

Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK) – Stand des Projektes

K. Brockmann, HAP

Einleitung

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK) war ein Versuchsreaktor mit einer elektrischen Leistung von 20 MW. Er diente zur großtechnischen Erprobung des Kühlmittels Natrium in einer Kernreaktoranlage und zur Erprobung von Brennelementen für den Schnellen Brüter SNR300 in Kalkar.

Als 1991 die Brüterentwicklung und die Wiederaufarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland eingestellt wurden, kam es auch zum Beschluss, die KNK abzubauen. Dies soll in 10 Schritten (Atomrechtliche Genehmigungen nach §7 Absatz 3 AtG) erfolgen.

Die Arbeiten zu den ersten acht Genehmigungen sind abgeschlossen und an der neunten Genehmigung, die den Abbau hoch aktivierter Teile des Reaktortanks und des biologischen Schildes beinhaltet, wird zurzeit gearbeitet.

Im Nachfolgenden werden wesentliche Meilensteine bei der Stilllegung der KNK an Beispielen beschrieben.

Aufbau des KNK

Der Aufbau des Natriumgekühlten Brüters KNK hatte einige Besonderheiten, die zunächst kurz beschrieben werden.

Das Kühlmittel Natrium erforderte besondere Beachtung, da es im flüssigen Zustand ($> ca. 100\text{ °C}$) unter Luft brennt und mit Wasser heftig zu Natronlauge reagiert.

Im **Reaktorgebäude** waren folgende Einrichtungen:

- **Reaktortank** mit den Brennelementen. Hier wurde das



Abb. 1: Die KNK während des Betriebes.

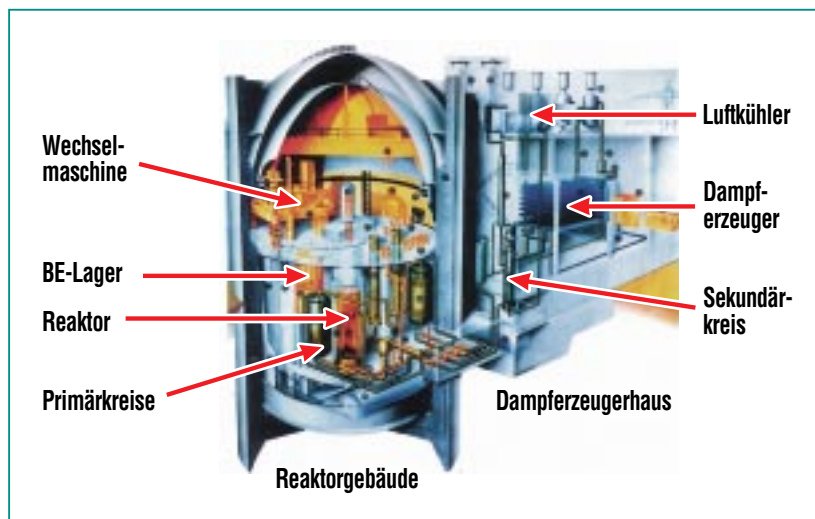


Abb. 2: Anordnung der Natrium-Systeme.

Natrium von 360 °C auf ca. 520 °C aufgeheizt.

- **2 Primärkreisläufe** mit Pumpen und Zwischenwärmetauscher zum Abtransport der Wärme.
- **Lager** für abgebrannte Brennelemente.
- **Wechselmaschine** zum Be- und Entladen der Brennelemente.

- **Primärreinigungs- und Ablasssystem** zum Reinigen und Zwischenlagern des Natriums.

Im **Dampferzeugerhaus** war das Sekundär-Natrium-System mit den Dampferzeugern und dem Luftkühler zur Nachwärmeabfuhr angeordnet.

Im **Maschinenhaus** war der Wasserdampfkreislauf mit der Turbine und dem Generator angeordnet.

Arbeiten unter der Betriebsgenehmigung

Der Stilllegungsbeschluss 1991 kam so überraschend, dass es kein Konzept und keine Genehmigung die KNK abzubauen, gab.

So wurde unter der Betriebsgenehmigung zunächst mit dem Abtransport der Brennelemente bei der abgebrannten Kerne begonnen. In Abb. 3 wird die Handhabung der Brennelementtransportflasche beim Ausschleusen aus dem Reaktorgebäude gezeigt.

Parallel wurde ein Stilllegungskonzept erarbeitet und mit der Aufsichtsbehörde abgestimmt. Danach wurde dann die erste Stilllegungsgenehmigung beantragt und erteilt.



Abb. 3: Handhabung von Brennelementen.

