

# **STILLEGUNG ERA MORSLEBEN**

**Übersicht über die geprüften technischen  
Verfahrensalternativen zur Stilllegung des Endlagers für  
radioaktive Abfälle**

**Bundesamt für Strahlenschutz**



Bundesamt für Strahlenschutz

ERA  
Morsleben

Salzgitter, 04. Dezember 2009

Dieser Bericht beruht auf einen gleichnamigen Bericht der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH vom 04.12.2008

# INHALTSVERZEICHNIS:

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INHALTSVERZEICHNIS:</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>1 VERANLASSUNG</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>2 VORHABEN</b> .....  | <b>5</b>  |
| 2.1    AUSGESCHLOSSENE ALTERNATIVEN.....                                 | 5         |
| 2.1.1    Weiterbetrieb mit anschließender Stilllegung.....               | 5         |
| 2.1.2    Auslagerung der im ERAM endgelagerten radioaktiven Abfälle..... | 6         |
| 2.2    ANTRAGSGEGENSTAND (ABDICHTUNGSKONZEPT) .....                      | 6         |
| <b>3 GEPRÜFTE TECHNISCHE VERFAHRENSALTERNATIVEN</b> .....                | <b>10</b> |
| 3.1    FLUTUNG .....   | 10        |
| 3.2    SPÜLVERSATZ.....  | 11        |
| 3.3    KAPSELUNG IM NAHEN UMFELD DER EINLAGERUNGSBEREICHE.....           | 11        |
| 3.4    PORENSPEICHERKONZEPT.....   | 12        |
| 3.5    BLASVERSATZ .....   | 13        |

# 1 VERANLASSUNG

Durch den aufgrund des Einigungsvertrages in das Atomgesetz (AtG) eingefügten § 57a und das Gesetz zur Änderung des AtG vom 06.04.1998 galt die Dauerbetriebsgenehmigung für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) als fiktiver Planfeststellungsbeschluss (PFB) i.S.d. § 9b AtG bis zum 30.06.2005 fort. Gemäß § 57a Abs. 1 Nr. 4 AtG (geändert durch das Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität vom 22.04.2002) gilt die Dauerbetriebsgenehmigung als Planfeststellungsbeschluss nunmehr unbegrenzt fort mit der Maßgabe, dass

- die Annahme von weiteren radioaktiven Abfällen oder deren Einlagerung zum Zwecke der Endlagerung

oder

- die Annahme von weiteren Kernbrennstoffen oder sonstigen radioaktiven Stoffen zum Zwecke der Aufbewahrung oder Lagerung

ab 27.04.2002 entfällt.

Die Befristung der Fortgeltung ist entfallen.

Am 13.10.1992 hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) bei der zuständigen Planfeststellungsbehörde, dem heutigen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU-LSA), einen Antrag auf Weiterbetrieb des ERAM gestellt, der am 09.05.1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt und im September 2005 um die Endlagerung der im ERAM zwischengelagerten radioaktiven Abfälle sowie der bei der Stilllegung noch anfallenden betrieblichen radioaktiven Abfälle ergänzt wurde.

Gemäß § 9b Abs. 2 und 5 AtG in Verbindung mit § 3 Abs. 2 Nr. 1 der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung (AtVfV) ist im Planfeststellungsverfahren für das UVP-pflichtige Vorhaben vom Antragsteller eine Übersicht über die wichtigsten geprüften technischen Verfahrensalternativen einzureichen, soweit diese Angaben für die Beurteilung der Zulässigkeit des Vorhabens nach § 9b AtG bedeutsam sein können. Alternative Vorhaben sind daher nicht darzustellen.

## **2 VORHABEN**

Das BfS hat den bei der Planfeststellungsbehörde gestellten Antrag zur Stilllegung im September 2005 um die Endlagerung der im ERAM zwischengelagerten radioaktiven Abfälle sowie der bei der Stilllegung noch anfallenden betrieblichen radioaktiven Abfälle ergänzt und die erforderlichen Unterlagen und Nachweise zum Stilllegungskonzept vorgelegt.

