

Protokoll der 19. Dialoggruppensitzung vom 09.03.2021

Datum:	11.05.2021 Fassung 1.2
Typ:	Dialoggruppe per Videokonferenz (V) und Telefonschleife (T)
Moderation:	S. Freitag (V), S. Kilburg (V)
Verfasser:	H. Schlender
Teilnehmer:	Begleitgruppe: Beyme (V), Furtner (V), Jaschke (T), Kloze (V) Lisek (V), Pohl (V), Schäfer (V), Thiessen (V), Worseeck (V) HZB: Buchert (V), Kate (V), Helms (V), Lünig (V), Schlender (V), Welzel (V)

Agenda

Nr.	Art	Themen	Verantwortung	Termin
1	0	Verabschiedung Protokoll		
2	B	Das Protokoll der 15. Dialoggruppensitzung vom 11.02.2020 wird in der Version 1.3 verabschiedet und kann veröffentlicht werden.	HZB	erledigt
3	I	Ergänzung zu Zeile 15 des Protokolls der DG-Sitzung vom 12.01.2021: Buchert: Auch nach einer Entlassung der ggf. weiterhin existierenden Gebäude des dann zurückgebauten BER II aus dem Atomgesetz (AtG) wird die Objektsicherung für die ZRA bestehen bleiben. Details dazu dürfen nicht bekannt gegeben werden. Die Objektsicherung für die ggf. weiterhin existierenden Gebäude des BER II wird zu gegebenem Zeitpunkt aufgehoben.	HZB	erledigt
4	1	Aktuelles		
5	I	Welzel: - Coronabedingt gibt es nur wenig Fortschritte bei vorbereitenden Arbeiten für den Rückbau am BER II. - Keine Fälle von COVID-19 in der Betriebsmannschaft. - Das Rückbauteam wird sich an der Langen Nacht der Wissenschaft beteiligen.		
6	I	Das Gutachten von 1997 „Empfehlungen der Beratergruppe des Landes Berlin zur regionalen Einbindung des Hahn-Meitner-Instituts“ wird der Begleitgruppe für die Verwendung in der Dialoggruppenarbeit als PDF zur Verfügung gestellt.	HZB	erledigt
7	I	Grundsätzlich wird das HZB in Zukunft der Begleitgruppe Unterlagen wie das Gutachten zur Einsichtnahme im HZB zur Verfügung stellen. Dies ist aufgrund der Pandemie derzeit nicht möglich. Deshalb übersendet das HZB das Gutachten an den Dialoggruppenverteiler. Dies sollte eine Ausnahme bleiben.		

	A	Die Antworten zum Fragenkatalog zur ZRA sind noch offen. Sie müssen nur noch formatiert und danach mit SenUVK abgestimmt werden.	HZB	
8	2	Vortrag: Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes KONEKT	Kate, Leiter der Abt. Entsorgung	
9	I	Der Foliensatz wird der BG mit dem Protokoll für den internen Gebrauch übersandt. Für den öffentlichen Gebrauch verweist Herr Kate auf den Abschlussbericht des Projekts, der in Kürze veröffentlicht werden wird.		
10	I	Zu den Aussagen im Vortrag „ <i>Lösliches Beryllium ist giftig</i> “ und „ <i>Wassergefährdendes Beryllium ist durch den PFB Konrad auf 24,5 kg begrenzt</i> “ Worseck: Wie giftig ist Beryllium? Kate: Verweis auf Abschlussbericht.		
11	I	BG: Wann ist Beryllium wasserlöslich? Kate: Beryllium wird wasserlöslich, wenn es nicht rein metallisch, sondern in bestimmten chemischen Verbindungen vorliegt. Das Beryllium des HZB liegt ausschließlich in reiner, fester Form vor.		
12	I	BG: Ist nachgewiesen worden, dass im Reaktorbeckenwasser kein gelöstes Beryllium vorkommt? Buchert: Analysen des Beckenwassers zeigen, dass das Beryllium, wenn überhaupt, nur in sehr geringem Umfang in Lösung gegangen ist. Kate: Die entsprechenden Werte können dem Abschlussbericht entnommen werden.		
13	I	BG: Die Löslichkeit von Beryllium hängt laut Wikipedia vom umgebenden Medium ab. Bei Anwesenheit von Säuren oder Laugen kann es gelöst werden. Buchert: Im Endlager kommen keine Säuren vor. Selbst wenn in sehr langen Zeiträumen Grundwasser im Endlager sein sollte, sollten keine Reaktionen stattfinden.		
14	I	BG: Wäre eine Dekontamination des Berylliums über Schmelzelektrolyse möglich? Kate: Dazu liegen keine Informationen vor, deshalb wurde dieses Verfahren nicht betrachtet.		
15	I	Zu den Aussagen im Vortrag: „ <i>Größtes Problem in Be: Tritium (H-3)</i> “ und „ <i>‘Auffangen’ von Tritium in Heliumblasen im Metallgitter.</i> “ BG: Spielen die Helium-Blasen im Material eine Rolle, in dem Sinne, dass der Endlagerbehälter platzen könnte? Kate: Nein. Es entsteht kein neues Helium. Das Beryllium ist zudem nicht wärmeentwickelnd, was ebenfalls verhindert, dass sich die Helium-Blasen ausdehnen.		
16	I	BG: Ein Nachfolgeprojekt von KONEKT sollte an einer Zwischenlösung zwischen schneller Einlagerung in Schacht Konrad und längerer Zwischenlagerung arbeiten, damit sich das Tritium-Problem durch radioaktiven Zerfall löst.		

		Kate: Nein. Wenn das Beryllium nicht in Schacht Konrad eingelagert werden kann, gibt es voraussichtlich für lange Zeit keine alternative Einlagerungsmöglichkeit. Damit sich das Tritium-Problem löst, wären wesentlich längere Zeiträume (1000 Jahre) erforderlich.		
17	I	BG: Gibt es Erfahrungen anderer Betreiber von Forschungsreaktoren zur Endlagerung von nuklearem Beryllium? Kate: Nein. Nukleares Beryllium ist weltweit noch nicht endgelagert worden. In Kanada wird Beryllium aus einem Forschungsreaktor oberirdisch gelagert.		
18	I	BG: Der Einsatz von Beryllium am BER II scheint mehr Probleme geschaffen zu haben, als wissenschaftlich durch die Forschung gelöst wurden. Lüning: Eine Beurteilung der Relevanz der wissenschaftlichen Ergebnisse aus der Forschung am BER II im Kontext Beryllium-Reflektor lehnt das HZB ab. Das KONEKT Projekt hat zur Lösung der Beryllium-Frage über den BER II hinaus beigetragen, da dieses Problem nicht nur das HZB betrifft.		
19	3	Vortrag: BER I	Welzel	
20	I	BG: Was hat den Wechsel der Forschungsschwerpunkte von Radiochemie (BER I) zu Materialforschung (BER II) forciert? Welzel: Die Entdeckung, dass Neutronen ein magnetisches Moment haben und deshalb besonders gut zur Materialforschung geeignet sind.		
21	I	BG: Der Reaktorblock von BER I steht noch. Wie tragfähig ist das umgebende Gebäude? Wann muss es abgerissen werden? Einschluss des BER II wäre Frau Beymes favorisierte Idee für den BER II. Welzel: HZB plant den zeitnahen Rückbau des BER II. Darauf konzentriert sich das HZB. Aus persönlicher Sicht Welzel wäre ein Rückbau des BER I in diesem Kontext sinnvoll. Das HZB hat derzeit keine Möglichkeit, dies zu forcieren. Für die Beantwortung der Fragen muss ein Rückbaukonzept erarbeitet werden.		
22	I	BG: Es ist nicht die Meinung der gesamten Begleitgruppe, dass der BER II auf lange Sicht stehen bleiben sollte. Der Beton – insbesondere, wenn er Strahlung abbekommen hat – könnte Risse bekommen, sodass radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen könnten. Buchert: Der Betonblock hat keine Risse. Selbst wenn er Risse bekommen sollte, kann nichts austreten, da sein Inneres trocken ist.		
23	I	BG: Sind aktivierte Teile aus dem BER I ausgebaut und anderswo gelagert worden? Welzel: Es sind keine aktivierten Bauteile aus dem BER I entfernt worden. Es befinden sich keine Bauteile aus dem BER I in der ZRA. (Anmerkung: Der BER I ist als		

