

## 2.8 Reaktorhilfsanlagen

### 2.8.1 Hilfsanlagen zum Reaktorkühlsystem

(Abb. 2.8.1/1)

Für den ungestörten Reaktorbetrieb ist ein einwandfreies Zusammenwirken von Reaktorkühlsystem (RKS) und Reaktorhilfsanlagen erforderlich. Von den Reaktorhilfsanlagen sind jene Systeme unmittelbar am Reaktorbetrieb beteiligt, die zur Einspeisung und Entnahme von Kühlmittel, sowie zur Zudosierung von Chemikalien, zur Reinigung und Aufbereitung des Kühlmittels und zur Kühlung von Kühlstellen im Kontrollbereich notwendig sind.

Im An- und Abfahrbetrieb sowie bei Laständerungen treten temperaturbedingte Dichte- bzw. Volumenänderungen des Kühlmittels auf. Sie werden, wenn sie nicht bereits vom Druckhalter kompensiert wurden, vom Volumenregelsystem ausgeglichen.

Änderungen der Borkonzentration im RKS werden mit der Borsäure- und Deionateinspeisung eingestellt. Soll der Borgehalt des Kühlmittels erhöht werden, so wird Borsäure über das Volumenregelsystem eingespeist. Im umgekehrten Falle wird der vorhandene Borsäuregehalt durch Verdünnung mit vollentsalztem Wasser reduziert.

Die spezifizierte Reinheit des Kühlmittels wird durch die Kühlmittelreinigung erreicht. Ständig wird ein Teilstrom des Kühlmittels entnommen, gereinigt und wieder über das Volumenregelsystem eingespeist. Dabei werden Korrosionsprodukte in gelöster und ungelöster Form und ggf. Spaltprodukte entfernt.

Weiterhin kann bei Bedarf ein Teilstrom durch die Kühlmittellentgasung geleitet werden, um dem Kühlmittel gasförmige Spaltprodukte und andere gelöste Gase zu entziehen.

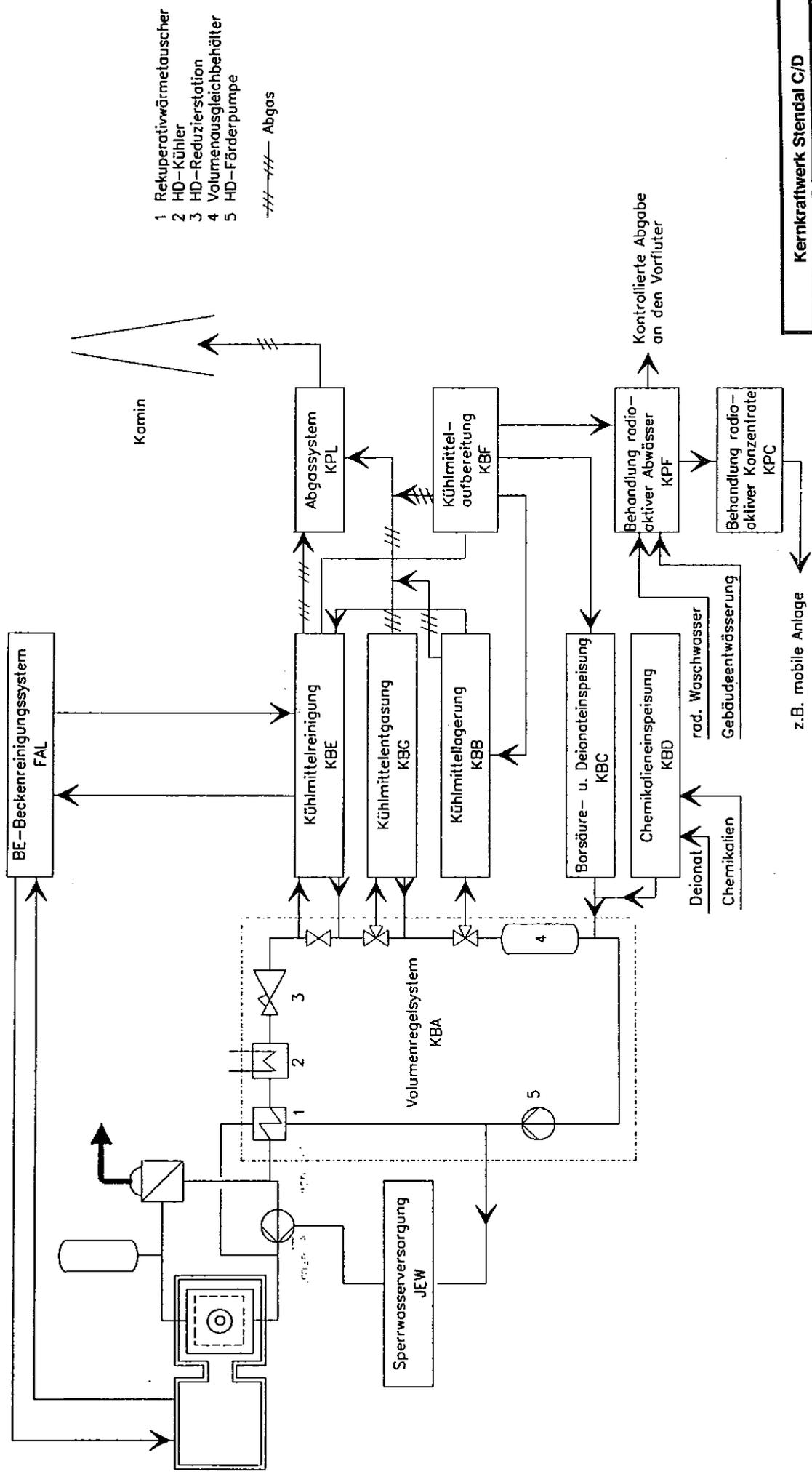
Die chemische Spezifikation des Kühlmittels (Sauerstoffkonzentration und pH-Wert) wird über die Chemikalieneinspeisung eingestellt.

Beim An- und Abfahren sowie bei Regelvorgängen fällt borsäurehaltiges Kühlmittel an und fließt zur Zwischenlagerung in die Kühlmittellagerung. Das gela-

gerte borsäurehaltige Kühlmittel kann nach Durchlaufen der Kühlmittelreinigung in der Kühlmittelaufbereitung behandelt werden. Das dort anfallende entborierte Kühlmittel und die wiedergewonnene Borsäure können weiter verwendet werden.

Abwässer aus der Reaktoranlage werden nach Entgasung zusammen mit den anfallenden Wasch- und Sumpfwässern in der Behandlung radioaktiver Abwässer gereinigt, dekontaminiert und anschließend kontrolliert an den Vorfluter abgegeben. Die insbesondere bei der Entgasung anfallenden Gase werden dem Abgassystem zugeführt (s. Abs. 2.8.6.1), von dem sie nach einer ausreichenden Abklingzeit gefiltert über den Abluftkamin in die Atmosphäre abgegeben werden.

Die in der Behandlung radioaktiver Abwässer anfallenden Konzentrate werden der Behandlung radioaktiver Konzentrate zur Zwischenlagerung und ggf. Vorkonditionierung zugeführt und von dort zur weiteren Konditionierung abgegeben.



- 1 Rekuperativwärmetauscher
  - 2 HD-Kühler
  - 3 HD-Reduzierstation
  - 4 Volumenausgleichbehälter
  - 5 HD-Förderpumpe
- Abgas

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Reaktorhilfsanlagen	
- Übersichtsschema -	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1/1	DWR 1300 08.90

### 2.8.1.1 Volumenregelsystem (KBA)

(Tab. 2.8.1.1/1; Abb. 2.8.1/1 u. 2.8.1.1/1)

#### Aufgabenstellung und Auslegungsgrundlage

Das Volumenregelsystem stellt das Bindeglied zwischen dem heißen, unter hohem Druck stehenden Reaktorkühlsystem und den Niederdrucksystemen der Reaktorhilfsanlagen im Reaktorhilfsanlagegebäude dar.

Für den Betrieb des Reaktors hat das Volumenregelsystem die Aufgaben,

- das Reaktorkühlsystem mit Kühlmittel zu füllen
- ständig einen Teilstrom des im Reaktor umlaufenden Kühlmittels zum Zweck der Reinigung und ggf. Entgasung zu entnehmen und entsprechend zurückzuspeisen
- die temperaturbedingte Volumenänderung des Kühlmittels vor allem beim An- und Abfahren auszugleichen und kleinere Leckagen im Reaktorkühlsystem zu ergänzen
- die zur Reaktivitätsregelung erforderlichen Borsäure- und Deionatmengen in das Reaktorkühlsystem einzuspeisen und die dadurch anfallenden Kühlmittellentnahmemengen in die Kühlmittellagerung zu leiten
- das System zur Sperrwasserversorgung der Kühlmittelpumpen mit Wasser zu versorgen
- Kühlmittel für das Hilfssprühen im Druckhalter zu liefern
- das Kühlmittel mit Wasserstoff zu begasen.

Darüber hinaus wird im Zusammenwirken mit dem Borsäure- und Deioanteinspeisesystem nach einer Reaktorabschaltung durch Boreinspeisung die Borkonzentration im Reaktorkühlmittel betriebsmäßig so erhöht, daß eine langfristige Unterkritikalität erreicht wird, wenn die Anlage kaltgefahren werden soll. Als Sicherheitseinrichtung steht zusätzlich das Zusatzboriersystem zur Verfügung.

Die Kapazität des Volumenregelsystems ergibt sich aus den Forderungen

- beim Anfahren des Reaktors die Borkonzentration des Kühlmittels innerhalb der durch das Anfahrtdiagramm festgelegten Zeiten bis auf einen vorgegebenen Wert abzusenken.

- bei Bedarf (je nach Lastfahrprogramm und Regelkonzept) bei Laständerungen und Lastzyklen ebenfalls bis zu einer unteren Borkonzentration die Xenonvergiftung ganz oder teilweise auszuregeln.
- die Qualität des Kühlmittels entsprechend der Kühlmittelspezifikation im Betrieb zu gewährleisten.

Das Volumenregelsystem ist ein Betriebssystem und wird zur Beherrschung von Auslegungstörfällen nicht benötigt. Bei Verfügbarkeit wird es jedoch herangezogen, damit der Einsatz von Sicherheitseinrichtungen (z. B. Zusatzboriersystem oder Not- und Nachkühlsystem bei kleinen Reaktorkühlsystemleckagen) nicht erforderlich wird. Um das Volumenregelsystem im Notstromfall weiter betreiben zu können, sind alle Pumpen und Motorarmaturen an das Notstromnetz 1 angeschlossen. Die Abschlußarmaturen des Reaktorkühlsystems zum Volumenregelsystem sind an das Notstromnetz 2 angeschlossen und damit von beiden Notstromnetzen versorgt (vgl. Abschn. 2.2.2.2).

#### Systembeschreibung

Die wesentlichen Komponenten des Volumenregelsystems sind:

- 2 Rekuperativ-Wärmetauscher
- 2 Hochdruckkühler
- 2 Hochdruck-Reduzierstationen
- 1 Niederdruck-Reduzierstation
- 1 Volumenausgleichsbehälter
- 3 Hochdruckförderpumpen
- 1 Begasungseinrichtung

An einem der vier Kühlkreise des Reaktorkühlsystems schließt auf der Saugseite der Kühlmittelpumpe der Entnahmestutzen des Volumenregelsystems an.

Der Entnahmestrang teilt sich auf und führt innerhalb des Sicherheitsbehälters zu je einem Rekuperativ-Wärmetauscher, Hochdruckkühler und einer Hochdruck-Reduzierstation. Hinter der Hochdruck-Reduzierstation werden beide Stränge wieder vereinigt und in einer gemeinsamen Rohrleitung weitergeführt.

Die Entnahmeleitung durch den Sicherheitsbehälter ist durch je eine innen- und außenliegende Gebäudeabschlußarmatur absperrbar.

Es folgt im Bereich des Ringraumes der Einspeiseanschluß vom Not- und Nachkühlsystem über die Niederdruck-Reduzierstation. Dieser Anschluß dient dazu, auch im Nachkühlbetrieb das Kühlmittel reinigen und entgasen zu können.

Im Reaktorhilfsanlagengebäude sind die Anschlüsse zum Volumenausgleichsbehälter sowie Entnahme- und Einspeiseanschlüsse der angrenzenden Hilfsanlagen. Das sind im wesentlichen:

- Kühlmittelreinigung (KBE)
- Kühlmittelentgasung (KBG)
- Kühlmittellagerung (KBB)
- Chemikalieneinspeisung (KBD)
- Borsäure- und Deionateinspeisung (KBC)
- Gasversorgung und -verteilung für N<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> (QJB, QJC)
- Sperrwasserversorgung für Hauptkühlmittelpumpen (JEW)

Weitere Anschlüsse sind für das Anlagenentwässerungs- und -entlüftungssystem, Ableitungssystem für Sicherheitsventile, Deionatversorgung und Abgassystem vorhanden.

Der Volumenausgleichsbehälter hat Anschlüsse für

- Gasversorgung N<sub>2</sub> (QJB)
- Abgassystem (Spülgasstrom) (KPL)

sowie Dekontaminationseinrichtungen für Apparate und Behälter und das Ableitungssystem für Sicherheitsventile.

Vom Reaktorhilfsanlagengebäude führt die Rohrleitung zurück in den Ringraum, wo sie sich zu den drei HD-Förderpumpen aufteilt. Auf der Druckseite der Pumpen werden die Rohrleitungen zusammengefaßt, wobei ein Teilstrom zum Sperrwasserversorgungssystem der Hauptkühlmittelpumpen und Betrieb des Strahlverdichters abzweigt und der Hauptstrom durch den Sicherheitsbehälter ins Reaktorgebäude geführt wird. Die Durchdringung des Sicherheitsbehälters ist mit je einer innen- und außenliegenden Gebäudeabsperrramatur versehen.

Im Sicherheitsbehälter wird Kühlmittel über die beiden Rekuperativ-Wärmetauscher auf der Druckseite der Hauptkühlmittelpumpen in die vier Kühlkreise des Reaktorkühlsystems eingespeist.

Die Einspeiseleitungen des Volumenregelsystems nach den Rekuperativ-Wärmetauschern sind über eine Rohrleitung mit den Sprühkränzen des Druckhalters verbunden. Damit kann bei stehenden Kühlmittelpumpen eine Druckabsenkung im Reaktorkühlsystem durch Einsprühen eines Teilstromes in den Druckhalter durchgeführt werden (Druckhalterhilfssprühung).

Für Kontrollen, z. B. der Borkonzentration, hat das Volumenregelsystem Anschlüsse an das Probeentnahmesystem (siehe Abschn. 2.8.5), wobei die Entnahme aus der Leitung im Sicherheitsbehälter und die Rückführung in das Volumenregelsystem im Reaktorhilfsanlagengebäude erfolgt.

Beim Anfahren des Reaktors sind zwei Hochdruckförderpumpen und beide Hochdruckkühler mit beiden Hochdruck-Reduzierstationen in Betrieb, um eine wirksame Abkühlung der gegenüber dem Leistungsbetrieb um die Expansionsrate des Kühlmittels erhöhten Entnahmerate zu ermöglichen und den erhöhten Durchsatz über den Entnahmestrang abführen zu können.

Im Leistungsbetrieb des Reaktors fördert eine Hochdruckförderpumpe über beide Rekuperativ-Wärmetauscher in das RKS.

Beim Abfahren des Reaktors sind zwei Hochdruckförderpumpen in Betrieb. Diese Fahrweise ermöglicht eine ausreichende Entnahmerate und damit Aufwärmung der Einspeiserate in den Rekuperativ-Wärmetauschern, trotz des beim Abkühlen notwendigen Ausgleichs der Volumenkontraktion im Reaktorkühlsystem. Über zwei Hochdruck-Reduzierstationen kann auch bei niedrigem Druck im Reaktorkühlsystem gegen Abfahrende genügend Kühlmittel entnommen werden.

Bei Ausfall einer HD-Förderpumpe wird die in Reserve stehende Pumpe zugeschaltet. Selbst bei Ausfall von zwei HD-Förderpumpen ist ein Weiterbetrieb möglich, da eine Pumpe für die Sperrwasserversorgung und (verlangsamtes) An- und Abfahren ausreicht.

Die Niveauregelung des Volumenausgleichsbehälters sorgt dafür, daß bei zu hohem Wasserstand das überschüssige borierte Wasser der Kühlmittellagerung zugeführt wird. Dies ist der Fall, wenn die Entnahmerate aus dem Reaktorkühlsystem größer als die Einspeiserate ist (z. B. beim Anfahren des Reaktors) oder wenn Deionat oder Borsäure aus den Kühlmittel- bzw. den Borsäurebehältern (KBC) eingespeist wird. Umgekehrt wird bei zu niedrigem Wasserstand Wasser mit einer Borkonzentration entsprechend der des Kühlmittels ins Volumenregelsystem eingespeist. Dadurch können auch kleinere Kühlmittelverluste im Reaktorkühlsystem ergänzt werden.

Die H<sub>2</sub>-Begasung des Kühlmittels zur Bindung von freiem Sauerstoff erfolgt mit einer Begasungseinrichtung auf der Saugseite der HD-Förderpumpen. Diese Einrichtung besteht aus

- einer Mischstrecke, die für eine möglichst gute Durchmischung des eingespeisten Wasserstoffs mit dem Kühlmittel sorgt
- einem Gasabscheider, der den nicht im Kühlmittel gelösten Wasserstoff wieder abscheidet
- H<sub>2</sub>-Strahlverdichter, der ständig einen H<sub>2</sub>-Überschuß vor die Mischstrecke fördert und das nicht gelöste Gas wieder aus dem Gasabscheider absaugt.

Das Treibmittel für den Strahlverdichter wird von der Druckseite der HD-Förderpumpen entnommen.

Der Wasserstoff, der im Kühlmittel in Lösung geht, wird aus dem zentralen Gasversorgungssystem nachgespeist, wobei das Wasserstoffvolumen in der Begasungseinrichtung und die maximal mögliche Nachspeisemenge so gewählt sind, daß bei Leckagen kein zündfähiges Gasgemisch entstehen kann.

#### Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

Das Volumenregelsystem ist als Betriebssystem dauernd in Funktion und wird nicht gesondert auf Funktionsbereitschaft geprüft. Nur solche Armaturen (Reaktorkühlsystem- und Gebäudeabschlußarmaturen), die bei Kühlmittelverluststörfall bzw. Einwirkung von außen durch den Reaktorschutz geschlossen werden, werden beim BE-Wechsel geprüft.

