

# Kernkraftwerk Biblis

## Der Weg der Brennelemente

Vom Lagerbecken zum Standortzwischenlager

Dr. Jan Hofmeister  
Projektleiter Brennstofffreiheit KWB



VORWEG GEHEN

# Projekt Nachbetrieb und Rückbau KWB

## Das Teilprojekt "Brennstofffreiheit"

**Ziel des Teilprojekts ist die Brennstofffreiheit der beiden Bibliser Blöcke.**

**Das Teilprojekt umfasst dabei die folgenden Themenschwerpunkte:**

- > Erlangung der Genehmigungen für neuen CASTOR® V/19
- > Rechtzeitige Bereitstellung der benötigten 51 CASTOR®-Behälter
- > Erfolgreicher Abschluss der Nachrüstmaßnahmen zur Handhabung der neuen CASTOR®-Behälter
- > Aufbau und Qualifizierung der Beladeteams für CASTOR®-Beladung

# Der CASTOR® V von GNS

## Aufgaben und Schutzziele

- > Der CASTOR® V ist für Transport und Lagerung bestrahlter Brennelemente ausgelegt.
- > In Deutschland wurden bereits über 350 CASTOR® V beladen und in SZL einlagert.
- > Der CASTOR® V muss folgende Schutzziele erfüllen:
  - Aktivitätsrückhaltung (Schutz der Umgebung vor dem eingelagerten radioaktiven Material unter Berücksichtigung der vorgegebenen Freisetzungsraten)
  - Kritikalitätssicherheit (Unterbindung einer Kernreaktion im Behälterinneren)
  - Abschirmung (Schutz der Umgebung vor den Auswirkungen des eingelagerten radioaktiven Materials)
  - Wärmeabfuhr (Kontrollierte Abgabe der durch das Inventar verursachten Wärme an die Umgebung zur Vermeidung von temperaturbedingten Schädigungen des Inventars oder des Behälters)
  - Strukturelle Integrität (Vermeidung von nicht handhabbaren Schädigungen an Inventar und Behälter bei mechanischen Belastungen)
  - Handhabung (Handhabbarkeit des eingeschlossenen radioaktiven Materials und des Behälters)
- > Der CASTOR® V erfüllt die genannten Schutzziele ohne aktive Maßnahmen.