		radioaktiver Abfall deklariert und befindet sich in der Umgangsgenehmigung der ZRA.)		
24	IA	BG: Wie ist der Verschluss des BER I geschehen? Wie lange wird sich der BER I im jetzigen Zustand halten lassen? Welzel: HZB nimmt die Frage auf und klärt dies mit der ZRA.	HZB	
25	A	BG: Gab es 1971 einen Störfall am BER I, der unter Umständen zur Stilllegung geführt hat? Welzel: Störfälle sind nicht bekannt. HZB recherchiert nach.	HZB	
26	I	BG: Gibt es Aufzeichnungen über den Betrieb des BER I? Buchert: Ja, die gesamte Betriebsgeschichte ist dokumentiert und liegt vor. Störfälle gehen daraus nach aktuellem Kenntnisstand nicht hervor. Grund für die Stilllegung des BER I war die leistungsfähigere Technologie des BER II.		
27	I	BG: Nach einer Unterlage von Anti Atom soll der BER I 1971 außer Kontrolle geraten sein. (Hinweis aus Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Berliner_Experimentier-Reaktor)		
28	A	BG: Da West-Berlin eine Insel war, soll der Kernbrennstoff auf dem Luftweg nach Belgien transportiert worden sein. Buchert, Welzel: Ist nicht bekannt. Wird geklärt.	HZB	
29	I	Lüning: Die offenen Fragen werden vom HZB nachrecherchiert, wobei der Aufwand dafür in angemessenen Umfang gehalten werden muss. Bitte um Verständnis dafür, dass die Zeit der Kollegen für diese Nachforschungen nur begrenzt sein kann, da diese Fragen nicht direkt relevant für den Rückbau sind.		
30	I	BG: Wie könnte der Rückbau des BER I realisiert werden? Welzel, Schlender: Es müsste ein Rückbaukonzept entwickelt werden, wofür Erfahrungen beim Rückbau baugleicher Reaktoren genutzt werden müssten. Einen baugleichen Reaktor, der 2005 bis 2006 zurückgebaut wurde, gab es an der Universität Frankfurt.		
31	I	BG: Wie hoch sind die Strahlenwerte am BER I? Buchert: Im Bereich des Rekombinators werden mehrere zig Millisievert pro Stunde Gammadosisleistung gemessen. In den anderen zugänglichen Bereichen des ehemaligen Reaktors wird keine erhöhte Dosisleistung gemessen. Vor einem Rückbau müssten genauere Messungen durchgeführt werden.		
32	A	BG: Anlass für die Außerbetriebnahme dürften Probleme mit dem Rekombinator gewesen sein. Welzel: Wird nachrecherchiert.	HZB	
33	A	BG: Es war schwierig eine Abnahme des Brennstoffmaterials des Kernbrennstoffs durch Belgien	HZB	

		zu ermöglichen. Er wurde lange auf dem HMI-Gelände gelagert. Welzel: Wird nachrecherchiert.		
34	I	BG: Kann der BER I zurückgebaut werden, ohne dass das umgebende Gebäude einsturzgefährdet wird? Welzel: Die Frage muss im Rahmen eines Rückbaukonzepts beantwortet werden.		
35	4	Sonstiges		
36	B	Zu dem Vortrag von Frau Becker am 11.5. werden keine externen Gäste eingeladen.		
37	I	BG: Wird die DG-Sitzung im Juni zur Information zu Schacht Konrad eine öffentliche Präsenzveranstaltung werden? Schlender: Das ist noch nicht geklärt. Eine Präsenzveranstaltung unter Corona-Bedingungen erscheint unwahrscheinlich.		
38	I	BG: Gibt es einen Termin für den Abtransport der Brennelemente aus dem BER II? Welzel: Nein. Das HZB wird informieren, wenn ein Termin bekannt ist.		

Anhang 1: Foliensatz „Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes KONEKT“ (HZB/FZJ)

Anhang 2: Foliensatz „BER I“



Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes KONEKT (HZB/FZJ)

Konzeptstudie zur **E**ntsorgung von **akt**iviertem Beryllium aus
Forschungsreaktoren

Vortragsgliederung

► **Eigenschaften von Beryllium**

Forschungsprojekt KONEKT

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

Eigenschaften von Beryllium

Chemisch

Technisch

Radiologisch

-
- **Beryllium ist das viertleichteste chemische Element**
 - **Es ist das 48. häufigste Element in der Erdkruste**
 - **Metallisches Beryllium ist in Wasser unlöslich**
 - **Lösliches Beryllium ist giftig**
 - **Der Schmelzpunkt von Beryllium liegt bei 1287 °C**
 - **Metallisches Beryllium ist nicht brennbar**

Eigenschaften von Beryllium

Chemisch

Technisch

Radiologisch

-
- **Beryllium wird überwiegend in Legierungen verwendet**
 - **Rohstoff für viele Elektronikkomponenten**
 - **Reines Beryllium wird als Röntgenfenster und als Spiegelmaterial für Weltraumteleskope verwendet**
 - **Moderator in kerntechnischen Anwendungen**

Eigenschaften von Beryllium

Chemisch

Technisch

Radiologisch

- **Beryllium wird als Neutronenreflektor verwendet**
 - Dadurch weniger Kernbrennstoff bei gleicher Neutronenausbeute notwendig
- **Durch Neutronen wird das Beryllium und Verunreinigungen aktiviert**
- **Bestrahltes Beryllium hat einen hohen Radionuklidgehalt ($\sim 10^9$ Bq/g)**
- **Entsorgungsweg für Nuklearberyllium ist unklar**
- **Endlagerung im Endlager Konrad nicht garantiert**
- **Strategischer Rohstoff – lohnt eine Aufbereitung?**

Forschungsprojekt KONEKT

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

▶ **Forschungsprojekt KONEKT**

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

Das Forschungsprojekt KONEKT

Allgemein

Arbeitspakete

Was ist KONEKT?

- „Konzeptstudie zur Entsorgung von aktiviertem Beryllium aus Forschungsreaktoren“
- 7 Arbeitspakete wurden definiert
- GRS ist Projektträger im Auftrag des BMBF
- Förderkennziffer: 15S9405B

Das Forschungsprojekt KONEKT

Allgemein

Arbeitspakete

Die Arbeitspakete von KONEKT

- **AP1: Inventarisierung in Deutschland und wenn möglich Europa (HZB)**
- **AP2: Kenntnisstand bestrahltes Beryllium (FZJ & HZB)**
- **AP3: Endlagerung von Beryllium (HZB)**
- **AP4: Verwertung von bestrahltem Beryllium (FZJ/BS)**
- **AP5: Vergleich der Verwertungsoptionen (FZJ/BS) inkl. Kostenschätzung (HZB)**
- **AP6: Konditionierung von Beryllium (FZJ)**
- **AP7: Weiterer Forschungsbedarf (FZJ & HZB)**