Tabelle 2.8.1.1/1VolumenregelsystemSystemauslegung

Anzahl HD-Förderpumpen in Betrieb	1/2/3	
Förderstrom der HD-Förderpumpen	10/18,5/25,5	kg/s
Einspeisestrom in das Reaktorkühlsystem	8,1/16,6/23,6	kg/s
Sperrwasserstrom für Hauptkühlmittelpumpen	1,6	kg/s
Entnahmestrom aus dem Reaktorkühlsystem (Reinigungsstrom)	8,8/17,3/24,3	kg/s
HD-Drosselleckage von den vier Hauptkühlmittelpumpen	0,9	kg/s

Hochdruckförderpumpe

Anzahl	3	
Typ	Kreiselpumpe	
Massenstrom	10	kg/s
Druckerhöhung	168	bar
Werkstoff (mediumberührt)	austenitischer Stahl	

Volumenausgleichsbehälter

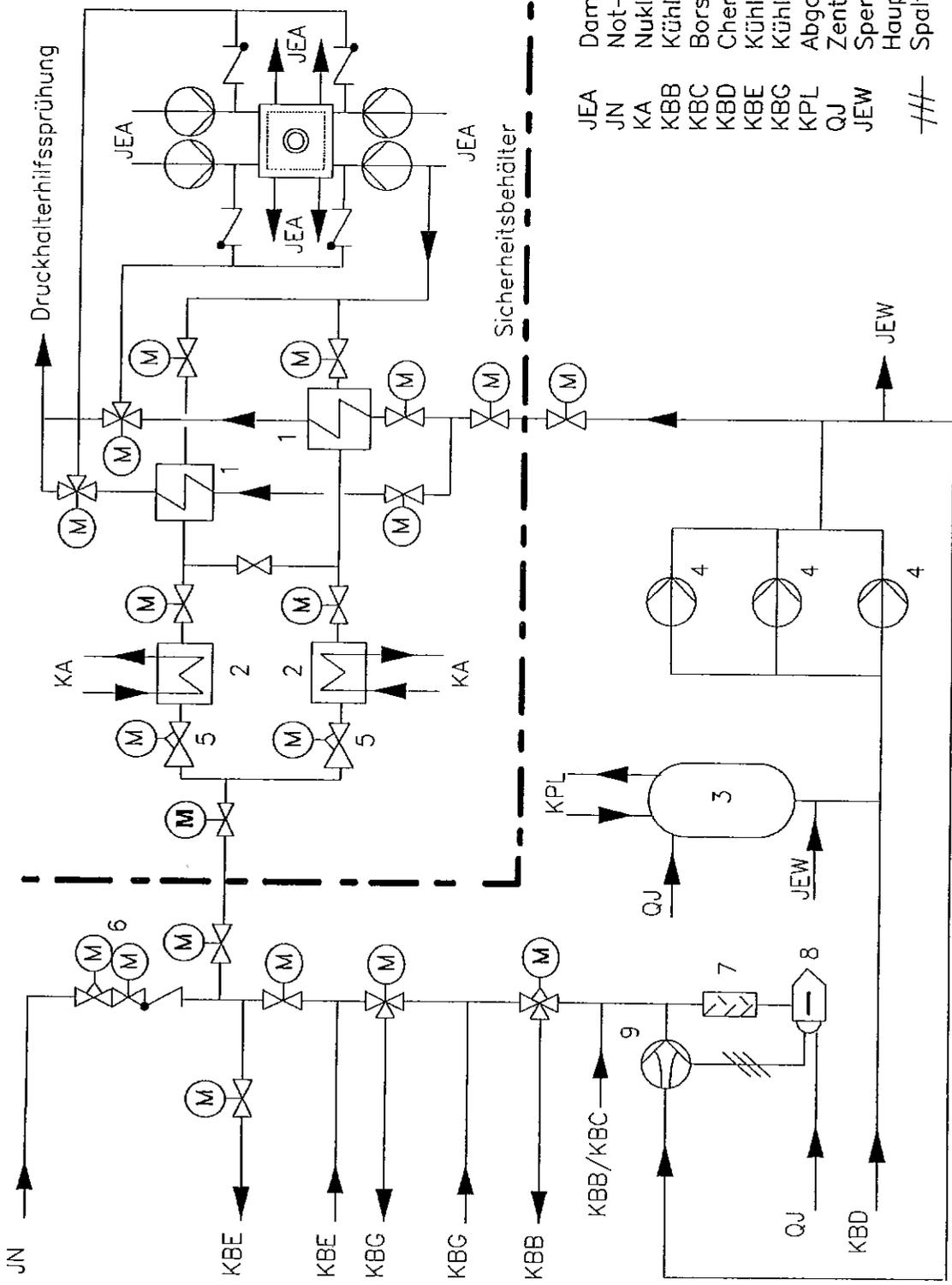
Anzahl	1	
Volumen brutto	26	m <sup>3</sup>
Betriebsüberdruck	ca. 1,7	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Werkstoff	austenitischer Stahl	

Rekuperativ-Wärmetauscher

Anzahl		2	
Rohrseite (Entnahmeleitung)			
Massenstrom (1 HDFP in Betrieb)		4,4	kg/s
Eintrittstemperatur bei Vollast	ca.	291	°C
Austrittstemperatur bei Vollast	ca.	100	°C
Mantelseite (Einspeiseleitung)			
Massenstrom (1 HDFP in Betrieb)		4,05	kg/s
Eintrittstemperatur bei Vollast	ca.	50	°C
Austrittstemperatur bei Vollast	ca.	260	°C
Werkstoff			
Rohre		austenitischer Stahl	
Mantel		austenitischer Stahl	

HD-Kühler

Anzahl		2	
Rohrseite (Kühlmittel)			
Massenstrom (1 HDFP in Betrieb)		8,8	kg/s
Eintrittstemperatur bei Vollast	ca.	100	°C
Austrittstemperatur bei Vollast	ca.	50	°C
Mantelseite (Zwischenkühlwasser)			
Massenstrom, regelbar	bis	95	kg/s
Werkstoff			
Rohre		austenitischer Stahl	
Mantel		austenitischer Stahl	



- 1 Reperativwärmetauscher
- 2 HD-Kühler
- 3 Volumenausgleichsbehälter
- 4 HD-Förderpumpen
- 5 HD-Reduzierstation
- 7 Mischstrecke
- 8 Gasabscheider
- 9 Strahlverdichter

- JEA Dampfzerzeuger
- JN Not- und Nachkühlsystem
- KA Nukleares Zwischenkühlsystem
- KBB Kühlmittelagerung
- KBC Borsäure- und Deionateinspeisungssystem
- KBD Chemikalieneinspeisungssystem
- KBE Kühlmittelreinigungssystem
- KBG Kühlmittelentgasungssystem
- KPL Abgassystem
- QJ Zentrale Gasversorgung
- JEW Sperrwasserversorgung für Hauptkühlmittelpumpen
- /// Spaltgase

Kernkraftwerk Stendal C/D	
Volumenregelsystem ( KBA )	
Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1.1/1	DWR 1300 08.90

## 2.8.1.2 Systeme zur Borsäure, Deionat- und Chemikalieneinspeisung (Tab. 2.8.1.2/1; Abb. 2.8.1/1 und 2.8.1.2/1)

### 2.8.1.2.1 System zur Borsäure- und Deionateinspeisung (KBC)

#### Aufgabenstellung und Auslegungsgrundlage

Dieses System hat die Aufgabe, durch Einspeisung von Borsäure und Deionat langsame Reaktivitätsänderungen betriebsmäßig auszugleichen sowie RKS, Becken und Behälter zu füllen.

Im einzelnen handelt es sich um folgende Aufgaben:

- im Anlagenbetrieb Einstellung der Borkonzentration im RKS zur Reaktivitätsregelung (insbesondere Kompensation von Reaktivitätsänderungen infolge Abbrandzunahme oder der Xenonkonzentration im Brennstoff durch Änderung der Reaktorleistung)
- bei Abkühlung des Reaktorkühlsystems (vor allem zum Brennelementwechsel) Borierung des Kühlmittels auf eine so hohe Borkonzentration, daß ein unterkritischer Zustand des Reaktors auch ohne Berücksichtigung der Steuerelemente gewährleistet ist
- Leckageergänzung von Kühlmittel, erforderlichenfalls mit Borsäurezusatz
- Bereitstellung von vierprozentiger Borsäure für die Borierbehälter des Zusatzboriersystems
- Bereitstellung von boriertem Wasser für das Brennelementbecken und für die Flutbecken und Druckspeicher des Not- und Nachkühlsystems

Beim Abkühlen des Reaktors muß die Borkonzentration erhöht werden. Die höchste Borierung auf 2200 ppm ist erforderlich, wenn der Reaktordruckbehälter geöffnet und der Reaktorraum geflutet wird, z. B. bei Brennelementwechsel. Das Volumen der Borsäurebehälter ist so bemessen, daß die notwendige Borsäure zum Aufkonzentrieren des Kühlmittels im RKS auf 2200 ppm in Form von vierprozentiger Borsäure gelagert werden kann.

Als Neutronenabsorber ist das Borisotop B10 mit seinem großen Einfangquerschnitt für thermische Neutronen maßgebend. Es ist im natürlichen Bor zu

19,61 % vorhanden. Die Wirksamkeit des Bors hängt vor allem von der Art der Reaktorkernbeladung und der Kühlmitteltemperatur ab (s. Kap. 2.6).

Die Einspeiserate einer Borsäurepumpe ist so festgelegt, daß beim Abkühlen entsprechend dem Abfahrtdiagramm (s. Abschn. 2.7.1) die für den Zustand „kalt unterkritisch“ erforderliche Borkonzentration erreicht ist, wenn die Hauptkühlmittelpumpen abgeschaltet werden.

Die Deionatrückspeisepumpen sind so bemessen, daß sie den von den HD-Förderpumpen zum Anfahren benötigten Deionatstrom fördern können.

Die Borsäure- und Deionateinspeisung ist ein reines Betriebssystem und wird nicht zur Beherrschung von Auslegungstörfällen benötigt. Hierzu steht das Zusatzboriersystem (s. Abs. 2.8.10) zur Verfügung. Um aber im Notstromfall das Volumenregelsystem weiter versorgen zu können, sind die Pumpen und Motorarmaturen der Borsäure- und Deionatstrecken an das Notstromnetz 1 angeschlossen.

### Systembeschreibung

Die wesentlichen Komponenten der Borsäure- und Deionateinspeisung sind:

- 2 Borsäurebehälter
- 2 Borsäurepumpen
- 1 Borsäureansatzbehälter mit Rührwerk
- 1 Borsäurespeisepumpe
- 2 Rückspeisepumpen für Deionat

Die Borsäure wird aus den Borsäurebehältern mit Hilfe einer Borsäurepumpe in das Volumenregelsystem auf der Saugseite der HD-Förderpumpen eingespeist. Zur Deionateinspeisung fördern die Rückspeisepumpen aus der Kühlmittellagerung ebenfalls auf die Saugseite der HD-Förderpumpen.

Der Borsäureansatzbehälter dient zum Ansetzen frischer Borsäure durch Lösung von handelsüblichem Borsäurepulver in vorgewärmtem Deionat. Dies ist erforderlich zur Erstfüllung der Borsäurebehälter, zur Deckung von Verlusten und zum Austausch abgereicherter Borsäure. Weiterhin werden aus dem Borsäureansatz-

behälter mit Hilfe der Borsäurespeisepumpe die Borierbehälter im Zusatzboriersystem, die Flutbecken und Druckspeicher des Not- und Nachkühlsystems und das BE-Becken mit frischer Borsäure gefüllt.

Die Borsäure- und Deionateinspeisung ist im Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet.

#### Angeschlossene Systeme

Neben den Verbindungen mit den genannten Systemen ist das Borsäure- und Deionateinspeisungssystem noch an das Probeentnahmesystem im Reaktorhilfsanlagegebäude angeschlossen.

An den Borsäureansatzbehälter sind angeschlossen:

- Deionatversorgung (GHC)
- Kühlmittelaufbereitung (KBF)
- Gebäudeentwässerungssystem, Reaktorhilfsanlagegebäude (KTH).

Die Borsäurebehälter sind angeschlossen an:

- Abgassystem (KPL)
- Kühlmittelaufbereitung (KBF)
- Ableitungssystem für Sicherheitsventile (KTE).

Alle Pumpen der Borsäure- und Deionateinspeisung mit Ausnahme der Borsäurespeisepumpe fördern direkt ins Volumenregelsystem.

#### Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

Da die Borsäure- und Deionateinspeisung ein Betriebssystem ist, werden keine gesonderten Funktionsprüfungen durchgeführt.

Die Konzentration der Borsäure in den Borsäurebehältern wird durch die Probeentnahmestellen auf der Druckseite der Borsäurepumpen überwacht.

### 2.8.1.2.2 System zur Chemikalieneinspeisung (KBD)

#### Aufgabenstellung und Systembeschreibung

Die Chemikalieneinspeisung hat die Aufgabe, dem Kühlmittel zur Sauerstoffbindung vor dem Anfahren Hydrazin und zur Einhaltung des geforderten pH-Wertes Lithium 7-Hydroxid beizumischen. Die dafür notwendigen verdünnten Lösungen können im Chemikalienansatzbehälter angesetzt und mit einer Chemikaliendosierpumpe auf die Saugseite der HD-Förderpumpen des Volumenregelsystems eingespeist werden. Der Chemikalienansatzbehälter enthält ein Rührwerk zur Durchmischung und ist an die Deionatversorgung und die Gebäudeentwässerung des Reaktorhilfsanlagegebäudes angeschlossen.

Die Chemikalieneinspeisung ist als reines Betriebssystem im Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet.

#### Angeschlossene Systeme

Das Chemikalieneinspeisungssystem ist neben dem Volumenregelsystem an die Deionatversorgung und das Gebäudeentwässerungssystem im Reaktorhilfsanlagegebäude angeschlossen.

#### Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

Da das System zur Chemikalieneinspeisung ein reines Betriebssystem ist, werden keine gesonderten Funktionsprüfungen vorgesehen.

**Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes**

Da das System zur Chemikalieneinspeisung ein reines Betriebssystem ist, werden keine gesonderten Funktionsprüfungen vorgesehen.

Tabelle 2.8.1.2/1System zur Borsäure- und DeionateinspeisungSystemauslegung

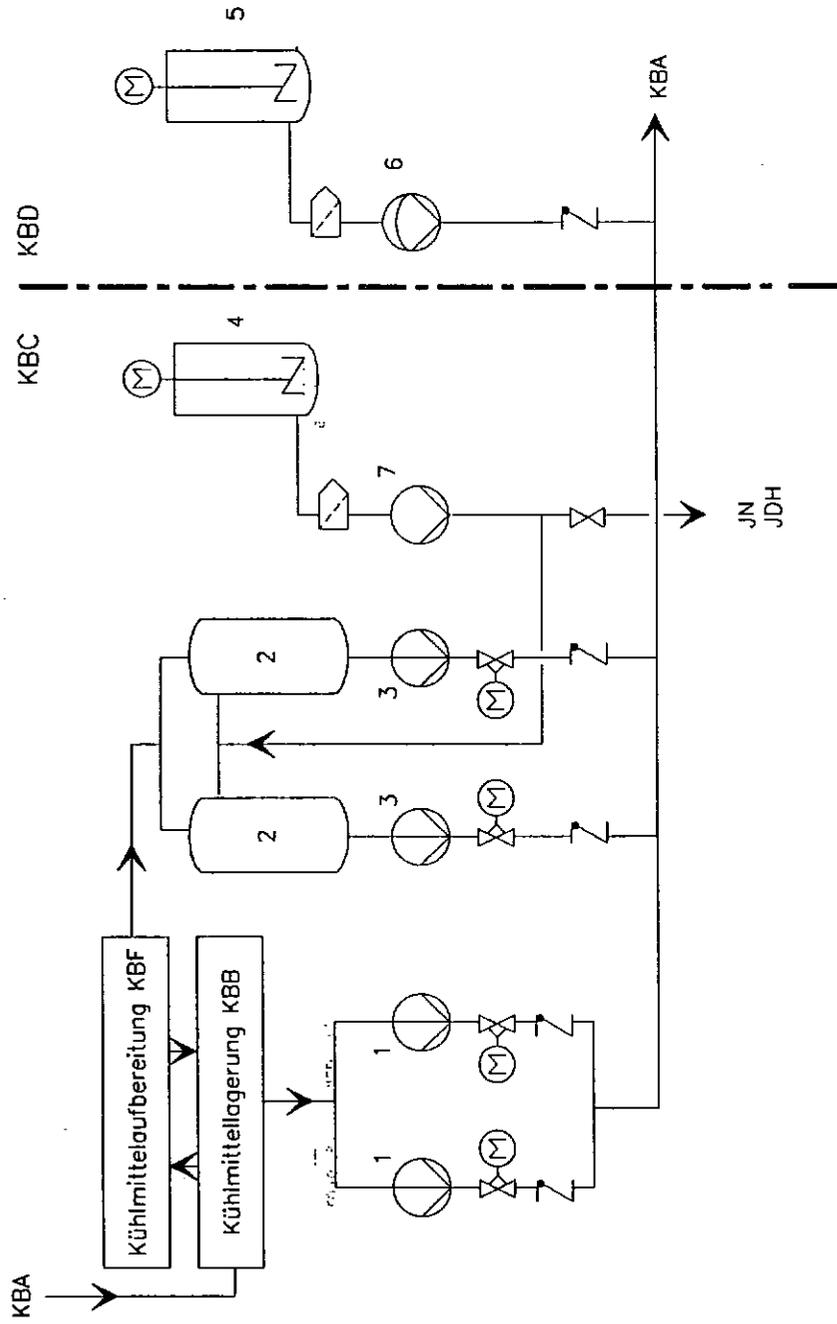
Speicherkapazität für Borsäure	212	m <sup>3</sup>
Konzentration der gespeicherten Borsäure	4	%
Borkonzentration (1 % B = 5,71 % H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	7000	ppm
Boriergeschwindigkeit im Reaktorkühlsystem (bei 1475 ppm Borkonzentration; ein Borsäure- einspeisestrang in Betrieb)	0,11	ppm/s

Borsäurebehälter

Volumen netto	2 x 10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Werkstoff	austenitischer Stahl	

Borsäure-Ansatzbehälter

Volumen netto	1 x 10	m <sup>3</sup>
Werkstoff	austenitischer Stahl	



- 1 Deionatrückspeisepumpe
- 2 Borsäurebehälter
- 3 Borsäurepumpe
- 4 Borsäureansatzbehälter
- 5 Chemikalienansatzbehälter
- 6 Chemikaliendosierpumpe
- 7 Borsäurespeisepumpe

JDH Zusatzboriersystem  
 JN Not- u. Nachkühlsystem  
 KBA Volumenregelsystem

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Borsäure- u. Deionateinspeisung ( KBC ) Chemikalieneinspeisung ( KBD ) Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1.2/1	DWR 1300 08.90

### 2.8.1.3 Systeme für Kühlmittelreinigung und Kühlmittelentgasung

(Abb. 2.8.1/1, 2.8.1.3/1 u. 2)

#### 2.8.1.3.1 Kühlmittelreinigungssystem (KBE)

##### Aufgabenstellung und Auslegungsgrundlagen

Die kontinuierliche Reinigung des Kühlmittels sorgt dafür, daß die spezifizierte Wasserchemie für die alkalische Fahrweise des Reaktorkühlsystems eingehalten wird, bei der dem Kühlmittel neben Lithium 7-Hydroxid noch Borsäure und Wasserstoff zugesetzt werden. Die Einhaltung dieser Wasserchemie stellt an die Kühlmittelreinigung folgende Anforderungen:

- Entfernung von Korrosionsprodukten entsprechend der Kühlmittelspezifikation
- Entfernung von Spalt- und Aktivierungsprodukten, insbesondere ausreichende Dekontaminationswirksamkeit für Caesiumisotope)
- Keine Veränderung der Bor- und Lithium 7-Konzentration im Kühlmittel bei der kontinuierlichen Reinigung mit Entfernung des durch die Kernreaktion  $B_{10}(n, \alpha) Li_7$  entstehenden  $Li_7$ -Überschusses, um eine Überschreitung des oberen  $Li_7$ -Spezifikationswertes zu vermeiden

Zur Reinigung des aufzubereitenden Kühlmittels wird das aus der Kühlmittellagerung in die Kühlmittelaufbereitung geförderte Kühlmittel gefiltert.

Zur Zwischenlagerung verbrauchter Harze aus der kontinuierlichen Reinigung des Kühlmittels, der Reinigung des aufzubereitenden Kühlmittels und aus der BE-Beckenreinigung dienen die Harzabfallbehälter.

Jeder der beiden Mischbettfilter für die kontinuierliche Kühlmittelreinigung ist für einen Durchsatz ausgelegt, der dem Förderstrom zweier HD-Förderpumpen des Volumenregelsystems entspricht.

Die Mischbettfilter für die kontinuierliche Kühlmittelreinigung sind dabei für eine Standzeit von ca. 1 Jahr ausgelegt, während das Mischbettfilter für die Reini-

gung des aufzubereitenden Kühlmittels für eine Standzeit von ca. 1/2 Jahr ausgelegt ist.