# Der CASTOR® V von GNS

## Aufbau



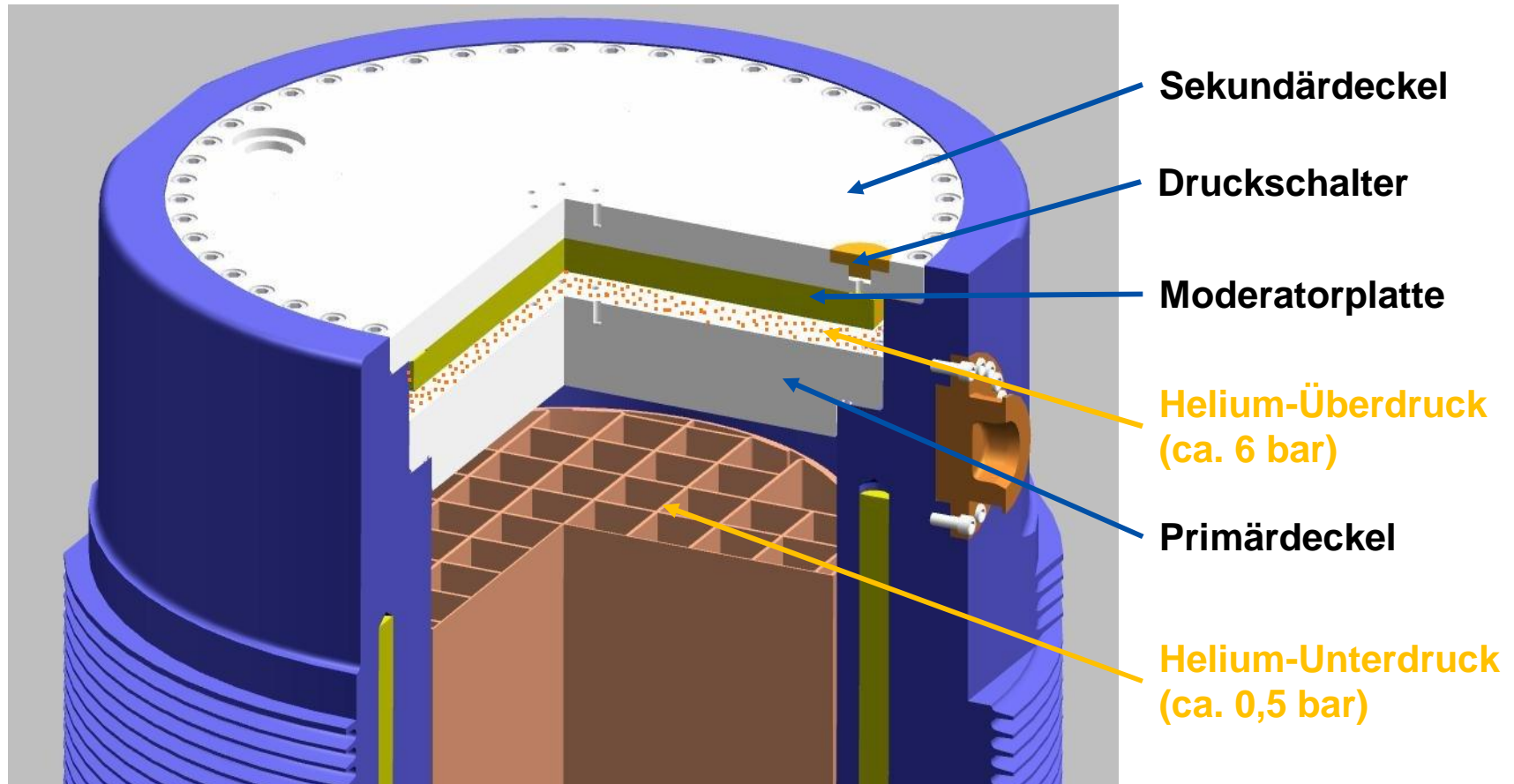
**Behälterkörper aus einem Guss**

← ca. 2,5 m →  
**VORWEG GEHEN**

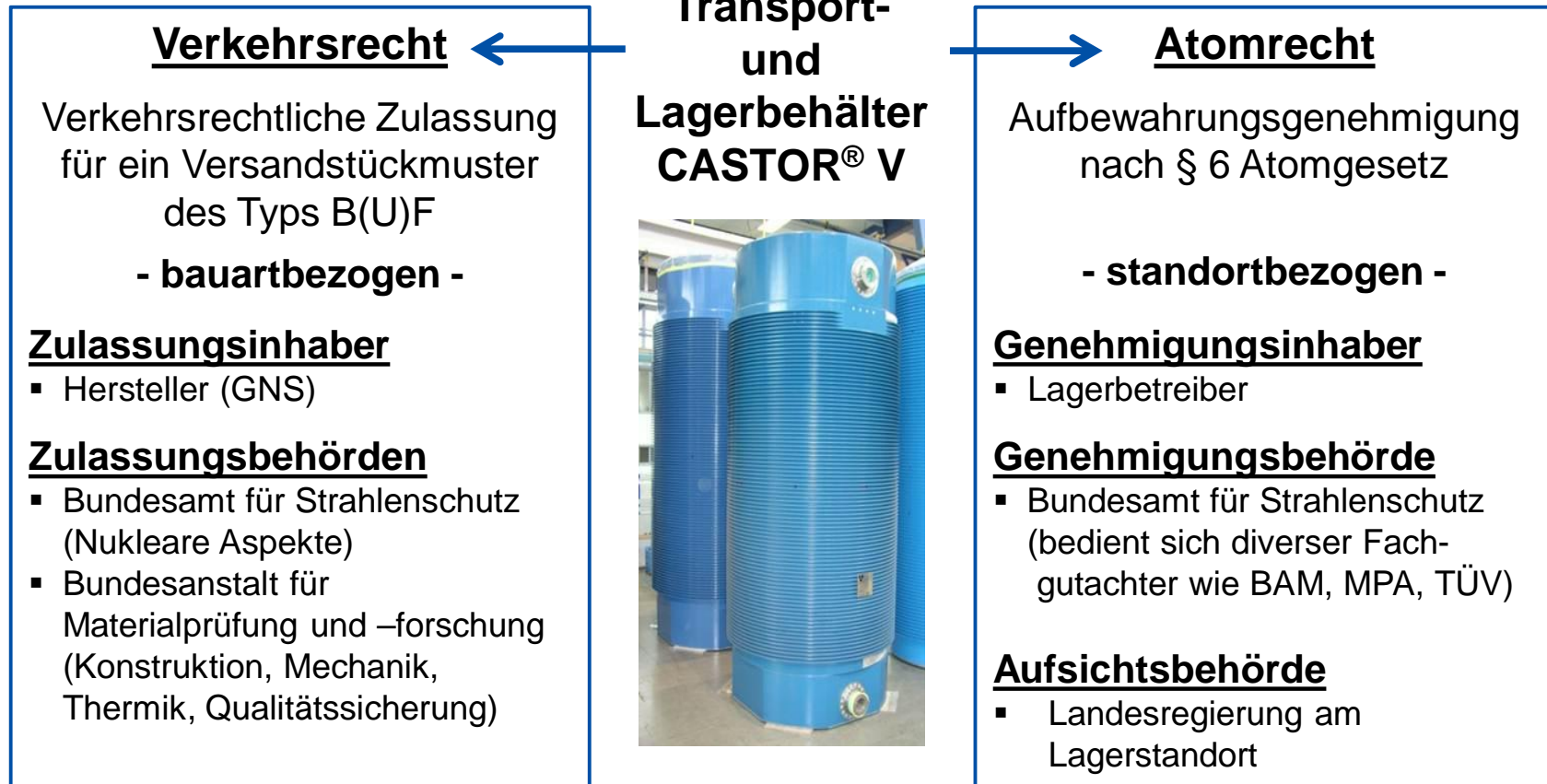
Wandstärke: ca. 420 mm  
Gewicht (beladen): max. 130 t