Das Forschungsprojekt KONEKT

Allgemein

Arbeitspakete

Die Arbeitspakete von KONEKT

- **AP1: Inventarisierung in Deutschland und wenn möglich Europa (HZB)**
- **AP2: Kenntnisstand bestrahltes Beryllium (FZJ & HZB)**
- **AP3: Endlagerung von Beryllium (HZB)**
- **AP4: Verwertung von bestrahltem Beryllium (FZJ/BS)**
- **AP5: Vergleich der Verwertungsoptionen (FZJ/BS) inkl. Kostenschätzung (HZB)**
- **AP6: Konditionierung von Beryllium (FZJ)**
- **AP7: Weiterer Forschungsbedarf (FZJ & HZB)**

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

Forschungsprojekt KONEKT

▶ **Kenntnisstand über Nuklearberyllium**

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Entstehung von Tritium

Tritium in Beryllium

weitere Radionuklide

- Größtes Problem in Be: Tritium (H-3)
- Entsteht aus Be-9 durch 2 n- α -Reaktionen
- H-3 zerfällt zu He-3 mit HWZ von 13 a
- He-3 reagiert mit Neutronen wieder zu H-3
- Unter Neutronenstrahlung stellt sich ein Gleichgewicht zwischen H-3 und He-3 ein



Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Entstehung von Tritium

Tritium in Beryllium

weitere Radionuklide

- Hauptverunreinigung im Be: Sauerstoff als BeO (bis zu 1000 ppm)
- Tritium physikalisch und chemisch im Metallgitter gebunden

Chemisch	Physikalisch
<ul style="list-style-type: none"> • Tritium als Be(OT)₂ im Berylliumgitter gebunden $2 \text{ BeO} + 2 \text{ T} \rightarrow \text{Be(OT)}_2 + \text{Be}$ <ul style="list-style-type: none"> • Ab Temperaturen > 600°C wird Tritium in kleinen Mengen freigesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> • „Auffangen“ von Tritium in Heliumblasen im Metallgitter • Freisetzung bei > 800 °C

→ Die Freisetzungskinetik von Tritium wird physisch durch Heliumblasen und chemisch durch Berylliumoxid Verunreinigungen bestimmt

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Entstehung von Tritium

Tritium in Beryllium

weitere Radionuklide

- Neben Tritium gibt es weitere Radionuklide in Beryllium

Nuklid	Entstehung aus		Aktivität
Be-10	Be-9 + n	Aktivierung von Be	7,62 E+04 Bq/g
Co-60	Co-59 + n	Leicht messbares Aktivierungsprodukt	6,25E+06 Bq/g
Cs-137	U-235+n	Leicht messbares Spaltprodukt	2,00 E+05 Bq/g
C-14	C-13+n; N-14 (n, p); O-17 (n, α)	Aktivierungsprodukt	1,97 E+06 Bq/g
Pu-238	U-238+n	Aktivierung von Uran	1,39 E+04 Bq/g
Tl-204	Tl-203+n	Aktivierung von auf Grund des Herstellungsprozesses vorhandener Tl-Verunreinigungen	1,83 E+05 Bq/g

Aufgeführt sind beispielhafte Nuklide, die typisch für bestimmte Eigenschaften sind

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

Forschungsprojekt KONEKT

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

► **Inventarisierung des bestrahlten Berylliums**

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Inventarisierung

Nuklidinventar

-
- **90 Forschungsreaktoren mit Beryllium-Reflektoren weltweit**
 - **Detaillierte Erfassung des Berylliums**
 - 3 000 kg bestrahltes Beryllium in Deutschland (davon 1 800 kg am BER-II)
 - Geschätzte 45 000 kg an Nuklearberyllium weltweit
 - **Verunreinigungen im Beryllium wurden ermittelt z. B. 53 ppm Uran**
 - **Radionuklidinventar von deutschen Forschungsreaktoren wurde ermittelt**
-

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Inventarisierung

Nuklidinventar

- Radionuklidinventare 10 Jahre nach Abschaltung der Reaktoren

	BER-II (Werte für 2029)	FRM-I (Werte für 2010)	FRG (Werte für 2020)	RFR (Werte für 2001)
Nuklid	Spezifische Aktivität (Bq/g)			
H-3	1,17E+09	1,82E+09	1,77E+09	2,28E+08
Co-60	6,25E+06	6,20E+06	6,16E+06	1,09E+06
Cs-137	2,00E+05	2,69E+05	2,56E+05	8,42E+03
C-14	1,97E+06	1,81E+06	3,08E+06	2,12E+03
Be-10	7,62E+04	3,61E+04	*	2,85E+04
Pu-238	1,39E+04	2,90E+04	*	7,11E+01

* Werte wurden nicht übermittelt

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

Forschungsprojekt KONEKT

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

▶ **Zwischen- und Endlagerung von Beryllium**

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

AP 3: Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

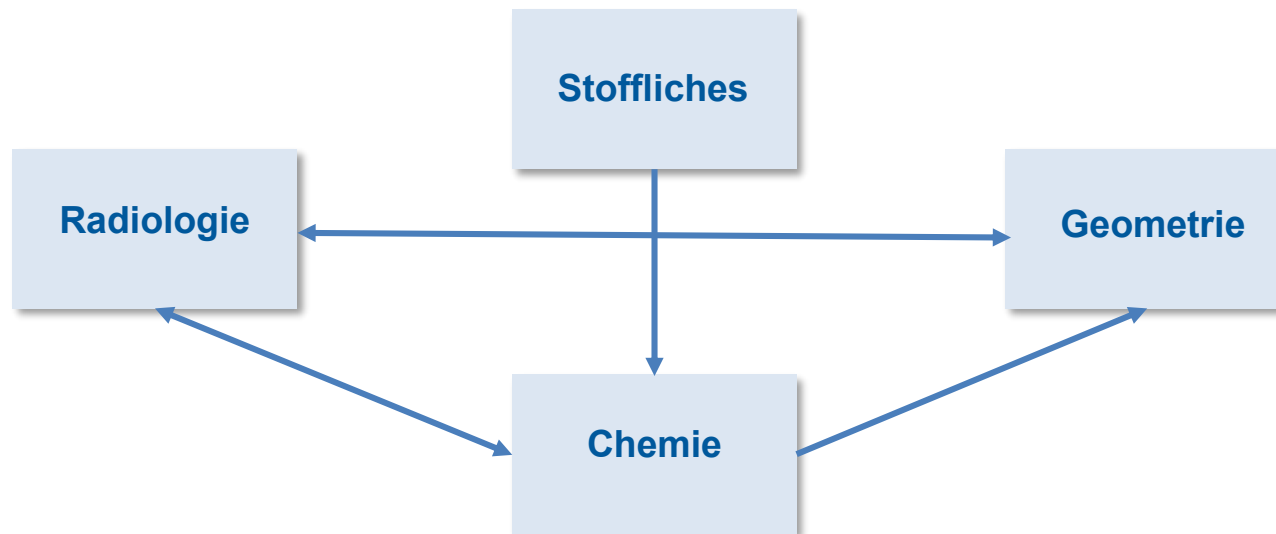
Stoffliches

Radiologie

Chemie

Geometrie

Fragestellungen zur Endlagerung:



Wenn die Bedingungen zur Endlagerung eingehalten sind, ist auch die Zwischenlagerfähigkeit des Berylliums sichergestellt.