### Systembeschreibung

Die wichtigsten Komponenten des Kühlmittelreinigungssystems sind:

- 3 Mischbettfilter
- 2 Harzfänger
- 2 Harzabfallbehälter
- 1 Harzspülpumpe

Zur kontinuierlichen Reinigung des Kühlmittels wird ein Volumenstrom aus dem Volumenregelsystem zum Kühlmittelreinigungssystem abgeleitet, strömt über ein Mischbettfilter mit nachgeschaltetem Harzfänger und wird dem Volumenregelsystem vor dem Volumenausgleichsbehälter wieder zugeführt.

Die zwei dafür vorgesehenen Mischbettfilter des Kühlmittelreinigungssystems werden wechselweise mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen betrieben. Sie enthalten die gleiche Harzmenge im gleichen Mischungsverhältnis von Kationen- zu Anionenaustauscherharzen. Das eine Mischbettfilter dient als HauptreinigungsfILTER und ist mit  $\text{Li}^+$  bzw.  $\text{BO}_3^-$  beladen. Das andere Mischbettfilter dient als Lithium- und Caesiumentzugsfilter und wird in der  $\text{H}^+$  bzw.  $\text{OH}^-$  beladenen Form eingesetzt. Ist das HauptreinigungsfILTER in seiner Wirksamkeit erschöpft, wird das Lithiumentzugsfilter als ReinigungsfILTER geschaltet. Dies geschieht folgendermaßen:

Das Lithiumentzugsfilter wird durch diskontinuierliches Zudosieren aus dem Borsäure- und Deionateinspeisesystem (KBC) bzw. dem Chemikalieneinspeisesystem (KBD) mit  $\text{BO}_3^-$  bzw.  $\text{Li}^+$  zum Gleichgewicht weiterbeladen und dient dann als HauptreinigungsfILTER.

Die den Mischbettfiltern nachgeschalteten Harzfänger halten Harzabrieb, der evtl. im Laufe der Einsatzzeit in den Mischbettfiltern entsteht, zurück. Außerdem werden aufgrund der Filterfeinheit kolloidal gelöste Verunreinigungen aus dem Kühlmittel entfernt.

Im stationären Nachkühlbetrieb erfolgt die Verbindung des Kühlmittelreinigungssystems mit den Nachkühlsträngen 2 bzw. 3, indem der Anschluß hinter dem Nachwärmekühler zur ND-Reduzierstation des Volumenregelsystems freigeschaltet wird, von wo der Reinigungsstrom an das Kühlmittelreinigungssystem weitergeleitet und nach Rückführung in das Volumenregelsystem in das Reaktorkühlsystem eingespeist wird (siehe Abschn. 2.8.2.2.4.2).

Zur Reinigung des aufzubereitenden Kühlmittels aus einem Lagerbehälter ist zwischen der Kühlmittellagerung und der Kühlmittelaufbereitung nach den Verdampferspeisepumpen ein Mischbettfilter zur Rückhaltung von Verunreinigungen geschaltet (s. Abschn. 2.8.1.4).

Nach Erschöpfung werden die Harze hydraulisch mit Hilfe einer Harzspülpumpe in einen Harzabfallbehälter transportiert, wo sie bis zum Abtransport zwischengelagert werden. Die Harzabfallbehälter dienen auch zur Zwischenlagerung der verbrauchten Harze aus der BE-Beckenreinigung. Die erschöpften Harze werden hydraulisch über die Harzübergabestation in einen Transportbehälter oder zum Harzdosiergefäß zur Behandlung radioaktiver Konzentrate (KPC) gespült.

Die Behälterfüllung der Mischbettfilter mit frischen  $H^+$  und  $OH^-$  beladenen Harzen wird durch die Harzeinfüllöffnung eingebracht, anschließend werden die Kationen- und Anionenaustauscherharze durch Einblasen von Stickstoff durchmischt.

Das Kühlmittelreinigungssystem ist im Reaktorhilfsanlagengebäude angeordnet. Die Bedienung des Systems erfolgt vor Ort.

#### Angeschlossene Systeme

Neben den Verbindungen zum Volumenregelsystem, BE-Beckenreinigungssystem, Kühlmittelaufbereitung und der Behandlung radioaktiver Konzentrate sind an das Kühlmittelreinigungssystem ferner angeschlossen:

- Deionatversorgung (GHC)
- Nukleartechnisches Probeentnahmesystem (KU)

- Behandlung radioaktiver Abwässer (KPF)
- Dekontaminierungssystem für Apparate und Behälter (FKE)
- Abgassystem (KPL)
- Zentrale Gasversorgung N<sub>2</sub> (QJB)
- Anlagenentwässerungs- und -entlüftungssystem, Reaktorhilfsanlagengebäude (KTC)

### Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

Das Kühlmittelreinigungssystem wird als reines Betriebssystem nicht gesondert funktionsgeprüft.

#### 2.8.1.3.2 Kühlmittelentgasungssystem (KBG)

##### Aufgabenstellung und Auslegungsgrundlagen

Die Aktivität des Kühlmittels besteht zu einem großen Teil aus gasförmigen Spaltprodukten. Im Gegensatz zu den in Ionen-Form vorhandenen oder festen radioaktiven Stoffen, die in den Mischbettfiltern des Kühlmittelreinigungssystems beseitigt werden, müssen die Gase dem Kühlmittel entzogen werden, um ihr Ausströmen beim Öffnen des RKS in die Raumluft zu verhindern und die Direktstrahlung aus dem Kühlmittel abzubauen. Dieser Gasentzug erfolgt vor einem Brennelementwechsel oder einer Reparatur am Reaktorkühlsystem zur Verminderung der Aktivitätskonzentration im Kühlmittel.

Gleichzeitig entzieht die Anlage den im Kühlmittel enthaltenen Wasserstoff.

Das Kühlmittelentgasungssystem ist für einen Kühlmitteldurchfluß ausgelegt, der dem Förderstrom zweier HD-Förderpumpen des Volumensystems entspricht.

##### Systembeschreibung

Das Kühlmittelentgasungssystem besteht aus folgenden wesentlichen Komponenten:

- Entgaserkolonne
- Entgaserabziehpumpe
- Verdampfer
- Kondensator
- Gaskühler
- Entgaservakuumpumpe

Das Kühlmittel wird dem Entgaser aus dem Volumenregelsystem nach Durchströmen der Kühlmittelreinigung mit einer Temperatur von ca. 50 °C zugeleitet. Der dieser Temperatur entsprechende Siededruck wird mit der Entgaservakuumpumpe aufrechterhalten.

Das Kühlmittel gelangt in den Kopf der Entgaserkolonne und rieselt über Austauschböden in den Sumpf der Kolonne, Im angeschlossenen Verdampfer wird ein kleiner Teil verdampft. Dieser Dampf strömt dem aus dem Kopf der Kolonne herabrieselnden Kühlmittel entgegen und treibt dabei die Gase aus. Der Dampf wird im Kondensator niedergeschlagen und in den Kopf der Kolonne zurückgeleitet.

Die freiwerdenden Gase werden von der Entgaservakuumpumpe an das Abgassystem abgeführt. Gleichzeitig wird dem Gasstrom aus dem Abgassystem soviel inertes Gas zugemischt, daß eine Explosionsgefahr durch H<sub>2</sub> sicher vermieden wird.

Das im Sumpf der Entgaserkolonne vorhandene entgaste Kühlmittel wird mit der Entgaserabziehpumpe wieder in das Volumenregelsystem vor dem Volumenausgleichsbehälter eingespeist.

Das Kühlmittelentgasungssystem ist als reines Betriebssystem im Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet.

#### Angeschlossene Systeme

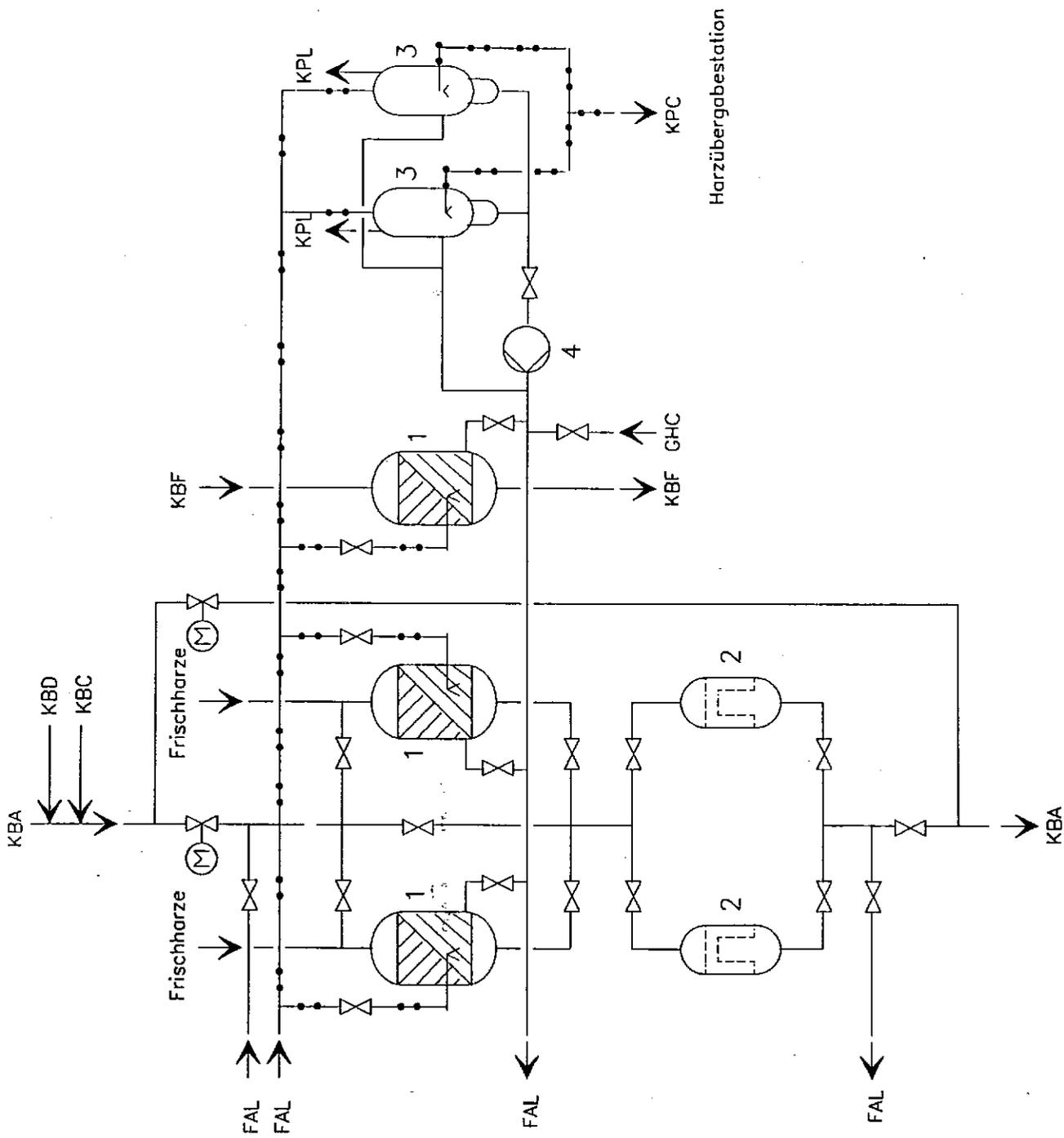
Neben den Anschlüssen an das Volumenregel-, Abgas- und Hilfsdampfsystem hat das Kühlmittelentgasungssystem außerdem Anschlüsse zu folgenden Systemen:

- Nukleartechnischer Zwischenkühlkreislauf (Betrieblicher Teil) (KAB)

- Kaltwasserversorgung (KJM)
- Deionatversorgung (GHC)
- Hilfsdampfleitungs- und Hilfsdampfkondensatsystem (LBG, LCN)
- Nukleartechnische Probeentnahmesysteme (KU)
- Anlagenentwässerungs- und -entlüftungssystem, Reaktorhilfsanlagengebäude (KTC)
- Ableitungssystem für Sicherheitsventile (KTE).

#### Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

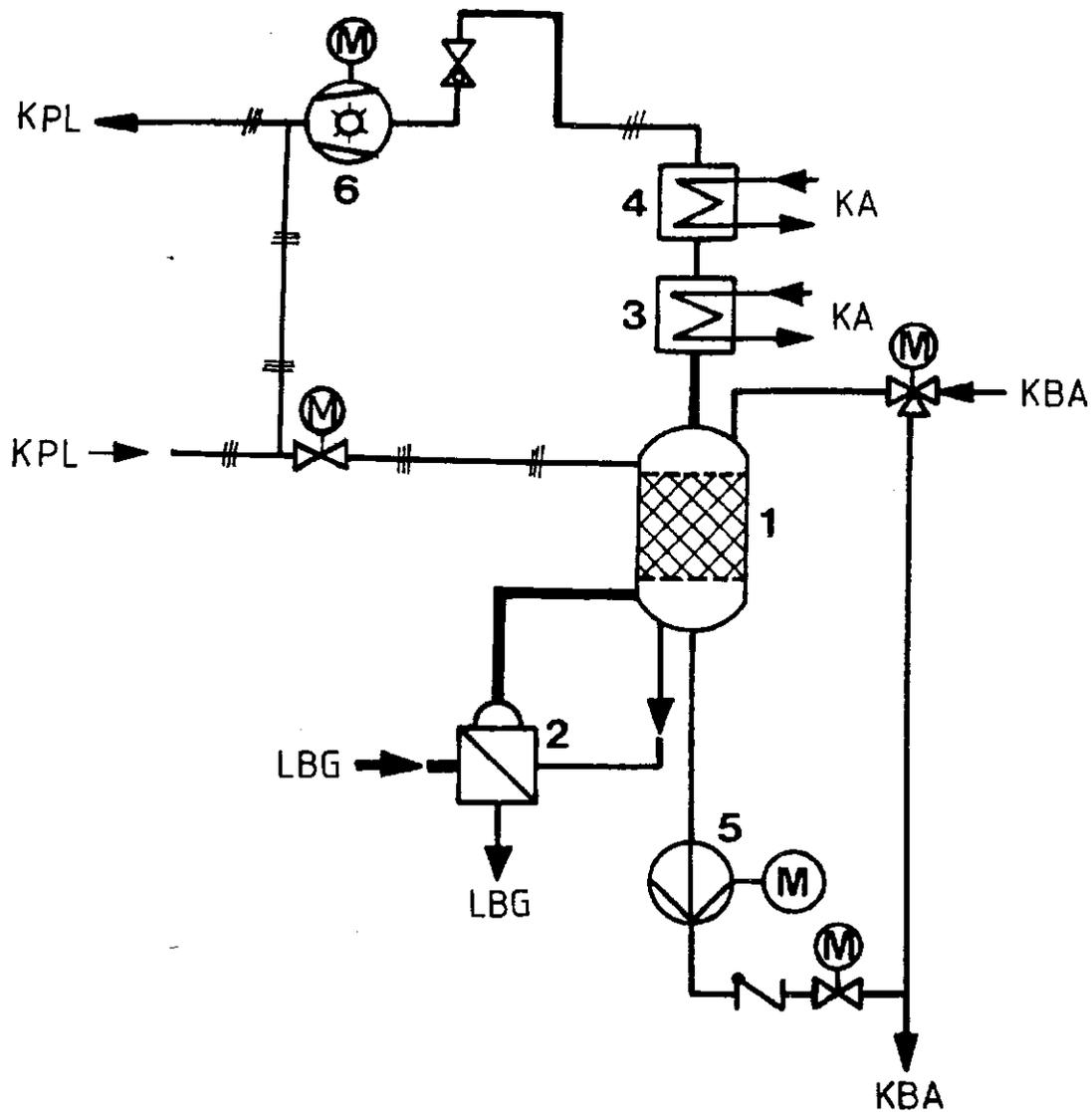
Da das Kühlmittelentgasungssystem ein reines Betriebssystem ist, werden keine gesonderten Funktionsprüfungen durchgeführt.



- 1 Mischbettfilter
- 2 Harzfänger
- 3 Harzabfallbehälter
- 4 Harzspülpumpe

- FAL BE-Beckenreinigungssystem
- GHC Deionatversorgung
- KBA Volumenregelsystem
- KBC Borsäure- und Deionateinspeisungssystem
- KBD Chemiekalieneinspeisungssystem
- KBF Kühlmittelaufbereitung
- KPC Behandlung radioaktiver Konzentrate
- KPL Abgassystem
- Harzspüleitung

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Kühlmittelreinigungssystem ( KBE )	
Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1.3/1	DWR 1300 08.90



- 1 Entgaserkolonne
- 2 Verdampfer
- 3 Kondensator
- 4 Gaskühler
- 5 Entgaserabziehpumpe
- 6 Entgaservakuumpumpe

- KA Nukleares Zwischenkühlsystem
- KBA Volumenregelsystem
- KPL Abgassystem
- LBG Hilfsdampfsystem

/// Spaltgase,  $H_2$ ,  $N_2$

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Kühlmittelentgasungssystem ( KBG )	
Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1.3/2	DWR 1300 08.90

#### 2.8.1.4 System für Kühlmittellagerung und Kühlmittelaufbereitung (KBB, KBF)

(Tab. 2.8.1.4/1; Abb. 2.8.1/1 u. 2.8.1.4/1)

##### Aufgabenstellung und Auslegungsgrundlagen

Das System Kühlmittellagerung und -aufbereitung hat folgende Aufgaben:

- Aufnahme und Zwischenlagerung des beim Anfahren, bei Laständerungen und bei der Abbrandkompensation anfallenden Kühlmittels
- Aufnahme und Zwischenlagerung des aus der Anlagenentwässerung anfallenden Kühlmittels
- Aufnahme und Zwischenlagerung des anfallenden aktiven Kühlmittels nach Ansprechen von Sicherheitsventilen in den kühlmittelführenden Systemen der Hilfs- und Nebenanlagen
- Bereitstellung von Deionat für die oben aufgeführten Betriebsvorgänge
- Entborierung des bei den oben aufgeführten Betriebsvorgängen und des in der Anlagenentwässerung anfallenden Kühlmittels
- Aufkonzentrierung der bei der Entborierung anfallenden Borsäure auf 4 %
- Entgasung nach der Entborierung, wenn das Kühlmittel an das System zur Behandlung flüssiger radioaktiver kontaminierter Abfälle abgegeben werden soll
- Zusatzwasserentgasung

Die Speicherkapazität der Kühlmittellagerung wird durch die Deionatmenge bestimmt, die bei einer unteren vorgegebenen Borkonzentration von 100 ppm und Xenongleichgewicht für ein Anfahren erforderlich ist, wobei auch das Ausdehnungswasser aufgenommen werden muß.

Vor dem Anfahren der Reaktoranlage sind von den sechs Kühlmittelbehältern 4 mit Deionat gefüllt und zwei leer. Der eine leere Behälter ist zur Aufnahme des Ausdehnungswassers beim Anfahren bestimmt, der andere dient zur Aufnahme des borierten Wassers bei Borkonzentrationsänderungen des Kühlmittels.

Im Leistungsbetrieb des Reaktors ist ständig ein Lagerbehälter zur Aufnahme von boriertem Kühlmittel aus dem Volumenregelsystem und Abgabe über eine Verdampferspeisepumpe und Kühlmittelreinigung an die Kühlmittelaufbereitung

und ein zweiter Lagerbehälter zur Abgabe von aufbereitetem Kühlmittel über das Borsäure- und Deionateinspeisungssystem an das Volumenregelsystem und gleichzeitiger Aufnahme von Kühlmittel aus der Kühlmittelaufbereitung geschaltet. Bei Änderungen der Borkonzentration im Reaktorkühlsystem wird den Kühlmittelbehältern etwa die gleiche Deionatmenge entnommen wie Kühlmittel in den Kühlmittelbehältern anfällt, so daß sich der Füllungsgrad der 6 Lagerbehälter nicht wesentlich ändert.

Ist eine Ergänzung von Kühlmittel erforderlich, wird der Strang zur Kühlmittelreinigung-Aufbereitung abgeschaltet und es wird aus der Deionatversorgung über den Zusatzvorwärmer, die Entgaserkolonne und die Entgaserabziehpumpe das fehlende Kühlmittel in den zweiten Lagerbehälter nachgespeist.

