19 AtG stand die Anlage seit dem Sommer 1991 nach einem Kontaminationszwischenfall still. Der Betreiber hat im April 1994 beschlossen, die Altanlage, bis auf das Leerfahren, nicht wieder in Betrieb zu nehmen.

Das Genehmigungsverfahren zum Rückbau der Siemens MOX-Anlage wurde im März 2000 in Hanau erörtert, die Demontage von ersten Fertigungseinrichtungen im Dezember 2000 genehmigt. Die 1. Teilgenehmigung (TG) zum Rückbau der Leerfahranlage wurde im Mai 2001, die 2. TG im März 2003 und eine 3. TG am 03.01.2005 erteilt. Sie erlaubte für einige Gebäude und Teile des Freigeländes bereits eine konventionelle Nutzung. Die vierte und abschließende TG wurde am 16.03.2005 erteilt.

Die Rückbauarbeiten der Anlage wurden im Juli 2006 abgeschlossen und der Betriebsteil MOX-Verarbeitung im September 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Der separat zu betreibende Rückbau der nicht kontaminierten Neuanlage wurde am 07.12.1998 genehmigt. Das gegen Flugzeugabsturz ausgelegte Spaltstofflager wurde leergeäumt und steht zur anderweitigen Nutzung zur Verfügung.

Das Anlagengelände konnte einer konventionellen neuen Nutzung als Industriegelände zugeführt werden.

Siemens Brennelementwerk Hanau, Betriebsteil Uranverarbeitung

Die Anlage diente seit 1969 der Herstellung von Uran-Brennelementen mit einem maximalen Anteil von 5 % Uran-235 zum überwiegenden Einsatz in Leichtwasserreaktoren. Als Ausgangsmaterial wurde UF_6 eingesetzt.

Die Produktion von Uran-Brennelementen wurde im Oktober 1995 aufgrund ungünstiger Gesamtrahmenbedingungen am Standort von Siemens eingestellt. Zur Vorbereitung der Stilllegung wurden von 1996 bis 1998 mehrere Einzelgenehmigungen zum Abbau von Anlagenteilen und zum Entfernen des Kernbrennstoffes erteilt. Für die anschließende Stilllegung wurden von 1999 bis zum März 2001 drei Teilgenehmigungen und diverse Einzelgenehmigungen erteilt.

Das abschließend genehmigte Verfahren der Stilllegung beinhaltete den Abriss der Fertigungsgebäude sowie die Geländesanierung auf der Grundlage des $10 \mu\text{Sv}$ -Konzeptes. Nachdem die Kontrollbereiche aufgelöst und die Gebäude abgerissen waren, wurde mit der Geländesanierung begonnen. Da es durch den Anlagenbetrieb zu einem

Eintrag von Uran in den Boden und das Grundwasser kam, war auch eine Sanierung des Erdreiches, der vorhandenen Abwasserkanäle und des Grundwassers erforderlich. Nachdem die Sanierungsarbeiten im Januar 2006 erfolgreich abgeschlossen werden konnten, wurde die Anlage im Mai 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Grundwasseraufbereitungsanlage der Siemens AG wurde im November 2012 außer Betrieb genommen. Zur Überprüfung der Urangehalte wurde das Grundwasser an mehreren Messstellen bis einschließlich September 2016 überwacht. Die nach § 7 Strahlenschutzverordnung genehmigte Aufbereitungsanlage wurde während des Monitorings weiter vorgehalten und ist erst nach dessen Abschluss Ende 2016 zurückgebaut worden.

Siemens Brennelementwerk, Betrieb Karlstein

Die Anlage diente seit 1966 der Herstellung von Brennelementen aus Uranoxid mit einem Anteil von maximal 4 % Uran-235.

Im Rahmen der Stilllegungsentscheidung für die Siemensanlagen in Hanau wurde auch die vergleichsweise kleine Anlage in Karlstein geschlossen. Die Entsorgung aller radioaktiven betrieblichen Einrichtungen wurde abgeschlossen. Das Siemens Brennelementwerk, Betrieb Karlstein, wurde im März 1999 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Der nichtnukleare Betrieb wurde weitergeführt und wird für die Fertigung von Strukturteilen für Brennelemente genutzt (ANF Karlstein). Seit 2001 ist das Werk in Karlstein ein Tochterunternehmen der Framatome ANP, später in AREVA NP umbenannt, seit 30.01.2018 Framatome GmbH.

Brennelementwerk NUKEM-A, Hanau

Die Firma NUKEM produzierte seit 1962 Brennelemente für Forschungs- und Materialtestreaktoren aus Uran und Thorium bis zu einer Uran-235-Anreicherung von 94 %.

Eine erste Genehmigung zum Abbau von Anlagenteilen im Bereich der Brennelementfertigung wurde am 05.12.1988 erteilt. Am 23.12.1988 reichte die NUKEM einen Antrag auf Stilllegung der gesamten Betriebsstätte NUKEM ein. Die Genehmigung zur Stilllegung wurde am 10.03.1993 erteilt. Weitere Genehmigungen zum Abbau der nicht sicherheitsrelevanten Anlagenteile folgten.

Es hatte sich gezeigt, dass die Monostahalle, die sich auf dem Gelände der Degussa (außerhalb der Umzäunung des Nukem-A-Geländes) befand und zwischenzeitlich von Degussa wieder genutzt wurde, in das Stilllegungsverfahren mit einbezogen werden musste. Deshalb wurden zwei zusätzliche Genehmigungen für den Abriss dieses Gebäudekomplexes beantragt und am 09.11.1999 sowie am 26.06.2001 erteilt.

Alle Gebäude innerhalb der Umzäunung sind inzwischen abgerissen. Im Mai 2006 wurde die Bodensanierung abgeschlossen und das Gesamtgelände bis auf eine Teilfläche von 1.000 m² aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Auf der Teilfläche wurde bis 2015 eine Grundwassersanierungsanlage nach § 19 AtG betrieben. Die radiologische Grundwassersanierung wurde mit Bescheid vom 20.07.2015 eingestellt und das Gelände aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Hochtemperatur-Brennelement-Gesellschaft (HOBEG)

Die Anlage der Hochtemperaturreaktor Brennelement GmbH (HOBEG) auf dem Hanauer Nukleargelände wurde von 1972 bis 1988 zur Herstellung von Kugelbrennelementen für Hochtemperaturreaktoren betrieben. Der Durchsatz lag bei bis zu 200.000 Brennelementen pro Jahr. Insgesamt wurden ca. 1 Mio. Brennelemente gefertigt. Die HOBEG-Anlage wurde zunächst mit mehreren Einzelgenehmigungen nach § 9 AtG betrieben. Diese wurden am 30.12.1974 zu einer befristeten Gesamtgenehmigung zusammengefasst. Die Anlage wurde am 15.01.1988 zunächst vorübergehend außer Betrieb genommen und in der Folge stillgelegt.

Zwischen dem 05.12.1988 und dem 07.04.1995 wurden insgesamt neun Genehmigungen zur Stilllegung der Anlage nach § 7 Absatz 3 AtG erteilt. Die verfahrenstechnischen Komponenten wurden abgebaut und größtenteils veräußert. Die Gebäudestrukturen und das umgebende Gelände wurden dekontaminiert. Nach entsprechenden Messungen wurden die verbleibenden Gebäudestrukturen und das zugehörige Gelände freigegeben und am 18.12.1995 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

4.3 Lagerung abgebrannter Brennelemente

4.3.1 Lagerung in Kernkraftwerken

Die Lagerung der abgebrannten Brennelemente in den Kernkraftwerken erfolgt zunächst in den Nasslagerbecken der Reaktoranlage und danach in standortnahen Zwischenlagern (siehe Tabelle III.5 im Anhang III). Gemäß Auflagen in den Genehmigungen für die Kernkraftwerke muss in den Nasslagerbecken grundsätzlich eine Kapazität in Höhe einer Kernladung freigehalten werden, um jederzeit die vollständige Entladung des Reaktorkerns zu ermöglichen. Die internen Lagerkapazitäten können grundsätzlich nicht kraftwerksübergreifend genutzt werden.

Von den 2011 außer Betrieb genommenen Reaktoren haben mittlerweile bis auf Krümmel alle eine erste Stilllegungsgenehmigung erhalten (siehe Kapitel 2.2 und 2.3). Bereits im Jahr 2017 sind die Blöcke Biblis A und Philippsburg 1, im Jahr 2018 die Reaktoranlagen Brunsbüttel und Neckarwestheim 1, im Jahr 2019 die Kernkraftwerke Unterweser, Biblis Block B und Krümmel sowie im Jahr 2020 die Kernkraftwerke Isar 1 und Grafenrheinfeld frei von Brennelementen und -stäben. Die Brennelemente in den Nasslagerbecken wurden dort vollständig in Behälter verpackt und in die Standortzwischenlager eingestellt. Für die Kernkraftwerke Brokdorf, Grohnde, Gundremmingen B und C, Isar 2, Philippsburg 2⁴, Neckarwestheim 2 und Emsland wird die Kernbrennstofffreiheit bis zur Mitte des Jahrzehnts angestrebt.

Beim Kernkraftwerk Obrigheim wurde am 26.10.1998 gemäß § 7 AtG der Betrieb eines bereits 1984 errichteten zusätzlichen Nasslagers im erdbebengeschützten Notstandsgebäude außerhalb des Reaktorgebäudes genehmigt. Im Jahr 2017 wurden alle vorhandenen 342 KWO-Brennelemente in insgesamt 15 Behälter der Bauart CASTOR® 440/84 mvK verladen und zur Aufbewahrung in das Standort-Zwischenlager Neckarwestheim verbracht.

4.3.2 Lagerung in dezentralen Brennelemente-Zwischenlagern

Für die Erteilung von Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG war bis zum 29.07.2016 das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zuständig. Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung wurde die Zuständigkeit für die Durchführung von Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG auf das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) übertragen.

Die Verpflichtung aus § 9a Absatz 1 des AtG, für die geordnete Beseitigung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung, dem sicheren Einschluss sowie aus dem Abbau einer Anlage zur Spaltung von Kernbrennstoffen zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität zu sorgen, ist nach Zahlung der fälligen Beträge durch die Abfallverursacher an den Entsorgungsfonds auf die BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ mbH) übergegangen (<https://bgz.de/>). Die BGZ mbH ist eine in privater Rechtsform organisierte, eigenständige Gesellschaft, deren Kosten über den Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung finanziert werden. Alleiniger Gesellschafter der BGZ mbH ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).

AVR-Behälterlager Jülich

Das AVR-Behälterlager ist ein Trockenlager für abgebrannte Kugel-Brennelemente aus dem AVR Jülich in Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR® THTR/AVR. Es bildet einen Teilbereich der Abfalllagerhalle II in der Betriebsabteilung Dekontamination der Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN mbH), ehemals Forschungszentrum Jülich (FZJ) GmbH.

Der Lagerbetrieb wurde am 23.08.1993 aufgenommen. Seit 2009 befinden sich insgesamt 152 beladene Behälter der Bauart CASTOR® THTR/AVR im AVR-Behälterlager.

Am 30.06.2013 ist die befristet erteilte Aufbewahrungsgenehmigung ausgelaufen. Seitdem wird das AVR-Behälterlager auf der Grundlage einer aufsichtlichen Anordnung des Landes Nordrhein-Westfalen betrieben. Die Aufbewahrungsgenehmigung vom 17.06.1993 enthielt die Nebenbestimmung, dass der Genehmigungsinhaber gegenüber der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde spätestens bis zum 30.06.2007 einen Nachweis über den

⁴ Nach Redaktionsschluss: Die Brennelemente des Kernkraftwerkes Philippsburg 2 wurden in das Brennelemente-Zwischenlager verbracht.

weiteren Verbleib der AVR-Brennelemente zu erbringen hatte. 2007 beantragte das FZJ eine Verlängerung der Genehmigung zur Aufbewahrung in Jülich und nannte 2009 einen Zeitraum von drei Jahren für die Verlängerung.

Zusätzlich ließ das FZJ 2009 beim BfS beantragen, die AVR-Brennelemente im Zwischenlager Ahaus lagern zu dürfen. Eine Beförderungsgenehmigung wurde 2010 beantragt. Infolgedessen bat das FZJ am 16.07.2010 darum, das Genehmigungsverfahren für die Verlängerung der Aufbewahrung in Jülich ruhend zu stellen. 2012 änderte das FZJ seine Planungen erneut und beantragte, das Verfahren zur weiteren Aufbewahrung der AVR-Brennelemente in Jülich wieder aufzunehmen. Dieses wird seitdem fortgeführt. Beantragt ist derzeit eine Neugenehmigung für die Dauer von neun Jahren.

Die GNS beantragte im Auftrag des FZJ 2013 zunächst die Ruhendstellung des Verfahrens für die Lagerung der AVR-Brennelemente in Ahaus. 2014 gab das FZJ bekannt, dass es auch die Möglichkeit eines Transports in das Transportbehälterlager Ahaus (heute: Brennelemente-Zwischenlager Ahaus BZA) wieder verfolgen möchte. Am 21.07.2016 wurde die Genehmigung zur Aufbewahrung der AVR-Brennelemente im Transportbehälterlager Ahaus erteilt. Die Stadt Ahaus und eine Privatperson haben gegen diese Genehmigung Klage vor dem Oberverwaltungsgericht des Landes Nordrhein-Westfalen erhoben. Das Verfahren ist derzeit dort anhängig.

Seit Mitte 2012 prüfte die Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN mbH) als weitere Möglichkeit einen Transport der AVR-Brennelemente in die USA. Diese Option wurde im Oktober 2022 nach öffentlich zugänglichen Angaben der JEN mbH in Abstimmung mit den relevanten Bundes- und Landesministerien allerdings aufgegeben.⁵

Als weitere Alternative wird der Neubau eines Zwischenlagers am Standort Jülich erwogen. Ein diesbezüglicher Antrag wurde noch nicht gestellt.

Brennelemente-Zwischenlager (ehemals Standort-Zwischenlager)

Von den Betreibern der Kernkraftwerke wurden in den Jahren 1998 bis 2000 für insgesamt 13 Standorte Anträge zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Form von abgebrannten Brennelementen in Standort-Zwischenlagern (SZL) gestellt. Der Antrag für ein SZL in Stade wurde nach dem Beschluss der Stilllegung des Kernkraftwerkes wieder zurückgezogen.

Zum 01.01.2019 wurden alle dezentralen Zwischenlager bis auf das Zwischenlager Brunsbüttel an die BGZ mbH übergeben. Mit ihrem Übergang haben alle BGZ mbH eigenen Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen neue, einheitliche Bezeichnungen erhalten. Im Folgenden wird die Bezeichnung Brennelemente-Zwischenlager genutzt.

Neben der atomrechtlichen Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen ist insbesondere eine Baugenehmigung zur Errichtung des Bauwerkes nach der Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes erforderlich. In den Genehmigungsverfahren zu den Anträgen ab dem Jahr 1999 wurde eine gemeinsame Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorgenommen. Die Basis dafür bildeten die bis zum 16.02.2012 geltende Richtlinie 85/337/EWG in der Fassung der Richtlinie 97/11/EG und das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Geprüft wurden u. a. die möglichen Auswirkungen des jeweiligen Vorhabens auf Menschen, Tiere, Pflanzen und deren Lebensraum sowie auf Boden, Wasser, Luft und Klima.

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren war nach § 6 Absatz 2 Nummer 4 AtG insbesondere auch zu prüfen, ob der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) gewährleistet ist. Seit den Terroranschlägen vom 11.09.2001 kann nicht mehr ausgeschlossen werden, dass der Luftverkehr trotz hoher Sicherheitsstandards als Anschlagmittel missbraucht wird. Auch wenn in den letzten Jahren und aktuell im Hinblick auf SEWD keine Erkenntnisse vorliegen, die auf eine konkrete Gefährdung ortsfester kerntechnischer Einrichtungen in Deutschland hindeuten, wurden im Rahmen der Prüfungen gemäß § 6 Absatz 2 Nummer 4 AtG neben der Betrachtung von Terror- und Sabotageakten die Auswirkungen eines gezielten Absturzes eines Großraumflugzeuges auf ein Zwischenlager untersucht. Im Ergebnis der Prüfungen wurde festgestellt, dass bei allen zu betrachtenden Szenarien die ermittelte maximale effektive Dosis für die Referenzperson an der ungünstigsten Einwirkstelle

⁵ Quelle: „Zukünftiger Verbleib der AVR-Brennelemente aktueller Stand der Optionen“, Jülicher Nachbarschaftsdialog, Jülich FZJ, 06.03.2023

deutlich kleiner ist als der Richtwert von 100 mSv, welcher seit September 2021 in § 44 Absatz 2 Satz 3 AtG nunmehr auch auf gesetzlicher Ebene festgeschrieben ist.

Bei den Brennelemente-Zwischenlagern handelt es sich um Trockenlager für abgebrannte Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern, die in Lagerhallen bzw. Tunnelröhren untergebracht sind. In allen bereits genehmigten Lagern kommen zunächst Behälter der Bauarten CASTOR® V/19 bzw. CASTOR® V/52 zur Verwendung. Die erteilten Genehmigungen aller bis zum Jahr 2000 beantragten Brennelemente-Zwischenlager gestatten die Aufbewahrung von abgebrannten Brennelementen mit einer Schwermetallmasse von insgesamt 14.025 Mg auf 1.435 Stellplätzen für Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR®. Die Kapazität wurde ursprünglich so bemessen, dass alle abgebrannten Brennelemente, die aufgrund der im Jahr 2002 festgelegten Elektrizitätsmengen noch bis zur endgültigen Einstellung des Kraftwerksbetriebes angefallen wären, im Brennelemente-Zwischenlager aufgenommen und dort auch über die Stilllegung des Kernkraftwerks hinaus bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers hätten gelagert werden können. Da mit Inkrafttreten der 13. Novelle zur Änderung des Atomgesetzes vom 31.07.2011 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb für insgesamt acht Kernkraftwerke zum 06.08.2011 erloschen ist und gleichzeitig die Restlaufzeiten der übrigen Kernkraftwerke spätestens im April 2023 enden, werden die Lagerkapazitäten der Brennelemente-Zwischenlager durch die Einlagerung der zukünftig anfallenden abgebrannten Brennelemente nicht mehr ausgeschöpft.

Bis zum Ablauf des Jahres 2003 wurde die Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente für zwölf Brennelemente-Zwischenlager genehmigt (s. Tabelle 4.1). Das damals zuständige BfS hatte zunächst die jeweils abschließend geprüften Antragsteile beschieden, so dass die Bearbeitung der in den Jahren 1998 bis 2000 gestellten Anträge noch nicht beendet ist. Im Jahr 2021 wurden die Prüfungen im Rahmen von Änderungsgenehmigungen für die Brennelemente-Zwischenlager fortgeführt. Die Genehmigungsverfahren betrafen dabei zum einen den Einsatz neuer Behälterbauarten, die Möglichkeit alternativer Beladevarianten für die abgebrannten Brennelemente sowie die Beladung von Sonderbrennstäben (z. B. defekte Brennstäbe) in speziellen Köchern zur Aufbewahrung im Behälter. Zum anderen wurden im Rahmen der Genehmigungsverfahren die Prüfungen zu der sicherungstechnischen Nachrüstung der Zwischenlager fortgeführt. Im Jahr 2022 wurden das Änderungsgenehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Sonderbrennstäben in Köchern für das Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (10. Änderungsgenehmigung) sowie die Änderungsgenehmigungsverfahren zur sicherungstechnischen Nachrüstung (4. Änderungsgenehmigung) und zu alternativen Beladevarianten (5. Änderungsgenehmigung) für das Brennelemente-Zwischenlager Brokdorf abgeschlossen. In den Änderungsgenehmigungsverfahren erfolgten jeweils allgemeine Vorprüfungen im Sinne des UVPG, ob die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist. Dies war bislang in keinem Fall erforderlich.

Im Hinblick auf die Rückführung der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich und Großbritannien wurden am 29.09.2017 die entsprechenden Anträge zur Aufbewahrung der verglasten Abfälle in den Standort-Zwischenlagern (jetzt: Brennelemente-Zwischenlager) Philippsburg, Brokdorf, Biblis und Isar gestellt. Die verfestigten hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente in Sellafield (GB) sollen antragsgemäß jeweils in bis zu sieben Behältern der Bauart CASTOR® HAW28M an den Standorten Biblis, Brokdorf und Isar aufbewahrt werden. Die erste Genehmigung zur Aufbewahrung von Sellafield-Glaskokillen in Behältern der Bauart CASTOR® HAW28M wurde am 19.12.2019 für das Brennelemente-Zwischenlager Biblis (BZB) erteilt. Im November 2020 wurden sechs Behälter der Bauart CASTOR® HAW28M mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Sellafield im BZB einlagert.