1. Stilllegungsgenehmigung

Nachdem die Brennelemente aus dem Reaktortank entladen waren, konnte mit dem Abbau des Wasserdampfkreislaufes im Maschinenhaus begonnen werden.

Der komplette Kreislauf einschließlich Turbine und Generator wurde nach Indien verkauft.

2. Stilllegungsgenehmigung

Die 2. Stilllegungsgenehmigung war gleichzeitig die 5. Genehmigung am Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR), da beide eine gemeinsame äußere Umschließung hatten.

Sie umfasste den Abbau aller äußeren Objektschutzmaßnahmen wie z. B. Objektschutzzaun und Objektschutzpersonal. Hierdurch konnten erhebliche Kosten eingespart werden.

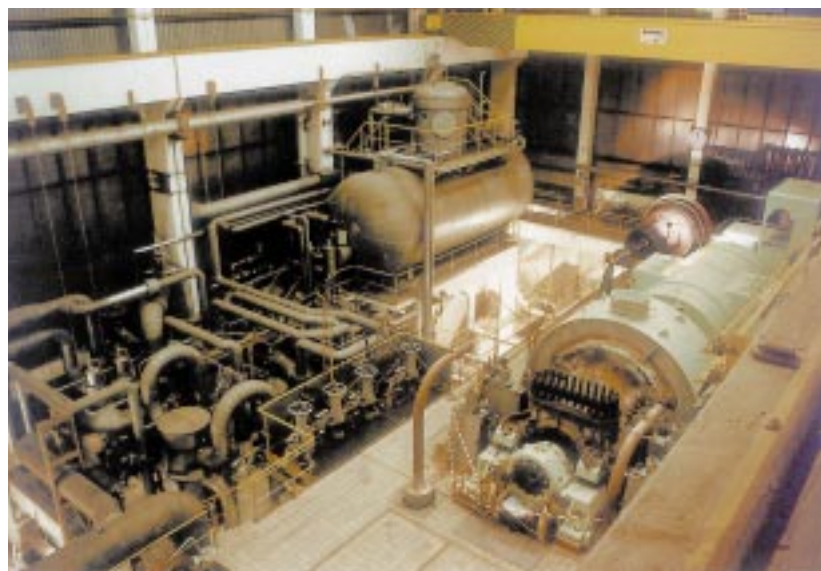


Abb. 4: Maschinenhaus.

3. Stilllegungsgenehmigung

Bei der Entsorgung des Natriums wurde mit dem Sekundärnatrium begonnen, das nur mit Tritium kontaminiert war. Hierzu wurde eine Natrium-Abfüllstation errichtet, in der vier 200-l-Fässer nacheinander mit Natrium unter Inertgas befüllt werden konnten. Das 200 °C warme Natrium wurde mit einer elektromagnetischen Pumpe vom Ablassstank in einen Dosierbehälter gepumpt und dann in das inertisierte Fass gefüllt. Die Fässer wurden in Containern nach Schottland transportiert, wo das Natrium zu Natronlauge umgesetzt wird.

4. Stilllegungsgenehmigung

In dieser Genehmigung wurden folgende wesentliche Maßnahmen durchgeführt:

- Entsorgung des Primärnatriums

- Abbau der Brennelement-Wechselmaschine
- Abbau des Kamins
- Auflösung der Wechsellagerungsschicht.

Zunächst wurde mit der Entsorgung des Primärnatriums begonnen. Es wurde die gleiche Technik wie beim Sekundärnatrium verwendet. Sie wurde jedoch im Reaktorgebäude auf der Fahrbahnebene aufgebaut. Wegen der erhöhten Strahlung durch Cs-137 im Primärnatrium mussten zusätzlich Abschirmungen angebracht werden. Das Natrium musste vom Ablasstank 12 m hoch gepumpt werden.

Um genügend Platz auf der Fahrbahnebene zu haben, wurde zunächst der Teil der Wechselmaschine abgebaut, der sich oberhalb der Fahrbahnebene befand. Hier wartete eine besondere Herausforderung, da die Rohre der Argonkühlkreisläufe mit Natriumaerosolen belegt waren, die chemisch besonders reaktiv sind.

Nachdem das Natrium entsorgt und ein Störmeldesystem installiert war, konnte der Betrieb in Wechsellagerungsschicht aufgehoben werden. Dies bedeutete, dass anstatt der sechs Schichten während des Betriebes (mit Freischicht und Ausbildungsschicht) nur noch eine Schicht vorhanden sein musste.