### **2.1 AUSGESCHLOSSENE ALTERNATIVEN**

Vorhabensalternativen sind in Planfeststellungsverfahren für Endlager radioaktiver Abfälle nicht zu betrachten, da es sich bei den Planfeststellungsbeschlüssen nach § 9b AtG um gebundene Entscheidungen handelt, bei denen der Planfeststellungsbehörde kein Planungsermessen eingeräumt ist (vgl. BVerwG 7B 73.06 vom 26.03.2007 S. 9 - <http://www.bundesverwaltungsgericht.de>).

Nicht verfolgte Vorhabensalternativen sind

- Weiterbetrieb mit anschließender Stilllegung und
- Auslagerung der im ERAM endgelagerten radioaktiven Abfälle.

#### **2.1.1 Weiterbetrieb mit anschließender Stilllegung**

Der Weiterbetrieb des ERAM mit Annahme und Endlagerung radioaktiver Abfälle Dritter im Rahmen des beantragten Stilllegungsverfahrens ist keine technische Verfahrensalternative, sondern würde ein alternatives Planfeststellungsverfahren erfordern, weil es sich um ein neues Vorhaben handelt.

Ein weiterer Einlagerungsbetrieb mit sich daran anschließender Resthohlraumverfüllung ist nicht mehr genehmigt. Der Antrag auf Weiterbetrieb vom 13.10.1992 wurde am 09.05.1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt. Am 12.04.2001 hat das BfS ausdrücklich und unwiderruflich auf die von der Dauerbetriebsgenehmigung umfasste Annahme von weiteren radioaktiven Abfällen und deren Einlagerung zum Zwecke der Endlagerung verzichtet. Dieser Verzicht galt bis zur Änderung des Atomgesetzes

(Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität vom 22.04.2002). Mit dieser Änderung hat der Gesetzgeber in § 57a Abs. 1 Nr. 4 AtG festgelegt, dass die in Genehmigungen, Erlaubnissen und Zulassungen zur Annahme von weiteren radioaktiven Abfällen oder zu deren Einlagerung zum Zwecke der Endlagerung enthaltenen Gestattungen mit dem 27. April 2002 unwirksam werden. Ergänzend anzumerken ist, dass ein Weiterbetrieb auch grundsätzlich keine Alternative zu einer Stilllegung sein kann, da letztendlich jeder Weiterbetrieb in eine Stilllegung mündet. Die Stilllegung selbst würde durch einen Weiterbetrieb nur verschoben.

### **2.1.2 Auslagerung der im ERAM endgelagerten radioaktiven Abfälle**

Die Auslagerung der endgelagerten radioaktiven Abfälle ist ebenfalls keine technische Verfahrensalternative im Rahmen des beantragten Stilllegungsverfahrens, sondern wäre ein neues Vorhaben, für das ein alternatives Verfahren erforderlich wäre. Zudem würde sich das Abfallvolumen bei einer Auslagerung der endgelagerten Abfälle insbesondere durch kontaminierten Salzgrus erheblich erhöhen.

Vor dem Hintergrund des geführten Langzeitsicherheitsnachweises ist aufgrund der mit einer Auslagerung verbundenen zusätzlichen Strahlenexposition sowie eines nicht gegebenen bzw. nicht quantifizierbaren Sicherheitsgewinns die Auslagerung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM entsprechend § 4 Abs. 1 StrlSchV nicht gerechtfertigt und daher nicht zulässig.

## **2.2 ANTRAGSGEGENSTAND (ABDICHTUNGSKONZEPT)**

Das beantragte Konzept leitet sich insbesondere aus den folgenden Schutzziele ab:

- Schutz der Tagesoberfläche durch Begrenzen der Verformungen, gemittelt über größere Bereiche der Grube, durch Verfüllen der Grubenbaue in den Grubengebäuden Bartensleben und Marie
- Sicherstellen der gebirgsmechanischen Stabilität der Grubengebäude
- Begrenzen des Potenzials für Auf- und Umlösungen an Steinsalz und an Kalilagern

- Gezieltes Behindern des Lösungszutritts zu den Abfällen sowie des Austritts von kontaminierter Lösung und Gas aus den Einlagerungskammern und deren Nahbereich in die Restgrube
- Behindern der Lösungsbewegung und damit auch des Transports von gelösten Schadstoffen in den Grubengebäuden
- Begrenzen der Lösungsauspressung aus den Grubengebäuden in das Hutgestein.