Am 13.10.2020 hat der BUND Landesverband Hessen e.V. beim Hessischen Verwaltungsgerichtshof Klage gegen die am 19.12.2019 erteilte 9. Änderungsgenehmigung für das Zwischenlager in Biblis erhoben, mit der die Aufbewahrung von HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung in Sellafield gestattet worden ist. Der Kläger rügt im Wesentlichen die fehlende Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung, ein fehlerhaftes Reparaturkonzept der Behälter sowie fehlenden Schutz des Zwischenlagers vor diversen Störmaßnahmen und Einwirkungen Dritter. Das Verfahren ist noch anhängig.

Die im Jahr 2017 mit Frankreich vereinbarte Rückführungsverpflichtung sah ursprünglich vor, dass insgesamt fünf Behälter der Bauart CASTOR® HAW28M mit verfestigten mittelradioaktiven Abfällen (CSD-B) im Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg (BZP) aufbewahrt werden. Das entsprechende Genehmigungsverfahren konnte im Dezember 2021 mit der 9. Änderungsgenehmigung für das BZP abgeschlossen werden. Außerdem sollten insgesamt 152 Behälter mit hochdruckverpressten mittelradioaktiven Metallresten (CSD-C) der aufgearbeiteten Brennelemente im Zwischenlager Ahaus aufbewahrt werden. Im Jahr 2021 hat die Bundesregierung mit Frankreich eine neue Lösung für die Rücknahme radioaktiver Abfälle vereinbart. Statt der Rücknahme von mittelradioaktiven Abfällen sollen analog zu den Standorten Biblis, Isar und Brokdorf zukünftig drei bis fünf CASTOR®-Behälter mit

verglasten hochradioaktiven Abfällen im BZP aufbewahrt werden. Außerdem sollen bis zu 30 leere Brennelement-Transportbehälter nach Deutschland gebracht werden – bei Bedarf werden diese im Brennelemente-Zwischenlager Ahaus zwischengelagert. Damit sollen insbesondere die zuvor geplanten bis zu 17 Transporte mit mittelradioaktiven Abfällen auf nur noch einen Transport mit hochradioaktiven Abfällen beschränkt und gleichzeitig Verzögerungen bei der Rückführung der Abfälle aus Frankreich vermieden werden. Dementsprechend hat die BGZ mbH einen Antrag zur Aufbewahrung von bis zu fünf Behältern der Bauart CASTOR® HAW28M mit verglasten hochradioaktiven Abfällen im BZP mit Datum vom 28.03.2022 gestellt. Den Antrag für die Aufbewahrung der leeren Brennelement-Transportbehälter will die BGZ mbH im Jahr 2023 stellen⁶.

Gegen die 9. Änderungsgenehmigung für das BZP zur Aufbewahrung von fünf Behältern der Bauart CASTOR® HAW28M mit verfestigten mittelradioaktiven Abfällen (CSD-B) hat die Stadt Philippsburg mit Datum vom 23.03.2022 Widerspruch beim BASE eingelegt. Das Widerspruchsverfahren ist noch anhängig.

Im Juni 2013 hat das OVG Schleswig nach einer Klage von Anwohner:innen die Genehmigung für das Zwischenlager Brunsbüttel aufgehoben. Nach Auffassung der Richter:innen habe die Genehmigungsbehörde sowohl das erforderliche Maß des Schutzes gegen terroristische Einwirkungen in Gestalt eines gezielten (gelenkten) Absturzes eines Verkehrsflugzeuges als auch die Risiken des Szenarios eines terroristischen Angriffs auf das Zwischenlager mit panzerbrechenden Waffen fehlerhaft ermittelt und bewertet. Das Urteil ist mit dem Beschluss des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) vom 08.01.2015 rechtskräftig geworden. Seitdem erfolgt der Betrieb des Zwischenlager Brunsbüttel auf der Grundlage einer Anordnung der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde des Landes Schleswig-Holstein, die bis zur Erteilung einer vollziehbaren Aufbewahrungsgenehmigung nach § 6 AtG für die aufbewahrten Kernbrennstoffe gilt. Das Neugenehmigungsverfahren wird derzeit durchgeführt.

Ein weiteres Klageverfahren gegen die Genehmigung für das Brennelemente-Zwischenlager Unterweser vom 22.09.2003 vor dem Niedersächsischen Oberverwaltungsgericht ist im Jahr 2021 durch einen Vergleich im gegenseitigen Einvernehmen beendet worden.

Darüber hinaus haben mehrere Privatpersonen Klage vor dem Bayerischen Verwaltungsgerichtshof mit dem Ziel erhoben, die am 19.12.2003 erteilte Aufbewahrungsgenehmigung für das Standort-Zwischenlager (jetzt: Brennelemente-Zwischenlager) Gundremmingen aufzuheben. Die Kläger begründen ihre Klage im Wesentlichen mit einem aus ihrer Sicht unzureichenden Schutz des Zwischenlagers vor terroristischen Angriffen. Das Verfahren ist derzeit noch vor dem Bayerischen Verwaltungsgerichtshof anhängig.

Die Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die jeweils erteilte erste Genehmigung, die genehmigten Schwermetallmassen (SM) und Stellplätze sowie die Inbetriebnahme (d. h. die erste Einlagerung eines beladenen Behälters) der Standort-Zwischenlager. Weitere Einzelheiten zu diesen Zwischenlagern können der Tabelle III.5 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 4.1: Brennelemente-Zwischenlager⁷

Brennelemente-Zwischenlager	Erteilung der 1. Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze gesamt (Ende 2022 belegt)	Inbetriebnahme
BZB (alt: SZL Biblis)	22.09.2003	1.400	135 (108)	18.05.2006
BZF (alt: SZL Brokdorf)	28.11.2003	1.000	100 (35)	05.03.2007
Zwischenlager Brunsbüttel*(alt SZL Brunsbüttel)	28.11.2003	450	80 (20)	05.02.2006
BZR (alt: SZL Grafenrheinfeld)	12.02.2003	800	88 (54)	27.02.2006
BZD (alt: SZL Grohnde)	20.12.2002	1.000	100 (37)	27.04.2006
BZM (alt: SZL Gundremmingen)	19.12.2003	1.850	192 (115)	25.08.2006
BZI (alt: SZL Isar)	22.09.2003	1.500	152 (88)	12.03.2007
BZK (alt: SZL Krümmel**)	19.12.2003	775	65 (42)	14.11.2006
BZL (alt: SZL Lingen)	06.11.2002	1.250	125 (47)	10.12.2002
BZN (SZL Neckarwestheim)	22.09.2003	1.600	151 (94)	06.12.2006
BZP (alt: SZL Philippsburg)	19.12.2003	1.600	152 (92)	19.03.2007
BZU (alt: SZL Unterweser)	22.09.2003	800	80 (40)	18.06.2007

* Die Genehmigung für das Zwischenlager Brunsbüttel wurde aufgehoben. Die Aufbewahrung erfolgt bis zur Ausnutzbarkeit einer Neugenehmigung auf der Grundlage einer aufsichtlichen Anordnung.

** Mit der 4. Änderungsgenehmigung für das Brennelemente-Zwischenlager Krümmel zur Erweiterung des Schutzes gegen SEWD wurde die Anzahl der Stellplätze von 80 auf 65 und gleichzeitig die Gesamtwärmeleistung von 3,0 MW auf 2,28 MW reduziert.

4.3.3 Lagerung in zentralen Brennelemente-Zwischenlagern

Eine Übersicht zu den zentralen Brennelemente-Zwischenlagern außerhalb von Kernkraftwerksstandorten enthält Tabelle III.4 im Anhang III dieses Berichtes.

Bei den Brennelemente-Zwischenlagern Ahaus, Gorleben⁷ und dem Transportbehälterlager des Zwischenlagers Nord wurden im Rahmen der Untersuchung zu einer möglichen nachträglichen Auflage gemäß § 17 AtG Untersuchungen über die Auswirkungen eines gezielt herbeigeführten Flugzeugabsturzes durchgeführt. Die gutachterlichen Ergebnisse haben gezeigt, dass bei dem unterstellten absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz für die Bevölkerung in der Umgebung keine Gefährdung von Leben und Gesundheit infolge der Freisetzung einer erheblichen Menge radioaktiver Stoffe zu erwarten ist und dass keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind.

Die Transportbehälterlager Ahaus und Gorleben wurden bis zum 30.07.2017 von der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, einer Gesellschaft der Energieversorgungsunternehmen, betrieben. Seit dem 01.08.2017 werden die Zwischenlager an den Standorten Ahaus und Gorleben von der neu gegründeten BGZ mbH betrieben.

⁷ Mit ihrem Übergang auf die BGZ mbH haben alle BGZ mbH-eigenen Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen neue, einheitliche Bezeichnungen erhalten.

Transportbehälterlager Ahaus (neu: Brennelemente-Zwischenlager Ahaus)⁷

Das Transportbehälterlager Ahaus (jetzt: BZA) wurde ursprünglich ausschließlich als Trockenlager für abgebrannte Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR[®] konzipiert. Das BZA besteht aus einem Lagerbereich I (westlicher Lagerbereich) sowie einem Lagerbereich II (östlicher Lagerbereich).

Die atomrechtliche Genehmigung zur Aufbewahrung von Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren nach § 6 AtG für eine Kapazität von 1.500 Mg Schwermetall (SM) wurde am 10.04.1987 erteilt. Im Juni 1992 wurde der Lagerbetrieb aufgenommen.

Das BZA hat eine Genehmigung für die Aufbewahrung abgebrannter Kugel-Brennelemente aus dem THTR-300 in Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR[®] THTR/AVR; sie wurde am 17.03.1992 erteilt. Bis Ende April 1995 waren alle 305 CASTOR[®] THTR/AVR-Behälter mit den Brennelementen aus dem THTR-300 eingelagert.

Aufgrund eines umfassenden Neuantrags wurde am 07.11.1997 eine Neugenehmigung erteilt. Sie umfasst auf insgesamt 420 Stellplätzen in den Lagerbereichen I und II die Aufbewahrung von max. 3.960 Mg SM in den bisher genehmigten Behältern sowie in den Behältern der Bauarten CASTOR[®] V/19, CASTOR[®] V/19 SNO6 und CASTOR[®] V/52 bis zum 31.12.2036. In der Genehmigung ist die maximal einlagerbare Aktivität auf $2 \cdot 10^{20}$ Bq und die Obergrenze für die Wärmeleistung aller Behälter in der Halle auf 17 MW festgelegt.

Am 20.03.1998 wurden zusätzlich zu den bereits gelagerten 305 CASTOR[®] THTR/AVR-Behältern zwei CASTOR[®] V/19-Behälter, ein Behälter CASTOR[®] V/19 SNO6 und drei CASTOR[®] V/52-Behälter mit LWR-Brennelementen in das Transportbehälterlager Ahaus überführt.

Am 09.11.2009 erteilte die Bezirksregierung Münster die Genehmigung nach § 7 StrlSchV zur befristeten Zwischenlagerung sonstiger radioaktiver Stoffe aus dem Betrieb und der Stilllegung deutscher Kernkraftwerke mit einer maximalen Gesamtaktivität von 10^{17} Bq. Die radioaktiven Abfälle können in unterschiedlichen Behältern aus Beton, Guss und Stahl in der westlichen Hallenhälfte (Lagerbereich I) zwischengelagert werden. Diese Abfälle sollen später in das genehmigte und derzeit in der Errichtung befindliche Endlager des Bundes, Schacht Konrad bei Salzgitter, verbracht werden.

Mit Genehmigung vom 17.07.2020 gestattete die zuständige Bezirksregierung Münster auf Grundlage des § 12 Absatz 1 Nr. 3 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) die weitere Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle im Lagerbereich I des BZA bis zum 31.12.2057.

Im Zeitraum 2000 bis 2017 wurden außerdem insgesamt neun Änderungsgenehmigungen nach § 6 AtG erteilt (s. Tab III.4).

Unter anderem wurde mit der 7. Änderungsgenehmigung vom 08.02.2016 die sicherungstechnische Nachrüstung des BZA genehmigt. Vor dem Hintergrund des Auslaufens der Genehmigung für das AVR-Behälterlager im Jahr 2013 (siehe Kapitel 4.3.2) wurde auf den Antrag vom 24.09.2009 außerdem mit der 8. Änderungsgenehmigung vom 21.07.2016 die Aufbewahrung des AVR-Inventars im BZA genehmigt. Auf Grundlage dieser Genehmigung können die insgesamt 152 Behälter der Bauart CASTOR[®] THTR/AVR in der östlichen Hallenhälfte (Lagerbereich II) neben den dort bereits eingelagerten 305 Behältern der Bauart CASTOR[®] THTR/AVR mit Brennelementen des THTR aufbewahrt werden. Gegen diese Genehmigung haben am 12.12.2017 die Stadt Ahaus und eine Privatperson Klage vor dem Obergericht des Landes Nordrhein-Westfalen erhoben. Das Verfahren ist noch anhängig. Mit der 9. Änderungsgenehmigung vom 01.08.2017 wurde der Übergang der Genehmigungsinhaberschaft des Transportbehälterlager Ahaus von der GNS auf die BGZ mbH geregelt.

Am 20.12.2006 haben die GNS und die Brennelement-Ahaus-Zwischenlager GmbH einen Antrag nach § 6 AtG auf Aufbewahrung von hochdruckkompaktierten mittelradioaktiven Abfällen (CSD-C - Colis Standard de Déchets Compactés) aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe in Transport- und Lagerbehältern der Bauart TGC36 gestellt. Für die Aufbewahrung dieser CSD-C-Abfälle wurde seit 2012 ein neuer Transport- und Lagerbehälter der Bauart TGC27 entwickelt. Diese Abfälle sollten ursprünglich in ca. 150 Behältern eingelagert werden. Aufgrund der im Jahr 2021 neu vereinbarten Lösung zur Rückführung radioaktiver Abfälle aus Frankreich wird die Entwicklung des TGC27 seit 2021 nicht mehr weiterverfolgt (siehe auch Kapitel 4.3.2).

Mit Schreiben vom 02.04.2013 und 03.04.2013 haben die GNS und die Brennelement-Ahaus-Zwischenlager GmbH einen Antrag auf Austausch des vorhandenen Lagerhallenkrans zur Erfüllung der erhöhten Anforderungen nach KTA 3902 Abschnitt 4.3 gestellt und hierzu zunächst konzeptuelle Antragsunterlagen vorgelegt. Seit 2020 wird der Antrag mit detaillierteren Antragsunterlagen unterlegt, die sich aktuell in der Prüfung durch das BASE befinden.

Mit Schreiben vom 30.09.2014 hatte die GNS um die Wiederaufnahme des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens zur Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz der Technischen Universität München (FRM II) im BZA gebeten. Die Aufbewahrung der Brennelemente soll in Behältern der neuen Behälterbauart CASTOR® MTR3 im Lagerbereich II erfolgen. Mit Schreiben vom 07.05.2020 hat die BGZ mbH außerdem um Wiederaufnahme des Genehmigungsverfahrens zur Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente des Berliner Experimentierreaktors (BER II) des Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie in Behältern der Bauart CASTOR® MTR3 gebeten. Gegenüber der Aufbewahrung von Brennelementen des FRM II soll für die Aufbewahrung der BER-II-Brennelemente eine modifizierte Ausführung des CASTOR® MTR3 mit einem modifizierten Primärdeckel und einem neuen Tragkorb zum Einsatz kommen. Die beantragte Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus deutschen Forschungsreaktoren ist Teil des umfassenden gemeinsamen Antrags der BZA und der GNS vom 15.09.1995, der hinsichtlich der Forschungsreaktorbrennelemente bislang nur für die Brennelemente des Rossendorfer Forschungsreaktors beschieden ist.

Im Rahmen der im Kapitel 4.3.2 dargestellten Rückführungsvereinbarungen mit Frankreich ist die Aufbewahrung von 30 leeren Brennelement-Transportbehältern („end-used casks – EUC“) im BZA geplant.⁸

Transportbehälterlager Gorleben (neu: Brennelemente-Zwischenlager Gorleben)⁷

Das Transportbehälterlager Gorleben (BZG) ist ein Trockenlager für abgebrannte Brennelemente aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren und HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung in Transport- und Lagerbehältern.

Nach Antragstellung im September 1980 wurde die atomrechtliche Aufbewahrungsgenehmigung gemäß § 6 AtG für eine Kapazität von 1.500 Mg SM am 05.09.1983 erteilt. Zuvor erfolgten eine Auslegung des Sicherheitsberichts und der Kurzbeschreibung sowie ein Anhörungstermin. Am 25.04.1995 wurde der Lagerbetrieb aufgenommen.

In einer Neugenehmigung vom 02.06.1995 wurde, neben der Aufstockung auf insgesamt 3.800 Mg SM und der Aufbewahrung von verfestigten hochradioaktiven Spaltproduktlösungen, insbesondere die Aufbewahrung Mischoxid (MOX) enthaltender Brennelemente und die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Form von Abfällen sowie von kernbrennstoffhaltigen Abfällen und von sonstigen radioaktiven Stoffen gestattet. Die einlagerbare Aktivität wurde auf $2 \cdot 10^{20}$ Bq begrenzt. Vor dieser Entscheidung wurde eine Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt.

Mit der 6. Änderungsgenehmigung vom 21.06.2018 wurde zuletzt die sicherungstechnische Nachrüstung des BZG genehmigt.

Im BZG wurden bis 2011 fünf Behälter mit abgebrannten Brennelementen (1 CASTOR® Ic, 1 CASTOR® IIa, 3 CASTOR® V/19) und 108 Behälter mit HAW-Glaskokillen (1 TS 28 V, 74 CASTOR® HAW 20/28 CG, 21 CASTOR® HAW 28 M und 12 TN85) eingelagert.

Aus der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield Ltd. sollten ursprünglich weitere ca. 21 Behälter der Bauart CASTOR® HAW28M mit HAW-Glaskokillen und weitere fünf Behälter der Bauart CASTOR® HAW28M mit verfestigten mittelradioaktiven Abfällen (MAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente bei der AREVA NC in Frankreich im TBL-G aufbewahrt werden.

Nach einer Änderung des Atomgesetzes im Zusammenhang mit dem Standortauswahlgesetz (StandAG) vom 23.07.2013 ist die Einlagerung dieser Behälter im BZG rechtlich ausgeschlossen worden. Die Behälter sollen nunmehr auf standortnahe Zwischenlager verteilt werden (siehe auch Kapitel 4.3.2).

Mit Schreiben vom 05.12.2013 und 12.12.2013 haben die GNS und die BLG die Erstreckung der Aufbewahrungsgenehmigung auf die Lagerung von sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 7 Absatz 2 StrlSchV im BZG gestellt. Im Rahmen dieser gemischten Lagerung ist nun beabsichtigt, in einem Teil des Lagerbereichs endlagergerechte Abfälle zu lagern, die zuvor am Standort, in einem noch zu errichtenden Anbau an das Abfalllager Gorleben, konditioniert werden sollen.

Transportbehälterlager im Zwischenlager Nord Rubenow (ZLN)

Das Transportbehälterlager im Zwischenlager Nord ist ein Trockenlager für abgebrannte Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern. Es befindet sich in der Halle 8 des Zwischenlagers Nord auf dem Gelände der EWN. Das ZLN dient im Wesentlichen der Aufnahme von abgebrannten Brennelementen, Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Abfällen aus den Reaktoren Rheinsberg und Greifswald.

Am 05.11.1999 wurde die Genehmigung nach § 6 AtG erteilt, nachdem ein entsprechender Antrag im April 1993 gestellt worden war. Genehmigt wurde eine Kapazität von max. 585 Mg SM in max. 80 Behältern der Bauart CASTOR® 440/84. Das einlagerbare Aktivitätsinventar wurde auf $7,5 \cdot 10^{18}$ Bq begrenzt. Am 11.12.1999 wurde mit der Einlagerung von CASTOR®-Behältern begonnen.

Im ZLN wurden bis 2011 insgesamt 74 beladene CASTOR®-Behälter (62 CASTOR® 440/84, 3 CASTOR® KRB-MOX, 5 CASTOR® HAW 20/28 CG SN 16 und 4 CASTOR® KNK) eingelagert.

Mit Schreiben vom 29.05.2019 hat die EWN einen Antrag nach § 6 AtG zur Aufbewahrung der 74 Transport- und Lagerbehältern im neu zu errichtenden Ersatztransportbehälterlager (ESTRAL) nordöstlich des ZLN gestellt. In diesem Genehmigungsverfahren wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung, die ein formelles Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren gemäß der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung beinhaltet, das Antragschreiben und die für die Öffentlichkeitsbeteiligung maßgeblichen Antragsunterlagen im Zeitraum vom 11.02. bis 11.04.2022 öffentlich ausgelegt. Der Erörterungstermin fand vom 01.11. bis 02.11.2022 in Greifswald statt. Aktuell werden detailliertere Antragsunterlagen zur Prüfung der Erfüllung der atomrechtlichen Genehmigungsvoraussetzungen erwartet.