# Der CASTOR® V von GNS

Drucküberwachtes Doppeldeckelsystem zur Behälterdichtheit



# Der CASTOR® V von GNS

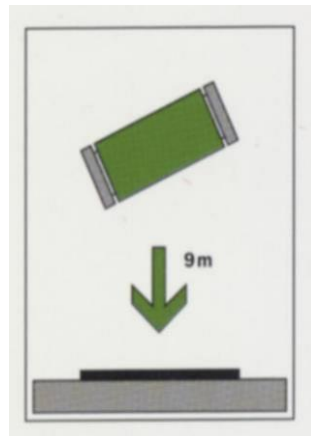


- Weitere zu beachtende technische Regelwerke (Auszug)**
- ISO/EN/DIN-Normen
  - KTA-Regeln
  - BAM Gefahrgutrichtlinien
  - VDI Richtlinien
  - CE Richtlinien
  - Diverse weitere anerkannte technische Regelwerke

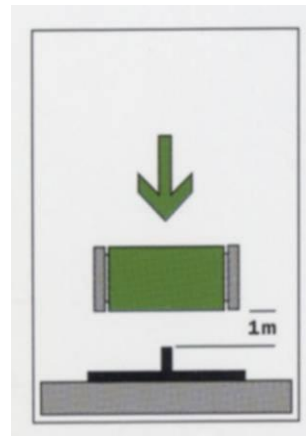
# Der CASTOR® V von GNS

Prüfungen zum Nachweis der Widerstandsfähigkeit unter Unfall-Beförderungsbedingungen (Anforderungen im Verkehrsrecht)

## Mechanische Prüfungen



9 m-Fall auf  
unnachgiebiges  
Fundament



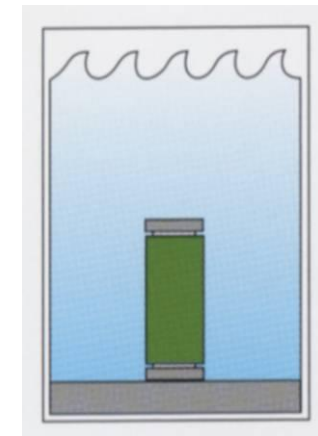
1 m-Fall auf  
einen Dorn  
von 150 mm  $\varnothing$

## Erhitzungs- prüfung



Feuer mit 800 °C  
und 30 Min.  
Brenndauer

## Wasserdruck- prüfung



Wassertauch-  
prüfung, 200 m  
Tiefe, 1 Stunde



# Der CASTOR® V von GNS

## Beispielhafte Grenzwerte: Thermodynamik

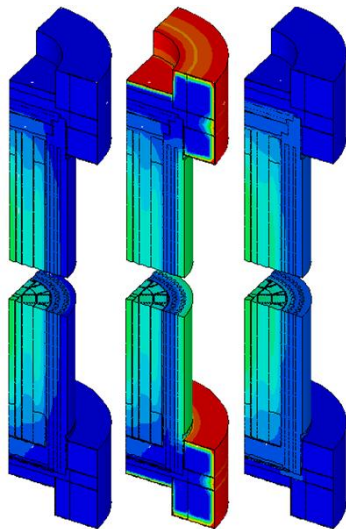
### Transport

#### Unfall-Beförderungsbedingungen

- 250 - 350 °C für Deckeldichtungen
- Temperaturverteilung im Behälterkörper (Thermospannungen)