Naturgegeben und nicht durch Maßnahmen zum Verfüllen und Verschließen der Grubengebäude betroffen sind die Rahmenbedingungen der Langzeitsicherheit:

- Mechanischer und hydraulischer Schutz des Systems „Grubengebäude – Salzstruktur“ durch das Hutgestein und Deckgebirge
- Verzögerung des Schadstofftransports im Hutgestein und Deckgebirge durch die geringe natürliche Bewegung des Grundwassers und durch Sorption
- Verdünnung von aus dem Salinar ausgepresster, schadstoffhaltiger Lösung im Hutgestein und Deckgebirge.

Die beantragte Stilllegung folgt einem Konzept mit weitgehender Verfüllung der Hohlräume mit einem stützenden Versatz und geotechnischen Barrieren für die Abdichtung der Einlagerungsbereiche West-Südfeld und Ostfeld sowie der Schächte Bartensleben und Marie.

Mit den umfangreichen bergbauerprobten Verfüllmaßnahmen wird das primäre Ziel verfolgt, das die Grubengebäude umgebende Gebirge zu stützen und dadurch seine abdichtende Wirkung (Integrität) gegenüber Deckgebirgslösungen zu erhalten. Dennoch können Lösungszutritte über mögliche Schwachstellen im Gebirge nicht vollständig ausgeschlossen werden. Bei einem solchen Lösungszutritt sorgt der hohe Verfüllgrad der Grubengebäude mit Versatz dafür, dass die insbesondere im Bereich von Kalilagern vorkommenden Auf- und Umlöseprozesse in ihrem Umfang beschränkt werden und die Stabilität der Grubengebäude erhalten bleibt. Die Möglichkeit weiterer Zutritte bleibt dann auf ein Minimum beschränkt. So ist auch sichergestellt, dass es an der Tagesoberfläche nicht zu senkungsbedingten Schäden kommt.

Die Abfälle befinden sich an mehreren Orten im Grubengebäude Bartensleben. Die Mobilisierung und Ausbreitung der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide ist nur durch den Kontakt der Abfälle mit Lösungen möglich. Durch geeignete Wahl von Abdichtungsstandorten werden die Einlagerungsgrubenbaue des West- und Südfeldes sowie des Ostfeldes gegenüber den potenziell zutrittsgefährdeten Grubenbereichen der Restgrube abgedichtet. Die Abdichtung der Einlagerungsbereiche Nordfeld, Zentralteil

und Untertage-Mess-Feld (UMF) ist wegen hoher Durchbauungsgrade und der dort vorhandenen ungünstigen gebirgsmechanischen und hydraulischen Verhältnisse mit der Folge von großräumigen Auflockerungen und Rissbildungen nicht möglich. Die Abdichtung dieser Bereiche ist aber auch nicht notwendig, weil das Aktivitätsinventar im Nordfeld und Zentralteil verhältnismäßig gering ist und im UMF nur kurzlebige Radionuklide eingelagert wurden.

Die Abdichtungen zwischen der Restgrube und den Einlagerungsbereichen West-Südfeld und Ostfeld sowie die abschnittsweise vollständige Verfüllung der Strecken, Rolllöcher und Abbaue wirken strömungs- und transportverzögernd. Der mögliche Zutritt von Lösungen in die Einlagerungsbereiche und das Auspressen kontaminierter Lösung durch Konvergenz und Verdrängung infolge Gasbildung aus den Grubengebäuden wird dadurch solange verzögert, dass die Radionuklide mit den ursprünglich höchsten Aktivitäten dann weitgehend zerfallen sind.

Untertägige Bohrungen, die zu Umläufigkeiten von Abdichtungen führen können, werden abgedichtet, um einen sicherheitsrelevanten Lösungs- und Schadstofftransport zu vermeiden.