Für die Errichtung und den Betrieb des ESTRAL sind neben der atomrechtlichen Genehmigung eine Baugenehmigung, die auch naturschutzrechtliche Prüfungen einschließt, und eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

4.4 Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und Kernbrennstoffen

4.4.1 Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden auch als radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bezeichnet. Diese fallen im Betrieb und bei der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen an.

Für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus Kernkraftwerken und der kerntechnischen Industrie stehen sowohl zentrale Zwischenlager als auch dezentrale Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten zur Verfügung. Für Abfälle, die bei der Anwendung von und dem Umgang mit Radioisotopen in Forschung, Industrie und Medizin anfallen, werden die von den Ländern betriebenen Landessammelstellen als Zwischenlager genutzt.

Die zentralen Zwischenlager für radioaktive Abfälle werden in Tabelle III.6 aufgeführt. Die dezentralen Zwischenlager für radioaktive Abfälle an Kernkraftwerksstandorten werden in den Kapiteln 2.1 – 2.3 dieses Berichtes direkt bei den Kurzdarstellungen des Anlagenstatus der Kernkraftwerke mit adressiert.

4.4.2 Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen

Im Interesse einer lückenlosen staatlichen Kontrolle über den Verbleib von Kernbrennstoffen regelt § 5 Absatz 4 AtG, dass Kernbrennstoffe, bei denen ein zum Besitz Berechtigter nicht feststellbar oder nicht heranziehbar ist, staatlich zu verwahren sind. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn Kernbrennstoffe gefunden oder bei Grenzkontrollen sichergestellt werden. Die zuständige Behörde für die staatliche Verwahrung ist seit dem 30.07.2016 das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), das diese Aufgabe vom bis dahin zuständigen Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) übernommen hat.

Für kleinere Mengen an Kernbrennstoffen, die gemäß § 5 Absatz 4 AtG zu verwahren sind, wurden vom BASE im Zwischenlager Nord bei Lubmin vorsorglich Lagerflächen angemietet, die derzeit aber nicht genutzt werden. Sollten wider Erwarten größere Mengen staatlich zu verwahrenden Kernbrennstoffen anfallen, würden diese zunächst vor Ort verwahrt werden. Das BASE würde in diesem Fall Maßnahmen ergreifen, damit die Verwahrung der Kernbrennstoffe vor Ort den Anforderungen entspricht, die sich bei einer Aufbewahrung von Kernbrennstoffen gemäß § 6 AtG ergeben würden.

In staatlicher Verwahrung befindet sich derzeit in Deutschland eine Plutonium-Beryllium-Quelle.

4.5 Die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen

In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde in Deutschland mit der Entwicklung der Technologie zur Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente begonnen. Hierfür wurde die Pilotanlage Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) errichtet. Geplant war im Rahmen eines nationalen Entsorgungszentrums (Nukleares Entsorgungszentrum Gorleben) die Zwischenlagerung, industrielle Wiederaufarbeitung und die Endlagerung an einem Standort.

Nach Aufgabe dieses Planes und nach Aufgabe der Wiederaufarbeitung im Inland, wurde durch den Beschluss der Bundesregierung vom 06.06.1989 die Entsorgung bestrahlter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken durch Zwischenlagerung und Wiederaufarbeitung in anderen EG-Mitgliedsstaaten als Teil des integrierten Entsorgungskonzeptes und damit des Entsorgungsvorsorgenachweises anerkannt. Die begonnene Errichtung einer industriellen deutschen Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf (WAW) wurde noch im gleichen Jahr beendet und die abgebrannten Brennelemente zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich (früher AREVA, jetzt Framatome, La Hague) oder England (BNFL, Sellafield) transportiert.

Mit einer 1994 erfolgten Änderung des Atomgesetzes wurde die direkte Endlagerung als Entsorgungsalternative der Wiederaufarbeitung gleichgestellt, so dass Brennelemente auch in den Zwischenlagern Gorleben und Ahaus zur späteren direkten Endlagerung zwischengelagert wurden.

Zur Minimierung der mit der Wiederaufarbeitung bzw. den mit den Transporten zur Wiederaufarbeitung verbundenen Risiken wurden mit der Änderung des Atomgesetzes vom 27.04.2002 Transporte zur Wiederaufarbeitung im Ausland nach dem 30.06.2005 untersagt. Die Entsorgung der Brennelemente wurde ab diesem Zeitpunkt ausschließlich auf die direkte Endlagerung beschränkt.

Rückbauprojekt Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)

Die WAK (siehe Tabelle III.7) auf dem Gelände des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) Campus Nord war eine Versuchsanlage zur Wiederaufarbeitung von abgebrannten Kernbrennstoffen aus Forschungs-, Prototyp- und Leistungsreaktoren. Neben der Gewinnung von Betriebserfahrungen wurden Entwicklungsvorhaben im Hinblick auf eine deutsche Wiederaufarbeitungsanlage im industriellen Maßstab durchgeführt. Die WAK nahm 1971 den Betrieb unter Führung der WAK Betriebsgesellschaft mbH auf. Während dieser Zeit wurden ca. 200 Mg Kernbrennstoffe aus einer Vielzahl von Reaktoren aufgearbeitet. Das dabei wiedergewonnene Uran und Plutonium wurde zur Weiterverarbeitung an Firmen der nuklearen Versorgung ausgeliefert.

Nach dem Verzicht auf eine großtechnische Wiederaufarbeitungsanlage in Deutschland wurde der Betrieb am 31.12.1990 endgültig eingestellt. Zum Ende des Wiederaufarbeitungsbetriebes bestand die Anlage aus dem Prozess-Gebäude mit den Einrichtungen zur Wiederaufarbeitung von bestrahlten Kernbrennstoffen, den Lagergebäuden mit Behältern und Verfahreseinheiten zur Zwischenlagerung von HAWC und mittelaktiven Flüssigabfällen (MAW) sowie Anlagen und Gebäuden zur Medienversorgung und technischen Infrastruktur. Am 22.03.1993 wurde die 1. Teilstilllegungsgenehmigung für die Stilllegung der WAK erteilt.

Aus dem Betrieb der Wiederaufarbeitungsanlage resultierten etwa 60 m³ hochaktives, flüssiges Abfallkonzentrat (HAWC) mit einer Aktivität von $7,7 \cdot 10^{17}$ Bq, das zuletzt im Gebäude der Lagerungs- und Verdampfungsanlage (LAVA) gelagert und überwacht wurde. Das HAWC wurde in der eigens für die Konditionierung errichteten Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) in der Zeit von September 2009 bis Juni 2010 zu 123 Glaskokillen verarbeitet. Durch den nachfolgenden Spülbetrieb fielen weitere 17 Glaskokillen an. Mit der Befüllung der 140. und letzten Kokille am 25.11.2010 wurde der Betrieb der VEK endgültig beendet. Die Kokillen wurden in 5 Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR® HAW20/28 eingebracht und im Februar 2011 in das Zwischenlager Nord der EWN GmbH in Lubmin bei Greifswald transportiert (siehe Kapitel 4.3.3). Die schwach- und mittelaktiven Betriebsabfälle der WAK wurden im Kernforschungszentrum Karlsruhe konditioniert. Nach Beendigung der Einlagerung radioaktiver Abfälle in der Schachanlage Asse Ende 1978 verblieben weitere konditionierte Betriebsabfälle bis heute in der WAK-Anlage.

Das Gesamtkonzept zur Stilllegung, zum Rückbau sowie zur Entsorgung der WAK soll in sechs technisch eigenständigen Schritten erreicht werden.

- Schritt 1: Deregulierungsmaßnahmen nach Außerbetriebnahme der WAK
- Schritt 2: Erste Rückbaumaßnahmen im Prozessgebäude (PG)
- Schritt 3: Weiterer Rückbau des PG bis zur Kontrollbereichsaufhebung (einschließlich Ergänzungsmaßnahmen zum Rückbau des PG)
- Schritt 4: Deregulierung nach Verglasungsende

- Schritt 5: Vollständiger Rückbau der Einrichtungen der LAVA, HWL (Haupt-Waste-Lager), VEK und Restanlagen
- Schritt 6: Konventioneller Gebäudeabriss

Schritte 1 und 2 sind abgeschlossen, Schritt 3 ist weit fortgeschritten. Die in Schritt 4 enthaltenen Maßnahmen u. a. zu Außerbetriebnahmen der ehemaligen HAWC-Lagereinrichtungen und von Prozesseinrichtungen der VEK wurden beendet. Der Rückbau der HAWC-Lagereinrichtungen und der VEK bilden Schritt 5. Dieser ist in zehn Rückbaubereiche (RB) gegliedert (RB5.1 bis RB5.10), die nur teilweise aufeinander aufbauen. Die Rückbaubereiche 5.1 Erschließung des HWL-Zugangs sowie 5.2 Fernhantierte Montage der MAW (Middle-Active-Waste) Lagerbehälter im HWL-Raum R.6 wurden beendet. RB5.9a und 5.9b, die mit der 24. und 25. Stilllegungsgenehmigung gestattet wurden und die vorgezogene Demontage in der VEK sowie die Demontage der Medien- und Energieversorgung in der VEK betrafen, sind abgeschlossen.

Jeweils zwei geleerte HAWC-Behälter befinden sich in den Gebäuden „LAVA“ (Lagerbehälter) und „HWL“ (Reservebehälter) in dickwandigen Betonzellen. Wegen der hohen Dosisleistung sind sie nur fernhantiert zugänglich. Im Reservebehälter (81B21) und in den zwei LAVA-Behältern fanden sich trotz mehrfachen Spülens nach der Entleerung feste HAWC-Rückstände. Im Rahmen des am 08.12.2010 durch die 22. Stilllegungsgenehmigung (RB5.3) gestatteten, fernhantierten Rückbaus der HAWC-Lagerbehälter sollen diese festen Rückstände geborgen werden. Die fernhantierte Demontage des ersten HAWC-Behälters (81B31) im HWL ist im Jahr 2018 abgeschlossen worden.

Am 14.12.2011 wurde die 23. Stilllegungsgenehmigung (RB5.4) erteilt. Sie beinhaltet die Demontage des LAVA-Hochaktiv-Labors und der LAVA-(Heißen)-Zellen L3, L4 und L5. Das Hochaktiv-Labor ist inzwischen abgebaut. Die Dekontaminations- und Demontearbeiten in Zelle L4 sind abgeschlossen. Derzeit werden Demontearbeiten der Einrichtungen in der LAVA-Zelle L3 vorbereitet.

Am 12.12.2014 wurde ein Antrag auf Demontage der Resteinrichtungen und Aufhebung des Kontrollbereiches HWL gestellt (RB5.5). Weiterhin wurde am 12.03.2015 ein Antrag auf Demontage des Rohrkanals LAVA-ELMA und Aufhebung des Kontrollbereichs ELMA gestellt (RB5.7). Beide Anträge befinden sich in gutachterlicher Prüfung.

Die Genehmigung für die Demontage der Einrichtungen in den Prozesszellen der VEK (RB5.8) wurde am 06.07.2018 erteilt und befindet sich in der Durchführung.

Zuletzt wurden am 04.03.2021 die 27. Genehmigung, am 01.06.2021 die 28. Genehmigung und am 14.10.2021 die 29. Genehmigung zur Stilllegung und zum Rückbau der WAK erteilt. Diese beinhalten Ergänzungen zum Schritt 3 des Gesamtkonzeptes zum Rückbau des Prozessgebäudes und dienen damit dem Gesamtrückbau der Anlage WAK.

Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf (WAW)

Im Jahre 1982 wurde von der Deutschen Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH (DWK) beim Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen der Antrag auf Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage am Standort Wackersdorf (Oberpfalz/Bayern) gestellt.

Dieser Antrag war die Konsequenz aus dem Beschluss der Regierungschefs von Bund und Ländern aus dem Jahre 1979, welcher die Wiederaufarbeitung mit Rückführung der nutzbaren Kernbrennstoffe und die Endlagerung der radioaktiven Abfälle aus dem Wiederaufarbeitungsprozess nach dem Stand von Wissenschaft und Technik sicherheitstechnisch für realisierbar hielt und die zügige Errichtung einer entsprechenden Anlage forderte. Es war auch die Konsequenz daraus, dass der damalige Ministerpräsident Ernst Albrecht (CDU) aus Niedersachsen das Nationale Entsorgungszentrum in Gorleben für politisch nicht durchsetzbar hielt.

Die 1. Teilerrichtungsgenehmigung wurde im September 1985 erteilt. Der Bebauungsplan wurde im Januar 1988 vom Bayerischen Verwaltungsgerichtshof für rechtswidrig befunden. Mit dem Bau war im Dezember 1985 begonnen worden. Modifikationen in der Konzeption forderten in der Folgezeit die Erstellung eines neuen Sicherheitsberichts, eine erneute öffentliche Anhörung und eine Prüfung der Sicherheit der Anlage als Ganzes. Im Dezember 1989 entschloss sich die DWK, den Bauantrag zurückzuziehen. Damit wurde das Verfahren beendet.

4.6 Konditionierung von Brennelementen

Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben (PKA)

(Siehe auch Tabelle III.8 im Anhang III)

Zur Weiterentwicklung von Techniken zur direkten Endlagerung wurde am Standort Gorleben eine Pilot-Konditionierungsanlage für abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle errichtet. Hierbei handelt es sich um eine Mehrzweckanlage, in der neben Brennelementen alle Arten von radioaktiven Abfällen aus kerntechnischen Anlagen umgeladen oder so konditioniert werden können, dass sie für die Endlagerung geeignet sind. Die Anlage ist für eine Kapazität von 35 Mg SM pro Jahr ausgelegt.

Im Januar 1990 wurde die 1. atomrechtliche Teilgenehmigung (TG) für die Errichtung der Rohbauten und den anlagenumgebenden Zaun und Erdwall sowie das vorläufige positive Gesamturteil über das Anlagenkonzept erteilt.

Mit Bescheid vom 21.07.1994 hatte das Niedersächsische Umweltministerium die 2. Teilgenehmigung zur Errichtung der PKA erteilt. Sie betrifft den gesamten maschinen- und elektrotechnischen Teil sowie die Leittechnik der PKA.

Die 3. Teilgenehmigung, welche die Betriebsgenehmigung beinhaltet, wurde im Dezember 2000 erteilt. Bis zur Benennung eines Endlagerstandortes durch den Bund ist der Betrieb der PKA durch eine Nebenbestimmung der erteilten Genehmigung vorerst auf die Reparatur schadhafter Transport- und Lagerbehälter beschränkt für den Fall, dass an einem der am gleichen Standort im Transportbehälterlager Gorleben aufbewahrten Transport- und Lagerbehälter Reparaturen notwendig sein sollten. Am 18.12.2001 hat das Niedersächsische Umweltministerium eine nachträgliche Auflage zur 2. Teilgenehmigung vom 21.07.1994 erteilt, die den „kalten Betrieb“ von bestimmten Systemen und Anlagenteilen vorschreibt. Mit der Änderungsgenehmigung 1/2017 vom 01.08.2017 hat das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz einen Wechsel des Genehmigungsinhabers erlaubt. Die BGZ mbH (Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH) übernimmt, die GNS (Gesellschaft für Nuklear-Service mbH) scheidet aus.

Die Betreiberin plant den zügigen Rückbau der PKA, sobald für die derzeit relevanten Funktionen der Anlage alternative Lösungen vorliegen.

4.7 Endlagerung

In Deutschland sollen alle schwach-, mittel- und hochradioaktiven Abfälle in tiefe geologische Formationen verbracht und dort sicher endgelagert werden. Zum einen soll so der sichere Einschluss der Radionuklide über lange Zeiträume und die Isolation dieser Abfälle vor der Biosphäre sichergestellt werden. Zum anderen soll damit die Entsorgungsfrage generationengerecht gelöst werden. Tiefe geologische Endlager werden auch international als die sicherste Behandlung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente anerkannt. Die politische Gesamtverantwortung im Bereich der Endlagerung trägt das BMUV. Vorhabenträger aller Endlagerprojekte für radioaktive Abfälle in Deutschland ist die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE mbH). Die atomrechtliche Aufsicht wird durch das BASE ausgeübt.

Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle gibt es in Deutschland derzeit drei Projekte. Das Endlager Konrad befindet sich in der Errichtung und soll nach aktuellen Planungen der BGE mbH zum Jahresende 2029 fertiggestellt sein und anschließend den Einlagerungsbetrieb für schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aufnehmen⁹. Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde durch die ehemalige DDR eingerichtet und befindet sich derzeit in der Planung für die Stilllegung. Aus der Schachanlage Asse II sollen die Abfälle zurückgeholt werden, da deren Standsicherheit gefährdet ist (siehe Kapitel 4.7.2).

Die in Deutschland aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie angefallenen hochradioaktiven Abfälle müssen ebenfalls in einem tiefen geologischen Endlager sicher eingeschlossen werden. Zu diesen Abfällen gehören abgebrannte Brennelemente sowie Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Allen diesen Abfallstoffen gemein ist ihre

⁹ Diese Information wurde nach Redaktionsschluss in den Bericht aufgenommen. Quelle: Bericht der BGE mbH „Konrad auf der Zielgeraden – Stand der Fertigstellung des Endlagers Konrad“, Stand vom 12.06.2023

Wärmeentwicklung und -abgabe aufgrund der hohen Aktivität des enthaltenen radiologischen Inventars. Im Rahmen der Neuausrichtung der Endlagersuche wurde die Erkundung des Salzstocks Gorleben gestoppt, 2013 das erste Standortauswahlgesetz (StandAG) verabschiedet und auf Basis der Empfehlungen der Endlagerkommission im Jahr 2017 novelliert. Der Gesetzgeber hat damit ein neues partizipatives, wissenschaftsbasiertes, transparentes, selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren zur Ermittlung des Standorts mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung aufgesetzt. Das Standortauswahlverfahren ist in drei Phasen gegliedert. An deren Ende steht jeweils eine Entscheidung durch den Bundestag.

4.7.1 Stand des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle

Derzeit läuft die Phase 1 des Standortauswahlverfahrens. Als Vorhabenträgerin hat die privatrechtlich organisierte Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE mbH), deren alleiniger Gesellschafter die Bundesrepublik Deutschland ist, in einem ersten Schritt am 28.09.2020 den „Zwischenbericht Teilgebiete“ an die Aufsichtsbehörde, das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), übergeben sowie veröffentlicht. Die BGE mbH stellt in diesem Bericht dar, wo nach ihrer Einschätzung günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle zu erwarten sind. Sie hat insgesamt 90 Teilgebiete mit „günstigen geologischen Bedingungen“ ermittelt. Es sind alle drei im Standortauswahlgesetz (StandAG) als potentiell geeignet bezeichneten Wirtsgesteine (Steinsalz, Tongestein, Kristallingestein) vertreten. Der Salzstock Gorleben ist mit dem Zwischenbericht Teilgebiete aus geologischen Gründen aus der Endlagersuche ausgeschieden.

Die Veröffentlichung des Zwischenberichtes war zugleich der Startschuss für das erste gesetzlich vorgeschriebene Beteiligungsformat: die Fachkonferenz Teilgebiete. Die Auftaktveranstaltung fand am 17. und 18.10.2020 statt. Es folgten drei Beratungstermine bis August 2021. Im Rahmen der Fachkonferenz richtete das BASE am 18.10.2020 als ein zusätzliches Angebot eine Online-Beteiligungsplattform ein. Dadurch wurde es ermöglicht, unabhängig von den Fachkonferenzterminen Hinweise, Kritik oder Fragen zum Zwischenbericht zu adressieren. Das BASE stellte sicher, dass diese Eingaben gesammelt, veröffentlicht und zu den Beratungsterminen an die Fachkonferenz sowie nach Abschluss der Konferenz an die BGE mbH übergeben wurden.

Die BGE mbH wird nach weiteren Bearbeitungsschritten aus den Teilgebieten heraus Standortregionen für eine übertägige Erkundung vorschlagen. Die Bewertung der Gebiete erfolgt in Phase 1 noch ausschließlich mit Bestandsdaten. In den Phasen 2 und 3 werden geowissenschaftliche Erkundungen erfolgen. Die Vorschläge der BGE mbH werden am Ende jeder Phase durch das BASE geprüft. Die Standortentscheidung am Ende der Phase 3 erfolgt durch den Gesetzgeber.