AP 3: Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Stoffliches

Radiologie

Chemie

Geometrie

- Wassergefährdendes Beryllium ist durch den PFB Konrad auf 24,5 kg begrenzt
- Bei metallischem Beryllium ist die Situation anders
 - Seit 18.04.2014 freigegebener Stofflisteneintrag für Be (elementar)
 - Metallisch in massiver Form (rein oder in Legierungen)
 - Deklarationsschwellenwert 101 %, d.h. keine Massenbegrenzung
- Der Eintrag wurde durch das BfS beantragt und durch den NLWKN freigegeben

Beryllium aktuell stofflich endlagerbar

AP 3: Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Stoffliches

Radiologie

Chemie

Geometrie

- Hohes Aktivitätsinventar ist problematisch
- Verpackung als ABK II sf ist notwendig
- H-3 überschreitet Garantiewerte
- Bei manchen Behältertypen Wärmesummenwerte nicht eingehalten
- Beim KC IV zulässiges Gesamtgewicht von 20 Mg nicht eingehalten
 - Option: Zusätzlich werden aktivierte Polyethylen-Platten in den KC eingelegt, um das Vergussbetonvolumen zu verringern
- Abklingzeit von ca. 15-20 Jahren bis zur Endlagerung notwendig

Abklingzeit und Ausgleichsbinde notwendig

AP 3: Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

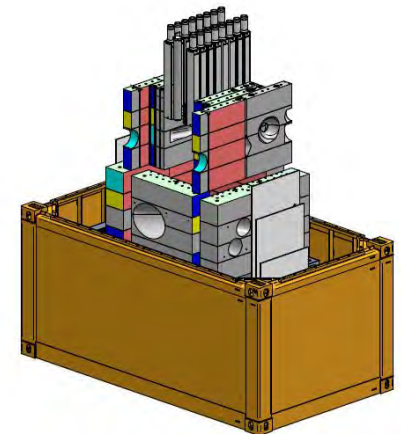
Stoffliches

Radiologie

Chemie

Geometrie

- Beryllium und Beton sind als Werkstoffe unverträglich (H₂-Bildung)
- Daher Betonverguss nicht möglich
- Störfallfeste Verpackung von KC erfordert Betonverguss
 - Alternatives Vergussmaterial muss qualifiziert werden
- MOSAIK[®]-Behälter erfordern vsl. keinen Verguss der Abfälle
 - Inventarbericht der MOSAIK[®]-Behälter deckt das Tritium nicht ab und müsste erweitert werden



Probleme lösbar mit viel Geld und Arbeit

AP 3: Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Stoffliches

Radiologie

Chemie

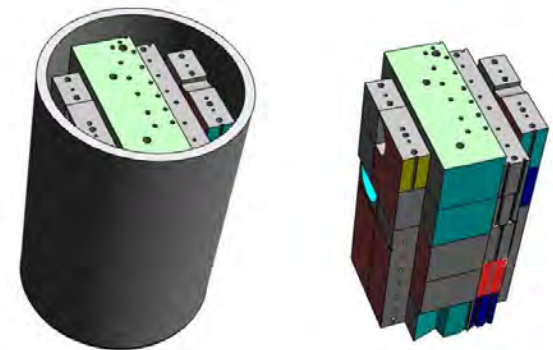
Geometrie

Beladeplanung für KC IV, KC II, MOSAIK[®]-Behälter durchgeführt

- Für alle Beryllium-Teile des BER II existieren 3 D-Zeichnungen
- Virtuell wurden Behälter beladen
- 1 KC oder 6 MOSAIK[®] notwendig

Prüfung der Einhaltung der ODL-Begrenzungen

- Berechnungen der zu erwartenden ODL
- Berücksichtigung einer Abklingzeit notwendig



6 MOSAIK oder 1 KC IV oder 1 KC II

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

Forschungsprojekt KONEKT

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

▶ **Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege**

Offene Fragen/notwendige nächste Schritte

AP 5: Kostenschätzung

H-3 Dekontamination Be-10 Konrad Anderes Endlager

Die Abschätzung der Kosten erfolgte auf Grundlage von

- Erfahrungswerte von anderen (Pilot-)Konditionierungseinrichtungen
- Analogieschlüsse
- Persönliche Mitteilung eines Mitarbeiters eines Chemieanlagenherstellers
- Erfahrungen bezüglich der Qualifikation von Abfallbinden für das Endlager Konrad

Die geschätzten Kosten haben eine hohe Unsicherheit

Es wurde das gesamte in Deutschland vorhandene Nuklearberyllium betrachtet

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen Dekontamination Be-10 Konrad Anderes Endlager

Ausheizen von Tritium in einer dafür zu errichtenden Anlage

- Planung und Genehmigung 8 000 k€
- Errichtung der Ausheisanlage 4 000 k€
- Betrieb der Anlage für 15 Jahre 5 000 k€
- Entsorgung von Sekundärabfällen inkl. ausgeheiztes H-3 600 k€
- Ablaufplan und Produktkontrolle 1 250 k€

Die Kosten für die Entsorgung des Be im Endlager Konrad kommen zu diesen Kosten noch hinzu und sind in der Summe nicht enthalten.

18,9 Millionen €

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen **Dekontamination** Be-10 Konrad Anderes Endlager

Dekontamination aktivierter Verunreinigungen auf chemischem Weg

- **Planung und Genehmigung** 40 000 k€
- **Errichtung der Chemieanlage** 20 000 k€
- **Betrieb der Anlage** 24 000 k€
- **Entsorgung von Sekundärabfällen** 5 400 k€
- **Freimessung, Ablaufplan und Produktkontrolle** 1 000 k€

90,4 Millionen €

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen

Dekontamination

Be-10

Konrad

Anderes Endlager

Abtrennung von Be-10 zur Freimessung mit Methoden der Isotopentrennung

Pauschale Annahme: Doppelte Kosten wie für chemische Dekontamination

- Planung und Genehmigung 80 000 k€
- Errichtung der Anlage 40 000 k€
- Betrieb der Anlage 48 000 k€
- Entsorgung von Sekundärabfällen 10 000 k€
- Ablaufplan und Produktkontrolle 2 000 k€

180 Millionen €

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen Dekontamination Be-10 **Konrad** Anderes Endlager

Direkte Endlagerung im Endlager Konrad gemäß AP 3 oder nach Ausheizen

- Endlagerbehälter 910 k€
- Beprobungen und Analysen 3 600 k€
- ABK II 250 k€
- Produktkontrolle und Dokumentation 1 600 k€
- Zwischenlagerkosten 2 150 k€
- Transportkosten 100 k€
- Endlagergebühren 400 k€
- Gutachterkosten 2 000 k€

11,0 Millionen €

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen

Dekontamination

Be-10

Konrad

Anderes Endlager

Sollten weder Freimessung noch Endlager Konrad möglich sein, so ist das Beryllium für ein anderes Endlager vorzusehen

- Die Inbetriebnahme eines anderen Endlagers ist nach 2100 zu erwarten
- Bis dahin müsste das Beryllium zwischengelagert werden
- Beispielhaft: Kosten für abgebrannte Brennelemente 1 420 €/kg
- Endlagerkosten für 3 Mg Be als HAW 4 300 k€
- (Verlängerte) Zwischenlagerung 12 000 – 50 000 k€
- Konditionierung, Behälter und sonstiges 10 200 k€

27,4 Millionen €

AP 5: Kostenschätzung

H-3 ausheizen	Dekontamination	Be-10	Konrad	Anderes Endlager
18,9	90,4	180	11,0	27,4

Ergebnisse der Kostenschätzung, Angaben in Millionen Euro.