Die bei der Erschließung der Grubengebäude abgeteufte Schächte stellen grundsätzlich Wegsamkeiten zwischen den grundwasserführenden Schichten im Deckgebirge und den Grubengebäuden dar. Bei der Verfüllung der Schächte Bartensleben und Marie werden deshalb technische Barrieren (Dichtelemente) errichtet, die sowohl den Zutritt von Lösungen in das verfüllte Grubengebäude als auch den Lösungsaustritt aus dem verfüllten Grubengebäude begrenzen. Der Einbau von Verfüllsäulen mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit oberhalb der technischen Barrieren im Bereich des Deckgebirges stellt die natürlichen Grundwasserverhältnisse wieder her.

Das beantragte Stilllegungskonzept kann wie folgt zusammengefasst werden:

Durch die Stilllegungsmaßnahmen wird der sichere Abschluss der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre hergestellt und die Langzeitsicherheit gewährleistet. Hierzu werden in den Grubengebäuden Bartensleben und Marie umfangreiche Verfüll- und Verschließmaßnahmen durchgeführt. Diese umfassen eine möglichst hohe Verfüllung der Grubenbaue unter Berücksichtigung besonderer Maßnahmen zur Verfüllung der Resthohlräume der Kalilagerteile sowie geotechnische Barrieren für die Abdichtung von Einlagerungsbereichen und der Schächte Bartensleben und Marie. Die Verfüll- und Verschließmaßnahmen ergänzen die Barrierewirkung der natürlichen geologischen Barrieren des Endlagers.

Die bestehenden Grubenbaue werden weitgehend derart verfüllt, dass

- die gebirgsmechanische Stabilität des Gesamtsystems langfristig gesichert ist,



- die Bewegung von Salzlösungen im Grubengebäude generell eingeschränkt wird,
- Lösungszutritte in die Grubengebäude und ein Radionuklidaustritt aus den Grubengebäuden verhindert bzw. behindert werden,
- Lösungszutritte in die Grubengebäude und ein Radionuklidaustritt aus den Grubengebäuden verhindert bzw. behindert werden,
- Löse- und Umlöseprozesse durch lokal nur beschränkt vorhandene Lösungsvolumina begrenzt werden.

ERA  
Morsleben

### 3 GEPRÜFTE TECHNISCHE VERFAHRENSALTERNATIVEN

Die Verfüll- und Verschleißmaßnahmen im Rahmen der Stilllegung des ERAM gewährleisten den sicheren Abschluss der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre über ausreichend lange Zeiträume. Für diesen Nachweis der Langzeitsicherheit wurden unterschiedliche technische Verfahren/Stilllegungskonzepte betrachtet und bewertet.

#### 3.1 FLUTUNG

Die Betrachtungen für die gezielte Flutung des ERAM erfolgten auf der Grundlage der im Kali und Steinsalzbergbau gemachten Erfahrungen zur Sicherung von stillgelegten Bergwerken und der Tagesoberfläche. Das Ziel einer gezielten Flutung besteht darin, durch Einleiten teilgesättigter oder hochgesättigter, den erschlossenen Salzgesteinen angepassten Lösungen in das Bergwerk an definierten Lokationen die Auf- und Umlösung besonders der in den sicherheitsrelevanten Stützelementen anstehenden Salzgesteine zu verhindern bzw. einzuschränken, um den der zur Zeit der Stilllegung bestehenden Stabilitätsstatus zu erhalten.

Folgende Gründe zeigen, dass das nunmehr beantragte Stilllegungskonzept dem Flutungskonzept überlegen ist:

- Zwar träte eine Konvergenzminderung bei Flutung mit (teil)gesättigter Lösung zum Teil früher ein als bei Salzbeton, die langfristige stützende Wirkung von Versatz durch eine Lösung wäre jedoch geringer als die Stützwirkung des gewählten Versatzmaterials Salzbeton.
- Die Löse- und Umlöseprozesse, besonders im Hartsalz, sind nicht genügend geklärt.
- Das beantragte Konzept verfolgt das Ziel, das Grubengebäude auch in der Nachbetriebsphase weitestgehend trocken zu erhalten. Bei einer Flutung wäre infolge Konvergenz das Auspressen kontaminierter Lösung nicht auszuschließen. Der entgegenwirkende hydrostatische Druck der Flutungslösung wäre beim ERAM nicht groß genug, die Konvergenz derart zu behindern, dass die radiologische Freisetzung ausreichend begrenzt würde. Der Gebirgsdruck im ERAM könnte in den unteren Bereichen des Grubengebäudes so hoch sein, dass der hydrostatische Druck in der Flutungslösung stark zunähme. Dies wiederum könnte dazu führen, dass er den Gebirgsdruck auf den oberen Sohlen übersteigt und sich Wasserwegsamkeiten ausbilden würden.

## 3.2 SPÜLVERSATZ

In früheren Jahren wurde im Kali- und Steinsalzbergbau der Spülversatz für das Einbringen von Aufbereitungsrückständen angewendet. Gleichzeitig wurde damit das Ziel verfolgt, die Standsicherheit der Grubenbaue durch Einbettung der Stützpfiler im Spülmaterial zu erhöhen. Das mit annähernd gesättigter Salzlösung, die in ihrer Zusammensetzung dem anstehenden Gebirge hinreichend entsprechen sollte, eingespülte Versatzmaterial breitet sich im Grubenbau aus. Überschusslösung wird dabei gesammelt und im Kreislauf wieder verwendet. Je nach Verformungsverhalten des anstehenden Gebirges kann sich der einbringtechnisch bedingte Spalt zwischen Versatz und Firste durch Konvergenz schließen. Der Spülversatz verfestigt sich in der Folge und trägt dann allseitig. Dabei wird weitere Lösung aus dem Versatz ausgepresst, die in den Grubengebäuden verbleibt. Durch eine teilweise Umkristallisation bzw. Ausfällung der Lösungsinhalte und nachträgliche Austrocknung des Versatzes können bei geeigneter Materialauswahl und Kornfeinheit hohe Versatzfestigkeiten erreicht werden.

Die Untersuchungsergebnisse stellen den Salzbetonversatz gegenüber einem Spülversatz als die günstigere Alternative dar. Die Gründe dafür sind:

- Die Fließfähigkeit des Salzbetons ist besser. Dadurch werden die Aufwendungen für die Erschließung der zu verfüllenden Grubenbaue geringer.
- Der erreichbare Verfüllgrad ist höher bzw. mit geringerem Aufwand zu erzielen. Somit wird mit Einsatz von Salzbeton eine höhere Tragfähigkeit erzielt, die auch die Integrität der Salzbarriere sichert.
- Bei Verwendung von Salzbeton ist keine Rückführung von Überschusslösung erforderlich.
- Bei Verwendung von Salzbeton verbleiben wesentlich geringere Mengen an Restlösungen im verschlossenen Endlager.

## 3.3 KAPSELUNG IM NAHEN UMFELD DER EINLAGERUNGSBEREICHE

Die Entwicklung dieses Stilllegungskonzeptes basierte auf einem zugrunde gelegten höheren Einlagerungsvolumen und auch einer höheren Aktivität. Für diese Abfallmenge und dieses Aktivitätsinventar erschien ein Sicherheitsnachweis nur führbar, wenn die Einlagerungsbereiche kleinräumig eingekapselt werden und der Zutritt von Lösungen in die Einlagerungsbereiche für sehr lange Zeit verhindert wird. Die Arbeiten zeigten frühzeitig, dass hierzu neuartige, im Bergbau bislang nicht erprobte Bauwerke zur Einkapselung der Einlagerungsbereiche zu entwickeln wären. Dieses Konzept beinhaltete die folgenden Maßnahmen:

- Die Einlagerungsbereiche sollten mit Bauwerken aus hochverdichteten Bentonitformsteinen abgedichtet werden, die eine definierte Dichtwirkung durch Quellen bei einer gezielten Bewässerung mit einer Salzlösung erreichen sollten.
- Innerhalb der Einlagerungsbereiche sollten große, mit stützendem porösen Versatz gefüllte Hohlräume bereit gestellt werden. Die Hohlräume sollten die Korrosionsgase und die Gase aus der Zersetzung der organischen Stoffe aus den Abfällen aufnehmen.
- Potenzielle Lösungszutrittsstellen, insbesondere jene im Bereich der ersten Sohle, sollten abgedichtet werden, um die Wahrscheinlichkeit für einen Lösungszutritt zu reduzieren.