Ende Oktober 2022 hat die BGE mbH erstmalig eine detaillierte Abschätzung des Zeitbedarfs in Form eines Rahmenterminplans für die einzelnen Phasen und Schritte des Standortauswahlverfahrens vorgelegt. Schwerpunkt der Abschätzung sind die eigenen Aktivitäten der BGE mbH. Die gesetzlichen Aufgaben anderer Beteiligter (z. B. Prüfung durch das BASE, Arbeit der Regionalkonferenzen, Gesetzgebung) sind nur sehr pauschal abgebildet. Nach dieser Planung der BGE mbH wird das Standortauswahlverfahren nicht vor 2046 und im dort betrachteten ungünstigsten Szenario erst 2068 abgeschlossen sein. Das BASE hält nach Prüfung des Berichts die von der BGE mbH genannten Zeithorizonte nicht für realistisch und setzt sich deshalb für einen ganzheitlichen Reflexionsprozess ein, der die Wechselwirkungen zu anderen Bereichen der nuklearen Entsorgung betrachtet, daraus Schlussfolgerungen für das Standortauswahlverfahren zieht und Anpassungsbedarfe identifiziert.

4.7.2 Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Endlagern

Endlager KONRAD

Das Endlager Konrad befindet sich in Salzgitter in Niedersachsen. Es ist das erste nach Atomrecht genehmigte Endlager Deutschlands. Seit 2002 liegt die Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb des Endlagers vor. Das ehemalige Eisenerzbergwerk wird derzeit zu einem Endlager umgebaut.

Die Schachanlage Konrad, bestehend aus Schacht 1 und 2, hat die seit 1933 bekannte Eisenerzlagerstätte zwischen etwa 800 m und 1.300 m Teufe aufgeschlossen. Zwischen 1957 und 1976 erfolgte hier die Erzgewinnung, die aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt wurde. Ab 1977 wurde die Grube zunächst auf ihre grundsätzliche geowissenschaftliche Eignung zur Aufnahme von radioaktiven Abfällen untersucht. Nach positivem Abschluss dieser Untersuchungen stellte die damals zuständige PTB am 31.08.1982 den Antrag auf Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens nach § 9b AtG. Der Plan sah vor, bis zu 650.000 m³ radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in neu aufzufahrenden Einlagerungskammern endzulagern. Aufgrund von Schätzungen des zu erwartenden Abfallvolumens für den nationalen Bedarf wurde das zur Endlagerung genehmigte Volumen auf 303.000 m³

Abfälle beschränkt. Diese radioaktiven Abfälle fallen insbesondere bei der Nutzung der Kernenergie für die Elektrizitätserzeugung, bei der Stilllegung und dem Rückbau von Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Einrichtungen an. Weitere, im Vergleich dazu sehr geringe Anteile haben die Abfälle aus der Radioisotopenanwendung in Gewerbe, Medizin, bei der Bundeswehr sowie im Bereich von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Das 1982 begonnene Planfeststellungsverfahren wurde durch einen Planfeststellungsbeschluss (PFB) vom 22.05.2002 abgeschlossen. Im März 2006 wurden die anhängigen Klagen gegen den PFB durch das Oberverwaltungsgericht in Lüneburg abgewiesen, eine Revision wurde nicht zugelassen. Die von den Kläger:innen gegen Nichtzulassung der Revision eingelegte Beschwerde hat das Bundesverwaltungsgericht mit Beschluss vom 26.03.2007 zurückgewiesen. Damit ist der Planfeststellungsbeschluss rechtskräftig. Seitdem wird Schacht Konrad zum Endlager um- und ausgebaut. Die zusätzlich zum atomrechtlichen PFB notwendige bergrechtliche Genehmigung der zuständigen Bergbehörde wurde mit Zulassung des Hauptbetriebsplanes erteilt. Von den Umweltverbänden BUND Niedersachsen und NABU Niedersachsen wurden am 27.05.2021 beim Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (NMU) Anträge auf Aufhebung des PFB und zum sofortigen Baustopp gestellt. Eine Entscheidung des NMU zu diesen Anträgen liegt zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes noch nicht vor.

Für die Errichtung des Endlagers Konrad hat die BGE mbH am 13.03.2018 eine aktualisierte Terminplanung vorgelegt, in der die Fertigstellung der Errichtung (Abschluss der Inbetriebnahmephase B) für das erste Halbjahr 2027 vorgesehen war.¹⁰

Im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens sind alle erforderlichen sicherheitstechnischen Nachweise für das Endlager Konrad erbracht worden. Es liegen aktuell keine konkreten Kenntnisse über mögliche Sicherheitsdefizite vor. Gleichwohl hat die BGE mbH als Betreiberin die Aufgabe, den Stand von Wissenschaft und Technik zu verfolgen. Die Planungen für das Endlager werden jeweils überprüft und bei Bedarf an den Stand von Wissenschaft und Technik sowie an das jeweils aktuelle technische Regelwerk angepasst. Auch für die Betriebs- sowie die Verschlussphase soll es weitere Überprüfungen nach dem jeweils aktuellen Stand geben.

Endlager für radioaktive Abfälle MORSLEBEN (ERAM)

Das in dem ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerk Bartensleben durch die DDR eingerichtete Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ging durch den Einigungsvertrag 1990 in die Verantwortung der Bundesrepublik Deutschland über. Inhaber der Dauerbetriebsgenehmigung war durch gesetzlichen Übergang seit 1990 das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Am 25.04.2017 wurden die Betreiberaufgaben für das Endlager auf die BGE mbH übertragen.

Mit Unterbrechung der Einlagerung in der Zeit von 1991 bis 1994 wurde das ERAM bis zum Jahr 1998 zur Endlagerung schwach- und mittlradioaktiver Abfälle mit überwiegend kurzen Halbwertszeiten genutzt. Von 1971 bis Februar 1991 sind insgesamt ca. 14.432 m³ und von Januar 1994 bis September 1998 ca. 22.320 m³ schwach- und mittlradioaktive Abfälle endgelagert worden. Außerdem befinden sich im ERAM Strahlenquellen und ein Behälter mit Radiumabfällen zur Zwischenlagerung.

Am 21.05.1999 gab das BfS bekannt, dass die Einlagerung radioaktiver Abfälle im ERAM aus Sicherheitsgründen nach der durch Gerichtsbeschluss angeordneten Unterbrechung im September 1998 nicht wieder aufgenommen wird. Am 12.04.2001 wurde der endgültige Verzicht auf die weitere Einlagerung von radioaktiven Abfällen erklärt, so dass deren Annahme seither ausgeschlossen ist. Mit der Novellierung des Atomgesetzes 2002 wurde § 57a AtG dahingehend geändert, dass die Dauerbetriebsgenehmigung des ERAM vom 22.04.1986 zwar als Planfeststellungsbeschluss im Sinne des § 9b AtG unbefristet fort gilt, die Regelungen für die Annahme und Endlagerung radioaktiver Abfälle Dritter aber unwirksam sind.

Der vom BfS am 13.10.1992 beim heutigen Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MWU) gestellte Antrag auf Weiterbetrieb des ERAM wurde vom BfS am 09.05.1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Stilllegung soll neben der

¹⁰ Information nach Redaktionsschluss: Mit Stand vom 12.06.2023 hat die BGE mbH ihre Zeitplanungen angepasst. Demnach ist die Fertigstellung des Endlagers Konrad für Ende 2029 geplant. Im Anschluss wird die Inbetriebnahme in mehreren Phasen erfolgen, bevor im Anschluss der Einlagerungsbetrieb aufgenommen werden kann.

Stilllegung die Endlagerung der bis zu diesem Zeitpunkt im ERAM zwischengelagerten radioaktiven Abfälle sowie die Endlagerung der noch während des Stilllegungsbetriebs anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle erfolgen.

Durch die BGE mbH werden derzeit umfangreiche Arbeiten zur Ergänzung der Planfeststellungsunterlagen entsprechend den Empfehlungen der Entsorgungskommission des Bundes und zu Nachforderungen der Gutachter des MWU durchgeführt.

Schachtanlage ASSE II

Die Schachtanlage Asse II bei Wolfenbüttel ist ein rund 100 Jahre altes Kali- und Steinsalzbergwerk, in das zwischen 1967 und 1978 rund 47.000 m³ radioaktive Abfälle in rund 125.000 Fässern eingelagert wurden. Das Helmholtz Zentrum München hatte das Bergwerk von 1965 bis 1995 im Auftrag des Bundesforschungsministeriums genutzt, um die Handhabung und die Lagerung von radioaktiven Abfällen in einem Endlager zu erproben. Im September 2008 haben die beteiligten Ministerien vereinbart, die Asse zukünftig wie ein Endlager zu behandeln. Zu Beginn des Jahres 2009 hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) das Helmholtz Zentrum München als Betreiber der Asse abgelöst. Am 25.04.2017 ist die Betreiberschaft vom BfS auf die BGE mbH übergegangen.

Da zum einen Zutrittswässer in das Bergwerk eindringen und zum anderen die Stabilität des Grubengebäudes gefährdet ist, wurde die sogenannte Lex Asse (§ 57 b AtG), das "Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II", am 24.04.2013 in Kraft gesetzt. Das Gesetz schafft eine wichtige rechtliche Grundlage für die Rückholung der radioaktiven Abfälle. Durch vereinfachte Verfahren und die Möglichkeit, Arbeiten parallel durchzuführen, ermöglicht die Lex Asse eine Beschleunigung der Arbeiten. Außerdem wird das Recht der Öffentlichkeit auf eine umfassende Information gestärkt.

Der Offenhaltungsbetrieb und die Arbeiten der Faktenerhebung erfolgen auf der Grundlage der Genehmigungen des NMU nach § 7 StrlSchV und nach § 9 AtG, die seit Juli 2010 bzw. April 2011 vorliegen. Das Bergrecht, insbesondere das Erfordernis von Betriebsplänen, ist zu beachten.

Voraussetzung für den Weiterbetrieb der Schachtanlage sind die Stabilisierung des Grubengebäudes und die Vorsorge zur Minimierung der Konsequenzen eines Absaufens der Schachtanlage Asse II. Die Verformungen des Gebirges werden durch die Stabilisierung der stark durchbauten Südflanke des Bergwerks reduziert (Firstspaltverfüllung). Die Notfallplanung sieht diverse Maßnahmen vor, die eine Ausbreitung von Radionukliden aus den Abfällen der Einlagerungskammer (ELK) bis in die Biosphäre und den Menschen maßgeblich verringern.

Vor Rückholungsbeginn müssen ein Bergungsschacht und ein Rückholbergwerk erstellt werden. Weiterhin sind eine Konditionierungsanlage sowie ein aufnahmebereites Zwischenlager für die Abfälle in Betrieb zu nehmen. In 2020 veröffentlichte die BGE mbH Unterlagen zur geplanten Vorgehensweise bei der Rückholung sowie zur geplanten Genehmigungsstruktur. Im Dezember 2020 fand zum Genehmigungsverfahren eine erste Antragskonferenz des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz unter Einbindung weiterer Träger Öffentlicher Belange statt. Zur Vorbereitung der Rückholung hat die BGE mbH beim niedersächsischen Landwirtschaftsministerium ein Raumordnungsverfahren initiiert. Eine Antragskonferenz hierzu fand im Juli 2022 statt. Ebenfalls im Juli 2022 genehmigte das niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz die Befahrung der Einlagerungskammer 8a/511 (MAW-Kammer) zur fernhantierten Untersuchung der Einlagerungskammer. Darüber hinaus wurden 2022 seitens der BGE mbH umfangreiche Vorbereitungen zur Anbohrung der Einlagerungskammer 12/750 im Rahmen der Faktenerhebung durchgeführt.

Anhänge – Übersicht

Anhang I:	Kernkraftwerke
Tabelle I.1:	Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden des Bundes und der Länder für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG und Anlagen nach § 7 AtG
Tabelle I.2:	Elektrizitätsmengen – Jahresmeldung 2022
Tabelle I.3:	Kernkraftwerke in Betrieb
Tabelle I.4:	Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet
Tabelle I.5:	Kernkraftwerke in Stilllegung
Tabelle I.6:	Kernkraftwerke aus dem AtG entlassen
Tabelle I.7:	Eingestellte Kernkraftwerksvorhaben
Abbildung I.1.1:	Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
Abbildung I.2	Zeitliche Entwicklung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland
Anhang II:	Forschungsreaktoren
Tabelle II.1:	Forschungsreaktoren in Betrieb
Tabelle II.2:	Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet
Tabelle II.3:	Forschungsreaktoren in Stilllegung
Tabelle II.4:	Forschungsreaktoren aus dem AtG entlassen
Abbildung II.1:	Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland
Anhang III:	Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung
Tabelle III.1:	Urananreicherungsanlagen
Tabelle III.2:	Brennelementfabriken in Betrieb
Tabelle III.3:	Brennelementfabriken aus dem AtG entlassen
Tabelle III.4:	Zentrale Brennelemente-Zwischenlager
Tabelle III.5:	Dezentrale Brennelemente-Zwischenlager
Tabelle III.6:	Zentrale Zwischenlager für radioaktive Abfälle
Tabelle III.7:	Wiederaufarbeitungsanlagen
Tabelle III.8:	Konditionierungsanlagen für Brennelemente
Tabelle III.9:	Endlagerung und Stilllegungsprojekte
Abbildung III.1:	Standorte der nuklearen Ver- und Entsorgung

Anhang I – Kernkraftwerke

Tabelle I.1:	Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden des Bundes und der Länder für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG und Anlagen nach § 7 AtG
Tabelle I.2:	Elektrizitätsmengen – Jahresmeldung 2022
Tabelle I.3:	Kernkraftwerke in Betrieb
Tabelle I.4:	Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet
Tabelle I.5:	Kernkraftwerke in Stilllegung
Tabelle I.6:	Kernkraftwerke aus dem AtG entlassen
Tabelle I.7:	Eingestellte Kraftwerksvorhaben
Abbildung I.1:	Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
Abbildung I.2:	Zeitliche Entwicklung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland

Stand: 31.12. 2022

Tabelle I.1: Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden des Bundes und der Länder für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG und Anlagen nach § 7 AtG

	Behörde für Genehmigungen nach § 6 AtG	Aufsichtsbehörde nach § 19 i.V.m. § 6 AtG
	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung	Aufsichtsbehörden der Länder
Bundesland	Genehmigungsbehörde für Anlagen nach § 7 AtG	Aufsichtsbehörde nach § 19 i.V.m. §§ 6 und 7 AtG
Baden-Württemberg (BW)	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Bayern (BY)	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz	
Berlin (BE)	Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz	
Brandenburg (BB)	Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz	
Bremen (HB)	Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau im Benehmen mit der Senatorin für Gesundheit Frauen und Verbraucherschutz	
Hamburg (HH)	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft	
Hessen (HE)	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt	
Niedersachsen (NI)	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	
Nordrhein-Westfalen (NW)	Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen	
Rheinland-Pfalz (RP)	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität	
Saarland (SL)	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz des Saarlandes	
Sachsen (SN)	Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft	
Sachsen-Anhalt (ST)	Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt	
Schleswig-Holstein (SH)	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein	
Thüringen (TH)	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz	

Tabelle I.2: Elektrizitätsmengen – Jahresmeldung 2022

Bekanntmachung gemäß § 7 Absatz 1 c Atomgesetz (AtG) - Jahresmeldung 2022 -							
Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2022 erzeugte, übertragene und verbleibende Elektrizitätsmengen [GWh netto] gemäß § 7 Absatz 1a Anlage 3 Spalte 2 AtG							
Kernkraftwerk	Elektrizitätsmenge ab 1. Januar 2000	1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2019	Summe 2020	Summe 2021	Summe 2022	Elektrizitätsmengen übertragen bis 31. Dezember 2022	verbleibende Elektrizitätsmenge
1	2	3	4	5	6	7	8
Isar 2 ^{14) 15) 21) 25) 30) 33) 34) 36)}	231210,00	227282,88	11030,83	11421,16	11610,82	30193,11	57,42
Emsland ^{11) 31) 32)}	230070,00	217494,86	10836,45	10779,48	10665,36	19706,15	0,00
Neckarwestheim 2 ^{28) 32) 34) 35) 36)}	236040,00	207487,38	10415,99	10459,26	10435,40	3979,69	1221,66
Summe	697320,00	652265,12	32283,27	32659,90	32711,58		1279,08
Stade ¹⁾	23180,00	18394,47				-4785,53	0,00
Obrigheim ²⁾	8700,00	14199,89				5499,89	0,00
Mülheim-Kärlich ^{3) 4) 8) 9) 11) 14) 22) 26) 31)}	107250,00					-81350,00	25900,00
Neckarwestheim 1	57350,00	57350,00					0,00
Isar 1 ¹²⁾	78350,00	76325,88				-2024,12	0,00
Biblis A ^{1) 8)}	62000,00	64591,29				2591,29	0,00
Biblis B ^{3) 7) 8)}	81460,00	81737,52				277,52	0,00
Brunsbüttel ²³⁾	47670,00	36670,33				-3666,56	7333,11
Unterweser ^{5) 6) 7) 8) 9) 12)}	117980,00	106777,14				-11202,86	0,00
Philippsburg 1 ^{2) 10)}	87140,00	73185,87				-13954,13	0,00
Grafenheinfeld ^{6) 12)}	150030,00	150283,19				253,19	0,00
Krümmler ^{13) 15) 16) 17) 19) 20) 21) 23) 24) 25) 27) 29)}	158220,00	69974,89				-62222,55	26022,56
Gundremmingen B ^{4) 5) 7) 18)}	160920,00	179072,53				18152,53	0,00
Philippsburg 2 ^{10) 28) 32)}	198610,00	205391,86				6781,86	0,00
Grohnde ^{12) 13) 17) 20) 24) 33)}	200900,00	207673,24	9909,60	10492,41		27175,79	0,54
Gundremmingen C ^{4) 5) 8) 9) 18) 22) 26) 31)}	168350,00	197430,53	8710,13	10855,38		48646,04	0,00
Brokdorf ^{16) 19) 23) 27) 28) 33) 35)}	217880,00	212376,52	10015,11	11436,58		15948,69	0,48
Gesamtsumme	2623310,00	2403700,27	60918,11	65444,27	32711,58		60535,77
Die Angaben in der Spalte 6 "Summe 2022" enthalten die von den Wirtschaftsprüfern gemäß § 7 Absatz 1 a AtG geprüften Werte.							
Das Kernkraftwerk Emsland hat vor Ablauf des 31. Dezember 2022 seine verbleibende Elektrizitätsmenge verbraucht. Der Leistungsbetrieb kann nach § 7 Absatz 1e AtG unabhängig von den in Anlage 3 Spalte 2 genannten oder nach Übertragung verbleibender Elektrizitätsmengen bis längstens zum Ablauf des 15. April 2023 erfolgen. (Spalte 8)							