- **Tritium ausheizen erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Endlagerung in Konrad**
- **Zu diesen Kosten kommen die 11,0 Millionen Endlagerkosten Konrad noch hinzu.**
- **Für H-2-freies Beryllium Konditionierungs- und Endlagerkosten von ca. 30 M Euro**
- **Ähnliche Größe wie bei einer Entsorgung als HAW, jedoch günstigerer Zeitrahmen**
- **Dekontamination zur Freimessung oder Nachnutzung in Fusionsreaktoren wirtschaftlich nicht sinnvoll**

Detaillierte Untersuchung zum Ausheizen von Tritium sinnvoll, alternativ direkte
Endlagerung

Vortragsgliederung

Eigenschaften von Beryllium

Forschungsprojekt KONEKT

Inventarisierung des bestrahlten Berylliums

Kenntnisstand über Nuklearberyllium

Zwischen- und Endlagerung von Beryllium

Kostenschätzung der Recycling-/Entsorgungswege

▶ **Offene Fragen/notwendige nächste Schritte**

AP 7: Offene Fragen und Ausblick

Offene Fragen

Nächste Schritte

Nachfolgeprojekt

-
- **Wie wahrscheinlich ist eine Endlagerung in Konrad im Hinblick auf das Tritium?**
 - **Ist ein Ausheizen von H-3 im Vergleich zu „anderes Endlager“ wirtschaftlich?**
 - **Kann das Verpackungskonzept technisch so umgesetzt werden?**
 - **Wie kann man die verbleibenden Knackpunkte zur Endlagerung beseitigen?**
 - **Wie kann man einen Verguss mit Beton verhindern?**

AP 7: Offene Fragen und Ausblick

Offene Fragen

Nächste Schritte

Nachfolgeprojekt

-
- **Abschlussbericht/Ergebnisbericht**
 - **Der Abschlussbericht muss bis 6 Monate nach Projektende erstellt und eingereicht werden**
 - **Inhaltlich fast fertig, Kapitel müssen zusammen geführt werden**
 - **Präsentation der Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit**
 - **Diese war ursprünglich für den 08.06.2020 am FZJ vorgesehen**
 - **Sie wird vsl. im Herbst 2021 nachgeholt**
 - **Teilnehmende Institutionen: HZB, FZJ, BS, GRS, HZG, TUM, VKTA, EWN, KTE**

AP 7: Offene Fragen und Ausblick

Offene Fragen

Nächste Schritte

Nachfolgeprojekt

HZB möchte gerne ein weiterführendes Nachfolgeprojekt durchführen

- **Ein Nachfolgeprojekt soll gemeinsam mit HZG, VKTA und TUM erfolgen**
- **Idealerweise würde ein Folgeprojekt die notwendigen Planungsschritte zur Verpackung des Beryllium für das Endlager beinhalten**
- **Klärung der verbleibenden offenen Fragen**
- **Nachfolgeprojekt ist eine Möglichkeit zur Gewinnung/Ausbildung von benötigtem Fachpersonal für die Entsorgung z. B. eines Doktoranden**
- **Mit der Planung eines entsprechenden Projektes wurde begonnen**



**HELMHOLTZ
ZENTRUM BERLIN**
für Materialien und Energie

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**

Zu Anhang 1: Foliensatz „Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes KONEKT“ (HZB/FZJ)

Ergänzende Informationen zu den Folien aus dem mündlichen Vortrag von Herrn Kate:

Folie 5: Beryllium kann auch für militärische Zwecke in Kernwaffen genutzt werden (senken der kritischen Masse; es wird weniger spaltbares Material benötigt). Es sollte deshalb für das Recycling nicht ins Ausland abgegeben werden – was aber Deutschland sowieso ausgeschlossen hat.

Folie 12: Berylliumoxid entsteht im Herstellungsprozess im Beryllium. Zum Ausheizen des Tritiums sind Temperaturen kurz unterhalb des Schmelzpunkts von Beryllium (1287° C) erforderlich.

Folie 13: Die Radionuklide entstehen durch Aktivierung von Verunreinigungen im Beryllium aufgrund des Herstellungsprozesses. Die in der Tabelle genannten Aktivitäten sind berechnete Werte.

Folie 16: Die Aktivitäten am Forschungsreaktor Rossendorf unterscheiden sich von denen der anderen genannten Forschungsreaktoren, weil der Rossendorfer Reaktor bereits 1990 abgeschaltet wurde und weil es sich bei dem Beryllium um eine Legierung (Beryllium-Aluminium) handelt, die zudem von einem anderen Hersteller (Sowjetunion) stammt.

Folie 19: Für festes Beryllium (rein oder in Legierung) gibt es in Schacht Konrad keine Massenbegrenzung, weil es nicht wasserlöslich ist. Das Beryllium aus dem BER II könnte demnach im Schacht Konrad eingelagert werden. Das Wasserschutz hat aber keinen Bestandsschutz. Würden sich Grenzwerte ändern, könnte diese Feststellung hinfällig werden.

Folie 20: Die Überschreitung der Garantiewerte durch Tritium (H-3) könnte ausgeglichen werden, indem ausreichend andere Abfallgebinde, deren H-3-Werte unterhalb der Garantiewerte liegen, im gleichen Jahr im Endlager eingelagert werden, so dass die Garantiewerte im Durchschnitt für das Jahr eingehalten sind.

Die Wärmesummenwerte zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins werden bei manchen Behältertypen nicht eingehalten werden. Es gibt aber Behältertypen, mit denen dies möglich ist – zum Beispiel Konrad-Container Typ IV (KC-IV).

Das Beryllium aus dem BER II kann frühestens Mitte bis Ende der 2040er Jahre im Endlager Schacht Konrad eingelagert werden, da es bis dahin abklingen muss.

Folie 21: Alternatives Vergussmaterial sollte idealerweise fernhantiert zum Einsatz kommen, da das Beryllium eine starke Aktivität hat. Derzeit wird an Bitumen gedacht, wobei auch dieses Material derzeit nicht qualifiziert und somit zugelassen ist.

Die Nutzung vom MOSAIK-Behältern ohne Verguss im Innenbehälter ist noch nicht genehmigt.

Bild: Packschema im Konrad-Container (KC).

Folie 22: Berechnungen für die Ortsdosisleistung (ODL) zeigen, dass die zulässige Grenze 2030 (nach Öffnung von Schacht Konrad) noch nicht einzuhalten ist. Die Behälter müssten weitere 10 Jahre stehen bleiben, damit das Beryllium abklingen kann. Danach könnten die Behälter eingelagert werden.

Bild: Packschema im MOSAIK-Behälter, links mit Bleiummantelung.

Folie 23: Die Kosten zur Isotopentrennung wurden nur grob überschlagen. Das Verfahren ist so aufwändig und unwirtschaftlich, dass eine genauere Betrachtung nicht in Frage kommt.