Außerhalb der normalen Tagschicht werden nun sicherheitstechnisch wichtige Signale der Anlagenüberwachung auf die Alarmzentrale des Forschungszentrums geschaltet.

Als letzter wesentlicher Schritt in dieser Genehmigung konnte der Kamin abgebaut werden. Hierzu

wurde im Genehmigungsantrag gezeigt, dass nach der Entsorgung des Natriums keine Störfälle mehr auftreten können, die einen Kamin erfordern. Der Kamin wurde in drei Schüssen abgebaut. Er wurde jeweils oberhalb der Abspannseile getrennt und dann der Schuss heruntergehoben.

5. Stilllegungsgenehmigung

In dieser Genehmigung wurden im Wesentlichen das Sekundär-Natrium-System und der Kühlturm abgebaut.

Der Kühlturm wurde nach der Trennung von der restlichen Anlage konventionell abgebaut.

Außerdem wurde das komplette Sekundär-Natrium-System im Dampferzeugerhaus abgebaut und die Komponenten vom Natrium gereinigt.

Zum Reinigen wurden die Komponenten und Rohrleitungen zersägt und auf einem Waschplatz im Freien der Luftfeuchtigkeit ausgesetzt, bis das Natrium abreagiert war. Zur Sicherheit wurden die zersägten Komponenten anschließend in ein Wasserbecken getaucht.

6. Stilllegungsgenehmigung

Nachdem die Elektroversorgung dem erforderlichen Stand des zukünftigen Energiebedarfes angepasst war, konnten die alten Transformatoren abgebaut werden. Gleichzeitig wurden in diesem Schritt alle Notstromdiesel abgebaut.



Abb. 5: Primär-Natrium-Abfüllstation.



Abb. 6: Zerlegen des Ablasstankes.

Danach wurden folgende Gebäude komplett abgerissen:

- Wasseraufbereitung
- Notdieselhaus
- Maschinenhaus
- Dampferzeugerhaus

7. Stilllegungs-genehmigung

In dieser Genehmigung wurden im Wesentlichen Vorbereitungen für den Abbau der Primär-Natrium-Systeme getroffen wie z. B.

- Anpassung der Schleuse zum Reaktorgebäude.
- Zusätzliche Eingänge in die Primärzelle.

Außerdem wurden die Schalt-schränke und Kabel der Reaktor-regelung und der Begleitheizung der Primär-Natrium-Systeme abgebaut.

8. Stilllegungs-genehmigung

Abb. 7 zeigt die Vorgehensweise beim Abbau der Primärsysteme. Es erfolgte in folgender Reihenfolge:

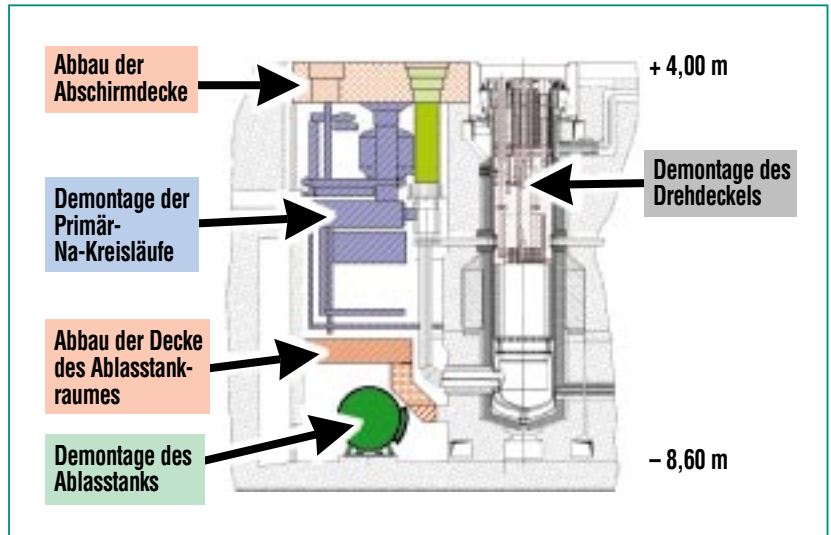


Abb. 7: Abbau Primärsysteme.

- Abbau der Abschirmdecke zur Primärzelle.
- Demontage der Primär-Natrium-Kreisläufe
- Abbau der Decke zum Ablass-tankraum
- Demontage des Ablass-tanks als Ganzes und Abtransport zur HDB (Na-Reinigung erfolgte in der HDB).