1 ⁾ Übertragung der verbliebenen Elektrizitätsmenge des Kernkraftwerkes Stade von 4785,53 GWh am 11. Mai 2010 auf das Kernkraftwerk Biblis A (Spalte 7).
2 ⁾ Übertragung von insgesamt 5499,89 GWh vom Kernkraftwerk Philippsburg 1 auf das Kernkraftwerk Obrigheim am 23. Januar 2003 und 11. Mai 2005 (Spalte 7).
3 ⁾ Übertragung von 8100,00 GWh der verbliebenen Elektrizitätsmenge des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich auf das Kernkraftwerk Biblis B am 30. Juni 2010 (Spalte 7).
4 ⁾ Übertragung von 8400,00 GWh auf das Kernkraftwerk Gundremmingen B sowie 1500,00 GWh auf das Kernkraftwerk Gundremmingen C aus dem verbliebenen Elektrizitätsmengenkontingent des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich am 28. Mai 2015 (Spalte 7).
5 ⁾ Übertragung von 2800,00 GWh auf das Kernkraftwerk Gundremmingen B und 500,00 GWh auf das Kernkraftwerk Gundremmingen C aus dem verbliebenen Elektrizitätsmengenkontingent des abgeschalteten Kernkraftwerkes Unterweser am 28. Mai 2015 (Spalte 7).
6 ⁾ Übertragung von 500,00 GWh auf das Kernkraftwerk Grafenheinfeld vom Elektrizitätsmengenkontingent des abgeschalteten Kernkraftwerkes Unterweser am 5. Juni 2015 (Spalte 7).
7 ⁾ Übertragung von 8000,00 GWh auf Gundremmingen B: von Biblis B (6000,00 GWh) und von Unterweser (2000,00 GWh) am 27. Januar 2017 (Spalte 7).
8 ⁾ Übertragung von 8000,00 GWh auf Gundremmingen C: von Biblis A (2194,24 GWh), von Biblis B (1822,48 GWh), von Mülheim-Kärlich (1983,28 GWh) und von Unterweser (2000,00 GWh) am 27. Januar 2017 (Spalte 7).
9 ⁾ Übertragung von 31000,00 GWh auf Gundremmingen C: von Mülheim-Kärlich (30000,00 GWh) und von Unterweser (1000,00 GWh) am 10. Januar 2018 (Spalte 7).
10 ⁾ Übertragung der verbliebenen Elektrizitätsmenge des Kernkraftwerkes Philippsburg 1 von 8454,24 GWh auf das Kernkraftwerk Philippsburg 2 am 20. März 2018 (Spalte 7).
11 ⁾ Übertragung von 17700,00 GWh auf das Kernkraftwerk Emsland aus dem verbliebenen Elektrizitätsmengenkontingent des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich am 15. Oktober 2018 (Spalte 7).
12 ⁾ Mit Wirkung vom 15. Januar 2019 wurden 4673,79 GWh auf das Kernkraftwerk Grohnde von den Anlagen Unterweser (2402,86 GWh), Grafenheinfeld (246,81 GWh) und Isar 1 (2024,12 GWh) übertragen (Spalte 7).
13 ⁾ Mit Wirkung vom 11. Juli 2019 wurden 10000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Grohnde übertragen (Spalte 7).
14 ⁾ Mit Wirkung vom 18. November 2019 wurden 5122,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich auf das Kernkraftwerk Isar 2 übertragen (Spalte 7).
15 ⁾ Mit Wirkung vom 5. Februar 2020 wurden 6000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Isar 2 übertragen (Spalte 7).
16 ⁾ Mit Wirkung vom 21. Februar 2020 wurden 5000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Brokdorf übertragen (Spalte 7).
17 ⁾ Mit Wirkung vom 7. Oktober 2020 wurden 3000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Grohnde übertragen (Spalte 7).
18 ⁾ Mit Wirkung vom 3. Dezember 2020 wurden 1047,47 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Gundremmingen Block B auf das Kernkraftwerk Gundremmingen Block C übertragen (Spalte 7).
19 ⁾ Mit Wirkung vom 17. Dezember 2020 wurden 5000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Brokdorf übertragen (Spalte 7).
20 ⁾ Mit Wirkung vom 6. Januar 2021 wurden 5000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Grohnde übertragen (Spalte 7).
21 ⁾ Mit Wirkung vom 6. Januar 2021 wurden 5000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Isar 2 übertragen (Spalte 7).
22 ⁾ Mit Wirkung vom 26. März 2021 wurden 5000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich auf das Kernkraftwerk Gundremmingen Block C übertragen (Spalte 7).
23 ⁾ Mit Wirkung vom 12. Mai 2021 wurden 5500,00 GWh auf das Kernkraftwerk Brokdorf von den Kernkraftwerken Krümmel (1833,443 GWh) und Brunsbüttel (3666,557 GWh) übertragen (Spalte 7).
24 ⁾ Mit Wirkung vom 15. Juli 2021 wurden 4604,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Grohnde übertragen (Spalte 7).
25 ⁾ Mit Wirkung vom 29. Juli 2021 wurden 4000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Isar 2 übertragen (Spalte 7).
26 ⁾ Mit Wirkung vom 4. Oktober 2021 wurden 1900,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich auf das Kernkraftwerk Gundremmingen Block C übertragen (Spalte 7).
27 ⁾ Mit Wirkung vom 12. November 2021 wurden 500,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Brokdorf übertragen (Spalte 7).
28 ⁾ Mit Wirkung vom 26. November 2021 wurden 145,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Philippsburg 2 auf das Kernkraftwerk Brokdorf übertragen (Spalte 7).
29 ⁾ Mit Wirkung vom 26. November 2021 wurden 2000,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 übertragen (Spalte 7).
30 ⁾ Mit Wirkung vom 3. Dezember 2021 wurden 10285,112 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Krümmel auf das Kernkraftwerk Isar 2 übertragen (Spalte 7).
31 ⁾ Mit Wirkung vom 28. Februar 2022 wurden 1946,15 GWh auf das Kernkraftwerk Emsland von den Kernkraftwerken Gundremmingen Block C (301,43 GWh) und Mülheim-Kärlich (1644,72 GWh) übertragen (Spalte 7).
32 ⁾ Mit Wirkung vom 23. September 2022 wurden von dem stillgelegten Kernkraftwerk Philippsburg 2 Elektrizitätsmengen in Höhe von 1467,38 GWh auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 und in Höhe von 60 GWh auf das Kernkraftwerk Emsland übertragen (Spalte 7).
33 ⁾ Übertragung von 296,00 GWh auf das Kernkraftwerk Isar 2: von den endgültig abgeschalteten Kernkraftwerken Brokdorf (194,00 GWh) am 8. Dezember 2022 und Grohnde (102,00 GWh) am 9. Dezember 2022 (Spalte 7).
34 ⁾ Übertragung von 410,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Isar 2 auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 am 9. Dezember 2022 (Spalte 7).
35 ⁾ Übertragung von 2,308 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des endgültig abgeschalteten Kernkraftwerkes Brokdorf auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 am 16. Dezember 2022 (Spalte 7).
36 ⁾ Übertragung von 100,00 GWh aus dem Elektrizitätsmengenkontingent des Kernkraftwerkes Isar 2 auf das Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 am 21. Dezember 2022 (Spalte 7).

Tabelle I.3: Kernkraftwerke in Betrieb, Stand 31.12.2022

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Reaktortyp	Leistung MW_e	erste Kritik- tät	in Leistungsbetrieb	Betreiber	Standort
1	Neckarwestheim 2 ¹	GKN 2	DWR	1.400	29.12.1988	1989	EnBW Kernkraft GmbH (EnKK)	Neckarwestheim (BW)
2	Isar 2 ²	KKI 2	DWR	1.485	15.01.1988	1988	PreussenElektra GmbH	Essenbach (BY)
3	Emsland ³	KKE	DWR	1.406	14.04.1988	1988	Kernkraftwerk Lippe-Ems GmbH	Lingen (NI)

¹ Nach Redaktionsschluss: Am 04.04.2023 wurde die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für GKN 2 erteilt

² Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage (1. SAG) vom 01.07.2019

³ Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau vom 22.12.2016

Tabelle I.4: Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet, Stand 31.12.2022

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Reaktortyp	Leistung MW_e (brutto)	erste Kritikalität	in Leistungsbetrieb	außer Betrieb	Antrag auf Stilllegung	Betreiber	Standort
1	Krümmel	KKK	SWR	1.402	14.09.1983	1984	06.08.2011	24.08.2015	Kernkraftwerk Krümmel GmbH & Co. oHG	Krümmel (SH)
2	Grohnde	KWG	DWR	1.430	01.09.1984	1985	31.12.2021	26.10.2017	PreussenElektra GmbH	Emmerthal (NI)
3	Brokdorf	KBR	DWR	1.480	08.10.1986	1986	31.12.2021	01.12.2017	PreussenElektra GmbH	Brokdorf (SH)

Tabelle I.5: Kernkraftwerke in Stilllegung

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Reaktortyp	Leistung MW _e (brutto)	erste Kritikalität	in Leistungsbetrieb	außer Betrieb	erste Stilllegungsgenehmigung	Betreiber	Standort
1	Rheinsberg (ö.H.)	KKR	DWR / WWER	70	11.03.1966	1966	01.06.1990	28.04.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Rheinsberg (BB)
2	Kompakte natriumgekühlte Kernanlage (ö.H.)	KNK II	SNR	21	10.10.1977	1979	23.08.1991	26.08.1993	Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (Unternehmen der EWN)	Eggenstein-Leopoldshafen (BW)
3	Mehrzweckforschungreaktor (ö.H.) schwerwassermoderierter und schwerwassergekühlter Druckkesselreaktor mit Natururan	MZFR	DWR / D ₂ O	57	29.09.1965	1966	03.05.1984	17.11.1987	Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (Unternehmen der EWN)	Eggenstein-Leopoldshafen (BW)
4	Obrigheim	KWO	DWR	357	22.09.1968	1969	11.05.2005	28.08.2008	EnBW Kernkraft GmbH (EnKK)	Obrigheim (BW)
5	Neckarwestheim 1	GKN 1	DWR	840	26.05.1976	1976	06.08.2011	03.02.2017	EnBW Kernkraft GmbH (EnKK)	Neckarwestheim (BW)
6	Philippsburg-1	KKP 1	SWR	926	09.03.1979	1980	06.08.2011	07.04.2017	EnBW Kernkraft GmbH (EnKK)	Philippsburg (BW)
7	Philippsburg 2	KKP 2	DWR	1.468	13.12.1984	1985	31.12.2019	17.12.2019	EnBW Kernkraft GmbH (EnKK)	Philippsburg (BW)
8	Isar 1	KKI 1	SWR	912	20.11.1977	1979	06.08.2011	17.01.2017	PreussenElektra GmbH	Essenbach (BY)

Nr.	Name	Kurz- bezeich- nung	Reaktortyp	Leistung MW_e (brutto)	erste Kritikali- tät	in Leistungs- betrieb	außer Betrieb	erste Stilllegungs- genehmigung	Betreiber	Standort
9	Gundremmingen A	KRB A	SWR	250	14.08.1966	1967	13.01.1977	26.05.1983	RWE Nuclear GmbH	Gundremmingen (BY)
10	Grafenrheinfeld	KKG	DWR	1.345	09.12.1981	1982	27.06.2015	11.04.2018	PreussenElektra GmbH	Grafenrheinfeld (BY)
11	Gundremmingen B	KRB II B	SWR	1.344	09.03.1984	1984	31.12.2017	19.03.2019	RWE Nuclear GmbH	Gundremmingen (BY)
12	Biblis-A	KWB A	DWR	1.225	16.07.1974	1975	06.08.2011	30.03.2017	RWE Nuclear GmbH	Biblis (HE)
13	Biblis-B	KWB B	DWR	1.300	25.03.1976	1977	06.08.2011	30.03.2017	RWE Nuclear GmbH	Biblis (HE)
14	Greifswald-1 (ö.H.) Bei den Blöcken KGR 1 bis 5 ist zusätzlich zu erwähnen, dass der Block 6 im Bauzustand zwar weit fortgeschritten war, jedoch nicht kritisch geworden ist. Der Block 6 gehört jedoch zur kerntechnischen Anlage und somit zum Abbauvolumen der EWN GmbH.	KGR 1	DWR / WWER	440	03.12.1973	1974	18.12.1990	30.06.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Lubmin (MV)
15	Greifswald-2 (ö.H.)	KGR 2	DWR / WWER	440	03.12.1974	1975	14.02.1990	30.06.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Lubmin (MV)
16	Greifswald-3 (ö.H.)	KGR 3	DWR / WWER	440	06.10.1977	1978	28.02.1990	30.06.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Lubmin (MV)
17	Greifswald-4 (ö.H.)	KGR 4	DWR / WWER	440	22.07.1979	1979	02.06.1990	30.06.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Lubmin (MV)

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Reaktortyp	Leistung MW _e (brutto)	erste Kritikalität	in Leistungsbetrieb	außer Betrieb	erste Stilllegungsgenehmigung	Betreiber	Standort
18	Greifswald-5 (ö.H.)	KGR 5	DWR / WWER	440	26.03.1989	-	30.11.1989	30.06.1995	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN)	Lubmin (MV)
19	Lingen 268 MW _e waren die elektr. Leistung am Generator inkl. fossiler Zusatzkomponente; elektr. Leistung aus nuklearer Energieerzeugung 252 MW _e .	KWL	SWR	252	31.01.1968	1968	05.01.1977	21.11.1985 30.03.1988 SE 21.12.2015 (Abbau der Anlage)	Kernkraftwerk Lingen GmbH	Lingen (NI)
20	Stade	KKS	DWR	672	08.01.1972	1972	14.11.2003	07.09.2005	PreussenElektra GmbH	Stade (NI)
21	Unterweser	KKU	DWR	1.410	16.09.1978	1979	06.08.2011	05.02.2018	PreussenElektra GmbH	Esenshamm (NI)
22	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich (ö.H.)	AVR	HTR	15	26.08.1966	1969	31.12.1988	09.03.1994	JEN mbH (Unternehmen der EWN-GmbH), vormals AVR GmbH	Jülich (NRW)
23	Thorium-hochtemperaturreaktor (ö.H.)	THTR-300	HTR	308	13.09.1983	1987	29.09.1988	22.10.1993, 05/1997 SE	HKG	Hamm-Uentrop (NRW)
24	Würgassen	KWW	SWR	670	22.10.1971	1975	26.08.1994 Stilllegungsbeschluss des Betreibers am 29.05.95	14.04.1997	PreussenElektra GmbH	Würgassen (NRW)
25	Mülheim-Kärlich	KMK	DWR	1302	01.03.1986	1987	09.09.1988	16.07.2004	RWE Nuclear GmbH	Mülheim-Kärlich (RP)

Nr.	Name	Kurz- bezeich- nung	Reaktortyp	Leistung MW_e (brutto)	erste Kritikali- tät	in Leistungs- betrieb	außer Betrieb	erste Stilllegungs- genehmigung	Betreiber	Standort
26	Brunsbüttel	KKB	SWR	806	23.06.1976	1977	06.08.2011	21.12.2018	Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG	Brunsbüttel (SH)
27	Gundremmingen C	KRB II C	SWR	1.344	26.10.1984	1985	31.12.2021	19.03.2019	RWE Nuclear GmbH	Gundremmingen (BY)

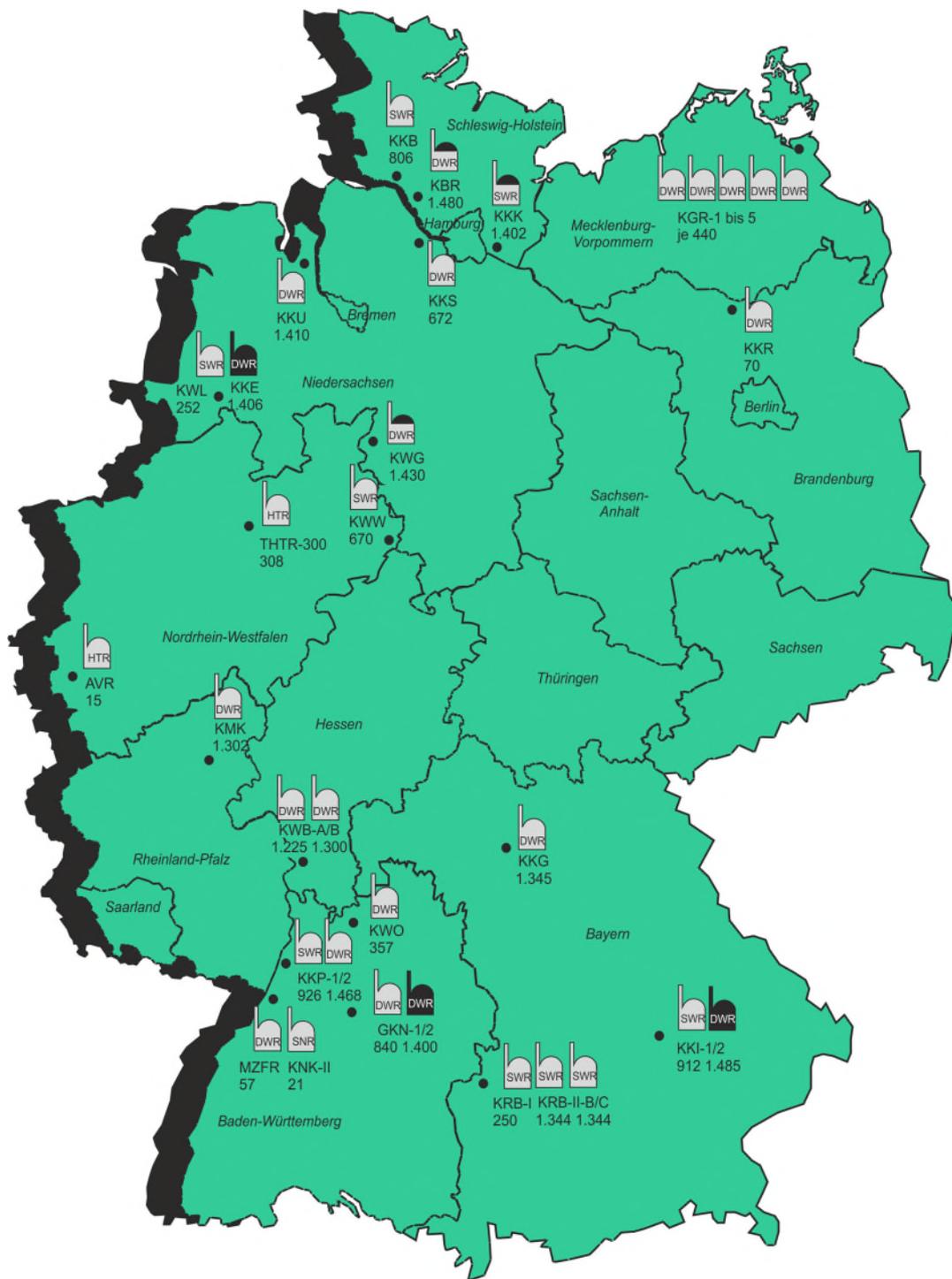
(ö.H.) Finanzierung durch öffentliche Hand
SE Sicherer Einschluss

Tabelle I.6: Kernkraftwerke aus dem AtG entlassen

Nr.	Name	Kurz- bezeich- nung	Reaktortyp	Leistung MW_e (brutto)	erste Kritikalität	in Leistungs- betrieb	außer Betrieb	Antrag auf Stilllegung	Betreiber	Standort
1	Heissdampfreaktor Grosswetzheim (ö.H.)	HDR	HDR (Heiß- dampfreak- tor)	25	14.10.1969	1970 (nur Probebe- trieb)	20.04.1971	16.02.1983/ Entlassung aus AtG: 14.05.1998 Abgebaut: 15.10.1998	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	Karlstein (BY)
2	Niederaichbach (ö.H.) schwerwasser- moderierter Druckröhrenreaktor mit CO ₂ -Gaskühlung	KKN	DRR / D ₂ O- Moderator	106	17.12.1972	1973 (nur Probebe- trieb)	31.07.1974	21.10.1975/ Entlassung aus AtG: 17.08.1994 Abgebaut: 17.08.1995	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	Niederaich- bach (BY)
3	Versuchsatomkraft- werk Kahl	VAK	SWR	16	13.11.1960	1962	25.11.1985	05.05.1988/ Entlassung aus AtG: 17.05.2010 Abgebaut: 24.09.2010	VAK	Karlstein (BY)

Tabelle I.7: Eingestellte Kernkraftwerksvorhaben

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Betreiber	Typ	Leistung brutto [MW_e]	Bemerkungen
1	Greifswald-6	KGR 6	Energiewerke Nord GmbH	DWR	440	Endgültige Abschaltung: 30.11.1989 Gen. Still./Abbau Gesamtanlage 30.06.1995 ff.
2	Greifswald-7	KGR 7	Energiewerke Nord GmbH	DWR	440	Vorhaben eingestellt
3	Greifswald-8	KGR 8	Energiewerke Nord GmbH	DWR	440	Vorhaben eingestellt
4	Schneller natriumgekühlter Reaktor Kalkar	SNR 300	Schnell-Brüter-Kernkraftwerks- gesellschaft mbH	SNR	327	Vorhaben eingestellt 20.03.1991
5	Kernkraftwerk Stendal Block A	Stendal A	Altmark Industrie GmbH	DWR	1.000	Vorhaben eingestellt
6	Kernkraftwerk Stendal Block B	Stendal B	Altmark Industrie GmbH	DWR	1.000	Vorhaben eingestellt



Legende:

KKW, in Betrieb

KKW, endgültig abgeschaltet

KKW, in Stilllegung

Zahlen: Bruttoleistung in MWe
Stand: 31.12.2022



Abb. I.1: Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland

1957	Erste Forschungsreaktoren in Deutschland 1957 gehen mit dem Forschungsreaktor München, dem sogenannten Garching Atom-Ei, und dem Forschungsreaktor Rossendorf die beiden ersten Forschungsreaktoren in West und Ost in Betrieb. Diese beiden Anlagen dienen Forschungszwecken und nicht der Erzeugung von Elektrizität.
1960	Atomgesetz in der Bundesrepublik Deutschland In der Bundesrepublik Deutschland tritt das Atomgesetz in Kraft. Gegenstand ist die friedliche Nutzung der Kernenergie und der Schutz gegen ihre Gefahren. Die Frage der Entsorgung der Abfälle wird nicht behandelt.
1960	Versuchsatomkraftwerk Kahl Das Versuchsatomkraftwerk Kahl wird 1960 mit einer elektrischen Leistung von 16 MW in Betrieb genommen. Es gilt als erstes kommerzielles Kernkraftwerk der Bundesrepublik Deutschland. Insgesamt gehen in der Bundesrepublik Deutschland 36 Kernkraftwerke in Betrieb.
1962	Atomenergiegesetz in der DDR Das Gesetz über die Anwendung der Atomenergie in der DDR (Atomenergiegesetz) wird von der Volkskammer der DDR beschlossen.
1966	Kernkraftwerk Rheinsberg Das erste kommerzielle Kernkraftwerk der DDR in Rheinsberg wird 1966 mit einer elektrischen Leistung von 70 MW in Betrieb genommen.
1973	Kernkraftwerk Greifswald In der DDR geht der erste Block des Kernkraftwerks Greifswald in Betrieb. Geplant waren insgesamt 8 Blöcke des russischen Typs WWER-440 mit jeweils 440 MW elektrischer Leistung. Die Inbetriebnahme der Blöcke 2 bis 4 folgte in den Jahren 1974, 1977 und 1979.
1975	Kernkraftwerk Biblis 1975 wird mit dem Kernkraftwerk Biblis Block A der erste der beiden Blöcke der Doppelblockanlage Biblis in Betrieb genommen. Biblis A gilt damals mit einer elektrischen Leistung von rund 1200 MW als der größte Reaktorblock weltweit. 1977 wird auch Biblis Block B in Betrieb genommen.
1982	Kernkraftwerk Stendal Für den Standort Stendal wird eine Errichtungsgenehmigung für zwei Blöcke eines Druckwasserreaktors des russischen Typs WWER-1000 mit jeweils 1000 MW elektrischer Leistung erteilt. Die begonnenen Bau- und Montagearbeiten werden in der Wendezeit 1990 eingestellt.
1985	Schnelle Brüter Kalkar Der Schnelle Brüter in Kalkar wird 1985 fertig gestellt, geht aber nicht in Betrieb. Das Projekt wird 1991 eingestellt. Das Gelände wird ab 1996 als Vergnügungspark genutzt.
1988	Kernkraftwerke Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 Mit den Kernkraftwerken Isar Block 2, Emsland und Neckarwestheim Block 2 gehen die drei bis heute neuesten Anlagen in Deutschland in Betrieb. Es handelt sich um Druckwasserreaktoren mit elektrischen Leistungen von rund 1400 MW und mehr.
1989/ 1990	Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg In der DDR erreicht 1989 der Block 5 im Kernkraftwerk Greifswald die erste Kritikalität, geht aber nicht mehr in den Leistungsbetrieb. Die Blöcke 1 bis 4 werden außer Betrieb genommen. Die Bauarbeiten für die Blöcke 6 bis 8 werden 1990 eingestellt. Das Kernkraftwerk Rheinsberg wird 1990 ebenfalls endgültig abgeschaltet.
1990	Atomgesetz im wiedervereinigten Deutschland Mit Inkrafttreten des Vertrags über die Schaffung einer Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der DDR gilt ab Juli 1990 auch in den neuen Bundesländern das Atomgesetz.
2002	Erster Atomausstieg Der Bundestag bringt das Atomausstiegsgesetz („Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität“) auf den Weg. Nach „Verstromung“ der Reststrommengen erlöschen für die Kernkraftwerke die Berechtigungen zum Leistungsbetrieb.
2010	Laufzeitverlängerung Mit der Laufzeitverlängerung fügt der Bundesgesetzgeber zusätzliche Reststrommengen für die einzelnen Kernkraftwerke hinzu.
2011	Zweiter Atomausstieg Ein Erdbeben mit nachfolgendem Tsunami führt am 11. 03.2011 zur Nuklearkatastrophe im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi. Der Bundestag beschließt daraufhin parteiübergreifend den endgültigen Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie. Die Kernkraftwerke Biblis Block A und B, Neckarwestheim Block 1, Brunsbüttel, Isar Block 1, Unterweser, Philippsburg Block 1 und Krümmel verlieren die Berechtigungen zum Leistungsbetrieb.
2015	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld wird vom Betreiber am 27.06.2015 endgültig abgeschaltet, ein halbes Jahr vor dem Erlöschen der Berechtigung zum Leistungsbetrieb zum Ende des Jahres.
2017	Kernkraftwerk Gundremmingen Block B Das Kernkraftwerk Gundremmingen Block B verliert zum 31.12.2017 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.
2019	Kernkraftwerk Philippsburg Block 2 Das Kernkraftwerk Philippsburg Block 2 verliert zum 31.12.2019 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.
2021	Kernkraftwerke Grohnde, Gundremmingen Block C und Brokdorf Die Kernkraftwerke Grohnde, Gundremmingen Block C und Brokdorf verlieren zum 31.12.2021 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb.
2022	Kernkraftwerke Isar Block 2, Emsland und Neckarwestheim 2 Nach der 19. AtG-Novelle vom 04.12.2022 wird die endgültige Abschaltung der drei letzten in Deutschland betriebenen Kernkraftwerke Isar Block 2, Emsland und Neckarwestheim vom 31.12.2022 auf den 15.04.2023 verschoben.

Abb. I.2: Zeitliche Entwicklung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland

Anhang II – Forschungsreaktoren

- Tabelle II.1: Forschungsreaktoren in Betrieb
- Tabelle II.2: Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet
- Tabelle II.3: Forschungsreaktoren in Stilllegung
- Tabelle II.4: Forschungsreaktoren aus dem AtG entlassen
- Abbildung II.1: Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik

Stand: 31.12.2022

Tabelle II. 1: Forschungsreaktoren in Betrieb

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Bauart/Reaktortyp; Leistung	erste Kritikalität	Betreiber	Standort
1	SUR Furtwangen	SUR-FW	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	28.06.1973	Hochschule Furtwangen Labor für Strahlenmeßtechnik	Furtwangen (BW)
2	SUR Stuttgart 1969 Umbau und Umzug in anderes Gebäude	SUR-S	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	24.08.1964 / 12.06.1969	Universität Stuttgart, Institut für Kernenergetik und Energiesysteme	Stuttgart (BW)
3	SUR Ulm	SUR-U	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	01.12.1965	Technische Hochschule Ulm, Institut für Strahlenmeßtechnik	Ulm (BW)
4	Hochflussneutronenquelle München/Garching	FRM-II	Schwimmbad / Kompaktkern mit D ₂ O-Moderator; 20 MW _{th}	02.03.2004	Technische Universität München	Garching (BY)
5	Forschungsreaktor Mainz	FRMZ	Schwimmbad / TRIGA MARK- II; 0,1 MW _{th}	03.08.1965	Gutenberg Universität Mainz, Department Chemie	Mainz (RP)
6	Ausbildungskernreaktor Genehmigung war gemäß § 57a AtG bis zum 30.06.2005 befristet; 2004 Umbau zum AKR-2. Erste Kritikalität als AKR-2 22.03.05	AKR/ AKR-2	homogen (S) / SUR-Typ; 2,0E-06 MW _{th}	28.07.1978 / 22.03.2005	Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik	Dresden (SN)

Tabelle II. 2: Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet

Nr.	Name	Kurz- bezeichnung	Bauart/Reaktortyp; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Antrag auf Stilllegung	Betreiber	Standort
1	Berliner Experimentier- Reaktor II	BER II	Schwimmbad / MTR; 10 MW _{th}	09.12.1973	11.12.2019	24.04.2017	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, ehemals Hahn-Meitner- Institut	Berlin (BE)
2	Forschungsreaktor Geesthacht-1	FRG-1	Schwimmbad / MTR; 5 MW _{th}	23.10.1958	28.06.2010	21.03.2013 ¹	Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH	Geesthacht (SH)
3	Forschungsreaktor Geesthacht-2	FRG-2	Schwimmbad / MTR; 15 MW _{th}	16.03.1963	28.01.1993 Antrag auf Außerbetrieb- nahme 17.01.1995 Gen. Außerbetriebnahme und Teilabbau	21.03.2013 Antrag auf Abbau der For- schungsreaktoranlage (beste- hend aus dem FRG-1 und noch vorhande- nen Anlagenteilen des FRG-2)	Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH	Geesthacht (SH)

¹ Am 06.09.2016 wurde der Antrag auf Stilllegung und Abbau des FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage sowie des Heißen Labors präzisiert. Der auf dem Gelände der Forschungsreaktoranlage (bestehend aus FRG-1 und noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2) gelagerte Reaktordruckbehälter des Nuklearforschungsschiffes „Otto Hahn“ soll in das Verfahren aufgenommen werden.

Tabelle II. 3: Forschungsreaktoren in Stilllegung

Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Bauart/Reaktortyp; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	erste Stilllegungsgenehmigung	Betreiber	Standort
1	Forschungsreaktor-2	FR-2	Tank / D ₂ O; 44 MW _{th}	07.03.1961	21.12.1981	03.07.1986 20.11.1996 SE	Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (Unternehmen der EWN GmbH)	Eggenstein- Leopoldshafen (BW)
2	Forschungsreaktor München	FRM	Schwimmbad / MTR; 4 MW _{th}	31.10.1957	28.07.2000	03.04.2014	Technische Universität München	Garching (BY)
3	Forschungsreaktor Neuherberg	FRN	Schwimmbad / TRIGA MARK-III; 1 MW _{th}	23.08.1972	16.12.1982	30.05.1983 24.05.1984 SE	Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH)	Oberschleißheim (BY)
4	Forschungs- und Messreaktor Braunschweig	FMRB	Schwimmbad / MTR; 1 MW _{th}	03.10.1967	19.12.1995	02.03.2001 I 28.07.2005 (Anlage bis auf Zwischenlager aus dem AtG entlassen)	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	Braunschweig (NI)
5	DIDO	FRJ-2	Tank / D ₂ O; 23 MW _{th}	14.11.1962	02.05.2006	20.09.2012	JEN mbH (Unternehmen der EWN-GmbH), vormals Forschungszentrum Jülich GmbH	Jülich (NRW)
6	Siemens- Unterrichtsreaktor Aachen	SUR-AA	homogen (S) / SUR- 100; 1,0E-07 MW _{th}	22.09.1965	2002 (Seit 2008 ist die Anlage kernbrennstofffrei)	26.06.2020	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft	Aachen (NRW)

SE Sicherer Einschluss

Tabelle II. 4: Forschungsreaktoren aus dem AtG entlassen

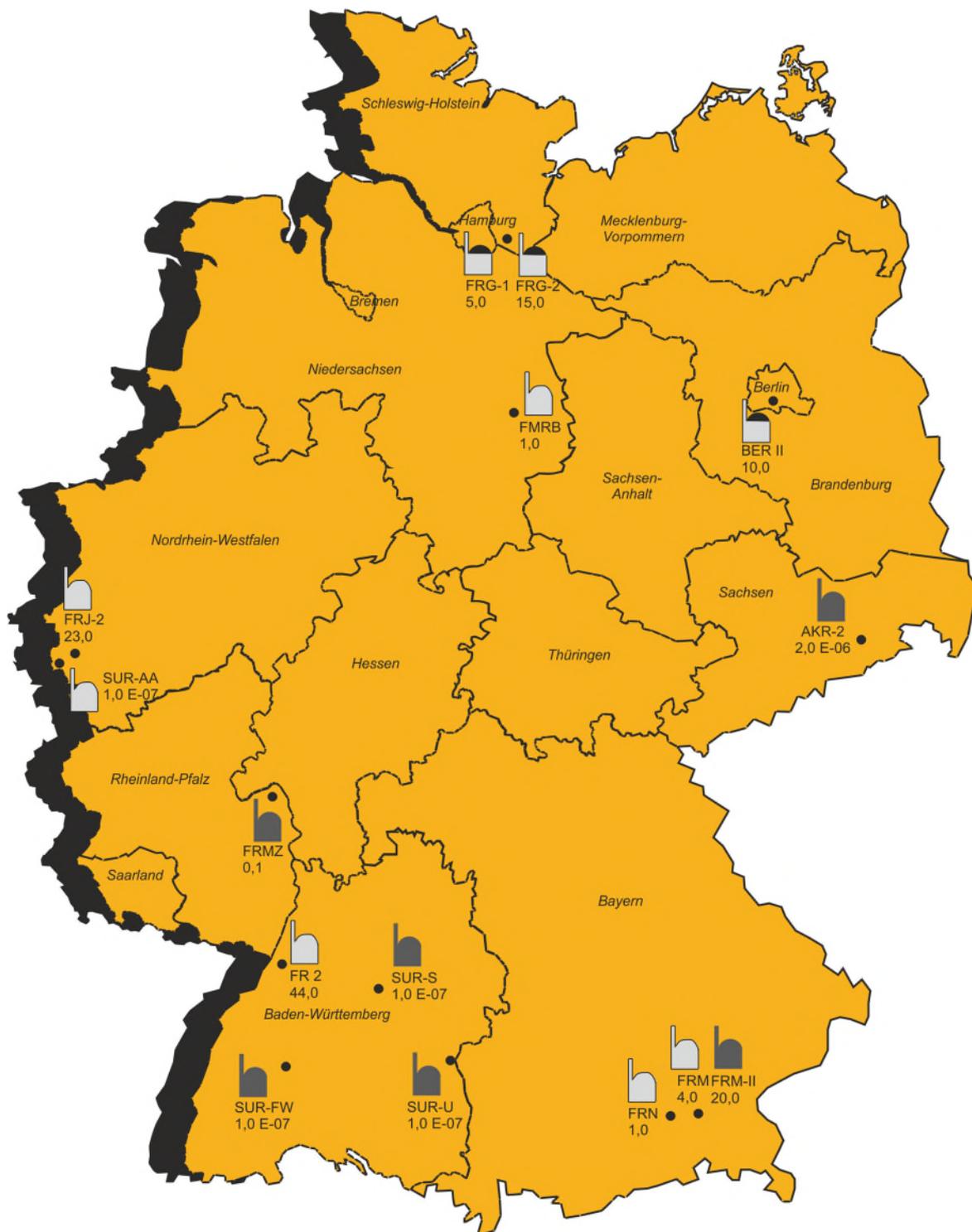
Nr.	Name	Kurzbezeichnung	Bauart/Reaktortyp; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Erste Stilllegungsgenehmigung Stilllegung beendet	Betreiber	Standort
1	Schnelle Nullenergie-Anordnung	SNEAK	homogen (S); 1,0E-03 MW _{th}	15.12.1966	11/1985	03.06.1986 06.05.1987	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH	Eggenstein- Leopoldshafen (BW)
2	Schnelle Unterkritische Anordnung Genehmigung nach § 9 AtG	SUAK	schnelle unterkritische Anordnung; 0 MW _{th}	20.11.1964 Inbetriebnahme	07.12.1978		Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH	Eggenstein- Leopoldshafen (BW)
3	Schnell-Thermischer Argonautreaktor	STARK	Argonaut; 1,0E-05 MW _{th} modifizierter schnell-thermischer Argonautreaktor	11.01.1963	03/1976	1976 1977	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH	Eggenstein- Leopoldshafen (BW)
4	Siemens-Unterrichtsreaktor Karlsruhe	SUR-KA	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	07.03.1966	09/1996	25.11.1996 26.06.1998 Reaktor wird ohne Kernbrennstoff im Technikmuseum Mannheim ausgestellt.	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	Eggenstein- Leopoldshafen (BW)
5	TRIGA Heidelberg I	TRIGA HD I	Schwimmbad / TRIGA MARK-I; 0,25 MW _{th}	26.08.1966	31.03.1977	30.06.1980 11.12.1980 (SE) 16.01.2006 (AG) 13.12.2006 Anlage abgerissen und Gelände komplett saniert (2009)	Deutsches Krebsforschungszentrum	Heidelberg (BW)
6	TRIGA Heidelberg II	TRIGA HD II	Schwimmbad / TRIGA MARK-I; 0,25 MW _{th}	28.02.1978	30.11.1999	13.09.2004 13.12.2006	Deutsches Krebsforschungszentrum	Heidelberg (BW)

Nr.	Name	Kurz- bezeichnung	Bauart/Reaktor- typ; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Erste Stilllegungs- genehmigung Stilllegung been- det	Betreiber	Standort
7	AEG-Nullenergiereaktor, thermisch-kritische Anordnung	TKA	Tank / thermisch kritische Anordnung; 1,0E-04 MW _{th}	23.06.1967	1973	28.09.1981 21.12.1981	Kraftwerk Union AG	Karlstein (BY)
8	AEG-Prüfreaktor	PR-10	Argonaut; 1,80E-04 MW _{th}	27.01.1961	1976	27.07.1976 22.02.1978	Kraftwerk Union AG	Karlstein (BY)
9	Siemens Argonaut Reaktor	SAR	Argonaut; 1,0E-03 MW _{th}	23.06.1959	31.10.1968	08.01.1992 (AG) 20.03.1998	Technische Universität München	Garching (BY)
10	Siemens Unterkritische Anordnung SUA war Zubehör zum SUR- München	SUA	unterkritische Anordnung; 0 MW _{th}	06/1959 Inbetriebnahme	1968	31.10.1968 28.08.1992 (AG) 20.03.1998	Technische Universität München	Garching (BY)
11	Siemens- Unterrichtsreaktor München	SUR-M	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	28.02.1962	10.08.1981	28.08.1992 (AG) 20.03.1998	Technische Universität München	Garching (BY)
12	Berliner Experimentier- Reaktor	BER I	homogen (L) / L-54(L); 0,05 MW _{th}	24.07.1958	Sommer 1972	15.02.1974 (Widerruf der Genehmigung zum Betrieb) 23.04.1974	Hahn Meitner Institut (heute: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie)	Berlin (BE)
13	Siemens- Unterrichtsreaktor Berlin	SUR-B	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	26.07.1963	15.10.2007	01.12.2008 16.04.2013	Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Fachgebiet Kerntechnik	Berlin (BE)
14	Siemens- Unterrichtsreaktor Bremen	SUR-HB	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	10.10.1967	17.06.1993	05.06.1997 27.07.1999 (AG) 03/2000	Hochschule Bremen	Bremen (HB)

Nr.	Name	Kurz- bezeichnung	Bauart/Reaktor- typ; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Erste Stilllegungs- genehmigung Stilllegung been- det	Betreiber	Standort
15	Siemens- Unterrichtsreaktor Hamburg	SUR-HH	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	15.01.1965	08/1992	31.03.1999 12/1999	Fachhochschule Hamburg	Hamburg (HH)
16	Forschungsreaktor Frankfurt -1	FRF 1	homogen (L) / L- 54(L); 0,05 MW _{th}	10.01.1958	19.03.1968	1970 31.10.2006	Johann-Wolfgang-Goethe- Universität	Frankfurt (HE)
17	Forschungsreaktor Frankfurt -2	FRF-2	Schwimmbad / modifizierter TRIGA; 1 MW _{th}	keine Kritikalität	kein Betrieb	25.10.1982 31.10.2006	Johann-Wolfgang-Goethe- Universität	Frankfurt (HE)
18	Siemens- Unterrichtsreaktor Darmstadt	SUR-DA	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	23.09.1963	22.02.1985	23.11.1989 02.08.1990 (AG) 29.11.1996	Technische Hochschule Darmstadt	Darmstadt (HE)
19	TRIGA-Hannover	FRH/TRIGA MHH	Schwimmbad / TRIGA Mark-I; 0,25 MW _{th}	31.01.1973	18.12.1996	08.05.2006 13.03.2008	Medizinische Hochschule Hannover	Hannover (NI)
20	Siemens- Unterrichtsreaktor Hannover	SUR-H	Homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	09.12.1971	Seit 2008 war die Anlage kern- brennstofffrei	04.09.2017 18.09.2019	Leibniz Universität Hannover Institut für Kerntechnik und zerstörungsfreie Prüfverfahren	Hannover (NI)
21	Forschungsreaktor MERLIN	FRJ-1	Schwimmbad / MTR; 10 MW _{th}	24.02.1962	22.03.1985	08.06.1995 23.11.2007	Forschungszentrum Jülich GmbH	Jülich (NRW)
22	Abbrandmessung differentieller Brennelemente mit kritischer Anordnung	ADIBKA	homogen (L) / L77A; 1,0E-04 MW _{th}	18.03.1967	30.10.1972	07.07.1977 12/1977	Hochtemperatur- Reaktorbau GmbH	Jülich (NRW)