#### Annahmen/Randbedingungen

- Feuertemperatur 800 °C, 30 min
- Sonneneinstrahlung bis 800 W/m<sup>2</sup>
- Keine Berücksichtigung der isolierenden Wirkung der Transporthaube
- Berücksichtigung von Verformungen aus RBB sowie der Abkühlphase



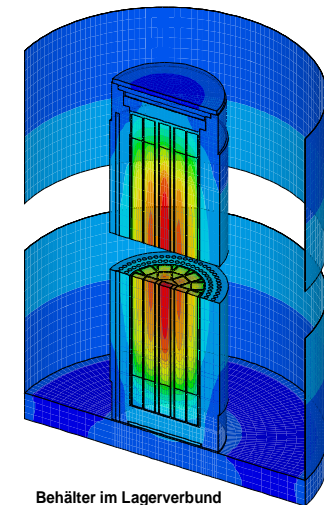
### Lagerung

#### Bestimmungsgemäßer Betrieb

- 130 - 160 °C für Moderatorbauteile
- 250 - 350 °C für Deckeldichtungen
- 370 °C für Brennstabhüllrohre
- 80 - 140 °C für Betonstrukturen Lager

#### Annahmen/Randbedingungen

- Umgebungstemperatur 29 °C
- Sonneneinstrahlung bis 800 W/m<sup>2</sup>
- Berücksichtigung heißer Nachbarbehälter
- Berücksichtigung der isolierenden Wirkung der Lagerhalle



Behälter im Lagerverbund



# Der CASTOR® V von GNS

## Beispielhafte Grenzwerte: Abschirmung

### Transport

#### Normale Beförderungsbedingungen

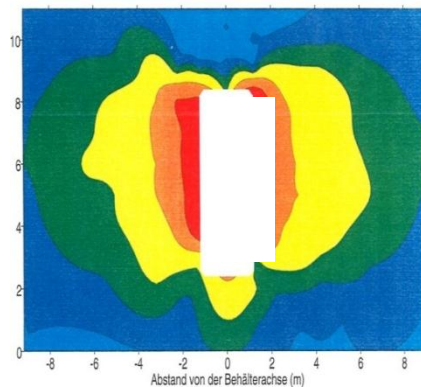
- Maximale lokale Dosisleistung
  - an Behälteroberfläche: 2 mSv/h
  - in 2 m Abstand vom Transportfahrzeug: 0,1 mSv/h

#### Unfall-Beförderungsbedingungen

- Maximale lokale Dosisleistung in 1 m Abstand: 10 mSv/h

#### Annahmen/Randbedingungen

- Vollständiger Verlust des Moderator im Unfallfeuer



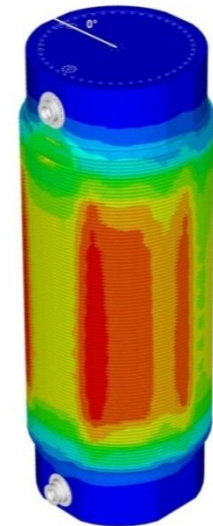
### Lagerung

#### Bestimmungsgemäßer Betrieb

- Dosisleistung, gemittelt über die Behälteroberfläche: max. 0,45 mSv/h (Gamma- plus Neutronenstrahlung)

#### Annahmen/Randbedingungen

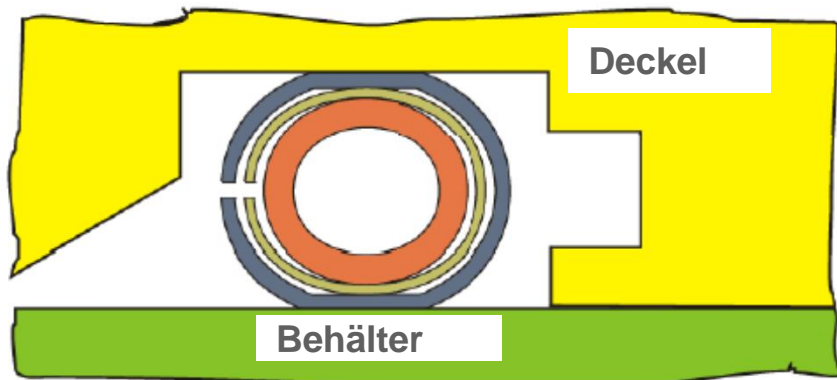
- Behälter freistehend im Lager
- Rückstreuung durch Lagerboden (Beton)



# Der CASTOR® V von GNS

## Dichtheitsprüfungen der Metaldichtungen

- > Dichtheitsprüfung mit Helium-Dichtheitsprüfverfahren
- > Nachweiskriterium ist eine zulässige Gesamt-Leckagerate von  $1 \cdot 10^{-8}$  Pa m<sup>3</sup>/s