Folie 28: ABK II bedeutet Abfallbehälter Klasse II

**HERZLICH WILLKOMMEN
zum Vortrag:**

„BER I“

**DIALOGGRUPPENTREFFEN
AM 09.03.2021**

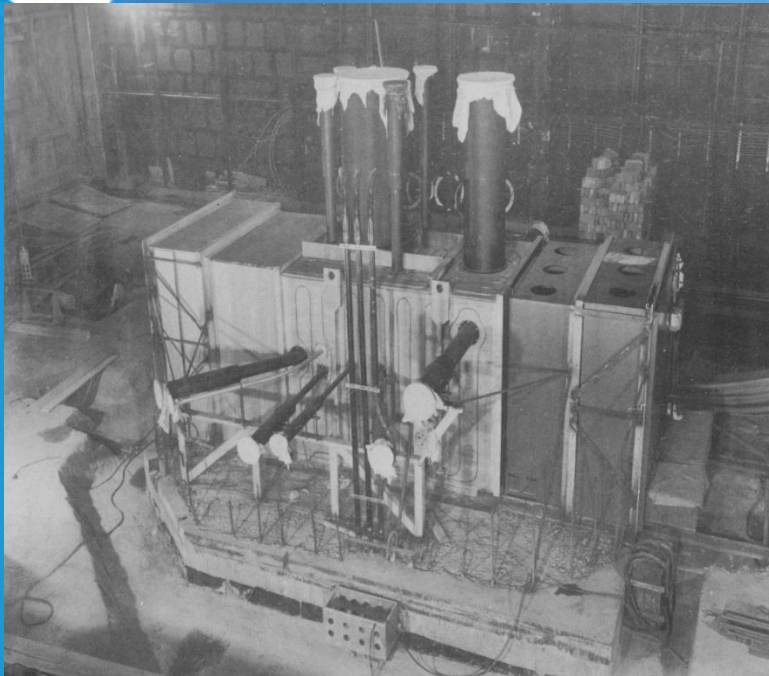
Stephan Welzel

Bauphase 1957

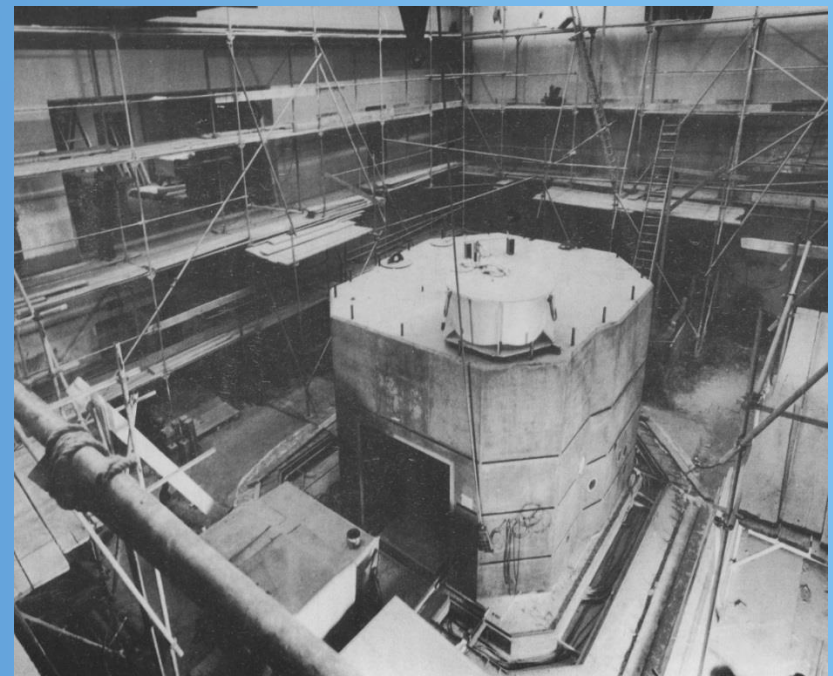


Bauphase 1958

Januar 1958



März 1958



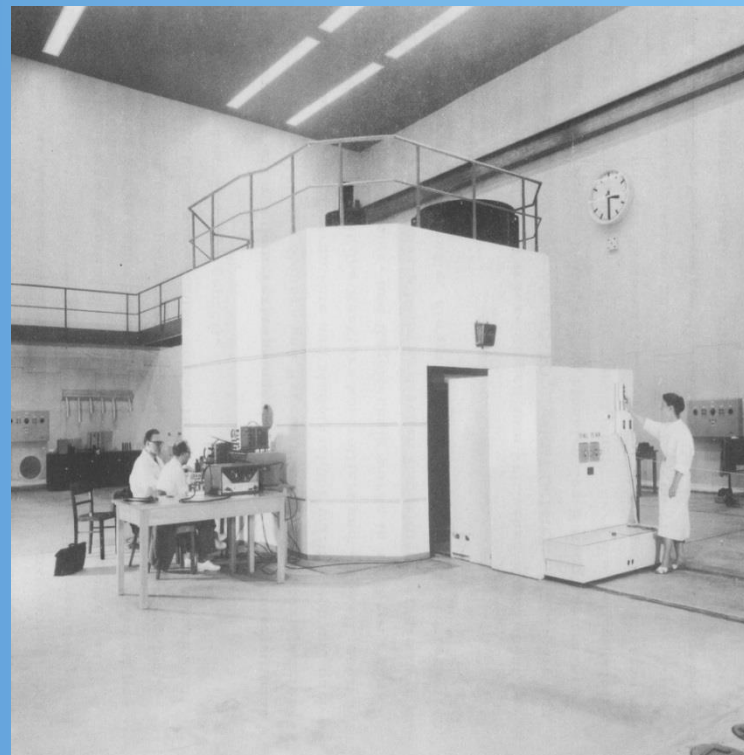
Betriebsphase ab 1958

Juli 1958