Das Konzept sollte eine Radionuklidfreisetzung praktisch vollständig verhindern.

An der Machbarkeit kamen im Verlauf der Bearbeitung Zweifel auf. Sie ergaben sich aus dem wachsenden Kenntnisstand über die geologische und bergbauliche Situation, über die geomechanischen Verhältnisse sowie über die hydraulische Charakterisierung des Hauptanhydrit als potenziell durchlässige Gesteinseinheit. Schwierig stellten sich auch die Verhältnisse bei der Einschätzung von Lösungs- und Umlösungsprozessen von Kalilagern dar. Die Zwischen- und Endprodukte der Wechselwirkungsreaktionen zwischen verschiedenen Salzlösungen und diesen Salzgesteinen ließen sich zwar mit Hilfe geochemischer Modelle bestimmen, Unsicherheiten bestanden jedoch über das Ausmaß von Geometrieänderungen am jeweiligen Ort durch diese Reaktionen. Auch bei der technischen Entwicklung des zentralen Abdichtelements des Einkapselungskonzepts, der sog. Querschnittsabdichtung, traten zunehmend neue Problemstellungen auf, sodass dieses Konzept verworfen wurde.

### **3.4 PORENSPEICHERKONZEPT**

Prinzipstudien zum so genannten Porenspeicherkonzept begannen im Jahre 1993, das Konzept wurde im April 1998 in den Grundzügen festgelegt. Das Porenspeicherkonzept sollte nicht dazu dienen, den Kontakt von zugeflossenen Lösungen mit den Abfällen zu verhindern, sondern den Transport kontaminierter Lösungen aus den Einlagerungsbereichen in vorbestimmten Wegsamkeiten zu verzögern. Dies sollte durch die Schaffung langer Transportwege mit großen Porenräumen (Verzögerungsstrecken) geschehen.

Wegen bestehender Realisierungsrisiken und sich abzeichnender Probleme in der Nachweisführung, wie

- homogener firstbündiger Einbau von Kies/Schotter in die Verzögerungsstrecken,
- geometrische Auslegung weiterer benötigter Auffahrungen (sogenannte Siphonbauwerke),
- nicht vollständig ausschließbare parallele Wegsamkeiten durch alte Bohrungen, Auflockerungszonen und Hauptanhydrit,
- Ausfällungen in den Siphonbauwerken und ggf. in den Verzögerungsstrecken,
- mehrfache Anpassung der Konzeptionen insbesondere für das West- und Südfeld aufgrund des wachsenden Erkenntnisstandes und
- Notwendigkeit des Auffahrens der Verzögerungsstrecken ausschließlich im Steinsalz

wurde dieses Konzept nicht weiter verfolgt.

### 3.5 BLASVERSATZ

Bei einem Blasversatz von untertägigen Grubenbauen würde ein pneumatisch förderbares trockenes Versatzmaterial wie z. B. Salzgrus über Rohrleitungen in die zu verfüllenden Grubenbaue transportiert. Das beantragte Stilllegungskonzept bietet gegenüber dem Blasversatz folgende Vorteile:

- keine hohe Anfangsporosität im eingebrachten Versatzstoff.
- Beim Versatz mit Salzbeton wird im Gegensatz zum Blasversatz eine hinreichende Firstanbindung und eine sofortige hohe Stützwirkung erzielt. Daraus resultiert eine Sicherung des Lastabtrages, der Integrität und der Standsicherheit unter langzeitsicherheitlichen Gesichtspunkten.
- Aufgrund des hohen Verfüllgrades werden unkontrollierte Umlösevorgänge in der Nachbetriebsphase, vor allem in Kalilagern, vermieden. Damit können Tagesverbrüche in der Nachbetriebsphase ausgeschlossen werden.