### Vergleichswerte Dichtheit :

|           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| Wasser    | $< 10^{-3}$ Pa m <sup>3</sup> /s |
| Dampf     | $< 10^{-4}$ Pa m <sup>3</sup> /s |
| Bakterien | $< 10^{-5}$ Pa m <sup>3</sup> /s |
| Gas       | $< 10^{-7}$ Pa m <sup>3</sup> /s |

### Zur Veranschaulichung:

Ein Autoreifen mit 2 bar Luft hätte bei dieser Leckagerate nach 7000 Jahren noch einen Druck von etwa 1,5 bar  
(Quelle: BAM)

# Der CASTOR® V von GNS

## Prüfungen und Dokumentation

| Fertigungs- und Prüfungsplan                         |   | Proj. Nr.   | 207-138-002-2-GP | Blatt | 2  | von | 4 |
|--|---|-------------|------------------|-------|----|-----|---|
| L'Année des Opérations de Fabrication et de Contrôle |   | Nom         | HAWT22 - 001 GP  |       |    |     |   |
| 1  | Überprüfung des Bauteilschemas, Identifizierung und der Bauteilnummer | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T2 |     |   |
| 2  | Ablesen der Maßangaben  | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T1 |     |   |
| 3  | Ultraschallprüfung  | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T1 |     |   |
| 4  | Montage, Verarbeiten  | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T1 |     |   |
| 5  | Überprüfung der Oberflächen- und Materialanforderungen                | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T1 |     |   |
| 6  | Überprüfung der Fertigung   | Zielführung | 207-138-002-2-GP | X     | T1 |     |   |

|   |          |
|---|----------|
| Prüfung durchgeführt<br>Testing executed<br>Contrôle effectué |          |
| W   | K        |
| 04-09-13  | 04-09-13 |
| Ce  | TÜ 4     |

**TÜV Rheinland**

**Abnahmebescheinigung Nr. R-125919-0289-10**

über die Prüfung zur Freigabe einer Verpackung zur Zwischenlagerung radioaktiver Stoffe

**BAM**

**Konformitäts-Bescheinigung Lagerbehälter**

über die Einhaltung der Maßnahmen zur Qualitätssicherung und -überwachung bei der Fertigung und Instandhaltung des verkehrsfähig zugelassenen Behälters CASTOR® HAWT22M-011 zur Zwischenlagerung radioaktiver Stoffe im Transportbehälterlager Gorleben

Az.: BAM II.41HAW22M-011

- > Gewährleistung der Fehlerfreiheit des Bauteils durch 100%ige Ultraschallprüfung in drei verschiedenen Einschallrichtungen
- > Alle Fertigungs- und Prüfschritte folgen einem vorgeprüften Fertigungs- und Prüfungsplan.
- > Jeder Lieferant muss ein zertifiziertes QM-System vorweisen und wird zusätzlich durch BAM und GNS auditiert.
- > Insgesamt erfolgen mehr als 700 Prüfschritte.
- > Zahlreiche Prüfschritte erfolgen unter Teilnahme des Zulassungsinhabers und unabhängiger Gutachter.
- > Insgesamt sind ca. 20 Unterlagenarten zu berücksichtigen.
- > Die fertigungsbezogene Dokumentation umfasst ca. 1.800 Seiten.



# Genehmigungssituation (§6 AtG) KWB

Stand April 2015

SZL nach  
Errichtung der  
vorgelagerten  
Stahlbetonwand



|               |  |  |   |
|---------------|--|--|---|
| BRST-Freiheit | <b>5. ÄG – CASTOR® V/19</b><br>(Antrag 10/2008,<br>erwartet 04/2015)<br>Aufbewahrung des neuen<br>CASTOR® V/19 (96er) im<br>SZL                      | <b>VR – KSBS</b><br>(GNS-Antrag 12/2013,<br>erwartet 12/2016)<br>Transport des neuen CASTOR®<br>V/19 (96er) mit KSBS | <b>7. ÄG – KSBS</b><br>(Antrag 02/2013,<br>erwartet 06/2017)<br>Aufbewahrung des<br>neuen CASTOR® V/19<br>(96er) mit KSBS |
| Sonstiges     | <b>3. ÄG – Gemischte Lagerung</b><br>(Teilbescheidung 06/2014)<br>Gleichzeitige Lagerung von<br>CASTOR®- und MOSAIK-<br>Behältern in Halle 2 des SZL | <b>4. ÄG – SZL-Härtung</b><br>(07/2014)<br>Ertüchtigung des SZL,<br>u. a. Errichtung von<br>vorgelagerten Wänden     | <b>6. ÄG – SZL-Kran</b><br>(Antrag 01/2012,<br>erwartet 07/2015)<br>Ertüchtigung aktuell<br>nicht geplant.                |

genehmigt

beantragt

geplant

ÄG: Änderungsgenehmigung  
 VR: Verkehrsrechtliche Zulassung  
 AtG: Atomgesetz  
 KSBS: Köcher für Sonderbrennstäbe  
 BE: Brennelemente  
 SZL: Standortzwischenlager  
 BRST: Brennstoff