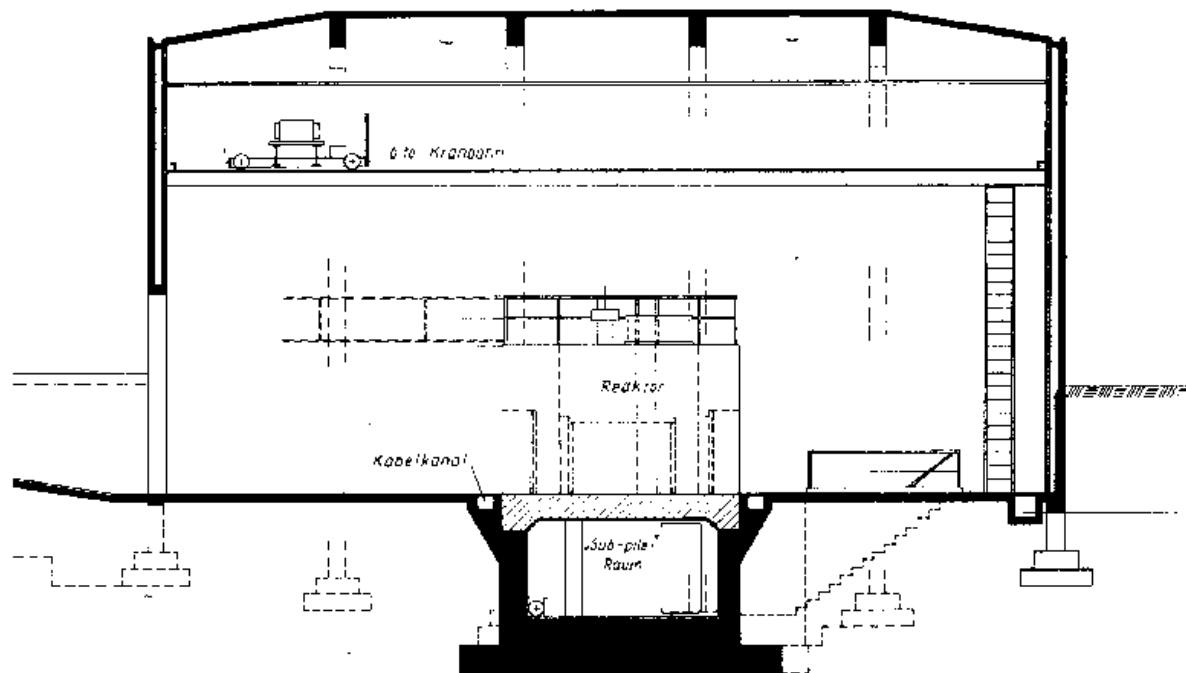
Kontrollraum



Reaktorhalle

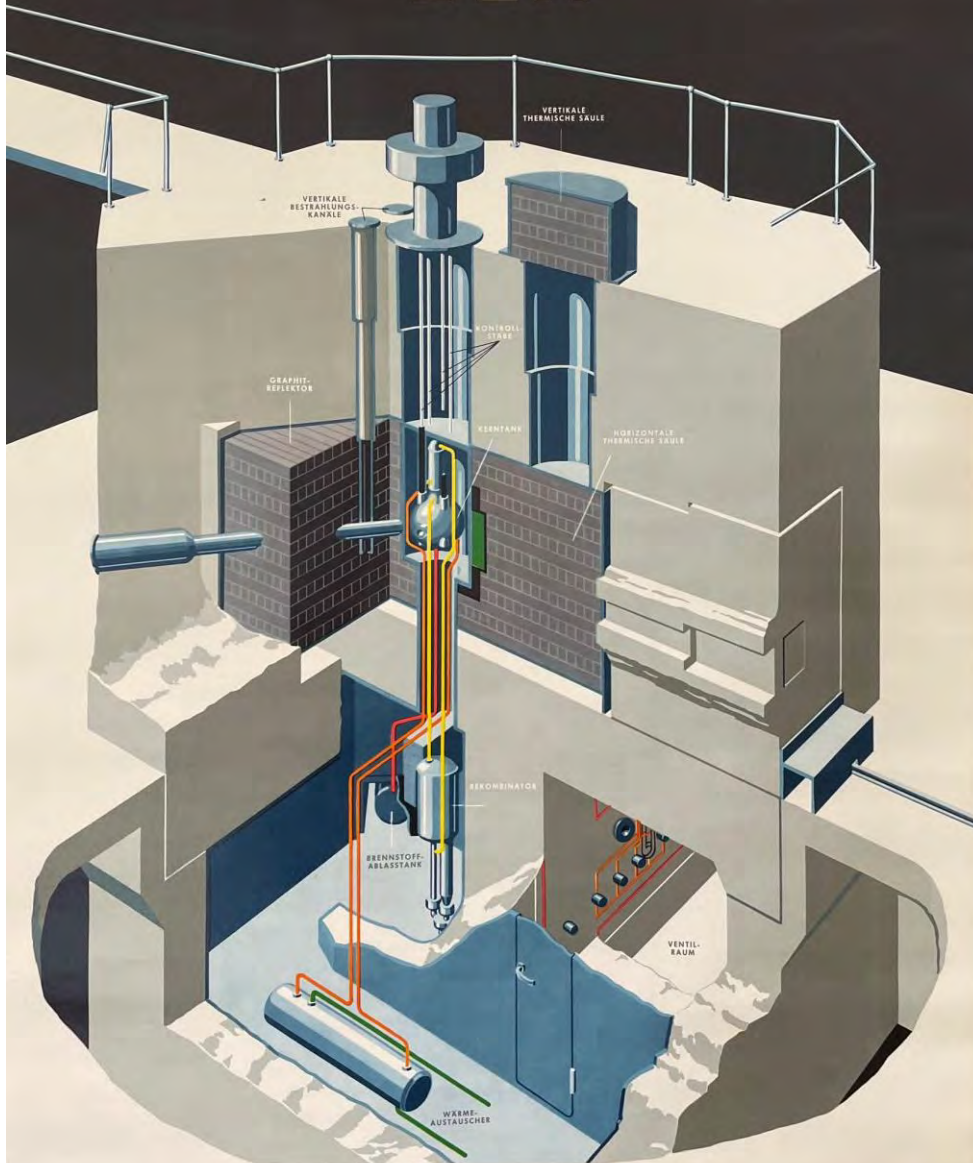


Zeichnung der Reaktorhalle in Blickrichtung Süd



Figur 2-8: Seitenriss Reaktorhalle und Reaktorkeller in Nord-Süd-Richtung
Maßstab 1 : 100

FORSCHUNGSREAKTOR BERLIN BER



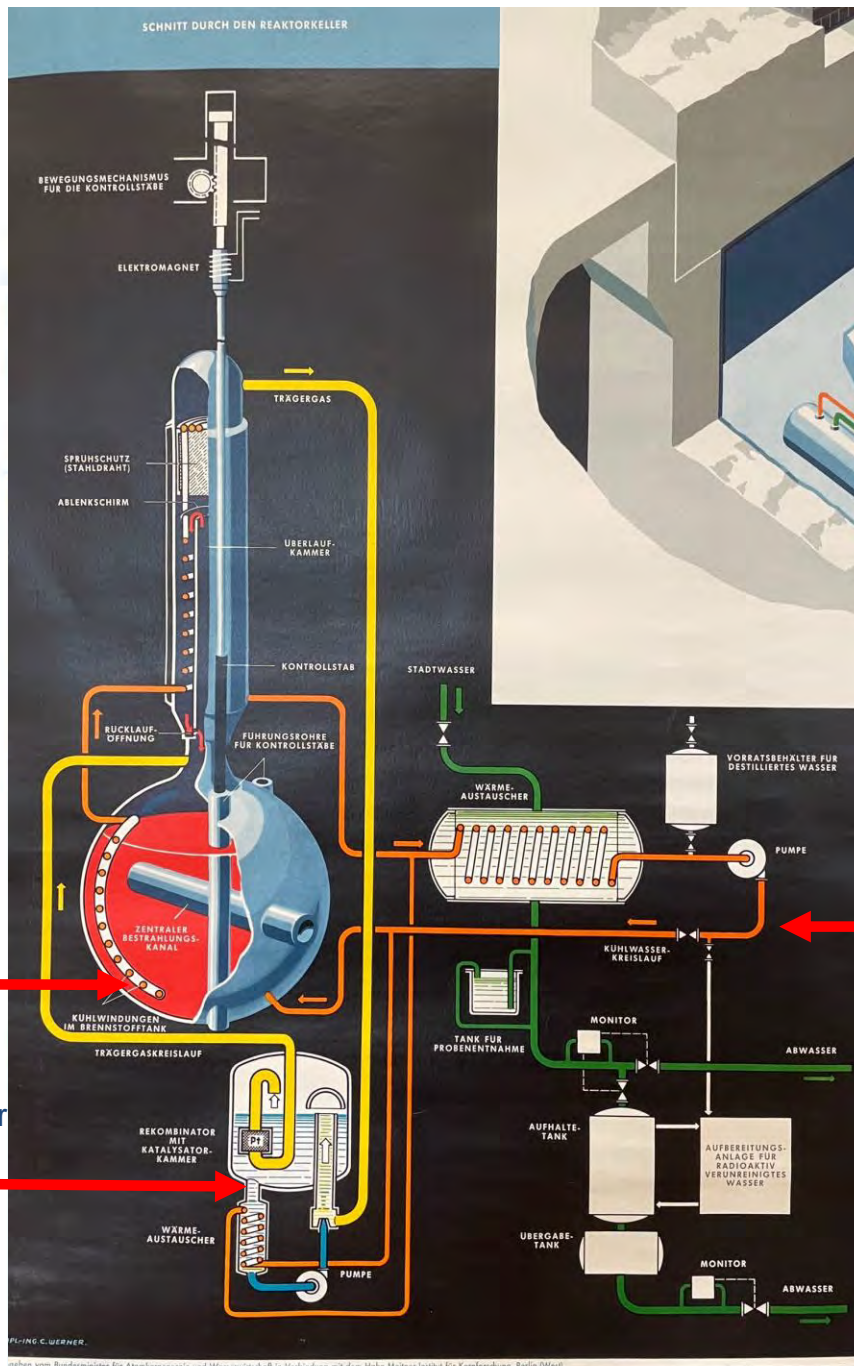
Schematische Darstellung
des BER aus 1958