Nr.	Name	Kurz- bezeichnung	Bauart/Reaktor- typ; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Erste Stilllegungs- genehmigung Stilllegung been- det	Betreiber	Standort
23	Kritische Anordnung für Hochtemperaturreaktoren	KAHTER	kritische Anordnung; 1,0E-04 MW _{th}	02.07.1973	03.02.1984	09.11.1987 06/1988	Kernforschungsanlage Jülich	Jülich (NRW)
24	Kritisches Experiment zum Incore-Thermionik-Reaktor	KEITER	kritische Anordnung; 1,0E-06 MW _{th}	15.06.1971	1982	18.03.1982 06/1988	Kernforschungsanlage Jülich	Jülich (NRW)
25	Rosendorfer Anordnung für kritische Experimente	RAKE	Tank / kritische Anordnung; 1,0E-05 MW _{th}	03.10.1969	26.11.1991	19.08.1997 28.10.1998	VKTA-Strahlenschutz, Analytik und Entsorgung Rosendorf e.V.	Rosendorf (SN)
26	Rosendorfer Ringzonenreaktor	RRR	Argonaut; 1,0E-03 MW _{th}	16.12.1962	25.09.1991	31.03.1999 11.05.2000	VKTA-Strahlenschutz, Analytik und Entsorgung Rosendorf e.V.	Rosendorf (SN)
27	Zittauer Lehr- und Forschungsreaktor <small>Genehmigung gemäß § 57a AtG bis zum 30.06.2005 befristet</small>	ZLFR	Tank / WWR-M; 1,0E-05 MW _{th}	25.05.1979	24.03.2005 <small>Letzter Betrieb</small>	01.07.2005 03.05.2006	Hochschule Zittau/Görlitz (FH) FB Maschinenbauwesen	Zittau (SN)
28	Rosendorfer Forschungsreaktor	RFR	Tank / WWR-SM; 10 MW _{th}	16.12.1957	27.06.1991	30.01.1998 19.09.2019	VKTA-Strahlenschutz, Analytik und Entsorgung Rosendorf e.V.	Rosendorf (SN)
29	Anlage für Nulleistungsexperimente	ANEX	kritische Anordnung; 1,0E-04 MW _{th}	05/1964	05.02.1975	19.03.1979 (AG) 01/1980	GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH	Geesthacht (SH)
30	Nuklearschiff "Otto Hahn" <small>Zuständige atomrechtliche Aufsichtsbehörde in der Freien und Hansestadt Hamburg</small>	OH	DWR / Schiffsreaktor; 38 MW _{th} <small>wird in Deutschland den FR zugeordnet</small>	26.08.1968	22.03.1979	01.12.1980 01.09.1982	GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH	Geesthacht (SH)

Nr.	Name	Kurz- bezeichnung	Bauart/Reaktor- typ; Leistung	erste Kritikalität	außer Betrieb	Erste Stilllegungs- genehmigung Stilllegung been- det	Betreiber	Standort
31	Siemens- Unterrichtsreaktor Kiel	SUR-KI	homogen (S) / SUR-100; 1,0E-07 MW _{th}	29.03.1966	11.12.1997	19.03.2008 02.04.2008	Fachhochschule Kiel	Kiel (SH)
AG	Abbaugenehmigung							
SE	Sicherer Einschluss							



Legende:

FR, in Betrieb



FR, endgültig abgeschaltet



FR, in Stilllegung



Zahlen: Thermische Leistung in MW
Stand: 31.12.2022

Abb. II.1: Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland

Anhang III – Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung

Tabelle III.1:	Urananreicherungsanlagen
Tabelle III.2:	Brennelementfabriken in Betrieb
Tabelle III.3:	Brennelementfabriken aus dem Atomgesetz entlassen
Tabelle III.4:	Zentrale Brennelemente-Zwischenlager
Tabelle III.5:	Dezentrale Brennelemente- Zwischenlager
Tabelle III.6:	Zentrale Zwischenlager für radioaktive Abfälle
Tabelle III.7:	Wiederaufarbeitungsanlagen
Tabelle III.8:	Konditionierungsanlagen für Brennelemente
Tabelle III.9:	Endlagerung und Stilllegungsprojekte
Abbildung III.1:	Standorte der nuklearen Ver- und Entsorgung

Stand: 31.12.2022

Tabelle III. 1: Urananreicherungsanlagen

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Uran-Anreicherungsanlage Gronau (UAG) Gronau (NW)	Anreicherung von Uran	4.500 Mg Urantrennarbeit pro Jahr (UTA/a) lt. Bescheid vom 14.02.2005	3. TG vom 04.06.1985 (Betriebsgenehmigung); 9. TG vom 31.10.1997 Kapazitätserweiterung auf 1.800 Mg UTA/a; Bescheid Nr. 7/Ä2 vom 27.11.1998 2. Veränderungsgenehmigung für 2 weitere Trennhallen; Bescheid Nr. 7/6 vom 14.02.2005 über Erhöhung der Produktionskapazität auf 4.500 Mg UTA/a	Die Genehmigung vom 14.02.2005 beinhaltet auch den Umgang mit abgereichertem und angereichertem (bis max. 6 % U-235) Uran. Die erweiterte Anlage wurde seit Mitte 2008 errichtet und sukzessive in Betrieb genommen. Die Anlage wird mit einer Kapazität von nominal 4.500 Mg UTA/a betrieben. Der Bau einer Lagerhalle mit einer Kapazität von bis zu 60.000 Mg U ₃ O ₈ wurde 2014 fertig gestellt, aber noch nicht in Betrieb genommen.
TG	Teilgenehmigung				

Tabelle III. 2: Brennelementfabriken in Betrieb

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	ANF Brennelement-fertigungsanlage Lingen Lingen (NI)	Herstellung von überwiegend LWR-Brennelementen aus niedrig angereichertem Urandioxid	Be- und Verarbeitung von jährlich insgesamt 800 Mg Uran in Form von Uranpulver oder Uranpellets mit bis zu 5 % U-235-Anteil (Trockenkonversion), 650 Mg Uran/a für Teilanlagen	Betriebsgenehmigung vom 18.01.1979, 7. TBG vom 08.06.1994 (Betrieb der Konversionsanlage mit angereichertem Uran) 07.03.1997: Kapazitätserhöhung der Brennelement-Fertigung um 250 Mg extern gefertigter Urantabletten pro Jahr 11.01.2005: Erhöhung des Uranpulverdurchsatzes auf 650 Mg/a 02.12.2009: Erhöhung der Kapazität auf 800 Mg/a 12.06.2014: Erweiterung der Lagerbereiche für Kernbrennstoff	In einem Abfalllager bewahrt die ANF die nach § 6 AtG für die Endlagerung bestimmte radioaktive Abfälle auf. Der Rohstoff UF ₆ wird in speziellen Behältern in einer separaten Lagerhalle aufbewahrt.

Tabelle III. 3: Brennelementfabriken aus dem Atomgesetz entlassen

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	SIEMENS Brennelementwerk Betrieb Karlstein Karlstein (BY)	Herstellung von Brennelementen aus niedrig angereichertem Uran-dioxid	Jährlicher Durchsatz von 400 Mg UO ₂ bis höchstens 4,0 % U-235 Anteil	Betriebsgenehmigung nach § 9 AtG vom 02.09.1966 Betriebsgenehmigung nach § 7 AtG vom 30.12.1977 Genehmigung nach § 7 AtG zum Abbau von Anlagenteilen vom 16.08.1994 und 18.03.1996 Entlassung aus dem AtG: März 1999	Brennelement-Produktion ist eingestellt; nur noch konventionelle Strukturteilefertigung (ANF Karlstein).
2	SIEMENS Brennelementwerk Hanau Betriebsteil MOX-Verarbeitung Hanau (HE)	Herstellung von MOX-Brennelementen überwiegend für LWR aus Plutonium und Uran	Durchsatz ca. 35 Mg SM/a, Ausbau auf 120 Mg SM/a war vorgesehen	Betriebsgenehmigung nach § 9 AtG vom 16.08.1968 Letzte umfassende Genehmigung nach § 9 AtG vom 30.12.1974 6. Teilerrichtungsgenehmigung nach § 7 AtG vom 12.03.1991 Mehrere TG zum Leerfahren und Rückbau der Anlage für MOX-Brennstoff von 1997 bis 2005 Entlassung aus dem AtG: Sept. 2006	Im April 1994 wurde vom Betreiber beschlossen, die Altanlage nicht wieder in Betrieb zu nehmen. Die Fertigungsanlagen sind rückgebaut. Die staatliche Verwahrung ist aufgelöst. Abschluss der Rückbauarbeiten Juli 2006.
3	SIEMENS Brennelementwerk Hanau Betriebsteil Uran-Verarbeitung Hanau (HE)	Herstellung von LWR-Brennelementen aus niedrig angereichertem Uran	Durchsatz 1.350 Mg U/a	Betriebsgenehmigung nach § 9 AtG vom 22.07.1969 Betriebsgenehmigung nach § 7 AtG vom 31.08.1990 Mehrere Einzel- und Teilgenehmigungen zum Leerfahren und zum Rückbau der Anlage von 1996 bis 2001 Entlassung aus dem AtG: Mai 2006	Produktion von Uran-Brennelementen ab Oktober 1995 eingestellt. Die Rückbauarbeiten inkl. Geländesanierung wurden im Januar 2006 abgeschlossen Die Anlage wurde aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen. Die Grundwasserreinigung (Gen. nach § 7 StrlSchV) ist abgeschlossen.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
4	Brennelementwerk NUKEM-A Hanau-Wolfgang (HE)	Herstellung von Brennelementen aus angereicherterem Uran und Thorium für Forschungsreaktoren	100 kg U-235 Anreicherung bis 20 %; 1.700 kg U-235 Anreicherung zwischen 20 % und 94 %; 100 Mg natürliches Uran; 100 Mg abgereichertes Uran; 200 Mg Thorium	Betriebsgenehmigung nach § 9 AtG vom 30.07.1962 Mehrere Genehmigungen zum Abbau, zur Stilllegung und zur Sanierung des Geländes von 1988 bis 2001 Im Mai 2006 - bis auf eine Teilfläche von 1.000 m ² zur weiteren Grundwassersanierung - aus dem AtG entlassen. Beendigung der radiologischen Grundwassersanierung nach § 19 AtG am 20.07.2015	Betriebsgenehmigung am 15.01.1988 ausgesetzt; bis 31.12.1988 wurde die Anlage leergefahren. Die Rückbauarbeiten und die radiologische Bodensanierung sind abgeschlossen. Die atomrechtliche Aufsicht ist mit Bescheid vom 20.07.2015 abgeschlossen.
5	Hochtemperatur-Brennelement-Gesellschaft (HOBEG) Hanau (HE)	Fertigung von kugelförmigen Brennelemente für HTR auf der Basis von Uran (bis 94 % U-235) und Thorium	200.000 Brennelemente/a 11,7 Mg SM (während der Betriebszeit)	Betriebsgenehmigung nach § 9 AtG vom 30.12.1974. neun Genehmigungen zum Abbau und zur Stilllegung zwischen 05.12.1988 und 07.04.1995. Am 18.12.1995 aus dem Geltungsbereich des AtG entlassen.	Anlage wurde am 15.01.1988 vorübergehend außer Betrieb genommen, in Folge stillgelegt. Verfahrenstechnische Komponenten wurden abgebaut. Dekontamination v. Gelände und Gebäudestrukturen sind abgeschlossen. Gelände und Gebäude werden von der Nuclear Cargo & Service GmbH genutzt.

Tabelle III. 4: Zentrale Brennelemente-Zwischenlager¹

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Transportbehälterlager im Zwischenlager Nord (ZLN) Rubenow (bei Greifswald), MV	Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente aus den Reaktoren Rheinsberg und Greifswald in Transport- und Lagerbehältern (Trockenlagerung)	585,4 Mg SM in max. 80 Lagerbehältern max. einlagerbare Aktivität: $7,5 \cdot 10^{18}$ Bq	Nach § 6 AtG vom 05.11.1999 1. Änderung vom 14.03.2001 2. Änderung vom 07.07.2003 3. Änderung vom 19.12.2005 4. Änderung vom 17.02.2006 5. Änderung vom 17.12.2008 6. Änderung vom 24.02.2009 7. Änderung vom 30.04.2010	Seit 2011 befinden sich 74 Behälter im ZLN, davon: - 62 CASTOR® 440/84 - 3 CASTOR® KRB-MOX - 4 CASTOR® KNK - 5 CASTOR® HAW 20/28 CG SN 16.
2	Brennelemente-Zwischenlager Gorleben (BZG) (vormals Transportbehälterlager Gorleben (TBL-G)) NI	Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern sowie verfestigter HAW-Spaltproduktlösungen und sonstiger radioaktiver Stoffe (Trockenlagerung)	3.800 Mg SM bzw. 420 Behälterstellplätze; max. einlagerbare Aktivität $2 \cdot 10^{20}$ Bq	05.09.1983 nach § 6 AtG, Anordnung des Sofortvollzugs am 06.09.1988 Neugenehmigung vom 02.06.1995 für bestrahlte Brennelemente und verglaste Spaltproduktlösungen 1. Änderung vom 01.12.2000 2. Änderung vom 18.01.2002 3. Änderung vom 23.05.2007 4. Änderung vom 29.01.2010 5. Änderung vom 01.08.2017 6. Änderung vom 21.06.2018	Seit 2011 befinden sich insgesamt 113 Behälter im TBL-G, davon - 5 Behälter mit abgebrannten Brennelementen, davon - 1 CASTOR® Ic - 1 CASTOR® IIa, - 3 CASTOR® V/19 und 108 Behälter mit HAW-Glaskokillen, davon - 1 TS 28 V, - 74 CASTOR® HAW 20/28 CG, - 21 CASTOR® HAW28M - 12 TN85.

¹ Mit ihrem Übergang auf die BGZ mbH haben alle BGZ mbH-eigenen Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen (sowohl die zentralen als auch die Standort-Zwischenlager) neue, einheitliche Bezeichnungen erhalten. Darüber hinaus wurde das BASE mit Schreiben der BGZ mbH vom 05.08.2019 informiert.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
3	Brennelemente-Zwischenlager Ahaus (BZA) (vormals Transportbehälterlager Ahaus (TBL-A)) NW	Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR® (Trockenlagerung)	420 Behälterstellplätze (LWR), Kapazität bis insgesamt max. 3.960 Mg SM max. einlagerbare Aktivität 2·10 ²⁰ Bq	10.04.1987 nach § 6 AtG Neufassung der Aufbewahrungsgenehmigung vom 07.11.1997 (Erhöhung der Masse Schwermetall und Genehmigung weiterer Behälterttypen) 1. Änderung vom 17.05.2000 2. Änderung vom 24.04.2001 3. Änderung vom 30.03.2004 4. Änderung vom 04.07.2008 5. Änderung vom 22.12.2008 6. Änderung vom 26.05.2010 7. Änderung vom 08.02.2016 8. Änderung vom 21.07.2016 9. Änderung vom 01.08.2017	Im April 1995 wurde die Einlagerung von 305 CASTOR® THTR/AVR- Behältern mit Brennelementen des THTR-300 abgeschlossen. Am 20.03.1998 wurden zusätzlich - 2 CASTOR® V/19 - 1 CASTOR® V/19 SNO6 und - 3 CASTOR® V/52 mit LWR-Brennelementen in das TBL-A überführt. 2005 wurden 18 Behälter CASTOR® MTR 2 eingelagert, die von Rossendorf nach Ahaus transportiert wurden.

Tabelle III. 5: Dezentrale Brennelemente-Zwischenlager¹

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (BZN) (vormals Standort-Zwischenlager Neckarwestheim) Gemmrigheim, BW	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus den Blöcken GKN ₁ und GKN 2 des Gemeinschaftskraftwerks Neckar	1.600 Mg Schwermetall in bis zu 151 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $8,3 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 3,5 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 22.09.2003 1. Änderung vom 22.03.2006 2. Änderung vom 28.09.2006 1. Ergänzung vom 03.09.2007 2. Ergänzung vom 18.02.2010 3. Änderung vom 11.05.2010 4. Änderung vom 13.12.2013 5. Änderung vom 16.04.2014 6. Änderung vom 09.08.2016 7. Änderung vom 26.04.2017 8. Änderung vom 24.08.2017 9. Änderung vom 17.12.2018	Baubeginn: 17.11.2003 Erste Einlagerung: 06.12.2006 Ende 2022 befanden sich 94 Behälter im Zwischenlager.
2	Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg (BZP) (vormals Standort-Zwischenlager Philippsburg) BW	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus den Blöcken 1 und 2 des Kernkraftwerks Philippsburg	1.600 Mg Schwermetall in bis zu 152 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $1,5 \cdot 10^{20}$ Bq Aktivität und 6,0 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 19.12.2003 1. Änderung vom 05.10.2006 2. Änderung vom 21.12.2006 3. Änderung vom 13.06.2014 4. Änderung vom 18.12.2014 5. Änderung vom 24.02.2016 6. Änderung vom 19.03.2020 7. Änderung vom 01.10.2020 8. Änderung vom 27.10.2020	Baubeginn: 17.05.2004 Erste Einlagerung: 19.03.2007 Ende 2022 befanden sich 92 Behälter im Zwischenlager