# Die Komponenten zur Handhabung des neuen CASTOR® V-Behälters werden zum Start der Beladekampagne einsatzbereit sein.

- > Anpassung Schleuswagen – **im Zeitplan**
- > Bodenstoßdämpfer Hubgerüst – **einsatzbereit**
- > Bodenstoßdämpfer SZL – **einsatzbereit**
- > Umbau Schienenfahrzeug – **im Zeitplan**
- > Hubgerüstkran Block A und B – **einsatzbereit**
- > Reaktorrundlaufkran Block A – **einsatzbereit**





# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL



SZL



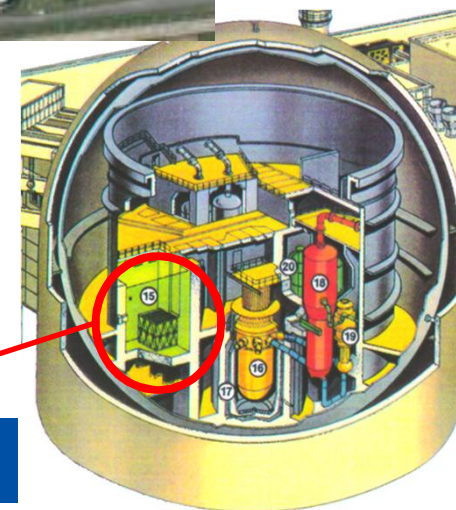
CASTOR® V-Behälter  
(leer)

MOSAIK-Behälter

Weg des CASTOR® V-Behälters

Brennelementlagerbecken

| Block | Bestrahlte Brennelemente | Bestrahlte Brennstäbe |
|-------|--------------------------|-----------------------|
| A     | 440                      | 61                    |
| B     | 506                      | 225                   |
|       | 946                      | 286                   |



Reaktorgebäude

# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## Ankunft der neuen Behälter in Biblis



Transport über Schiene

Bisher 27 CASTOR® V-Behälter von 51 benötigten Behälter angeliefert.

Lagerung im SZL und Warten auf Beladung



Transport über Straße



# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## 1. Tag der Abfertigung – Einschleusen in das Reaktorgebäude

**Anschlagen und Hochziehen an der Horizontaltraverse Hubgerüstkran**



**Ablegen auf Schleuswagen vor Materialschleuse (+ 21m)**

**Einschleusen über Materialschleuse in Reaktorgebäude**



# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

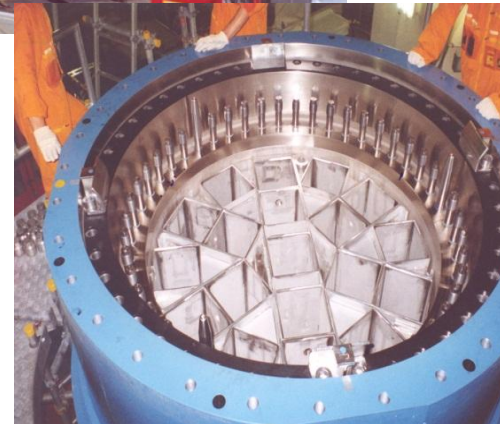
## 1. Tag der Abfertigung – Aufrichten und Vorbereitung des Behälters

**Aufrichten vom Schleuswagen mit der Vertikaltraverse im Reaktorgebäude**



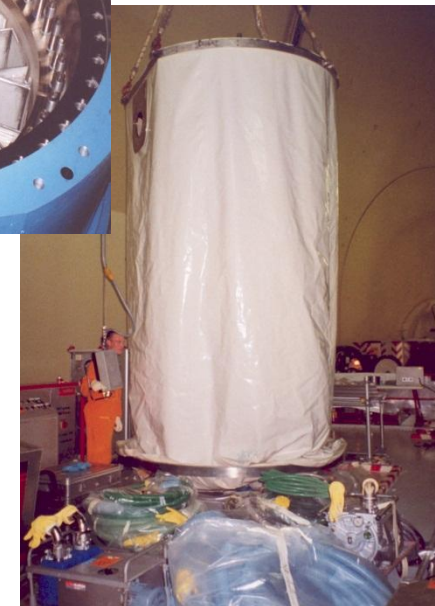
**Zurückfahren Schleuswagen und Schließen Materialschleuse**