Schematische Darstellung
der Funktion des BER

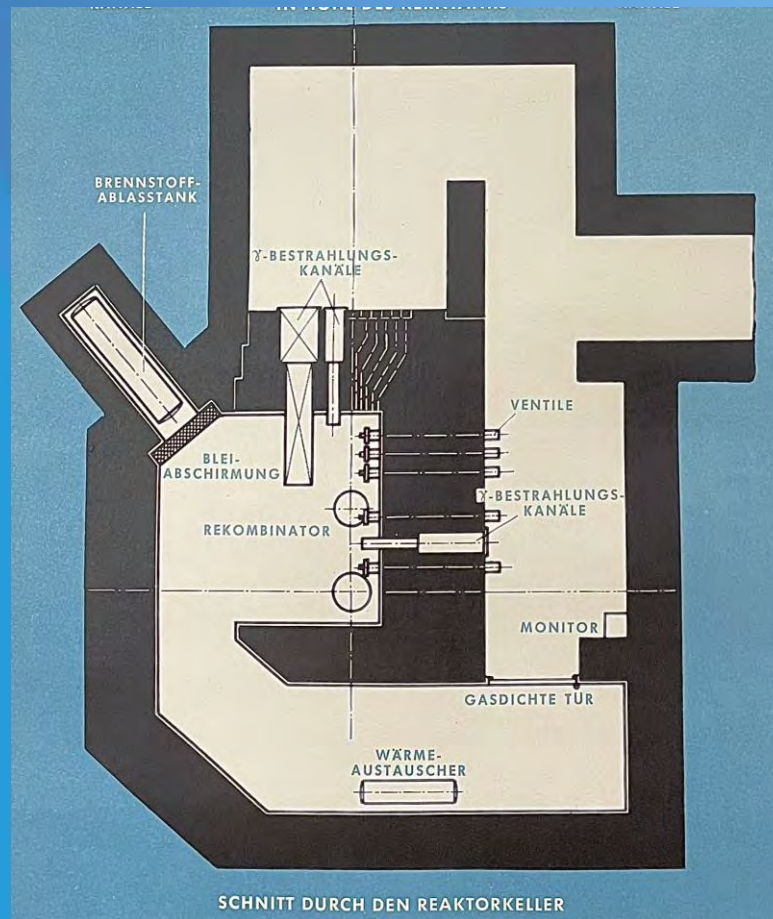
Kern-
brennstoff

Rekombinator-
Gassystem

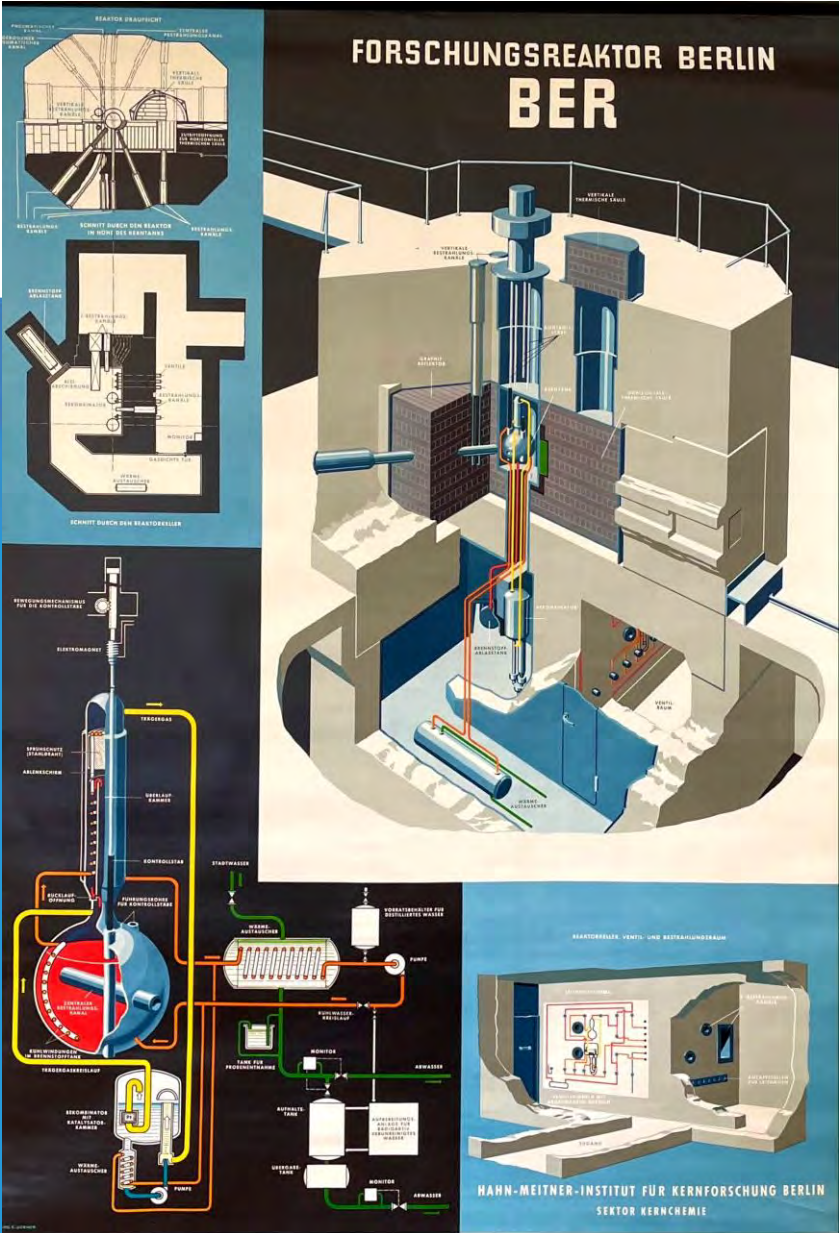
Kühlkreislauf



Schematische Draufsicht Keller



BER I



Zu Anhang 2: Foliensatz „BER I“

Ergänzende Informationen zu den Folien aus dem mündlichen Vortrag von Herrn Welzel:

Folie 3: Hersteller des BER I war Firma Atomics International

Folie 6: Homogener, chemischer Lösungsreaktor (Spaltstoff im Moderator gelöst).

Zentral ist eine Hohlkugel aus Stahlblech, mit 30 cm Durchmesser und eingebauten Kühlspiralen für Wasserkühlung. Sie enthielt 15 Liter wässrige Uranylsulfat-Lösung (15% U 235; Spaltstoff-Moderator-Gemisch) und war umgeben von einem Graphitreflektor. Durch den Graphitreflektor führten Bestrahlungskanäle in den Reaktor. Steuerung durch Kontrollstäbe.

Folie 7: Kühlkreislauf: Kühlwasser floss durch Kühlspiralen im Lösungsreaktor, nahm Wärme auf, die im Wärmetauscher an Stadtwasser abgegeben wurde.

Im Reaktor entstanden Wasserstoff und Sauerstoff, die im Rekombinator an Platinkatalysatoren wieder zu Wasser rekombiniert wurde.

Betrieb von 1958 bis 1972. Forschungsgebiet: Radiochemie

Reaktorkonzept wurde zu Beginn der 1970er Jahre durch Schwimmbadreaktoren abgelöst, auch mit dem Ziel, Materialforschung zu machen.

Folie 8: Zugang in den Keller über eine Treppe (im Bild Zugang oben rechts). Die Treppe und der Raum vor den Bestrahlungskanälen sind zubetoniert. In den noch begehbaren Bereichen (Wärmetauscherraum, Rekombinatorraum) finden jährlich einmal Kontrollgänge statt (Wischproben zum Nachweis der Kontaminationsfreiheit, Dosisleistungsmessungen, zuständig: ZRA).

Aus Gründen des Arbeitsschutzes ist eine Begehung durch Externe nicht möglich. Der Wärmetauscherraum und der Rekombinatorraum sind zudem Sperrbereiche. Hinter der Bleiwand, die den Rekombinator abschirmt, wird nach wie vor eine signifikante Dosisleistung gemessen.

Folie 9: Nach Betriebsende 1972 wurde der Kernbrennstoff abgelassen und nach Mol (Belgien) transportiert. Der Kernbrennstofftank wurde gespült und vakuumgetrocknet.

Der Reaktorblock existiert noch und ist Teil des umgebenden Laborgebäudes. Strahlrohre, thermische Säule etc. wurden verschweißt.