Der Durchsatz durch die Borsäureanreicherungsanlage der Kühlmittelaufbereitung ergibt sich aus der Forderung, daß das durch die täglich durchzuführende Abbrandkompensation und Lastzyklen anfallende Borwasser aufbereitet werden muß.

Die Entgaseranlage ist für den gleichen Durchsatz wie die Borsäureanreicherungsanlage ausgelegt.

### Systembeschreibung

Die Kühlmittellagerung besteht im wesentlichen aus

- 6 Kühlmittelbehältern.

Die Kühlmittelaufbereitung wird unterteilt in

- eine Verdampferanlage zur Auftrennung des Kühlmittels in Borsäure und Deionat
- eine Kühlmittelentgaseranlage zur Entfernung der Gase aus dem entborierten Kühlmittel.

Die Kühlmittelbehälter der Kühlmittellagerung sind direkt über die Borwasserleitung an das Volumenregelsystem vor dem Volumenausgleichsbehälter angeschlossen. In diesen Behältern wird aus dem Volumenregelsystem anfallendes

Kühlmittel bis zur Aufbereitung bzw. Rückspeisung gelagert. Jeder der Kühlmittelbehälter hat einen Anschluß über die Deionatleitung an die Borsäure- und Deionateinspeisung. Dadurch ist es möglich, dieselben Kühlmittelbehälter entweder für die Kühlmittel-Zwischenlagerung oder für die Lagerung des in der Kühlmittelaufbereitung gewonnenen Deionats für den nächsten Kühlmittelaustausch zur Verfügung zu halten.

Sollte ein Umpumpen von einem zum anderen Kühlmittelbehälter erforderlich sein, so ist dies mit den Verdampferspeisepumpen über eine Bypassleitung möglich.

Das aufzubereitende Kühlmittel wird mit einer Verdampferspeisepumpe durch ein Mischbettfilter (siehe Abs. 2.8.1.3.1) gefördert, ehe es in die Borsäureanreicherungsanlage fließt. Es gelangt über ein Regelventil und einen brüdenbeheizten Rekuperativ-Vorwärmer in die Verdampferkolonne. Im angeschlossenen Verdampfer wird die Lösung verdampft. Die aufsteigenden Brüden durchströmen die Bodenkolonne, werden teilweise bereits im Rekuperativ-Vorwärmer kondensiert und schließlich im Kondensator vollständig niedergeschlagen. Um zu verhindern, daß Dampf mit den freiwerdenden Gasen in das abgeschlossene Abgassystem gelangt, wird das Gas-Dampfgemisch hinter dem Kondensator durch einen Gaskühler geleitet und die Gase dabei abgekühlt. Das Verdampferkondensat wird mit einer Kondensatpumpe über einen Nachkühler in die Kühlmittellagerung gefördert. Ein Teil des Kondensats wird in den Kopf der Verdampferkolonne zurückgeführt. Dieses Rücklaufkondensat tritt mit dem aufsteigenden Brüden Dampf in Austausch, wobei die Borkonzentration im Dampf abnimmt.

Die im Sumpf der Kolonne abgezogene Borsäure wird in die Borsäurebehälter des Deionat- und Boreinspeisesystems geleitet.

Zum Entgasen wird das Kondensat mit einer Verdampferkondensatpumpe in die mit Füllkörpern gefüllte Entgaserkolonne gefördert.

Zum Entgasen von Zusatzwasser aus der Deionatversorgung wird dieses im mit Hilfsdampf beheizten Zusatzwasservorwärmer nahezu auf Siedetemperatur erwärmt, bevor es in die Entgaserkolonne geleitet wird. Zum Ansetzen von Borsäure wird aus der Deionatversorgung über den Zusatzvorwärmer ferner vorgewärmtes Deionat in das Borsäure- und Deionateinspeisungssystem (s. Abschn. 2.8.1.2.1) gefördert.

Ein kleiner Teil des entgasten Mediums wird im Verdampfer verdampft und als Trägergas für die abzuziehenden Spaltgase verwendet. Im Kondensator wird der Dampf niedergeschlagen. Ebenso wie bei der Verdampferkolonne wird das abgezogene Gas in einem Gaskühler abgekühlt. Das entgaste Deionat wird mit der Entgaserabziehpumpe in die Kühlmittelbehälter oder zur Lagerung radioaktiver Abwässer gefördert.

Die Kühlmittelbehälter werden kontinuierlich von einem Spülgasstrom aus dem Abgassystem durchströmt.

Das System zur Kühlmittellagerung und -aufbereitung ist als reines Betriebssystem im Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet. Die Kühlmittelbehälter-Armaturen sind an das Notstromnetz angeschlossen, so daß die Lagerung auch im Notstromfall funktionstüchtig bleibt. Im Notstromfall wird der Betrieb der Verdampfer- und Entgaseranlage eingestellt und die Ein- und Austrittsarmaturen dieses Systemsteils werden geschlossen.

#### Angeschlossene Systeme

Neben den Verbindungen zum Volumenregel-, Borsäure- und Deionateinspeisungs-, Kühlmittelreinigungs-, Deionatversorgungs-, Abgas-, Lagerung radioaktiver Abwässer und Ableitungssystem für Sicherheitsventile steht das System zur Kühlmittellagerung und -aufbereitung noch in Verbindung mit folgenden Systemen:

- Nukleares Zwischenkühlsystem (KA)
- Nukleartechnische Probenentnahmesysteme (KU)
- Anlagenentwässerungs- und -entlüftungssystem, Reaktorhilfsanlagegebäude (KTC)
- Gebäudeentwässerung, Reaktorhilfsanlagegebäude (KTH)
- Anlagenentwässerungssystem Reaktorgebäude (KTA)
- Hilfsdampf-, Hilfsdampfkondensatsystem (LBG, LCN)
- Dekontaminierungssystem für Apparate und Behälter (FKE)

Prüfmöglichkeiten während des Kraftwerk-Betriebes

Die Funktion der Meßgeräte für die Borsäurekonzentration wird regelmäßig geprüft.

Tabelle 2.8.1.4/1System für Kühlmittellagerung und -aufbereitungSystemauslegung

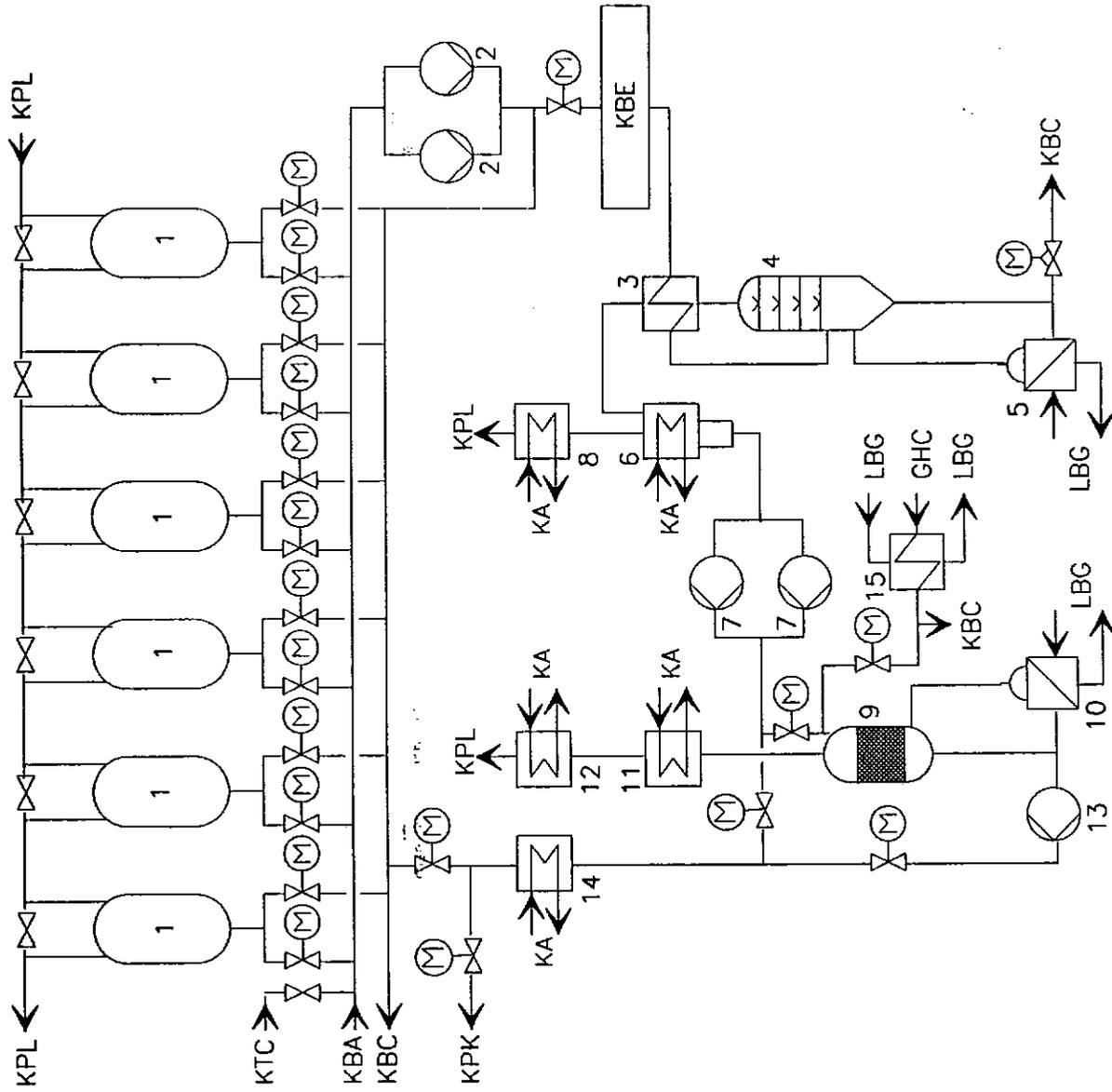
Erf. Kühlmittelspeicherkapazität für verzögerungs-  
freies Anfahren bei 100 ppm Bor 440 m<sup>3</sup> Deionat

Kühlmittelbehälter

Volumen netto 6 x 110 m<sup>3</sup>  
Werkstoff austenitischer Stahl

- 1 Kühlmittelbehälter
- 2 Verdampferheizpumpe
- 3 Rekuperativvorwärmer
- 4 Borsäurekolonne
- 5 Verdampfer
- 6 Kondensator
- 7 Kondensatpumpe
- 8 Gaskühler
- 9 Entgaserkolonne
- 10 Verdampfer
- 11 Kondensator
- 12 Gaskühler
- 13 Entgaserabziehpumpe
- 14 Nachkühler
- 15 Zusatzwasservorwärmer

- GHC Deionatversorgung
- KA Nukleares Zwischenkühlsystem
- KBA Volumenregelsystem
- KBC Borsäure- und Deionateinspeisungssystem
- KBE Kühlmittelreinigungssystem
- KPK Lagerung radioaktiver Abwässer
- KPL Abgassystem
- KTC Anlagenentwässerungs- u. -entlüftungssystem Reaktorhilfanlagengebäude
- LBG Hilfsdampfsystem



<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Kühlmittelanlage ( KBB )	
Kühlmittelaufbereitung ( KBF )	
Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.1.4/1	DWR 1300 08.90

## 2.8.2 Sicherheitskühlsystem

### 2.8.2.1 Auslegungsgrundsätze

(Abb. 2.8.2.1/1)

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die zur betrieblichen Wärmeabfuhr und zur Nachwärmeabfuhr jeweils eingesetzten Systeme gegeben.

#### Überblick über die betriebliche Nachwärmeabfuhr

Im Leistungsbetrieb wird die im Reaktorkern erzeugte Wärme über die Dampferzeuger an den Speisewasser-Dampf-Kreislauf abgeführt und im Turbogenerator in elektrische Energie umgewandelt. Die Regelung (Abschn. 2.14) sorgt dafür, daß die Energieerzeugung im Reaktor mit dem Leistungsbedarf des Turbogenerators übereinstimmt. Bei Laständerungen sowie beim An- und Abfahren wird der nicht benötigte Dampf über die Frischdampf-Umleitstation in den Turbinenkondensator abgeführt. Ist der Turbinenkondensator nicht verfügbar, z. B. nach Ausfall der Eigenbedarfsversorgung (d. h. im Notstromfall), wird der nicht benötigte Dampf über die Frischdampf-Abblaseregelventile bzw. die Frischdampf-Sicherheitsventile in die Atmosphäre abgeblasen.

Die Dampferzeuger-Bespeisung erfolgt aus dem Speisewasserbehälter über die Speisepumpen, deren 3 x 50 % Redundanz sich aus betrieblichen Verfügbarkeitsüberlegungen ergibt. Beim An- und Abfahren des Reaktors sowie bei abgeschaltetem Reaktor werden die Dampferzeuger von den notstromgesicherten 2 x 100 % (bezogen auf die Nachwärmeabfuhr bei gleichbleibender Temperatur, also ohne Berücksichtigung der Speicherenergie) An- und Abfahrpumpen gespeist. Diese sich ebenfalls aus betrieblichen Überlegungen ergebende Redundanz reicht aus, da bei Nichtverfügbarkeit der An- und Abfahrpumpen die redundanten Notspeisepumpen des energie- und medienautarken Notspeisesystems (Abschn. 2.8.2.3) die Dampferzeuger-Bespeisung übernehmen.

### Nachwärmeabfuhr

Auch nach Abschaltung des Reaktors und Unterbrechung der Kettenreaktion wird im Reaktorkern Nachzerfallswärme freigesetzt; beim Absenken der Systemtemperaturen, z. B. beim Abfahren, wird zusätzlich Speicherwärme frei. Beide Anteile ergeben die Nachwärme, die an eine Wärmesenke abgeführt werden muß. Auch die im Brennelementbecken abgestellten bestrahlten Brennelemente sind eine weitere Wärmequelle. Zur Nachwärmeabfuhr werden Systeme vorgesehen, deren Aufbau und Redundanzgrad sich aus Sicherheitsüberlegungen ergeben.

Nach den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ sind zwei Arten der Nachwärmeabfuhr zu unterscheiden:

#### Kriterium 4.2 Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb

„Ein zuverlässiges, redundantes System zur Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb muß vorhanden und so beschaffen sein, da auch nach Unterbrechung der Wärmeabfuhr vom Reaktor zur Hauptwärmesenke auch bei Auftreten eines Einzelfehlers im Nachwärmeabfuhrsystem die jeweils spezifizierten Grenzwerte für die Brennelemente, für die druckführende Umschließung des Reaktorkühlmittels sowie Sicherheitseinschluß nicht überschritten werden.“

#### Kriterium 4.3 Nachwärmeabfuhr nach Kühlmittelverlusten

„Ein zuverlässiges redundantes System für die Notkühlung (Notkühlsystem) des Reaktorkerns bei Kühlmittelverlusten muß vorhanden und so beschaffen sein, daß für die in Betracht kommenden Bruchgrößen, Bruchlagen, Betriebszustände und Transienten im Reaktorkühlsystem

1. das Notkühlsystem auch während Instandhaltungsvorgängen bei gleichzeitigem Auftreten eines Einzelfehlers im System seine sicherheitstechnische Aufgabe erfüllen kann,
2. die jeweils spezifizierten Grenzwerte für die Brennelemente, die Kerneinbauten und für den Sicherheitseinschluß nicht überschritten werden,

3. chemische Reaktionen auf ein sicherheitstechnisch unbedenkliches Maß beschränkt werden.“

Das Not- und Nachkühlsystem wird in seiner Nachwärmeabfuhrfunktion im Abschn. 2.8.2.2 beschrieben. Die für die Nachwärmeabfuhr an die Wärmesenke weiter benötigten Systeme (Nukleares Zwischenkühlsystem und Gesichertes Nebenkühlwassersystem bzw. Frischdampf-Abblaseventile und -Sicherheitsventile und Notspeisesystem) sind in Abschn. 2.11 bzw. 2.10.1 und 2.8.2.3 beschrieben.

#### 2.8.2.4 Notnachkühlketten

(Abb. 2.8.2.1/1)

Zur Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter bzw. aus dem BE-Becken nach Explosionsdruckwelle oder Flugzeugabsturz sind 2 Notnachkühlketten vorgesehen, von denen eine für die Wärmeabfuhr ausreicht. Es wird unterschieden zwischen Störfalleintritt bei

- Normalbetrieb und
- Brennelementwechsel bzw.
- Anfangs- und Endphase des Brennelement-Wechsels

Bei den oben genannten Einwirkungen wird unterstellt, daß das Notstromnetz 1 nicht verfügbar ist.

Die Pumpen der normalen Nachkühlketten sind jedoch in ihrer Leistung für die Notspeisediesel zu groß, deshalb sind den Pumpen zweier Nachkühlketten leistungskleinere Pumpen parallelgeschaltet, die auf die Betriebsweise nach EVA abgestimmt sind (Notnachkühlketten). Die Zuordnung der Pumpen zu den Systemen der normalen Nachkühlketten sind

- im Not- und Nachkühlsystem parallel zur Nachkühlpumpe die Beckenkühlpumpe,
- im Nuklearen Zwischenkühlsystem parallel zur Nuklearen Zwischenkühlpumpe die Notzwischenkühlpumpe
- im Nebenkühlwassersystem für Gesicherte Anlage parallel zur gesicherten Nebenkühlwasserpumpe die Notnebenkühlwasserpumpe.

Die zur den Notnachkühlketten gehörenden Beckenkühlpumpen übernehmen auch im Normalbetrieb die Umwälzung des Wassers zur BE-Beckenkühlung. Sie sind wie die Notzwischenkühlpumpen im Ringraum des Reaktorgebäudes installiert. Die 2 Notnebenkühlwasserpumpen sind jeweils in einem Nebenkühlwasserbauwerk untergebracht (s. Abschnitt 2.11).

Die Aufschaltung der Notnebenkühlwasserpumpen auf die Nebenkühlwasserleitungen erfolgt so, daß nur die Nuklearen Zwischenkühler der Notnachkühlketten mit Flußwasser beaufschlagt werden und nicht die gesicherten Zwischenkühler.

Die Inbetriebnahme der Notnackkühlketten erfolgt von Hand von der Notsteuerstelle aus, da im Störfall genügend Zeit zur Verfügung steht.

### Normalbetrieb

Erfolgt ein Flugzeugabsturz oder eine Explosionsdruckwelle während des Normalbetriebs, wird für die Auslegung davon ausgegangen, daß kein Personal zur Verfügung steht. Alle innerhalb der ersten 10 Stunden erforderlichen Maßnahmen laufen daher automatisch ab.

- Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlsystem  
Die automatische Nachwärmeabfuhr für 10 h bei Störfällen infolge EVA wird vom Notspeisesystem übernommen (s. Abschn. 2.2.2). Es ist möglich, die Nachwärme langfristig mit Hilfe einer der Notnackkühlketten abzuführen, anstatt durch Abblasen über Dach. Ein Übergang vom Abblasen über Dach auf Nachkühlbetrieb mit einer Notnackkühlkette setzt jedoch voraus, daß zuvor Druck und Temperatur des RKS mindestens auf die Auslegungswerte des Not- und Nachkühlsystems reduziert wurden.
- BE-Beckenkühlung  
Fallen die Nachkühlketten infolge EVA während des Normalbetriebes aus, wird die BE-Beckenkühlung unterbrochen. Spätestens nach 10 Stunden ist damit zu rechnen, daß wieder Personal zur Verfügung steht und die notwendigen Maßnahmen zur Abfuhr der Nachwärme aus dem BE-Becken durch eine Notnackkühlkette ergreift.

Zu diesem Zweck wird einer der beiden Notspeisediesel, die den Notnackkühlketten zugeordnet sind, abgeschaltet und durch Abkuppeln der Notspeisepumpe für die elektrische Versorgung der Notnackkühlkette freigemacht. Die Inbetriebnahme erfolgt von Hand vom Notspeisegebäude aus. Durch eine Anzeige in der Notsteuerstelle kann die Temperatur im BE-Becken verfolgt werden.