**Nach Abheben Kontrolle von Sekundär- und Primärdeckel sowie Dichtflächen und Tragkorbschächte**



**Abdecken der Dichtflächen des Sekundärdeckels mit einer Dichtflächenschutz**

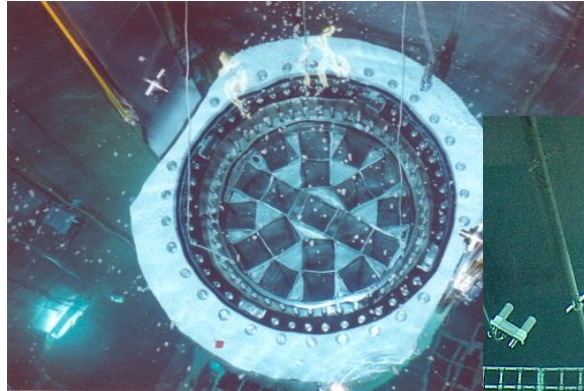
**Montage Plastikkontaminationsschutzhemd (PKS) zum Schutz der Behälteraußenflächen vor dem Kontakt mit dem Lagerbeckenwasser und somit vor Kontamination**



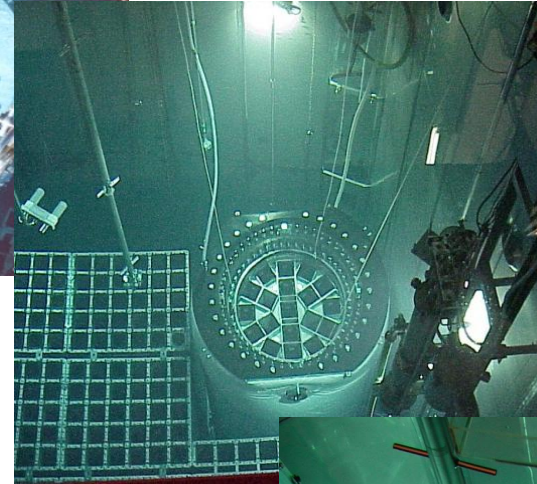
# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## 2. Tag der Abfertigung – Absenken und Beladen

**Absenkvorgang in das BE-  
Beladebecken  
Vollständiges Fluten des  
Behälterinnenraums**

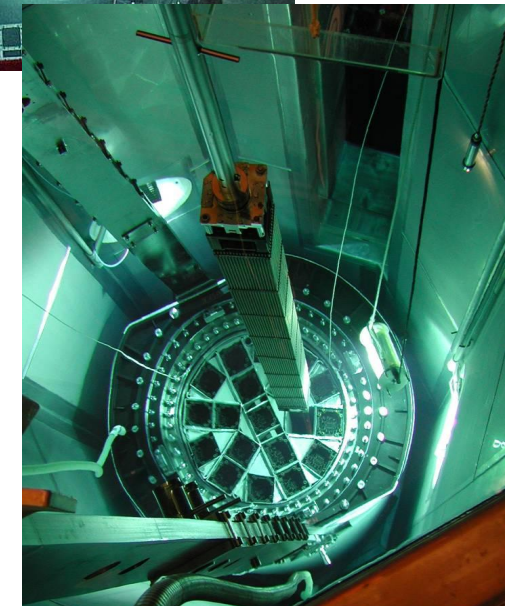


**auf der Beladeposition**



**Einfahren des Brennelements mit BE-Einzelgreifer  
in vorbestimmten Tragkorbschacht**

**Überwachung aller Aktionen unter Wasser mit  
speziellen, strahlungsresistenten  
Unterwasserkameras**



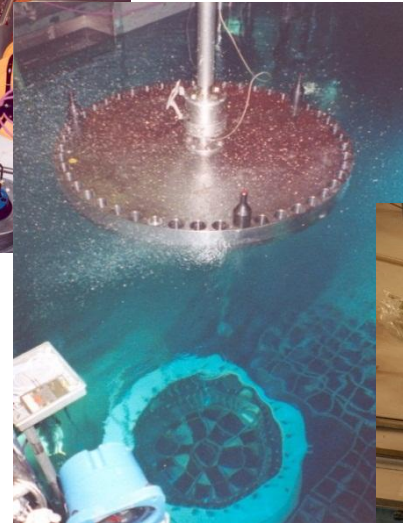


# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## 2. Tag der Abfertigung – Kontrolle, Herausfahren, Messen

Nach der Beladung erfolgt Beladekontrolle mit Gutachter der Aufsichtsbehörde sowie Inspektoren der IAEO und EURATOM.