¹ Mit ihrem Übergang auf die BGZ mbH haben alle BGZ mbH-eigenen Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen (sowohl die zentralen als auch die Standort-Zwischenlager) neue, einheitliche Bezeichnungen erhalten. Darüber hinaus wurde das BASE mit Schreiben der BGZ mbH vom 05.08.2019 informiert.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
3	Zwischenlager im KKW Obrigheim BW	Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente und Kernbauteile aus dem KKW Obrigheim (Nasslagerung)	980 Brennelemente (ca. 286 Mg SM)	26.10.1998 nach § 7 AtG	Im Zeitraum Juni bis Dezember 2017 wurden die insgesamt 342 eingelagerten Brennelemente zum SZL Neckarwestheim verbracht.
4	Brennelemente-Zwischenlager Grafenrheinfeld (BZR) (vormals Standort-Zwischenlager Grafenrheinfeld) BY	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	800 Mg Schwermetall in bis zu 88 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $5 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 3,5 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 12.02.2003 Anordnung des Sofortvollzuges am 10.09.2003 1. Änderung vom 31.07.2007 2. Änderung vom 06.10.2011 3. Änderung vom 03.11.2011 4. Änderung vom 26.04.2018 5. Änderung vom 15.11.2018 6. Änderung vom 16.12.2019	Baubeginn: 22.09.2003 Erste Einlagerung: 27.02.2006 Ende 2022 befanden sich 54 Behälter im Zwischenlager.
5	Brennelemente-Zwischenlager Gundremmingen (BZM) (vormals Standort-Zwischenlager Gundremmingen) BY	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus den Blöcken B und C des Kernkraftwerks Gundremmingen	1.850 Mg Schwermetall in bis zu 192 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $2,4 \cdot 10^{20}$ Bq Aktivität und 6,0 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 19.12.2003 Anordnung des Sofortvollzuges am 28.07.2004 1. Änderung vom 02.06.2006 2. Änderung vom 07.01.2014 3. Änderung vom 27.02.2015 4. Änderung vom 27.10.2015 5. Änderung vom 14.12.2017 6. Änderung vom 01.10.2020	Baubeginn: 23.08.2004 Erste Einlagerung: 25.08.2006 Ende 2022 befanden sich 115 Behälter im Zwischenlager.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
6	Brennelemente-Zwischenlager Isar (BZI) (vormals Standort-Zwischenlager Isar) Niederaichbach BY	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus den Kernkraftwerken Isar 1 und Isar 2	1.500 Mg Schwermetall in bis zu 152 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $1,5 \cdot 10^{20}$ Bq Aktivität und 6,0 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 22.09.2003 Anordnung des Sofortvollzuges am 28.05.2004 1. Änderung vom 11.01.2007 2. Änderung vom 29.02.2008 3. Änderung vom 16.11.2011 4. Änderung vom 07.02.2012 5. Änderung vom 20.06.2016 6. Änderung vom 28.07.2016 7. Änderung vom 09.08.2017	Baubeginn: 14.06.2004 Erste Einlagerung: 12.03.2007 Ende 2022 befanden sich 88 Behälter im Zwischenlager.
7	Brennelemente-Zwischenlager Biblis (BZB) (vormals Standort-Zwischenlager Biblis) HE	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus den Blöcken A und B des Kernkraftwerks Biblis Aufbewahrung von HAW-Glaskokillen aus Sellafield in bis zu sieben Behältern der Bauart CASTOR® HAW28M	1.400 Mg Schwermetall in bis zu 135 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $8,5 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 5,3 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 22.09.2003 1. Änderung vom 20.10.2005 1. Ergänzung vom 20.03.2006 2. Änderung vom 27.03.2006 3. Änderung vom 16.06.2014 4. Änderung vom 22.07.2014 5. Änderung vom 22.09.2015 6. Änderung vom 07.04.2016 7. Änderung vom 14.12.2017 8. Änderung vom 14.06.2018 9. Änderung vom 19.12.2019	Baubeginn: 01.03.2004 Erste Einlagerung: 18.05.2006 Ende 2022 befanden sich 108 Behälter im Zwischenlager.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
8	Brennelemente-Zwischenlager Grohnde (BZD) (vormals Standort-Zwischenlager Grohnde) NI	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Grohnde	1.000 Mg Schwermetall in bis zu 100 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $5,5 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 3,75 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 20.12.2002 Anordnung des Sofortvollzuges am 19.09.2005 1. Änderung vom 17.04.2007 2. Änderung vom 23.05.2012 3. Änderung vom 25.06.2012 4. Änderung vom 15.07.2020	Baubeginn: 10.11.2003 Erste Einlagerung: 27.04.2006 Ende 2022 befanden sich 37 Behälter im Zwischenlager.
9	Brennelemente-Zwischenlager Lingen (BZL) (vormals Standort-Zwischenlager Lingen (Emsland)) Bramsche NI	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Emsland	1.250 Mg Schwermetall in bis zu 125 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $6,9 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 4,7 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 06.11.2002 mit Anordnung des Sofortvollzuges 1. Ergänzung vom 31.07.2007 1. Änderung vom 01.02.2008 2. Änderung vom 19.12.2014 3. Änderung vom 07.08.2015 4. Änderung vom 04.06.2020	Baubeginn: 18.10.2000 Erste Einlagerung: 10.12.2002 Ende 2022 befanden sich 47 Behälter im Zwischenlager.
10	Brennelemente-Zwischenlager Unterweser (BZU) (vormals Standort-Zwischenlager Unterweser) Rodenkirchen NI	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Unterweser	800 Mg Schwermetall in bis zu 80 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $4,4 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 3,0 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 22.09.2003 Anordnung des Sofortvollzuges am 05.02.2007 1. Änderung vom 27.05.2008 2. Änderung vom 05.01.2012 3. Änderung vom 18.12.2012 4. Änderung vom 11.08.2016 5. Änderung vom 02.11.2017 6. Änderung vom 26.07.2018	Baubeginn: 19.01.2004 Erste Einlagerung: 18.06.2007 Ende 2022 befanden sich 40 Behälter im Zwischenlager.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
11	AVR-Behälterlager im FZJ Jülich NW	Aufbewahrung abgebrannter AVR-Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR®	Bis zu 300.000 AVR-Brennelemente in max. 158 CASTOR® THTR/AVR -Behältern	Bescheid nach § 6 AtG vom 17.06.1993 1. Änderung vom 27.04.1995 2. Änderung vom 07.07.2005 Am 30.06.2013 ist die Aufbewahrungsgenehmigung ausgelaufen.	Seit 2009 befinden sich 152 CASTOR® THTR/AVR -Behälter im Zwischenlager. Derzeit erfolgt die Aufbewahrung aufgrund einer atomrechtlichen Anordnung.
12	Brennelemente-Zwischenlager Krümmel (BZK) (vormals Standort-Zwischenlager Krümmel), SH	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Krümmel	775 Mg Schwermetall in bis zu 65 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $9,6 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 2,28 MW Wärmefreisetzung Mit der 4. Änderung wurde die Anzahl der Stellplätze von 80 auf 65 Plätze und die Wärmeleistung von 3,0 auf 2,28 MW reduziert.	Nach § 6 AtG vom 19.12.2003 1. Änderung vom 16.11.2005 Anordnung des Sofortvollzuges am 28.04.2006 2. Änderung vom 17.10.2007 3. Änderung vom 09.07.2014 4. Änderung vom 18.04.2016 5. Änderung vom 04.07.2016 6. Änderung vom 18.12.2018	Baubeginn: 23.04.2004 Erste Einlagerung: 14.11.2006 Ende 2022 befanden sich 42 Behälter im Zwischenlager.
13	Brennelemente-Zwischenlager Brokdorf (BZF) (vormals Standort-Zwischenlager Brokdorf) SH	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Brokdorf	1000 Mg Schwermetall in bis zu 100 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $5,5 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 3,75 MW Wärmefreisetzung	Nach § 6 AtG vom 28.11.2003 1. Änderung vom 24.05.2007 2. Änderung vom 19.07.2012 3. Änderung vom 29.08.2012	Baubeginn: 05.04.2004 Erste Einlagerung: 05.03.2007 Ende 2022 befanden sich 35 Behälter im Zwischenlager.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
14	Zwischenlager Brunsbüttel SH	Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Brunsbüttel	450 Mg Schwermetall in bis zu 80 Transport- und Lagerbehältern mit bis zu $6,0 \cdot 10^{19}$ Bq Aktivität und 2,0 MW Wärmefreisetzung	<p>Nach § 6 AtG vom 28.11.2003 Anordnung des Sofortvollzuges am 28.10.2005</p> <p>1. Änderung vom 14.03.2008 2. Änderung vom 21.07.2014</p> <p>Mit Urteil des OVG Schleswig vom 13.06.2013 und Beschluss des BVerwG vom 08.01.2015 wurde die Genehmigung zur Aufbewahrung aufgehoben.</p> <p>Am 16.11.2015 hat die Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG einen Antrag auf Neugenehmigung gestellt.</p>	<p>Baubeginn: 07.10.2003</p> <p>Erste Einlagerung: 05.02.2006</p> <p>Seit Ende 2017 befinden sich 20 Behälter im Zwischenlager. 9 Behälter wurden bis 2013 auf Grundlage der Aufbewahrungsgenehmigung eingelagert. Elf weitere Behälter wurden bis 2017 auf Grundlage einer aufsichtlichen Anordnung eingelagert.</p> <p>Am 17.01.2020 wurde die atomrechtliche Anordnung ohne konkrete terminliche Befristung verlängert.</p>

Tabelle III. 6: Zentrale Zwischenlager für radioaktive Abfälle¹

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Abfall-Zwischenlager Gorleben (AZG) NI	Lagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus KKW, Medizin, Forschung und Gewerbe	200-l-, 400-l-Fässer, Betonbehälter Typ III, Gussbehälter Typ I-II, Container Typ I-IV mit einer Gesamtaktivität bis $5 \cdot 10^{18}$ Bq 15.000 m ³	Umgangsgenehmigungen nach § 3 StrlSchV ² vom 27.10.1983, 13.10.1987 und 13.09.1995	In Betrieb seit Oktober 1984. Betreiberin: BGZ mbH
2	Abfall-Zwischenlager Ahaus (AZA) NW	Lagerung von radioaktiven Abfällen aus KKW	Konradgebinde, 20' Container und Anlagenteile, Gesamt-Aktivitätsbegrenzung für den Lagerbereich I von $1 \cdot 10^{17}$ Bq	Umgangsgenehmigungen nach § 7 StrlSchV ³ vom 9. November 2009, neueste Umgangsgenehmigung nach § 12 StrlSchG vom 17.07.2020, befristet bis 31.12.2057.	In Betrieb seit Juli 2010. Betreiberin: BGZ mbH
3	Zwischenlager der EVU Mitterteich BY	Zwischenlagerung von Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus bayerischen kerntechnischen Anlagen	40.000 Abfallgebinde (200-l-, 400-l- oder Gussbehälter)	Umgangsgenehmigungen nach § 3 StrlSchV ² vom 07.07.1982	In Betrieb seit Juli 1987. Betreiberin: Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH (GRB)

¹ Mit ihrem Übergang auf die BGZ mbH haben alle BGZ mbH-eigenen Zwischenlager zur Lagerung radioaktiver Abfälle neue, einheitliche Bezeichnungen erhalten.

² in der Fassung vom 13.10.1976 bzw. 30.06.1989.

³ In der Fassung von 2001

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
4	Zwischenlager Nord (ZLN) Rubenow MV	Zwischenlagerung von Betriebs- und Stilllegungsabfällen der KKW Greifswald und Rheinsberg mit Zwischenlagerung der abgebauten Großkomponenten	165.000 m ³	Umgangsgenehmigung nach § 3 StrlSchV) ² vom 20. Februar 1998	In Betrieb seit März 1998.
5	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB), jetzt Entsorgungsbetriebe (EB) Karlsruhe BW	Lagerung von nicht wärmeentwickelnden Abfällen von FZK, WAK, ITU, Landessammelstelle BW sowie begrenzt bzw. zur Pufferung auch von Dritten	Umgang (Konditionierung und Zwischenlagerung) mit radioaktiven Reststoffen und kernbrennstoffhaltigen Abfällen bis zu einer Gesamtaktivität von $4,5 \cdot 10^{17}$ Bq	Umgangsgenehmigung nach § 9 AtG vom 25.11.1983, 36. Änderungsbescheid vom 07.04.2017 gemäß § 7 Abs. 1+2 StrSchV sowie § 2 Abs. 1+3 AtG im Lagergebäude L566	In Betrieb seit Dezember 1964. Der von der KTE betriebene Lagerbunker L563 für MAW-Abfälle wird um Gebäude L566 erweitert. MAW-Abfallprodukte und -Rohabfälle sollen bis zur endlagergerechten Nachkonditionierung bereitgestellt und die endlagergerecht konditionierten Abfallprodukte langfristig zwischengelagert werden.

Tabelle III. 7: Wiederaufarbeitungsanlage

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) Eggenstein-Leopoldshafen, BW	Versuchsanlage zur Wiederaufarbeitung und Technologieentwicklung	0,175 Mg SM/Tag; ca. 40 Mg UO ₂ /a	<p>Betrieb WAK:</p> <p>1. TBG nach § 7 AtG vom 02.01.1967</p> <p>Betrieb VEK</p> <p>1. Teilbetriebsgenehmigung (TBG) für die VEK vom 20.12.2005 (Inaktive Inbetriebsetzung)</p> <p>2. Teilbetriebsgenehmigung für die VEK vom 24.02.2009 (Nukleare [heiße] Inbetriebnahme)</p> <p>Stilllegung WAK:</p> <p>1. Stilllegungsgenehmigung, März 1993</p> <p>23. Stilllegungsgenehmigung vom 14.12.2011 zur Demontage des LAVA-Hochaktiv-Labors und der LAVA-(Heißen)-Zellen</p> <p>26. Stilllegungsgenehmigung zur fernhantierten Demontage der VEK-Prozesstechnik vom 06.07.2018</p> <p>27. Stilllegungsgenehmigung vom 04.03.2021 (teilweise Rückbau einer Rohrbrücke zwischen Prozessgebäude (PG) und dem HWL)</p> <p>28. Stilllegungsgenehmigung vom 01.06.2021 (Abbau einer Abschirmwand des Prozessgebäudes)</p> <p>29. Stilllegungsgenehmigung vom 14.10.2021 (Ausbau des Wasserbeckens im PG)</p>	<p>Die Anlage war von 1971 bis 1990 in Betrieb. In dieser Zeit wurden ca. 200 Mg Kernbrennstoffe aus Versuchs- und Leistungsreaktoren aufgearbeitet.</p> <p>Stilllegung und Rückbau mit dem Ziel „Grüne Wiese“ sind fortgeschritten. Die Einrichtungen des Prozessgebäudes sind weitgehend entfernt.</p> <p>Eine Verglasungseinrichtung (VEK) für 60 m³ HAWC wurde errichtet und bis Nov. 2010 betrieben. Das HAWC wurde vollständig verglast. Dabei wurden 140 Kokillen Abfallglas (56 Mg) erzeugt, die in 5 Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR® HAW 20/28 eingebracht wurden. Die CASTOR®-Behälter werden seit Februar 2011 im Zwischenlager Nord der EWN GmbH aufbewahrt.</p>

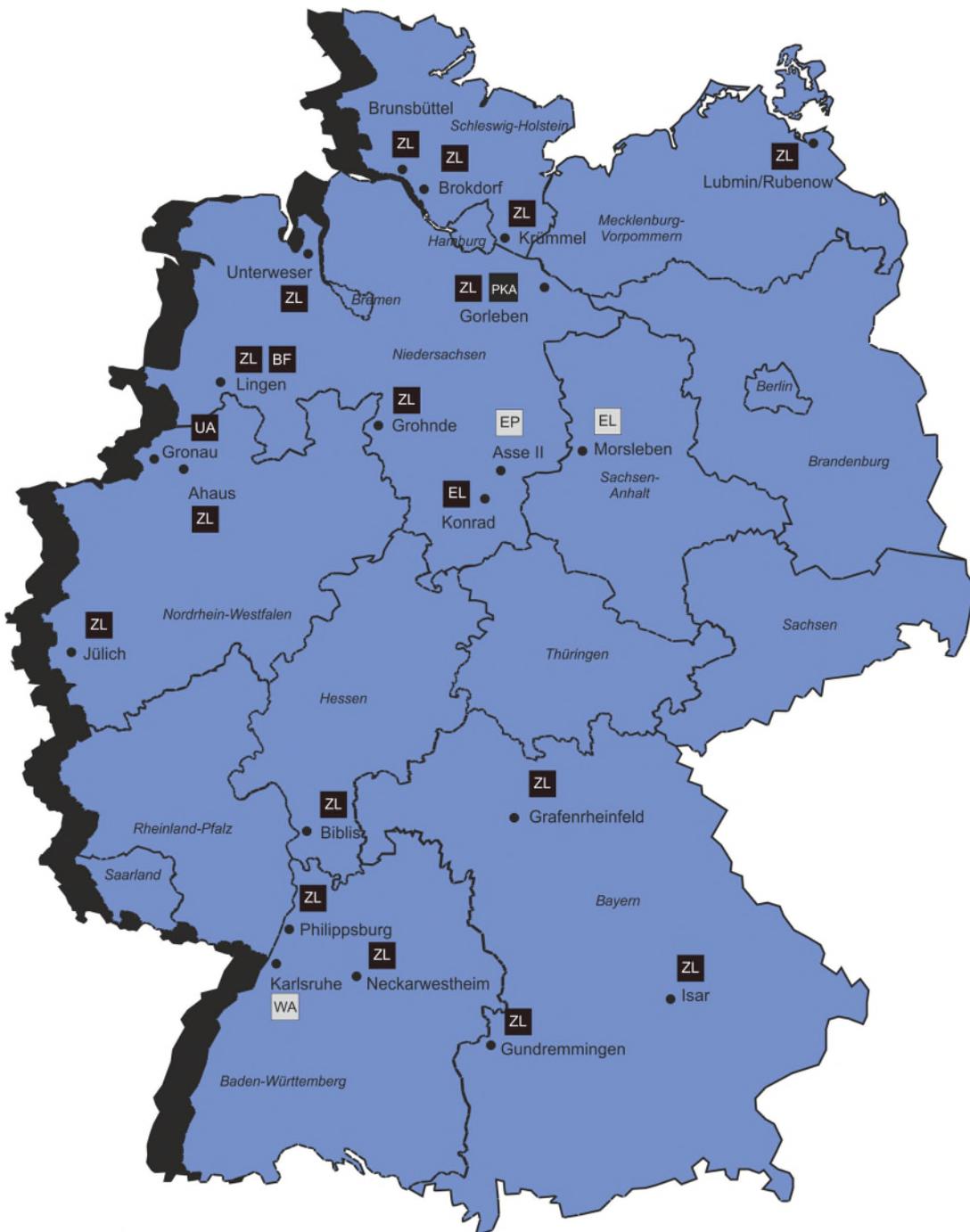
Tabelle III. 8: Konditionierungsanlagen für Brennelemente

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Kapazität lt. Genehmigung	Genehmigung	Bemerkungen
1	Pilot-Konditionierungsanlage (PKA) Gorleben, NI	Reparatur schadhafter Behälter, Konditionierung radioaktiver Reststoffe und Abfälle (u. a. ausgediente Brennelemente, Brennstäbe und Brennelement-Einbauteile) für die Zwischen- und Endlagerung	Beantragter Schwermetalldurchsatz: 35 Mg/a Kapazität betrieblicher Pufferlager: 12 Mg SM	nach § 7 AtG: 1. TG vom 30.01.1990 2. TG vom 21.07.1994 (nachträgliche Auflage vom 18.12.2001) 3. TG vom 19.12.2000 (beinhaltet die Betriebsgenehmigung) Änderungsgenehmigung vom 01.08.2017 (Wechsel des Genehmigungsinhabers)	Gemäß 3. TG wird die Nutzung der Anlage vorerst auf die Reparatur schadhafter Lagerbehälter beschränkt. Eine nachträgliche Auflage zur 2. TG gewährleistet die jederzeitige Bereitschaft zur Annahme eines schadhafte Behälters. Sobald ein alternatives Konzept vorliegt, beabsichtigt die Betreiberin den Rückbau der PKA.

Tabelle III. 9: Endlagerung und Stilllegungsprojekte

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Endgelagerte Mengen/ Aktivität	Genehmigung	Bemerkungen
1	Endlager Konrad Salzgitter, NI	Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung		<p>Antrag nach § 9b AtG in 1982 (Planfeststellungsantrag)</p> <p>Rücknahme des Antrags auf Sofortvollzug mit Schreiben des BfS vom 17.07.2000.</p> <p>Der Planfeststellungsbeschluss ist mit Datum vom 22.05.2002 erteilt worden.</p> <p>Nach Erschöpfung des ordentlichen Rechtsweges nach Klagen gegen den Planfeststellungsbeschluss ist er seit 26.03.2007 rechtskräftig und kann umgesetzt werden.</p> <p>Anhängige Verfassungsbeschwerden sind nicht zugelassen oder nicht zur Entscheidung angenommen worden.</p> <p>Am 15.01.2008 wurde der Hauptbetriebsplan von der zuständigen Bergbehörde genehmigt.</p>	Die geologische Wirtsfornation ist Korallenoolith (Eisenerz) unterhalb einer wasserundurchlässigen Barriere aus der Kreidezeit.

Nr.	Bezeichnung der Anlage und Standort	Zweck der Anlage	Endgelagerte Mengen/ Aktivität	Genehmigung	Bemerkungen
2	Schachtanlage ASSE II Remlingen, NI	<p><u>Ursprünglich:</u> Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Endlagerung radioaktiver und chemisch-toxischer Abfälle, Endlagerung niedrig- und mittelradioaktiver Abfälle</p> <p><u>Aktuell:</u> Stilllegung nach vorheriger Rückholung der radioaktiven Abfälle gemäß §57b AtG.</p>	Zwischen 1967 und 1978 wurden ca. 125.000 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert	<p>Genehmigungen nach § 3 StrlSchV (alt) in der Fassung vom 15.10.1965.</p> <p>Aufbewahrungsgenehmigungen für Kernbrennstoffe gem. § 6 AtG.</p> <p>Genehmigung nach § 7 StrlSchV erteilt am 08.07.2010 für den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen außerhalb der Einlagerungskammern bis zum 100-fachen der Freigrenze.</p> <p>Genehmigung nach § 9 AtG zum Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen im Rahmen der Faktenerhebung Schritt 1 vom 21.04.2011. Weitere Genehmigung nach § 7 StrlSchV vom 20.09.2011 zum Umgang mit umschlossenen und offenen radioaktiven Stoffen (Strahlenschutzlabor).</p>	<p>Geologische Wirtsformation ist Steinsalz.</p> <p>Zum 01.01.2009 wurde das BfS, seit 25.04.2017 die BGE mbH Betreiberin der Schachtanlage Asse II.</p> <p>Seit Inkrafttreten der LEX Asse im April 2013 (§ 57b AtG.) sollen vor der unverzüglichen Stilllegung die radioaktiven Abfälle zurückgeholt werden, insofern dies sicherheitstechnisch vertretbar ist.</p>
3	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ST	<p><u>Ursprünglich:</u> Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden</p> <p><u>Aktuell:</u> Stilllegung mit Verbleib der Abfälle unter Tage</p>	Endlagerung von insgesamt ca. 36.752 m ³ schwach- und mittelradioaktiven Abfällen	<p>22.04.1986: Erteilung der Dauerbetriebsgenehmigung (DBG).</p> <p>Diese galt nach § 57a AtG bis zum 30.06.2005 fort; durch Novellierung des AtG 2002 gilt die DBG unbegrenzt mit Ausnahme der Regelungen zur Annahme von weiteren radioaktiven Abfällen oder deren Einlagerung zum Zwecke der Endlagerung als PFB fort.</p> <p>12.04.2001: Erklärung des BfS auf Verzicht zur Annahme weiterer radioaktiver Abfälle zur Endlagerung.</p>	<p>Die Geologie der Einlagerungsbereiche ist durch Kali- und Steinsalzformationen bestimmt.</p> <p>Am 25.09.1998 wurde die Einlagerung eingestellt.</p> <p>Umrüstung und Offenhaltung wurden am 10.07.2003 beantragt. Das Verfahren ruht seit dem 11.06.2014.</p> <p>Die Stilllegung wurde am 09.05.1997 beantragt.</p> <p>Nach dem Erörterungstermin im Oktober 2012 führt die BGE mbH derzeit umfangreiche Arbeiten zur Ergänzung der Planfeststellungsunterlagen entsprechend den Empfehlungen der Entsorgungskommission des Bundes vom 31.03.2013 und zu Nachforderungen der Gutachter des heutigen MWU durch.</p>



Legende:

- UA Urananreicherungsanlage
- BF Brennelementefabrik
- PKA Pilotkonditionierungsanlage
- WA Wiederaufarbeitungsanlage
- ZL Zwischenlager für hochradioaktive Stoffe
- EL Endlager für radioaktive Abfälle
- EP Endlagerprojekt

In Betrieb/in Bau
 In Stilllegung/ Stilllegung beantragt

Stand: 31.12.2022

Abb. III. 1: Standorte der nuklearen Ver- und Entsorgung¹

¹ Bei Zwischenlagern nur Zwischenlager für hochradioaktive Stoffe.