### Brennelement-Wechsel

Nach dem Abkühlen des Reaktors zum BE-Wechsel werden die im Stillstand nicht erforderlichen Notspeisepumpen von den Notspeisedieseln getrennt. Damit wird die für die Notnachkühlketten benötigte Leistung verfügbar. Bei einem Anforderungsfall infolge Einwirkungen von außen können dann beide Notnachkühlketten sofort zugeschaltet werden. Eine Kühlkette genügt zur Kühlung der im Reaktordruckbehälter befindlichen Brennelemente, die zweite steht zur Kühlung des Brennelementbeckens zur Verfügung. Bei ausgeladenem Reaktorkern können beide Notnachkühlketten zur Kühlung des Brennelementbeckens herangezogen werden. Auch bei Ausfall einer Notnachkühlkette wird die für diesen Fall zulässige BE-Beckentemperatur von 80 °C nicht überschritten.

### Anfangs- bzw. Endphase des BE-Wechsels

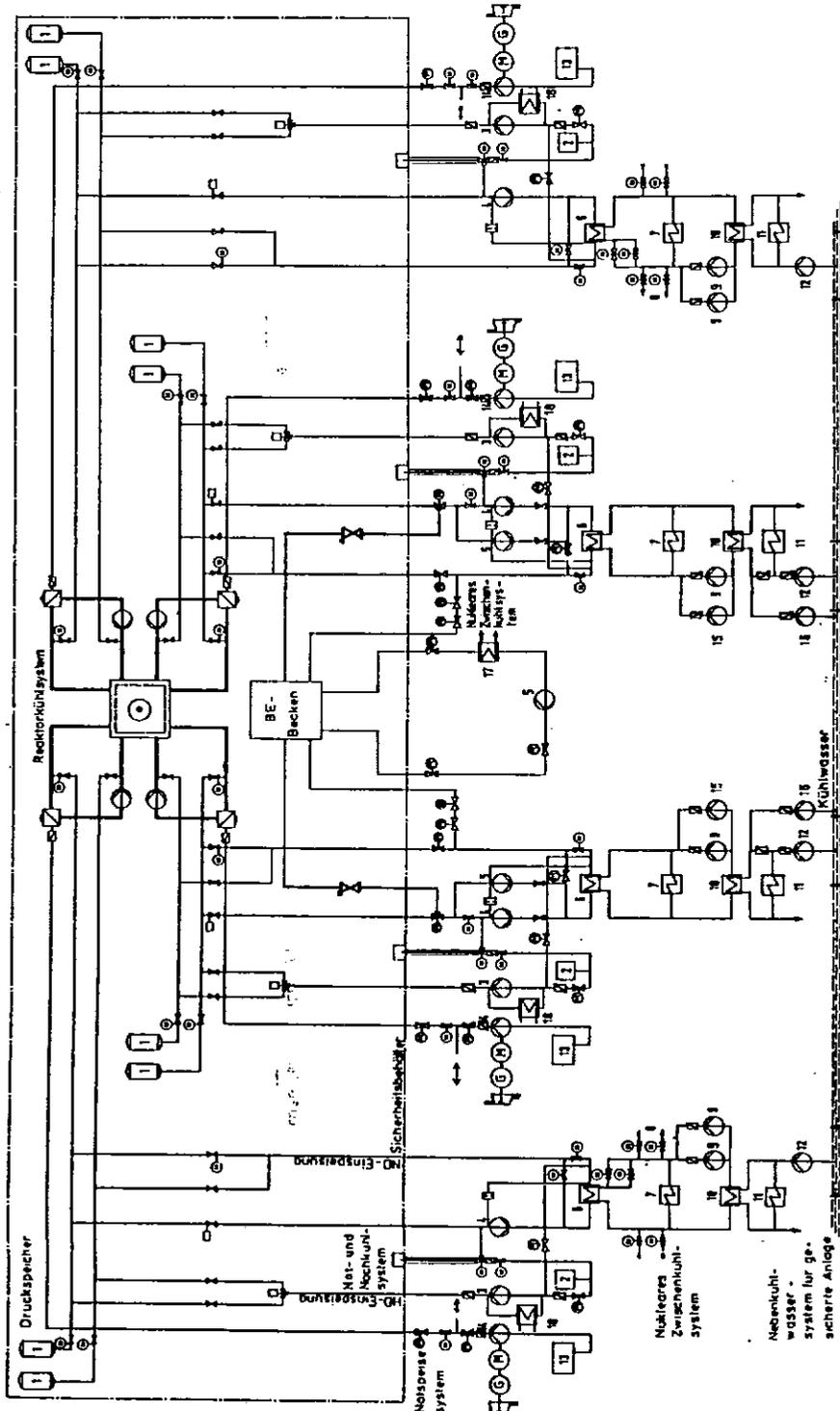
Ist der Wasserstand des RKS zum BE-Wechsel abgesenkt, so ist die Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger nicht möglich. Die Wärmeabfuhr wird von den normalen Nachkühlketten übernommen. Fallen diese infolge Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle aus, kann die Nachwärmeabfuhr aus dem RDB über eine Notnachkühlkette erfolgen.

### Prüfbetrieb

Die Pumpen der Notnachkühlketten werden regelmäßig geprüft.

Dazu muß in der Warte ein Schalter betätigt werden, wodurch die Inbetriebnahme der Notnebenkühlwasserpumpen und der Notzwischenkühlpumpen von der Warte aus erfolgen kann. Tritt während des Prüfbetriebes ein Anforderungsfall ein, wird vom Reaktorschutzsystem automatisch die Umschaltung auf die Notsteuerstelle vorgenommen; die Pumpen der Notnachkühlketten werden abgeschaltet. Die Beckenkühlpumpen können sowohl von der Warte als auch von der Notsteuerstelle aus gestartet werden.

- 1 Druckspeicher
- 2 Flutbecken
- 3 Sicherheitseinspeisepumpe
- 4 Nachkühlpumpe
- 5 Beckenkühlpumpe
- 6 Nachwärmekühler
- 7 Kühlstellen an Komponenten
- 8 Betriebliche Kühlstellen im Reaktor- und Hilfsanlagegebäude
- 9 Nukleare Zwischenkühlpumpe
- 10 Nuklearer Zwischenkühler
- 11 Gesicherter Zwischenkühler
- 12 Nebenkühlwasserpumpe (am Notstrom angeschlossen)
- 13 Deionatbecken
- 14 Notspeisepumpe
- 15 Notzwischenkühlpumpe
- 16 Notnebenkühlwasserpumpe
- 17 BE-Beckenkühler
- 18 Mindestmengenkühler



<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Sicherheitskühlsysteme und Notnach- und Nachkühlketten Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.2-1/1	DWR 1300 08.90

## 2.8.2.2 Not- und Nachkühlsystem (JN)

(Tab. 2.8.2.2/1; Abb. 2.8.2.2/1 u. 2)

### 2.8.2.2.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Not- und Nachkühlsystems ist die Nachwärmeabfuhr:

- im bestimmungsgemäßen Betrieb
- nach Kühlmittelverlusten

#### Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb

Daraus ergeben sich folgende Aufgaben:

- Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlsystem (RKS) beim Abfahren und das Herunterkühlen bis nahe Raumtemperatur, wenn die Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger nicht mehr möglich ist (Nachkühlen),
- Nachkühlen der im BE-Becken gelagerten bestrahlten Brennelemente

Darüber hinaus erfolgt auch das Fluten und Entleeren des Reaktorraumes beim BE-Wechsel.

#### Nachwärmeabfuhr nach Kühlmittelverlusten

Daraus ergeben sich folgende Aufgaben:

- Fluten des Kernes während eines Kühlmittelverluststörfalls. Dabei muß das System Leckquerschnitte vom „kleinen Leck“ bis zum 2F-Leck der Kühlmittelleitung beherrschen.
- Langzeitige Nachwärmeabfuhr nach einem Kühlmittelverluststörfall.

Darüber hinaus wird auch die Nachwärmeabfuhr aus dem BE-Becken bzw. aus dem geöffneten Reaktordruckbehälter nach Einwirkung von außen sichergestellt.

Damit das Not- und Nachkühlsystem zur Erfüllung seiner Aufgaben voll verfügbar bleibt, auch wenn die Eigenbedarfsversorgung ausfällt, ist es an das Notstromnetz angeschlossen.

#### 2.8.2.2.2 Auslegungsgrundlagen

##### 2.8.2.2.2.1 Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb

##### Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlsystem

In der Regel erfolgt die Übernahme der Nachwärmeabfuhr durch das Not- und Nachkühlsystem bei einer Kühlmitteltemperatur von ca. 120 °C und einem Kühlmitteldruck von ca. 32 bar. Normalerweise sind dabei 4 Nachkühlstränge in Betrieb. Die Abkühlgeschwindigkeit wird nach einer vorgegebenen Sollwertkurve (Abfahr- und Abkühlkurve) geregelt (Abschn. 4.2.2).

##### Brennelementbeckenkühlung (siehe auch Abschn. 2.8.4.1)

Abgebrannte Brennelemente werden bis zum Abtransport im Brennelementbecken zwischengelagert.

Für die BE-Beckenkühlung stehen 3 Kühlkreise - 2 verknüpfte und ein separater - zur Verfügung.

Bei Leistungsbetrieb wird die Wärme mit nur einem Beckenkühlkreis abgeführt.

Bei einer vollständigen Ausladung des gesamten Kerns sowie der zusätzlichen maximalen BE-Belegung aus früher erfolgten Brennelementwechseln sind die beiden verknüpften Beckenkühlkreise in Betrieb; in diesem Fall werden erforderlichenfalls die Nachkühlpumpen eingesetzt.

##### Fluten des Reaktorbeckens

Der in den Flutbecken gelagerte Wasservorrat ist so bemessen, daß das freie Volumen von Reaktorbecken, Abstellbecken und das nach Niveauabsenkung wieder

aufzufüllende Reaktorkühlsystem (gesamtes freies Volumen ca. 1400 m<sup>3</sup>) geflutet werden kann. Zum BE-Wechsel ebenso wie für die Sicherheitseinspeisung muß das vollentsalzte Wasser boriert sein (Borkonzentration ca. 2200 ppm bzw. Borsäurekonzentration ca. 1,25 %).

#### 2.8.2.2.2 Nachwärmeabfuhr nach Kühlmittelverlusten

Entscheidend für den Verlauf und die Folgen eines Kühlmittelverluststörfalles sind Lage, Form und vor allem Größe des Lecks. Dementsprechend sind auch die Gegenmaßnahmen zu unterscheiden. Das Not- und Nachkühlsystem ist daher so ausgelegt, daß es den jeweiligen Anforderungen entspricht.

#### 2F-Leck einer Kühlmittelleitung

Entsprechend den RSK-Leitlinien sind für die Auslegung des Not- und Nachkühlsystems und für die Analyse der Kernnotkühlwirksamkeit Leckquerschnitte in den Kühlmittelleitungen bis zu 2F zugrunde zu legen. Beim postulierten 2F-Leck („großes Leck“, siehe auch Abschn. 5.2.16.2) arbeitet das Not- und Nachkühlsystem wie folgt:

#### Kernfluten

Sinkt bei der Druckentlastung der Druck im RKS unter den Treibdruck der Druckspeicher, werden die Absperrarmaturen durch den Mediumdruck aufgestoßen und die Druckspeicher speisen selbsttätig ein; dies erfolgt vor dem Förderbeginn der Nachkühlpumpen.

Die Druckspeicher sind so ausgelegt, daß sie den Reaktordruckbehälter so schnell mit boriertem Wasser fluten, daß die Hüllrohrtemperaturen nicht unzulässige Werte annehmen und eine nachkühlbare Kerngeometrie erhalten bleibt. Durch das Fluten des Reaktorkerns mit boriertem Wasser wird der durch die Nachwärme und Speicherwärme bedingte Temperaturanstieg der Hüllrohre abgefangen und der Reaktorkern auf die Sättigungstemperatur des Wassers abgekühlt.

### Niederdruck-Einspeisung mit den ND-Nachkühlpumpen und HD-Sicherheitseinspeisepumpen

Nach dem Fluten des Kerns soll die Nachwärme ohne Verdampfungskühlung abgeführt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß möglicherweise die Hälfte des Förderstroms einer Nachkühlpumpe/Sicherheitseinspeisepumpe durch das Leck in den Sicherheitsbehältersumpf abfließt, ohne den Kern zu erreichen. Da dieser Teil der eingespeisten Borwassermenge nicht an der Kernkühlung teilnimmt, eilt der Sumpf in der Kühlung voraus, es bildet sich eine Mischtemperatur, die unter der Siedetemperatur liegt.

### Nachkühlung bei Sumpfbetrieb

Nach dem Einspeisen des für die HD- und ND-Einspeisung verfügbaren Vorrates an boriiertem Wasser ist im Sicherheitsbehältersumpf ein ausreichender Wasservorrat zusammengelaufen; die weitere Energieabfuhr erfolgt durch Kühlung und Rückspeisung dieses Wassers. Die Umschaltung auf Sumpfbetrieb erfolgt nach ca. 1200 Sekunden automatisch.

Die bei Sumpfbetrieb abzuführende Wärme ist eine Auslegungsgrundlage für die Kühlketten. Die zu Beginn des Sumpfbetriebes anfallende Nachwärme muß auch bei der höchsten auftretenden Nebenkühlwassertemperatur mit zwei arbeitenden Kühlketten (bestehend aus Not- und Nachkühlsystem, Nuklearem Zwischenkühlsystem (KA) und Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlagen (PE)) abgeführt werden können.

### Bruch von Anschlußleitungen

Bei größeren Lecks wird die Wärme durch Aufheizen des eingespeisten Borwassers durch das Leck in den Sumpf abgeführt; bei kleineren Lecks wird die Wärme je nach Leckgröße nur zum Teil über das Leck abgeführt.

Für die Auslegung wird deshalb zugrunde gelegt, daß die Energie ausschließlich über die Dampferzeuger abgeführt wird. Der Frischdampf wird entweder durch die FD-Umleitung in den Kondensator oder im Bedarfsfall durch die FD-Sicherheitsventile, bzw. Abblaseregelventile in die Atmosphäre abgegeben.

Der Abriß des größten Anschlußstutzens (Innendurchmesser 220 mm) an einer Kühlmittleitung bestimmt die Auslegung des Förderstroms der HD-Sicherheitseinspeisepumpen. Die Kühlmittelverluste sind so schnell zu ergänzen, daß der Wasserspiegel die Kernoberkante wieder bedeckt, bevor unzulässige Hüllrohrtemperaturen erreicht werden. Sinkt der Druck im RKS unter den Treibdruck der Druckspeicher, speisen diese zusätzlich ein. Eine weitere Druckabsenkung im RKS unter 10 bar bewirkt das Fluten des Kerns mit den Nachkühlpumpen. Die HD-Sicherheitseinspeisepumpen werden dabei nicht abgeschaltet.

Der Vorrat in den Flutbecken ist so bemessen, daß eine rechtzeitige Umschaltung auf die ND-Einspeisung möglich ist.

Ist der Vorrat in den Flutbecken aufgebraucht, erfolgt die Umschaltung auf Sumpfbetrieb. Die HD-Sicherheitseinspeisepumpen werden durch den Pumpenschutz abgeschaltet.

Die Verbindungsleitung zwischen ND- und HD-Einspeisestrang, die hinter dem Nachwärmekühler in den ND- und auf der Saugseite der HD-Sicherheitseinspeisepumpe in den HD-Einspeisestrang einbindet, ermöglicht jedoch auch Sumpfbetrieb mit der HD-Sicherheitseinspeisepumpe.

Bei kleinen Lecks sinkt der Druck im RKS nur langsam ab. Die HD-Sicherheitseinspeisepumpen sind in der Lage, auch gegen hohen Druck einzuspeisen.

Zur Beschleunigung des Druckabfalls im Reaktorkühlsystem wird die Sekundärseite mit einem Abfahrgradienten von 100 K/h automatisch abgefahren.

Der bei diesen Bedingungen eingespeiste Borwasserstrom reicht aus, den Reaktor zusammen mit den Steuerelementen unterkritisch zu halten.

#### 2.8.2.2.3 Ausfallbetrachtung

Bei der Systemauslegung wird angenommen, daß im Anforderungsfall ein Teilsystem des Not- und Nachkühlsystems durch einen beliebigen Einzelfehler ausfällt

und ein weiteres Teilsystem sich bei Störfalleintritt in Reparatur befindet und daher zur Notkühlung nicht zur Verfügung steht.

Für den Auslegungstörfall werden folgende Teilsysteme angesetzt:

- für die Kernflutung 5 wirksame von acht vorhandenen Druckspeichern, d. h. die Funktion wird auch dann erfüllt, wenn von den acht vorhandenen Druckspeichern einer völlig ins Leck speist, ein weiterer durch den Einzelfehler ausfällt und ein dritter in Reparatur ist.
- für die Kernnotkühlung durch ND-Einspeisung und für die Unterstützung der Kernflutung

2 HD- und 2 ND-Einspeisestränge

von jeweils 4 vorhandenen HD- bzw. ND-Einspeisesträngen.

- für die Kernkühlung bei Sumpfbetrieb  
2 von 4 ND-Einspeisesträngen.

Die sichere Beherrschung des Störfalls ist auch dann gewährleistet, wenn bei der ND-Einspeisung bzw. im Sumpfbetrieb einer der beiden benötigten Stränge teilweise in das Leck einspeist.

#### 2.8.2.2.3 Systembeschreibung (Abb. 2.8.2.2/1 und 2)

Das Gesamtsystem besteht aus vier voneinander unabhängigen Strängen, die den vier Reaktorkühlkreisen zugeordnet sind. Entsprechend dieser Zuordnung tragen die Stränge die Bezeichnung 1 - 4.

Die Komponenten eines Stranges sind im wesentlichen

- eine HD-Sicherheitseinspeisepumpe
- eine Nachkühlpumpe
- ein Nachwärmekühler
- zwei Druckspeicher
- ein Borwasser-Flutbecken

Die Stränge 1 und 4 enthalten außerdem

- je 1 BE-Beckenkühlpumpe.

An jeden Reaktorkühlkreis schließt eine „heiße“ Einspeiseleitung zwischen Reaktordruckbehälter und Dampferzeuger, eine „kalte“ Einspeiseleitung zwischen der Kühlmittelpumpe und dem Reaktordruckbehälter an. Die Anschlußstutzen liegen auf gleicher Höhe. Die Rohrleitungswiderstände beider Einspeiseleitungen sind etwa gleich.

Die für den Einsatz eines Stranges erforderlichen Borwasservorräte sind in dem Flutbecken und in den Druckspeichern gelagert.

#### 2.8.2.2.3.1 Beschreibung der Schaltungen

##### HD-Sicherheitseinspeisung

Die Hauptkomponenten zur HD-Sicherheitseinspeisung eines Stranges sind:

- eine HD-Sicherheitseinspeisepumpe und
- eine Auswahl-schaltung (mediumgesteuertes Dreiwegeventil und Drosseln)
- ein Freilauf-rückschlagventil
- ein Borwasserflutbecken

Die HD-Sicherheitseinspeisepumpe ist saugseitig mit dem Borwasserflutbecken und über eine Verbindungsleitung zum ND-Einspeisesystem mit dem Sicherheitsbehältersumpf verbunden. Hinter der Auswahl-schaltung schließen die Leitungen des Stranges an die "heißen" und "kalten" Einspeiseleitungen an, wobei im Normalfall der Weg in die heiße Einspeiseleitung offen ist. Vor der Auswahl-schaltung zweigt die Druckspeicherfülleitung ab.

Die Mindestmengenleitung der HD-Sicherheitseinspeisepumpe wird über den Mindestmengenkühler auf die Saugseite zurückgeführt.

Das Freilauf-Rückschlagventil dient zur Förderhöhenbegrenzung der HD-Sicherheitseinspeisepumpe auf ca. 82 bar bei Dampferzeugerheizrohrleck. Die

Absperrarmatur in der Nebenauslaßleitung ist im Normalfall geschlossen; sie wird von einem Reaktorschutzsignal geöffnet, wenn ein Dampferzeugerheizrohrbruch vorliegt.