Überprüfung der Dichtfläche des Behälters mittels Unterwasserkamera – vorlaufend zum Aufsetzen des Primärdeckels – auf Fremdpartikel



Aufsetzen des Primärdeckels mit den beiden montierten Dichtungen unter Wasser



Die „Strahlendosis“ ist beim Herausfahren sehr gering, da der Behälter noch mit Wasser gefüllt ist (Abschirmung).  
Temperatur Mantelfläche: ca. 25 °C  
(nahezu die Beckenwasser-Temperatur)

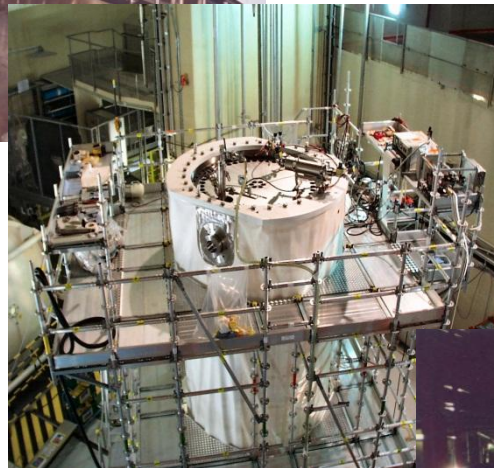
# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

3./4. Tag der Abfertigung – Messen, Trocknung, Verschließen, Messen

**Ermittlung der Dosisleistung am Behälter durch Strahlenschutz**



**Entwässerung und Vakuumtrocknung**



**Feuchtemessung Innenraumes und Heliumdichtheitsprüfung am Primärdeckel**



# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## 5. Tag der Abfertigung – Verschließen, Versiegelung

**Verspannung des  
Sekundärdeckels mit  
Behälterkörper über  
Zylinderschrauben**



**Nach Anbringen der Schutzplatte und  
vor Ausschleusen Anbringen der  
Siegel der EURATOM und IAEA**





# Der Weg vom Lagerbecken zum SZL

## 6. Tag der Abfertigung – Ausschleusen, Transport, Lagerung

**Ausschleusen**



**Transport zum SZL**



**Dosisleistung der 51 CASTOREN beim Einlagern:**  
0,05 bis 0,18 mSv/h (Maximum)  
(Grenzwert: 0,35 mSv/h)

**Temperatur Mantelfläche:** ca. 75 °C



**Anschluss Behälter  
an Druckschalter-  
überwachungssystem**

**Aktuelle Dosisleistung im SZL:**  
0,010 – 0,025 mSv/h (Mittelwert)

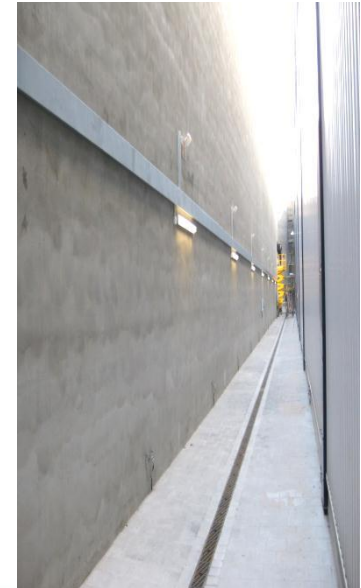
**Temperatur Mantelfläche:** ca. 35 °C





# Erweiterung der Anlagensicherung SZL

- > Notwendigkeit der Nachrüstung ergab sich aus einer veränderten Bewertung und Erkenntnislage zu bestimmten Angriffsszenarien im Nahbereich der Transport- und Lagerbehälter.
- > Der Baubeginn war im August 2014. Am 19.12.2014 wurde der letzte Wandabschnitt betoniert.
- > Mitte 2015 soll mit Gutachter die Inbetriebsetzung aller Komponenten abgeschlossen sein.



# Zusammenfassung

- > Weltweit hat sich das Hightechprodukt "CASTOR<sup>®</sup>" als Lagerbehälter bewährt.
- > 51 beladene CASTOR<sup>®</sup> V-Behälter wurden bereits in das SZL Biblis eingelagert.
- > Brennelementhandhabung und -lagerung sind seit Jahren geübte Praxis.
- > Biblis-Personal verfügt über sehr große Erfahrung im Umgang mit CASTOR<sup>®</sup>-Behältern.
- > Die für die Brennstofffreiheit Block A notwendige Anzahl an CASTOR<sup>®</sup>-Behältern ist bereits angeliefert worden.
- > Die für die Einlagerung notwendige Lagergenehmigung für KWB wird kurzfristig erwartet.