Teilweise parallel und nicht in Abb. 7 gezeigt wurden demontiert:

- Primärreinigungssystem mit der Cs-Falle. Nach dem Abtransport konnte der letzte innere Sicherheitsbereich aufgehoben werden.
- Lagertank für bestrahlte Brennelemente



Abb. 8: Zerlegen eines ZWT-Bündels.

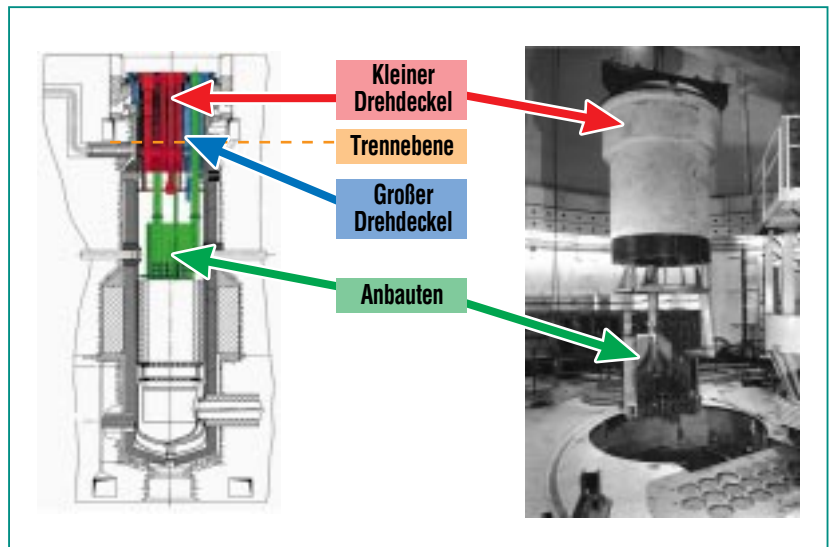


Abb. 9: Aufbau und Trennebenen der Drehdeckel.

Als Beispiel für die Zerlegung und Reinigung von Primärkreislaufkomponenten in der Natriumwaschanlage zeigt Abb. 8 die Zerlegung eines Bündels eines Zwischenwärmehaushalters (ZWT) im Nachzerlegeplatz, der speziell dafür eingerichtet wurde.

Eine große Herausforderung sowohl vom Strahlenschutz als auch von der Natriumsituation war die Demontage der beiden Drehdeckel mit Anbauten. Der Aufbau der Drehdeckel, der Anbauten und die Trennebenen gehen aus Abb. 9 hervor.

Zunächst wurden die Anbauten auf dem Reflektor abgesetzt, gesichert und von den beiden Drehdeckeln getrennt. Danach wurden nacheinander der kleine Drehdeckel, der große Drehdeckel und dann die Anbauten unter Stickstoff gezogen und als Ganzes vom Natrium gereinigt (Abb. 10).



Abb. 10: Demontage des kleinen Drehdeckels.

9. Stilllegungsgenehmigung

Die 9. Stilllegungsgenehmigung umfasst drei Maßnahmen (Abb. 11):

- Abbau des Reaktortanks und des Doppeltanks
- Abbau der Primärabschirmung
- Abbau des biologischen Schildes.

Es werden die in Tab. 1 zusammengefassten Massen und Aktivitätsinventare abgebaut.

Die Einbauten des Reaktortanks werden von innen nach außen und von oben nach unten abgebaut. Der Reaktortank selbst wird wegen

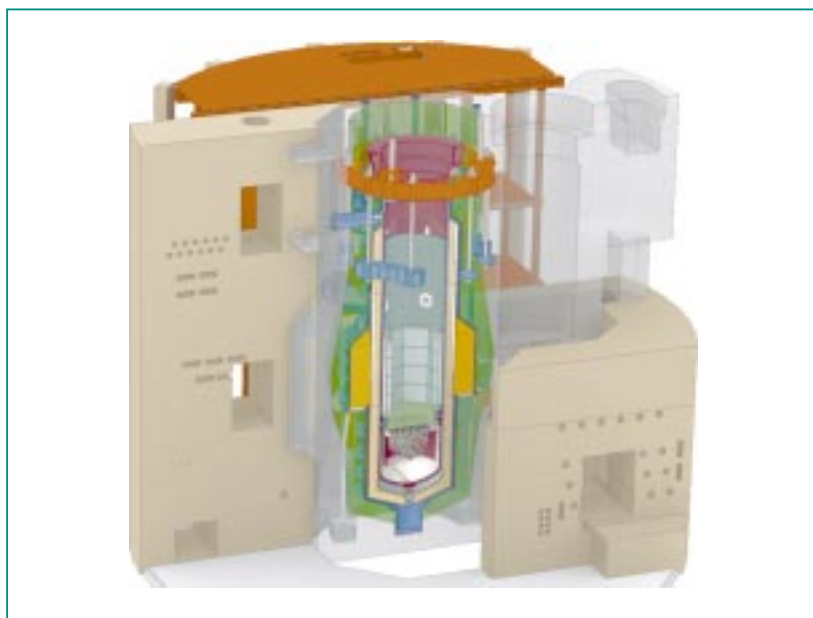


Abb. 11: Übersicht 9. SG, Anordnung Reaktortank, Primärabschirmung und aktivierter Teil des Biologischen Schildes.