Die Auswahl schaltung verhindert das direkte Einspeisen der HD-Sicherheitseinspeisepumpe in die gebrochene Einspeiseleitung, indem sie die gebrochene Leitung absperrt und die intakte Einspeiseleitung freischaltet. Der Förderstrom der HD-Sicherheitseinspeisepumpe steht somit der Flutung des Kernes zur Verfügung.

### ND-Einspeisung mit den Nachkühlpumpen

Die Hauptkomponenten eines ND-Einspeisestranges sind:

- eine Nachkühlpumpe
- ein Nachwärmekühler
- ein Borwasserflutbecken.

Die Nachkühlpumpe ist über eine Saugleitung mit dem Borwasserflutbecken und dem Sicherheitsbehältersumpf verbunden. Die Druckleitung führt über den Nachwärmekühler in den Sicherheitsbehälter; dort teilt sie sich in die mit je zwei Rückschlagventilen versehene „heiße“ und „kalte“ Einspeiseleitung.

### Druckspeichereinspeisung

An jede „kalte“ und „heiße“ Einspeiseleitung ist ein Druckspeicher angeschlossen.

Die Druckspeicher sind durch je 2 Absperrarmaturen vom RKS getrennt. Die Erstabspernung befindet sich hinter dem Anschluß der „kalten“ und „heißen“ Einspeiseleitungen an das RKS. Die Zweitabspernung befindet sich in jeder Abzweigung zu den Druckspeichern an den „kalten“ und „heißen“ Einspeiseleitungen. Die Druckspeicher speisen selbsttätig ein, sobald der Druck im RKS unter den Treibdruck von 25 bar absinkt. Die Absperrarmaturen werden durch den Mediendruck geöffnet.

Zur Vermeidung von Stickstoffeinspeisung aus den Druckspeichern in das RKS werden diese von Reaktorschutzsignalen abgesperrt.

Die kaltseitig einspeisenden Druckspeicher werden ca. 500 Sekunden nach Anstehen der Notkühlkriterien abgesperrt; die heißseitig einspeisenden Druckspeicher werden über Füllstandsgrenzwerte - jedoch nicht vor Ablauf von 500 s - geschlossen.

#### Nachkühlen bei Kühlmittelverluststörfall (Sumpfbetrieb)

Für den Sumpfbetrieb werden Komponenten und Rohrleitungen verwendet, die auch zur ND-Einspeisung benötigt werden. Durch ein Dreiwegeventil wird die Ansaugleitung zu dem Flutbecken gesperrt und die Saugleitung zum Sumpf geöffnet. Die Rückspeisung in das RKS erfolgt pro Strang mit einer Nachkühlpumpe durch einen Nachwärmekühler und durch die „heiße“ und „kalte“ Einspeiseleitung. Das Dreiwegeventil der Sumpfleitung und das motorgetriebene Absperrventil der Flutbeckensaugleitung sind gegenseitig so verriegelt, daß ein Entleeren des Flutbeckens in den Sicherheitsbehältersumpf bei Normalbetrieb nicht möglich ist.

Bei Kühlmittelverluststörfällen wird ein Entleeren des Sicherheitsbehältersumpfes über die Flutbecken in den Ringraum zusätzlich durch die Rückschlagarmatur in der Flutbeckensaugleitung verhindert. Außerdem wird durch das verzögerte Öffnen des Sumpfventils sichergestellt, daß die Sumpfleitung erst freigeschaltet wird, nachdem die Flutbeckensaugleitung abgesperrt wurde.

#### BE-Beckenkühlung

Die BE-Beckenkühlung erfolgt durch den separaten Beckenkühlkreis oder über die Stränge 1 und 4 des Not- und Nachkühlsystems. In jedem dieser beiden Stränge wird über

- das Brennelementbecken
- eine Beckenkühlpumpe
- einen Nachwärmekühler und
- die BE-Beckenkühlleitung

ein geschlossener Kreislauf geschaltet.

Die Beckenkühpumpe ist parallel zur Nachkühlpumpe angeordnet. Durch Armaturen ist die Beckenkühpumpe über die Nachkühlsaugleitung und die BE-Beckensaugleitung mit dem BE-Becken verbunden. Von der Druckleitung der Nachkühlpumpe führt vor der Verzweigung in die „heiße“ und „kalte“ Einspeisung eine absperrbare Leitung zum BE-Becken zurück. Die Ventile in der Leitung zum BE-Becken und in der Nachkühlsaugleitung sind gegenseitig verriegelt, damit wird verhindert, daß beim Abfahren des Kernkraftwerkes Reaktorkühlmittel in das BE-Becken gelangt, wenn dieser Strang für die Nachwärmeabfuhr aus dem RKS verwendet wird.

#### Nachwärmeabfuhr aus dem RKS im bestimmungsgemäßen Betrieb

Die wesentlichen Komponenten je Strang sind:

- eine Nachkühlpumpe
- ein Nachwärmekühler
- eine Nachkühlregelstation.

Die Nachkühlpumpe ist mit der von der „heißen“ Kühlmittleitung kommenden Abfahrtsaugleitung durch ein Kolbenrückschlagventil verbunden. Die Druckleitung führt über den Nachwärmekühler und die Nachkühlregelstation in den Sicherheitsbehälter. Die Einspeisung erfolgt über die „kalte“ Kühlmittleitung.

Die Erstabspernung der Nachkühlsaugleitung ist ihrer Funktion nach ein Rückschlagventil, das in Einspeiserichtung durch den Mediumdruck, in Entnahmerichtung durch einen Stellantrieb geöffnet wird. Eine Absperrung in Einspeiserichtung ist nur für den Reparaturfall vorgesehen.

Die Zweitabspernung der Nachkühlsaugleitung hat zwei Aufgaben:

- Sie muß den Nachkühlkreislauf vor höherem Druck und höherer Temperatur als der Auslegung entspricht schützen,
- sie muß andererseits die Saugleitung für den Nachkühlbetrieb auch gegen einen Druck im Reaktorkühlsystem von maximal 37 bar freischalten können.

Mit der vorliegenden Schaltung werden beide Forderungen erfüllt. Die Zweitabspernung wird über einen Steuerkolben durch das Eigenmedium gesteuert. In Schließrichtung wirkt der zwischen der Erst- und Zweitabspernung herrschende Druck auf den Ventilteller und den Steuerkolben, in Öffnungsrichtung der Druck hinter der Nachkühlpumpe auf den Steuerkolben.

Die Flächen von Ventilteller und Steuerkolben sind mit der Förderhöhe der Nachkühlpumpe und dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils so abgestimmt, daß ein Öffnen des Ventils bei einem Gegendruck von ca. 44 bar nicht möglich ist (in Übereinstimmung mit der Festlegung, daß der Nachkühlbetrieb ab 37 bar möglich sein soll). Es handelt sich also um eine von elektrischen Verriegelungen unabhängige mechanische Absicherung.

Außerdem haben Erstabspernung und die Steuerarmaturen der Zweitabspernung eine elektrische Verriegelung, die ein Öffnen verhindert, wenn der RKS-Druck über 37 bar oder die RKS-Temperatur über 180 °C liegt.

#### Nachwärmeabfuhr aus dem RKS nach Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle

Das Nachkühlen nach oben genannten Ereignissen geschieht mit den Strängen 1 und 4. Die Schaltung der Nachkühlkreise ist die gleiche wie bei der Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb, nur wird anstelle der Nachkühlpumpe die Beckenkühlpumpe benutzt (s. Abschn. 2.8.2.4).

##### 2.8.2.2.3.2 Anordnung der Komponenten

Flutbecken, Pumpen und Nachwärmekühler sind im Ringraum untergebracht.

Die Aufstellung der Komponenten und die Verlegung der Rohrleitungen des Not- und Nachkühlsystems wird entsprechend der Forderung nach räumlicher Trennung der Stränge durchgeführt.

### Rohrleitungen in den Dampferzeugerräumen

Die 4 Kühlkreise des RKS sind durch Betoneinbauten voneinander getrennt, um Folgeschäden an einem anderen Kühlkreis bei Brüchen einer Kühlmittleitung zu verhindern. Die Einspeiseleitungen werden so geführt, daß eine Überkreuzung der „heißen“ Einspeiseleitung mit einer „kalten“ Kühlmittleitung und umgekehrt vermieden wird.

Das RKS wird durch passiv wirkende Rückschlagarmaturen abgeschlossen. Die Erstabsperrungen werden möglichst nahe an die Anschlußstutzen gelegt.

### Anordnung von Komponenten im Sicherheitsbehälter

Die Zweitabsperungen sowie die Auswahl-schaltung (HD-Einspeisestrang) eines Not- und Nachkühlstranges sind jeweils in einem Armaturenraum im Sicherheitsbehälter untergebracht. Er ist durch eine Betonmauer gegen Strahlkräfte geschützt und vom Dampferzeugerbereich getrennt. Die Druckspeicher sind außerhalb des Schutzzylinders aufgestellt, um mechanische Folgeschäden (z. B. durch Trümmer oder abgerissene Rohrleitungen) an diesen Komponenten zu verhindern.

### Anordnung von Komponenten im Ringraum

Die Sicherheitseinspeise-, Nachkühl- und Beckenkühlpumpen, die bei der Umschaltung von ND-Einspeisung auf Sumpfbetrieb zu betätigenden Armaturen sowie die Flutbecken sind im Ringraum untergebracht.

Bei allen Komponenten, die im Ringraum stehen und im Schadensfall von radioaktivem Wasser durchströmt werden, wird besonderer Wert auf Dichtheit gelegt, damit radioaktive Spaltprodukte zurückgehalten werden.

### Ausführung des Sicherheitsbehältersumpfes

(s. a. Abschn. 2.5.5.2)

Die Eintrittsstutzen der 4 Sumpfsaugleitungen befinden sich in weitgehend getrennten Sumpfkammern. Die Eintrittsöffnungen sind mit Sieben versehen.

Eine Gitterrostbühne verhindert, daß grobe Teile in die Sumpfkammern gelangen. Die Sumpfsaugleitung ragt noch etwas aus dem Boden; dadurch ist eine Sinkwanne geschaffen.

#### 2.8.2.2.3.3 Anschlüsse an andere Systeme

Das Not- und Nachkühlsystem hat Anschlüsse an:

- das Volumenregelsystem (KBA)
- das Borsäure- und Deionateinspeisungssystem (KBC)
- das BE-Beckenreinigungssystem (FAL)
- das Zusatzboriersystem (JDH)
- das Nukleartechnische Probeentnahmesystem (KU).

#### 2.8.2.2.4 Funktion des Not- und Nachkühlsystems

##### 2.8.2.2.4.1 Auslösekriterien bei Kühlmittelverluststörfällen

Folgende Signale des Reaktorschutzsystems sind Auslösekriterien bei Kühlmittelverluststörfällen

- das Signal „Notkühlvorbereitung“
- das „EIN-Signal für HD-Sicherheitseinspeisung“
- das „EIN-Signal für ND-Einspeisung“
- das „Flutsignal“
- das „Sumpfsignal“

Das Notkühlvorbereitungssignal gibt Motorarmaturen den Befehl, ihre Bereitschaftsstellung für den Störfall einzunehmen. Armaturen, die bereits während des Leistungsbetriebs die für die Notkühlung erforderliche Stellung eingenom-

men haben, erhalten vom Reaktorschutzsystem einen Kontrollbefehl. Für Armaturen, die nach dem Entleeren der Flutbecken auf Sumpfbetrieb umgestellt werden müssen, gibt das Flutsignal den entsprechenden Befehl. Das Flutsignal entspricht dem Notkühlvorbereitungssignal. Es wird jedoch auf den Zeitraum begrenzt, in dem die Nachkühl- und Sicherheitseinspeisepumpen aus den Borwasserflutbecken ansaugen können.

Das Sumpfsignal löst die Umschaltung von ND-Sicherheitseinspeisung aus den Flutbecken auf Sumpfbetrieb im jeweiligen Strang aus. Die Flutbeckenarmaturen erhalten Schließbefehl, die Sumpfarmatur Öffnungsbefehl.

Bei Leckagen aus einer Notkühlleitung im Ringraum steht in einem der vier Sektoren das Reaktorschutzsignal

- „Wasserstand im Ringraumsegment größer max.“

an. Durch dieses Signal wird für den betreffenden Strang das Sumpfsignal und Flutsignal abgesteuert.

#### 2.8.2.2.4.2 Funktionsbeschreibung

##### HD-Sicherheitseinspeisung

Nach dem Einschalten durch das HD-Einspeisesignal des Reaktorschutzsystems laufen alle verfügbaren HD-Sicherheitseinspeisepumpen an.

In der Normalstellung der Auswahlschaltungen ist die "heiße" Einspeiseleitung freigeschaltet. Diese Stellung nehmen die Ventile aufgrund des Gewichtes des Ventiltellers von selbst ein, wenn die Sicherheitseinspeisepumpen nicht laufen. Diese Ausgangsstellung der Ventile ist jedoch für die Funktion der Auswahlschaltung ohne Bedeutung. Bei einem Leck in einem "heißen" Strang des RKS ergibt sich folgende Situation:

An der zugeordneten Einspeiseleitung erfolgt ein sofortiger Druckabfall bis auf den Betriebsdruck des Druckspeichers, der sich durch das Leck entleert. Nach dem Einschalten durch das HD-Einspeisesignal des Reaktorschutzsystems laufen alle verfügbaren HD-Sicherheitseinspeisepumpen an.

Der Hauptwiderstand der Einspeiseleitung des HD-Einspeisesystems liegt in den Drosselstellen. Durch das Verhältnis des Widerstandes einer Drossel zu dem der übrigen Rohrleitung herrscht näherungsweise bei der HD-Einspeisung vor der Drossel der Pumpendruck und hinter der Drossel in der betroffenen Leitung steht, abgesehen von Druckverlusten, der Druck im Sicherheitsbehälter an. Der Differenzdruck zwischen der "kalten" und "heißen" Einspeiseleitung wird durch Ausgleichsleitungen auf einen Steuerkolben übertragen, der den Ventilkörper nach oben bewegt, so daß die betroffene "heiße" Einspeiseleitung abgesperrt und die intakte "kalte" Einspeiseleitung freigeschaltet wird. Die Dauer der HD-Sicherheitseinspeisung hängt von der Größe des Lecks ab.

Sinkt der Reaktordruck während der HD-Sicherheitseinspeisung unter 10 bar, werden parallel zu den Sicherheitseinspeisepumpen die Nachkühlpumpen eingeschaltet.

Der Widerstand der HD-Einspeiseleitung ist so bemessen, daß die Sicherheitseinspeisepumpe auch bei niedrigem Reaktordruck in einem stabilen Betriebspunkt arbeitet.

#### ND-Einspeisung mit den Nachkühl- und Sicherheitseinspeisepumpen

Bei Anstehen des ND-Einspeisesignals werden parallel zu den Sicherheitseinspeisepumpen alle verfügbaren ND-Einspeisepumpen gestartet. Sie saugen aus den Borwasserflutbecken boriertes Wasser an und speisen es in die heißen und kalten Einspeiseleitungen. Der gleiche Rohrleitungswiderstand teilt den Einspeisestrom etwa im Verhältnis 1 : 1. Eine Auswahl schaltung ist darum nicht nötig.

Nach Erschöpfung der Borwasservorräte in den Flutbecken wird die Umschaltung auf Sumpfbetrieb durch das Sumpfsignal ausgelöst.

#### Nachkühlen bei Kühlmittelverluststörfall (Sumpfbetrieb)

Durch das „Sumpfsignal“ des Reaktorschutzsystems (RSS) werden die Armaturen der Flutbeckensaugleitung geschlossen und die Saugleitung der Nachkühlpumpen zum Sicherheitsbehältersumpf geöffnet. Der Betrieb der Nachkühlpumpen

wird während des Umschaltvorganges nicht unterbrochen. Das heiße Wasser aus dem Sumpf wird in den Nachwrmekhlern abgekühlt und durch die Einspeiseleitungen in den RDB gepumpt.

Die Brennelementbeckenkühlung, die vom Flutsignal unterbrochen war, kann nach der Umschaltung auf Sumpfbetrieb von Hand wieder in Betrieb genommen werden.

Das Nukleare Zwischenkühlsystem (KA) und das Nebenkühlwassersystem für Gesicherte Anlage (PE) sind ebenfalls in Betrieb. Um eine ausreichende Kühlwasserversorgung der Nachwärmekühler zu gewährleisten, werden alle vom Nuklearen Zwischenkühlsystem versorgten betrieblichen Kühlstellen im Sicherheitsbehälter und Reaktorhilfsanlagengebäude abgesperrt.

### BE-Beckenkühlung

#### - Normalbetrieb

Das Beckenwasser wird ca. 1,5 m unterhalb des Normalniveaus abgezogen, mit der Beckenkühlpumpe durch den Nachwärmekühler gedrückt und unterhalb der Absaugung mit Hilfe einer Umlenkhaube wieder in das BE-Becken eingespeist.

Die Anschlüsse sind so angeordnet, daß bei einem Leck im Rohrleitungssystem noch eine Mindestüberdeckung erhalten bleibt. Verdunstungsverluste im BE-Becken werden aus dem Deionatnetz ergänzt; der Wasserstand wird mit einer Zweipunktregelung gehalten.

#### - Während Kühlmittelverluststörfällen

Die Beckenkühlung wird vom Flutsignal unterbrochen, d. h. die Beckenkühlpumpe wird abgeschaltet und die Armaturen in den Beckenkhlleitungen geschlossen. Während der ND-Einspeisung bleibt die Beckenkühlung ausgeschaltet und kann bei Sumpfbetrieb durch Handeingriff wieder zugeschaltet werden.

Zur Beckenkühlung nach Kühlmittelverluststörfällen soll vorrangig der separate Beckenkhlstrang zugeschaltet werden.

- Bei Einwirkungen von außen  
Die BE-Beckenkühlung kann für einige Stunden abgeschaltet werden. Beim Erreichen der Temperaturgrenzwerte für das BE-Becken werden in der Warte Warnzeichen gegeben. Für die Notsteuerstelle ist eine BE-Beckentemperatur-Anzeige (analog) vorgesehen. Durch Handeingriff kann die BE-Beckenkühlung eingeschaltet werden. Die Wärme wird über die Notnackkühlketten (Strang 1 und 4) abgeführt.

#### Normaler Nachkühlbetrieb (Abfahren und Abkühlen)

Ist der Druck im RKS auf 31 bar und die Temperatur auf ca. 120 °C abgesunken, so werden Vorbereitungen für die Übernahme des Abkühlvorganges durch das Not- und Nachkühlsystem getroffen. Im Normalfall, d. h. sofern verfügbar, werden alle vier Nachkühlstränge zugeschaltet. Der Nachkühlbetrieb mit nur 2 bzw. 3 Strängen bedeutet lediglich ein verzögertes Abfahren. Der Nachkühlbetrieb endet erst mit dem Wiederanfahren des Reaktors. Bis zu diesem Zeitpunkt werden mehrere Phasen durchlaufen.

- Umschaltung auf Nachkühlbetrieb  
Eine Funktionsgruppenautomatik kann die erforderlichen Schalthandlungen übernehmen.

Dazu werden folgende Armaturen geschlossen:

- Zweitabspernung der Druckspeicher
- die Absperrarmaturen zum Brennelementbecken in den Strängen 1 und 4
- Ventile in den Borwasserflutbeckensaugleitungen
- Regelventile hinter den Nachwärmekühlern
- die Zweitabspernungen in den Druckleitungen zu den „heißen“ Einspeisungen.

Nach dem Öffnen der Erstabspernung baut sich über ein Drosselventil in den Bypassleitungen in den Nachkühlsaugleitungen der RKS-Druck auf. Die Nachkühlpumpen laufen zunächst gegen geschlossene Ventile an und schalten die Nachkühlsaugleitungen durch Aufziehen der Kolbenrückschlagventile frei.

Um den Reaktordruckbehälter vor Temperaturschocks zu schützen, wird das in den Rohrleitungen des Not- und Nachkühlsystems befindliche kalte Wasser dosiert in das RKS eingespeist (Vorwärmbetrieb). Wenn die Voraussetzungen für eine gute Durchmischung des zugespeisten kalten Wassers im RKS vorliegen, d. h. wenn mindestens zwei Kühlmittelpumpen in Betrieb sind, erfolgt die Zumischung über ein Regelventil, andernfalls mit entsprechend geringerem Durchsatz über ein Dosierventil in den entsprechenden Bypassleitungen um die Nachwärmekühler.

- **Geregelter Nachkühlbetrieb**

Nach Beendigung des Vorwärmbetriebes erfolgt die weitere Abkühlung des RKS, indem über die Regelventile eine Mischtemperatur aus gekühltem und ungekühltem Kühlmittel gebildet wird, die einer vorgegebenen mittleren Temperatur entspricht. Dies wird durch die Nachkühlregelung bewirkt. Der Nachkühlstrom pro Strang wird während des gesamten Abkühlvorganges konstant gehalten.

Da zu Beginn des Nachkühlbetriebes die Kühlkapazität eines Betriebsstranges des Nuklearen Zwischenkühlsystems fast vollständig für die Kühlung der Komponentenkühlstellen der nuklearen Hilfssysteme benötigt wird, erfolgt die Wärmeabfuhr aus dem RKS im wesentlichen nur über drei Kühlstränge. Die Brennelementbeckenkühlung ist während dieser Phase des Abkühlvorganges außer Betrieb. Im beladenen Zustand heizt sich das Becken während des geregelten Nachkühlbetriebes auf. Nach Erreichen des Temperaturgrenzwertes wird von Hand auf die Beckenkühlung umgeschaltet.

Bis zu einer Temperatur von ca. 50 °C und einem Druck von ca. 31 bar im RKS wird durch eine mitlaufende Kühlmittelpumpe für eine ausreichende Verteilung des Nachkühlstroms und für eine homogene Temperaturverteilung im RKS gesorgt.

Mit Erreichen einer Temperatur von 50 °C im RKS ist das Abkühlen beendet und der stationäre Nachkühlbetrieb erreicht.

- **Stationärer Nachkühlbetrieb mit Reinigung des Kühlmittels und Beckenkühlung**

Sobald der Druck im RKS unter 30 bar abgesenkt wird, entfällt die Möglichkeit, den Reinigungsstrom des Kühlmittels über die HD-Reduzierstationen des

Volumenregelsystems dem Kühlmittelreinigungssystem (KBE) zuzuführen. Diese Aufgabe wird von einem der Nachkühlstränge 2 bzw. 3 übernommen, indem der Anschluß hinter dem Nachwärmekühler zur ND-Reduzierstation des Volumenregelsystems freigeschaltet wird, von wo der Reinigungsstrom an das Kühlmittelreinigungssystem weitergeleitet und nach Rückführung in das Volumenregelsystem in das RKS eingespeist wird.

Mit abklingender Nachwärme werden nicht mehr alle Nachkühlstränge zur Wärmeabfuhr aus dem RKS benötigt. Sie können über eine Funktionsgruppe abgeschaltet werden. Im Bedarfsfall werden die Stränge 1 bzw. 4 auf Beckenkühlung umgeschaltet.

#### Fluten und Entleeren des Reaktorraumes

Während das BE-Becken nach der Erstfüllung nur in Sonderfällen entleert wird, ist das Fluten und Entleeren des Reaktorraumes und des Abstellbeckens für RDB-Einbauten bei jedem Brennelementwechsel erforderlich. Das Borwasser der Flutbecken wird mit Hilfe der Nachkühlpumpen über die Kühlkreise in den Reaktorraum einschließlich Abstellbecken gepumpt. Nach dem Brennelementwechsel wird das Wasser aus dem Reaktorraum und dem Abstellbecken mit der Beckenkühlpumpe des separaten Beckenkühlkreises (oder mit der Beckenreinigungspumpe) über die Mischbettfilter der Beckenreinigung und der Kühlmittelreinigung in die Flutbecken zurückgefördert.

#### 2.8.2.2.5 Prüfmöglichkeiten

##### Periodische Funktionsprüfung bei Lastbetrieb

Über die Prüfanschlüsse können während des Lastbetriebes alle Pumpen und Einspeiseleitungen bis vor die letzten Rückschlagventile zum RKS geprüft werden. Dabei können Durchsätze, Drücke, Armaturenstellungen, die Funktion der Rückschlagventile und der Auswahlschaltung kontrolliert werden.

Die Armaturen in den Einspeiseleitungen der Druckspeicher werden geprüft, indem Prüfarmaturen geöffnet werden und dadurch ein Leck simuliert wird. Während der Funktionsprüfung der übrigen Anlagenteile muß die Druckspeicherleitung des betreffenden Stranges abgesperrt werden.

Bei der Prüfung der Nachkühlpumpe und HD-Sicherheitseinspeisepumpe entsteht bei richtiger Stellung aller Motorventile und Funktion aller Rückschlagventile in den Einspeisesträngen ein geschlossener Kreislauf. Die Pumpen saugen aus dem Flutbecken an und speisen wieder dahin zurück. Die Prüfung der aktiven Komponenten erfolgt etwa monatlich.

Zur Prüfung der Auswahlschaltung in der HD-Einspeiseleitung wird nur ein Prüfanschluß geöffnet und die Sicherheitseinspeisepumpe eingeschaltet. Die sich dadurch hinter den Drosseln einstellende Druckdifferenz muß eine Umschaltung des Ventiles derart bewirken, daß die durchflossene Leitung abgesperrt wird.

Die Funktion des Sumpfventils kann geprüft werden, wenn die Flutbeckensaugleitung abgesperrt ist.

Darüber hinaus können sämtliche Signale aus dem Reaktorschutzsystem simuliert und die Schalthandlungen überprüft werden. Tritt während des Prüfbetriebes ein Kühlmittelverluststörfall auf, so wird vom Reaktorschutzsystem der Prüfbetrieb unterbrochen, die Armaturen in ihre Bereitschaftsstellung und der für den Störfall notwendige Betrieb gefahren.

### Funktionsprüfung während des Brennelementwechsels

Alle vier Not- und Nachkühlstränge werden während des Nachkühlbetriebes beim BE-Wechsel geprüft. Dabei werden auch die letzten Rückschlagventile vor dem RKS erfaßt. Ferner kann nach Öffnen des RDB-Deckels die ganze HD-Sicherheitseinspeisung bzw. ND-Einspeisung nachgebildet werden.

### Dichtheitsprüfung

Soweit Teile der Not- und Nachkühlstränge im Ringraum aufgestellt sind, sind an sie ähnliche Dichtheitsforderungen zu stellen wie an den Sicherheitsbehälter, da in ihnen im Betriebsfall bzw. Notnachkühlfall radioaktives Wasser durch den Ringraum gefördert wird. Trotz der praktisch leckdichten Ausführung werden regelmäßige Dichtheitsinspektionen vorzugsweise bei unter Druck stehendem Not- und Nachkühlsystem zu Beginn des Nachkühlbetriebes durchgeführt. Zu prüfen ist die Dichtheit der doppelten Gleitringdichtungen an den Pumpen und die Dichtheit der Faltenbälge an den Armaturen.

Die Sumpfsaugleitungen sind bis zu den Absperrarmaturen als Doppelrohre ausgeführt. Die so entstandenen Abkammerungen sind mit Stickstoff beaufschlagt, Undichtheiten sind als Druckabfall erkennbar.

Tabelle 2.8.2.2/1Not- und NachkühlsystemKernfluten mit Druckspeicher

Aufzufüllendes Reaktordruckbehälter- Volumen		90	m <sup>3</sup>
Wasservorrat pro Druckspeicher	ca.	34	m <sup>3</sup>
Borkonzentration		2200	ppm
Ansprechdruck der Druckspeicher	p <sub>e</sub>	25	bar
Einspeisestrom pro Speicher max. (bei Beginn der Einspeisung)	ca.	750	kg/s

Kernfluten mit Nachkühlpumpen und HD-Sicherheitseinspeisepumpen

Verfügbare Wasservorrat in den Flutbecken normal (4 Flutbecken)/minimal (2 Flutbecken)	ca.	1800/900	m <sup>3</sup>
Borkonzentration		2200	ppm
Kerndurchsatz erforderlich	ca.	300	kg/s
Einspeisestrom erforderlich (Annahme: Ein Strang fördert in das Leck)	ca.	600	kg/s
Einspeisestrom der Nachkühlpumpe + Sicher- heitseinspeisepumpe normal (4 Pp.); minimal (2 Pp.)	ca.	1480/740	kg/s
HD-Sicherheitseinspeisestrom erforderlich (Reaktordruck p <sub>e</sub> = 30 bar)	ca.	125	kg/s
HD-Sicherheitseinspeisestrom normal (4 Pp.)/minimal (2 Pp.)	ca.	250/125	kg/s
Nullförderhöhe	p <sub>e</sub> ca.	110	bar

Kühlfälle

BE-Beckenkühlung:

Beladung mit 599 abgebrannten BE\*\*

(230 h nach Abschaltung; Nachzerfallsleistung ca. 6 MW) a

BE-Beckenkühlung:

Beladung mit 599 abgebrannten BE\*\* + 1 Kern

(90 h nach Abschaltung; Nachzerfallsleistung ca. 17 MW) b

Notkühlung: Beginn Sumpfbetrieb

(ca. 1200 s nach Abschaltung; Nachzerfallsleistung ca. 83 MW) c

<u>Kühlfall</u>	a	b	c
Angenommene Nebenkühlwasser-Vorlauftemperatur	28	28	28 °C
Abführbare Nachwärmeleistung aus dem BE-Becken bzw. Sumpf ca.	8	20	192/96 MW
Zulässige mittlere Beckenwassertemperatur bzw. Sumpftemperatur	45	45	ca. 90 °C
Nachkühlstränge norm./min.	1	2*	4/2

Nachwärmekühler (Sumpfbetrieb)

Anzahl		4	
Wärmeleistung (Nachwärme und Speicherwärme) ca.		48	MW
Rohrseite (Kühlmittel)			
Durchsatz ca.		386	kg/s
Konzessionierung p <sub>e</sub> /t		53/200	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

\*. Die BE-Beckenkühlung erfolgt bei Kernvollaussladung mit den Nachkühlpumpen.

\*\*.. Einschließlich 24 Positionen im Zusatzgestell

Flutbecken

Anzahl		4	
Volumen netto	ca.	450	m <sup>3</sup>
Betriebsdruck	p <sub>e</sub>	0	bar
Betriebstemperatur		30	°C

Druckspeicher

Anzahl		8	
Wasserinhalt	ca.	34	m <sup>3</sup>
Gasinhalt (N <sub>2</sub> )	ca.	11	m <sup>3</sup>
Betriebsdruck	p <sub>e</sub>	25	bar
Betriebstemperatur		30	°C
Konzessionierung	p <sub>e</sub> /t	30/70	bar/°C
Werkstoff		austenitischer Stahl oder ferritischer Stahl plattiert	

PumpenNachkühlpumpe

Anzahl		4	
Typ		Kreiselpumpe	
Förderstrom	ca.	350	kg/s
Druckerhöhung	ca.	9,5	bar
Konzessionierung	p <sub>e</sub> /t	53/200	bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)		austenitischer Stahl	
Antriebsleistung	ca.	435	kW

Sicherheitseinspeisepumpen

Anzahl		4	
Typ		Kreiselpumpe	
Förderstrom bei 30 bar Gegendruck	ca.	62,5	kg/s
Druckerhöhung	ca.	50	bar
Nullförderdruck	$p_e$	110	bar
Konzessionierung	$p_e/t$	145/100	bar/°C
Werkstoff (mediumbeführt)		austenitischer Stahl	
Antriebsleistung max.	ca.	560	kW

Beckenkühlpumpe

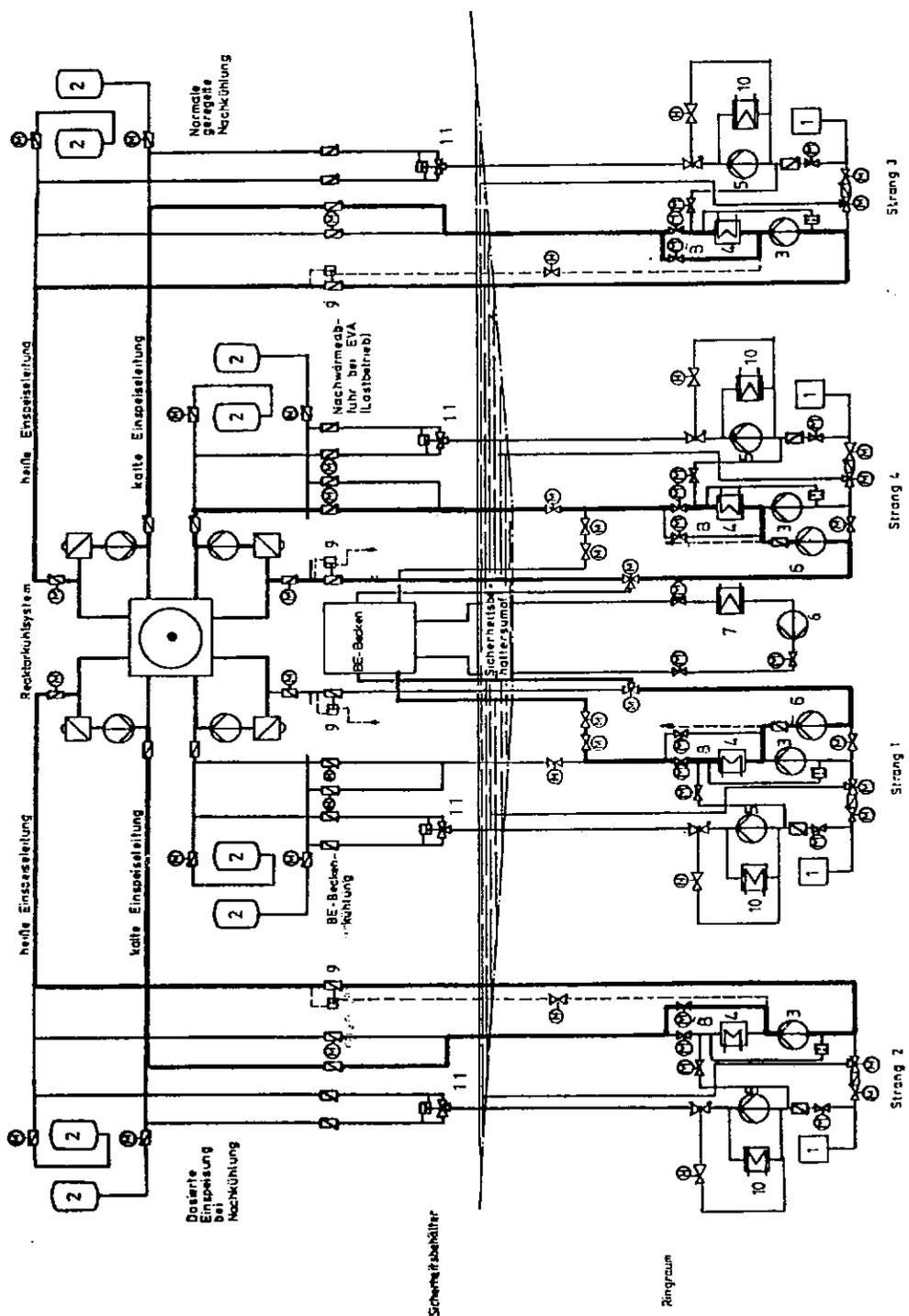
Anzahl		3	
Typ		Kreiselpumpe	
Förderstrom	ca.	170	kg/s
Druckerhöhung	ca.	5	bar
Konzessionierung	$p_e/t$	50/200	bar/°C
		(12/100 für separate Beckenkühlpumpe)	
Werkstoff (mediumbeführt)		austenitischer Stahl	
Antriebsleistung	ca.	120	kW

Mindestmengenkühler (Sicherheitseinspeisepumpe)

Anzahl		4	
Wärmeleistung	ca.	500	kW
Rohrseite			
Durchsatz	min.	6	kg/s
Konzessionierung	$p_e/t$	50/100	bar/°C
Werkstoff		austenitischer Stahl	
Mantelseite			
Durchsatz	ca.	10	kg/s
Konzessionierung	$p_e/t$	14/100	bar/°C
Werkstoff		austenitischer Stahl	

Beckenkühler

Anzahl		1	
Wärmeleistung (abführbar), (BE-Becken- kühlung nach KMV-Störfall, Zuschaltung bei 60 °C Beckenwassertemperatur)	ca.	11	MW
<b>Rohrseite (Kühlmittel)</b>			
Durchsatz	ca.	170	kg/s
Konzessionierung	p <sub>e</sub> /t	12/100	bar/°C
Werkstoff			austenitischer Stahl
<b>Mantelseite (Zwischenkühlwasser)</b>			
Konzessionierung	ca.	160	kg/s
Werkstoff		12/100	bar/°C
		C-Stahl	



- 1 Flutbecken
- 2 Druckspeicher
- 3 Nachkühlpumpe
- 4 Nachwärmekühler
- 5 Sicherheitseinspeisepumpe
- 6 Beckenkühlpumpe
- 7 BE-Beckenkühler
- 8 Nachkühlregelung
- 9 Zweitabspernung mit Steuerkolben
- 10 Mindeststrommengenkühler
- 11 Auswahlschaltung für HD-Sicherheitseinspeisung

Strang 1 zeigt Schaltung bei BE-Beckenkühlung

Strang 2 zeigt Schaltung bei dosierter Einspeisung zu Beginn der normalen Nachkühlung

Strang 3 zeigt Schaltung bei normaler geregelter Nachkühlung

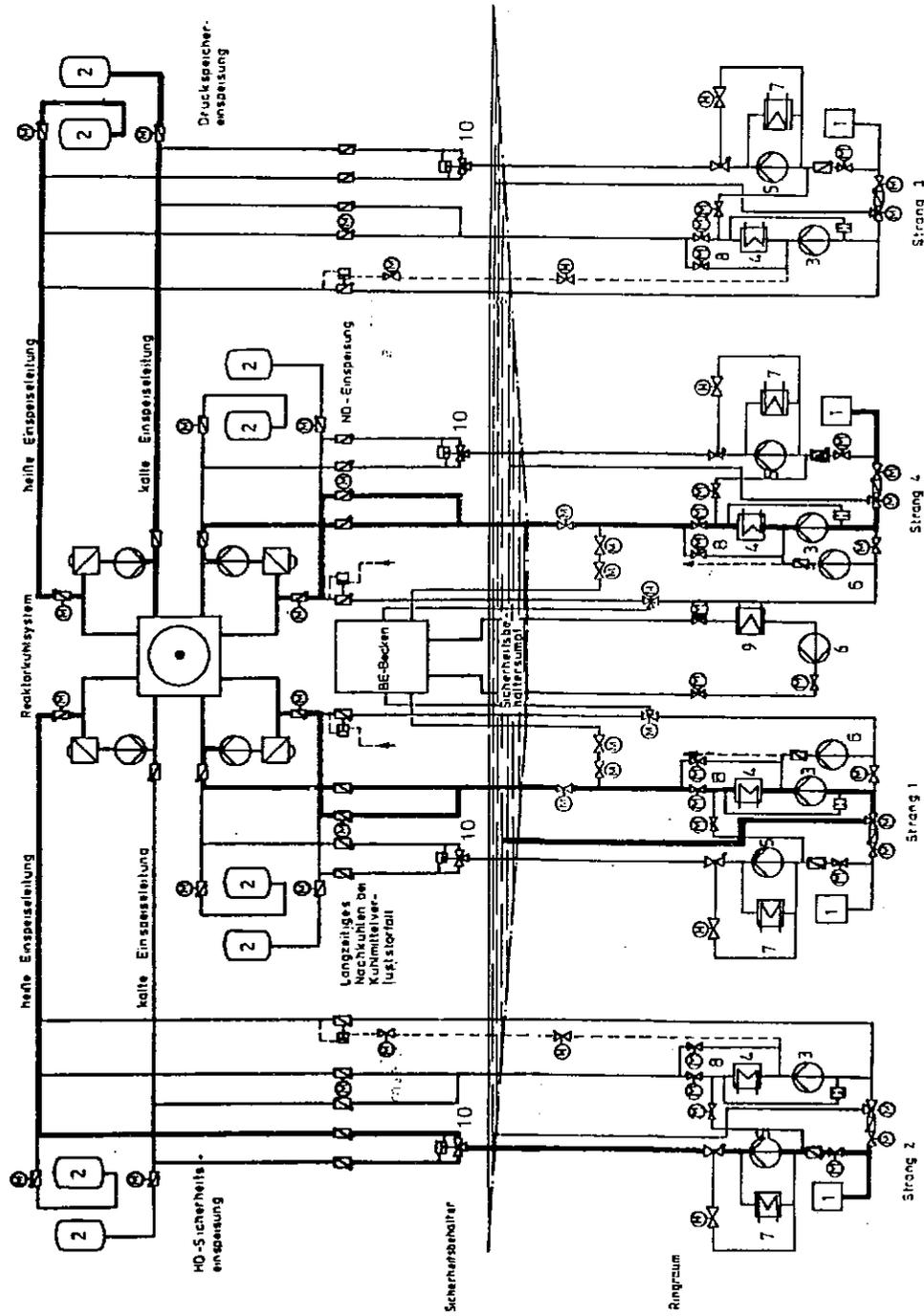
Strang 4 zeigt Schaltung für die Nachwärmeabfuhr bei EVA während Lastbetrieb

Die dargestellten Funktionen sind entsprechend auf die anderen Stränge zu übertragen.