Komponente	Paket 1		Paket 2			
	Einbauten	Reaktortank	Wärmeisolierung	Primärabschirmung	Biologischer Schild mit Einbauten	
Material	Stahl	Stahl	Schamotte	Grauguss	Schwerbeton	Stahl
Max. Co-60 Aktivität [Bq/g]	3 E 07	4 E 06	8 E 4	1 E 6	8 E 5	8 E 5
Masse [t]	26,2	16,6	28	90	330	45

Tab. 1: Massen und Aktivitäten, die in der 9. SG zurückgebaut werden.

seiner Aufhängung von unten nach oben abgebaut. Der Stand des Rückbaus geht aus Abb. 12 hervor.

Hier werden zurzeit die am höchsten aktivierten Komponenten zerlegt. Wegen des Restnatriums und möglicher chemischer Reaktionen geschieht dies mit mechanischen Trennverfahren unter Stickstoffatmosphäre.

Für die übrigen Arbeiten unter dieser Genehmigung laufen die Detailplanungen.

10. Stilllegungsgenehmigung

In der 10. Genehmigung werden die restlichen kontaminierten Systeme wie:

- Natriumwaschanlage
- Radioaktives Abwasser
- Lüftung

abgebaut.

Danach werden die Gebäude nach Strahlenschutzverordnung frei gemessen und dann konventionell abgerissen. Nach der heutigen Planung wird dies Ende 2010 abgeschlossen sein.

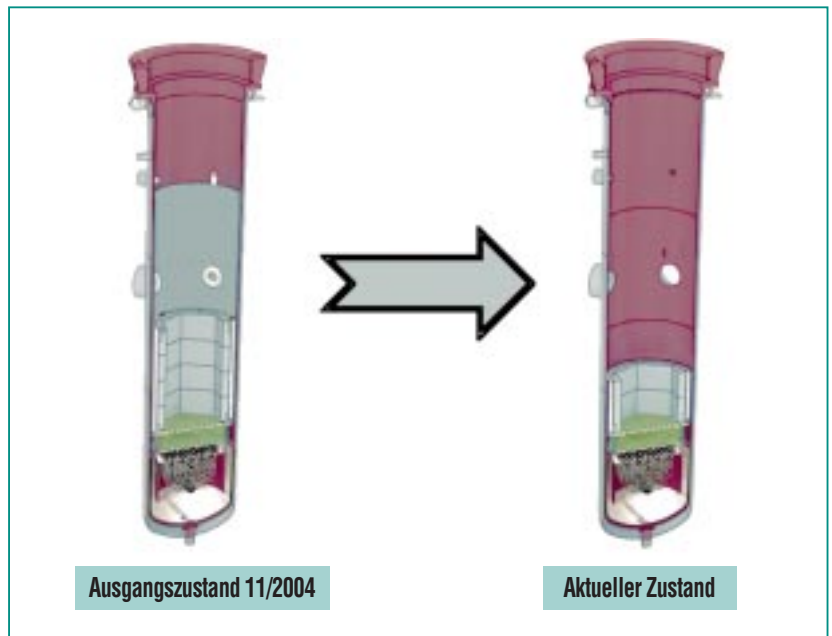


Abb. 12: Stand der Arbeiten zum Rückbau des Reaktortanks (06.12.2005).

Zusammenfassung

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK) wurde bis 1991 als Versuchsreaktor zur Brüterentwicklung und zur Erprobung der Natriumtechnologie betrieben. Seitdem wird er in zehn Schritten zurückgebaut. Acht Schritte sind fertig gestellt und am neunten Schritt wird gearbeitet.

Alle Natriumsysteme sind abgebaut. Zurzeit wird der hoch aktivierte Reaktortank, der noch Restnatrium enthält, fernhandelt demontiert.

Der Abbau der Primärabschirmung und des aktivierten Teils des biologischen Schildes sind in der Detailplanung.

Ende 2010 soll das Projektziel „Grüne Wiese“ erreicht werden.