Zur besseren Übersicht ist an jedem Strang eine andere Funktion dargestellt.

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Not- und Nachkühlsystem ( JN ) Schematische Funktionsdarstellung Nachwärmeabfuhr im bestimmungs- gemäßen Betrieb	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.2.2/1	DWR 1300 08.90

- 1 Flutbecken
- 2 Druckspeicher
- 3 Nachkühlpumpen
- 4 Nachwärmekühler
- 5 Sicherheitseinspeisepumpen
- 6 Beckenkühlpumpen
- 7 Mindestmengenkühler
- 8 Nachkühlregelung
- 9 BE-Beckenkühler
- 10 Auswahlschaltung für HD-Sicherheitseinspeisung



Strang 1 zeigt eine Schaltung bei langzeitigem Nachkühlen (bei Kühlmittelverluststörfall)

Strang 2 kennzeichnet die Schaltung bei der HD-Sicherheitseinspeisung (bei mittlerem und kleinem Leck)

Strang 3 zeigt die Schaltung bei der Druckspeicher-einspeisung (bei Auslegungsstörfall)

Strang 4 zeigt die Schaltung bei der ND-Einspeisung (bei Auslegungsstörfall)

Die dargestellten Funktionen sind entsprechend auf die anderen Stränge zu übertragen.

Zur besseren Übersicht ist an jedem Strang eine andere Funktion dargestellt.

<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Not- und Nachkühlsystem ( JN )	
Schematische Funktionsdarstellung Nachwärmefahrt nach Kühlmittelverlust	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
<b>Abb.: 2.8.2.2/2</b>	<b>DWR 1300 08.90</b>

### 2.8.2.3 Notspeisesystem (LAR, LAS) (Tab. 2.8.2.3/1; Abb. 2.8.2.3/1)

#### 2.8.2.3.1 Aufgabenstellung

Die Aufgaben des Notspeisesystem sind (vergl. Abschn. 2.2)

- die Notspeisung der Dampferzeuger
- die Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie (Notstromnetz 2)
- die Abfuhr der im Anforderungsfall im Notspeisegebäude anfallenden Wärme.

#### Notspeisung

Das Notspeisesystem dient zur Sicherstellung der Dampferzeugerspeisung

- bei systemeigenen Störfällen des Speisewasser-Dampfkreislaufes
- beim Kühlmittelverluststörfall infolge kleinem Leck im RKS
- bei Einwirkungen von außen (EVA) während Leistungsbetrieb,

falls die betriebliche Dampferzeugerspeisung (Speisewassersystem (LA), An- und Abfahrssystem (LAH, LAJ)) nicht zur Verfügung steht.

Die in den Brennelementen nach Abschaltung des Reaktors freigesetzte Nachwärme und die Speicherwärme von Kühlmittel und Komponenten des Reaktor- kühlsystems (RKS) werden durch Einspeisung kalten Deionats in die Sekundärseite der Dampferzeuger, Verdampfen und Abblasen in die Atmosphäre abgeführt.

#### Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie

Elektrische Energie wird von den Notspeisegeneratoren des Notspeisesystems für sicherheitstechnisch notwendige Verbraucher zur Verfügung gestellt, wenn eine Störung den Ausfall der Eigenbedarfsversorgung sowie der netzseitigen Energieversorgung und der Notstromdiesel (Notstromnetz 1) zur Folge hat.

### Abfuhr der im Notspeisegebäude anfallenden Wärme

Die beim Betrieb des Notspeisesystems und der im Notspeisegebäude untergebrachten elektrotechnischen Anlagen entstehende Wärme muß von den systemeigenen Kühlketten abgeführt werden. Zur Erreichung eines autarken Betriebs wird der gelagerte Deionatvorrat verwendet.

#### 2.8.2.3.2 Auslegung

Die Auslegung der 4 Notspeisepumpen berücksichtigt die Anforderungen bei einem systemeigenen Störfall im Speisewasser-Dampfkreislauf (z. B. nicht absperres Leck an der Anschlußleitung eines Dampferzeugers). Dabei wird angenommen, daß ein Notspeisestrang in Reparatur, ein Strang durch einen Einzelfehler ausfällt und ein Strang ungünstigerweise in den Dampferzeuger einspeist, an dem das Leck postuliert wird. Aus diesem Grunde ist eine der 4 Notspeisepumpen in der Lage, den zur Abfuhr der Nachwärme und eines Teiles der Speicherwärme notwendigen Deionatstrom in den zugehörigen Dampferzeuger einzuspeisen. Bei diesem Anforderungsfall kann der Deionatvorrat anderer Stränge für die Notspeisepumpe zur Verfügung gestellt werden. Die entsprechenden Umschaltungen werden vom Personal durchgeführt.

Bei Kühlmittelverlust infolge kleinem Leck im Reaktorkühlsystem werden zur Abfuhr der Nachzerfalls- und Speicherwärme 2 Stränge benötigt; Reparatur- und Einzelfehlerkriterium werden auch hierbei erfüllt, da ein zusätzliches Leck im Speisewasser-Dampfkreislauf nicht unterstellt werden muß.

Bei Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle wird davon ausgegangen, daß zunächst kein Personal zur Verfügung steht. Alle innerhalb der ersten 10 h erforderlichen Maßnahmen laufen daher automatisch ab. Der Reaktor geht selbsttätig in den Zustand heiß unterkritisch und wird 10 h darin gehalten. Dies erfordert außer der erwähnten Automatisierung für diesen Zeitpunkt ausreichende und gegen Einwirkung von außen gesicherte Vorräte an Deionat zur Dampferzeugerspeisung und Dieselöl für die Diesel. Spätestens nach 10 h steht wieder Personal zur Verfügung, das die verbrauchten Vorräte ergänzt bzw. die erforderlichen Maßnahmen zum Abkühlen des RKS über die Dampferzeuger auf etwa 120 °C

und zum anschließenden Nachkühlen mit den Notnachkühlketten durchführt. Ein Einzelfehler oder ein Reparaturfall wird nicht unterstellt.

Bei Erdbeben wird zur Abfuhr der Nachzerfalls- und Speicherwärme 1 Strang benötigt. Reparatur- und Einzelfehlerkriterium werden hierbei übererfüllt, da ein nicht-absperribares Leck im Speisewasser-Dampf-Kreislauf nicht unterstellt werden muß.

#### 2.8.2.3.3 Systembeschreibung

(Abb. 2.8.2.3/1)

Das Notspeisesystem besteht aus vier gleichen, weitgehend unvermaschten Strängen, die in eigenen gegen Einwirkungen von außen (Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz, Erdbeben) und anlageninterne Ereignisse (Brand, Überflutung) gesicherten Scheiben des Notspeisegebäudes untergebracht sind.

Jeder Notspeisestrang ist normalerweise einem Dampferzeuger zugeordnet.

Ein Notspeisestrang setzt sich u. a. zusammen aus

- dem Dieselaggregat mit den zugehörigen Hilfssystemen
- dem E-Antrieb
- der Notspeisepumpe
- dem Notspeisegenerator
- dem Übersetzungsgetriebe
- der von Hand lösbaren Kupplung zwischen Generator und Übersetzungsgetriebe
- dem Freilauf zwischen E-Antrieb und Getriebe
- dem Deionatbecken
- den Armaturen und Rohrleitungen
- der systemeigenen Kühlung mit Deionatumwälzpumpe und Wärmetauschern

Die Notspeisedruckleitungen sind untereinander durch eine im Normalbetrieb der Anlage immer abgesperrte Sammelleitung verbunden. Bei länger dauerndem Notspeisebetrieb kann von Hand jeder Notspeisestrang mit jedem Dampferzeuger verbunden werden.

### Notspeisung

Das zur Dampferzeugerspeisung sowie für die systemeigene Kühlung verwendete Deionat wird aus dem Deionatbecken entnommen. Durch eine gemeinsame Fülleitung sind die Becken der 4 Notspeisestränge miteinander und mit dem Deionatvorratsbehälter des Deionatversorgungssystems verbunden. Die Becken sind im Leistungsbetrieb des Kraftwerks durch Handarmaturen doppelt gegeneinander abgesperrt. Im Anforderungsfall kann der Deionatvorrat anderer Stränge mit verwendet werden.

B-Rohranschlüsse an jedem Becken und an der Fülleitung ermöglichen die Ergänzung des Deionats durch Wasser aus dem Frischwassernetz, dem Feuerlöschnetz, dem Fluß oder aus Tankwagen.

Der Notspeisepumpe läuft das Deionat aus dem Deionatbecken zu und wird in die Sekundärseite des entsprechenden Dampferzeugers eingespeist.

Eine ausrückbare Kupplung zwischen Getriebe und Notspeisegenerator ermöglicht im Stillstand das Abkuppeln der Notspeisepumpe vom Dieselaggregat mit Generator, wenn die Stormversorgung des Notstromnetzes erforderlich ist, die Notspeisepumpen jedoch nicht benötigt werden. Dadurch wird für den Betrieb der Notnackkühlketten ausreichende elektrische Energie (Notstromnetz 2) zur Verfügung gestellt.

Bei Betrieb der Notspeisung mit dem E-Antrieb (Eigenbedarfsversorgung vorhanden) gewährleistet der Freilauf zwischen E-Antrieb und Getriebe das Entkuppeln vom Dieselantrieb.

Jedem dieser schnellstartenden Dieselaggregate ist ein Kraftstoffbetriebsbehälter für 24 Stunden Lastbetrieb fest zugeordnet. Außerdem steht ein zusätzlicher Kraftstoffvorrat für 48 Stunden außerhalb des Notspeisegebäudes zur Verfügung.

Kühlwasser-, Verbrennungsluft- und Abgasführung sind für jedes Aggregat getrennt aufgebaut.

Jeder Notspeisediesel erhält je eine 100 %-Außenluftansaugmöglichkeit von den ca. 58 m auseinanderliegenden Stirnseiten des Notspeisegebäudes. Brandschutzklappen mit Schmelzlotauslösung in jeder Ansaugleitung verhindern das Ansaugen unzulässig warmer Verbrennungsluft bei Bränden infolge Flugzeugabsturz.

### Kühlung

Damit das Notspeisesystem von der Nebenkühlwasserversorgung unabhängig ist (Autarkie), wird die beim Betrieb des Notspeisesystems anfallende Wärme aus

- Umluftkühler für Störfallbetrieb (zwei parallel) (s. Abschn. 2.9.2.2)
- Getriebeöl-, Pumpenölkühler und
- Dieselmotorkühler

an den Deionatvorrat abgeführt.

### Angeschlossene Systeme

An das Notspeisesystem ist folgendes System angeschlossen:

- Deionatversorgung (GHC)

#### 2.8.2.3.4 Funktionsbeschreibung

##### Anregekriterien zur Notspeisung

Durch den Grenzwert „Dampferzeugerwasserstand zu tief“ oder den gegebenenfalls zusätzlich anstehenden Grenzwert „Notspeiseschiene Spannung zu tief“ bzw. „Frequenz Notspeiseschiene zu tief“ wird das Notspeisesystem (Dieselantrieb) automatisch in Betrieb genommen.

Bei länger andauerndem Notspeisebetrieb während vorhandener Eigenbedarfsversorgung kann der Diesel als Antrieb der Notspeisepumpe durch den vorhandenen E-Motor-Antrieb ersetzt werden.

### Notspeisung

Der Einspeisestrom der Notspeisepumpe in den zugehörigen DE wird durch das DE-Füllstandsregelventil der mit der Zeit abnehmenden Nachwärmeleistung automatisch angepaßt. Dabei wird der Füllstand im DE konstant gehalten.

Im Notstromfall und zusätzlichem Ausfall des zugeordneten Notstromdiesels (Notstromnetz 1) arbeiten die Notspeisepumpen mit Mindestförderstrom im Kreislaufbetrieb gegen geschlossene Armaturen in der Notspeisepumpen-Druckleitung.

### Abgabe elektrischer Energie

Bei der Notspeisung wird nur bei zusätzlichem Ausfall der Stromversorgung vom Notstromnetz 1 von den dieselgetriebenen Notspeisegeneratoren elektrische Energie für Stellantriebe, Pumpen- und Lüftermotoren sowie für die leittechnischen Einrichtungen nach Hochlauf des Notspeisedieselaggregates zur Verfügung gestellt.

Bei Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle während eines Brennelementwechsels werden die Notnackühlketten von der Notsteuerstelle aus in Betrieb genommen. Diese sind zwei Notspeisesträngen fest zugeordnet, bei denen vor Beginn des Brennelementwechsels die Notspeisepumpen abgekuppelt worden sind, damit die gesamte Dieselleistung den Generatoren zur Verfügung gestellt wird. Alle Dieselaggregate werden automatisch gestartet, wobei die beiden verbleibenden Notspeisestränge im Kreislaufbetrieb arbeiten.

Etwaige Reparaturen am Notspeisesystem und an den Notnackühlketten werden vor jedem Brennelementwechsel abgeschlossen.

#### 2.8.2.3.5 Prüfmöglichkeiten

Die sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen der maschinentechnischen Komponenten können wie folgt geprüft werden:

- Überprüfung der Funktion der Notspeisepumpen im Kreislaufbetrieb (Mindestdurchfluß ohne Einspeisung in die DE)
- Überprüfung des DE-Füllstandregelventiles
- Vollständige Prüfung durch Einspeisung in die DE mit dem Notspeisesystem, vorzugsweise bei BE-Wechsel.

Tabelle 2.8.2.3/1Notspeisesystem

Anzahl der Notspeisestränge 4

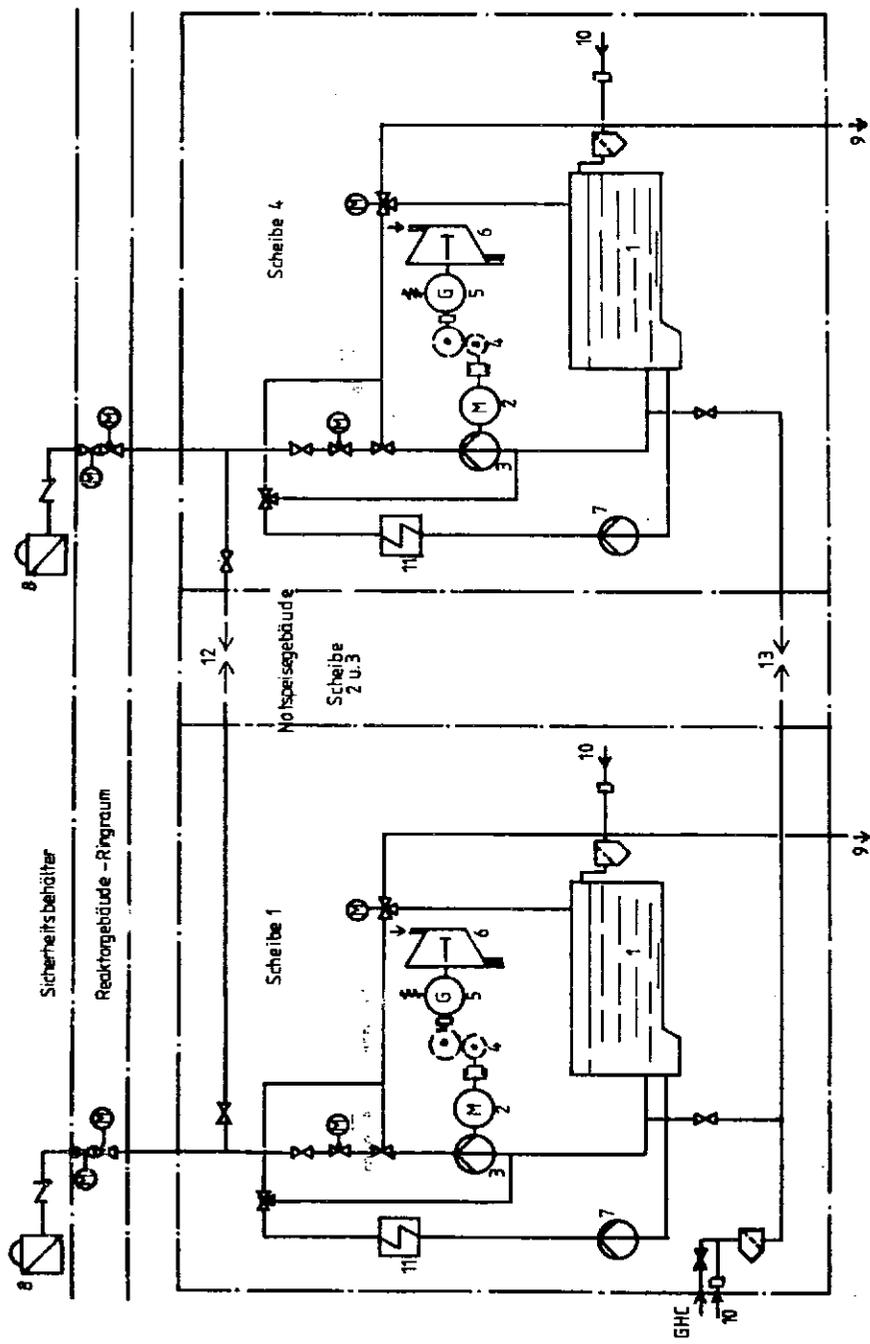
Notspeisepumpe

- Anzahl 4
- Antriebsleistung incl. Getriebeverlust ca. 535 kW
- Förderhöhe ca. 100 bar
- Förderstrom ca. 36 kg/s

Deionatbecken

- Anzahl 4
- Beckenvolumen 360 m<sup>3</sup>

- 1 Deionatbecken
- 2 E- Antrieb
- 3 Notspeisepumpe
- 4 Übersetzungsgetriebe
- 5 Generator
- 6 Dieselmotor
- 7 Deionatwälzpumpe
- 8 Dampferzeuger
- 9 Nebenkühlwasser-Sammelbecken
- 10 B-Rohr-Schlauchanschluß
- 11 Systemeigene-Kühlstellen
- 12 Samelleitung
- 13 Fülleitung
- GHC Deionatversorgung



<b>Kernkraftwerk Stendal C/D</b>	
Notspeisesystem ( LAR/LAS ) Prinzipdarstellung	
<b>SIEMENS Energieerzeugung KWU</b>	
Abb.: 2.8.2.3/1	DWR 1300 08.90