

2.5 Dampfkraftanlage

2.5.1 Auslegungsgrundlage

Die Schaltung der Dampfkraftanlage ist so konzipiert, daß bei einem möglichst einfachen und übersichtlichen Aufbau ein Optimum der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit erreicht wird.

Die Wärme aus dem Reaktorkühlmittel wird in 4 Dampferzeugern auf den Dampf- und Speisewasserkreislauf übertragen, der damit vom Reaktorkreislauf vollständig getrennt ist. Das Dampf- und Speisewassersystem ist so vorgesehen, daß nach einer Vollastabschaltung des Turbosatzes die vom Reaktorkühlsystem an die Dampferzeuger abgegebene Wärme über die Umleitstation des Turbosatzes an das Kühlwasser abgeführt werden kann..

2.5.2 Dampfturbosatz

2.5.2.1 Dampfturbine

Der Längsschnitt (siehe Zeichnung Nr. 2.5/1) zeigt eine Turbine, wie sie für dieses Projekt eingesetzt wird. Es handelt sich dabei um einen 1500-tourigen Turbinentyp.

Der Turbine wird an den Schnellschlußventilen Sattedampf von etwa 67,2 bar bei Nennlast zur Verfügung gestellt, so daß die Expansion des Dampfes in der Turbine in einem weiten Bereich im Naßdampfgebiet erfolgt. Gegenüber konventionellen Heißdampfmaschinen erfordert dies zum Schutz gegen Erosion bzw. Erosionskorrosion im gesamten Strömungsbereich sowie zur Beherrschung der zusätzlichen

Beschleunigung bei Abschaltungen durch Ausdampfung des Wasserfilmes div. Maßnahmen bei der Konstruktion, der Materialwahl sowie durch entsprechende Schaltungen. U.a. durch die Herabsetzung der mittleren Dampfnässe auch mit Hilfe einer Zwischenüberhitzung zwischen HD- und ND-Teilturbinen, Verwendung von 13 %igem Chromstahl an erosionsgefährdeten Stellen, geeignete Anordnung von Absperrorganen an den Anzapf- und Entwässerungsleitungen werden die obengenannten, für Naßdampfmaschinen typischen Sonderprobleme voll beherrscht.

Der Frischdampf wird der Hochdruckteilturbine über 4 kombinierte Schnellschluß-Stellventile zugeführt. Je zwei dieser Ventilgruppen sind seitlich des Hochdruckgehäuses angeordnet. Die Turbine arbeitet nach dem Überdruckprinzip und besteht aus einem doppelflutigen HD-Teil und drei doppelflutigen ND-Teilen. Sämtliche Gehäuse sind horizontal geteilt.

In der Überströmleitung zwischen HD-Teilturbine und den drei ND-Teilen sind Wasserabscheider mit einer nachgeschalteten Zwischenüberhitzung auf 240 °C angeordnet. Die Endschaufeln besitzen eine Länge von 1356 mm.

2.5.2.2 Kondensationsanlage

Die Kondensation des Abdampfes aus der Turbine erfolgt in drei unterhalb der ND-Gehäuse quer zur Maschinenachse angeordneten Oberflächenkondensatoren. Bei einer Kühlwasserauslegungstemperatur von 12 °C wird bei Nennlast ein Vakuum von 0,046 bar erzielt. Die Kondensatoren sind mit den Nieder-

druckaußengehäusen verschweißt. Die Kastenkondensatoren werden einflutig ausgeführt. Kondensatormantel und Hotwell sind Schweißkonstruktionen. Die Wasserkammern sind in St 37 ausgeführt und mit einem Schutzanstrich versehen. Jeder Kondensator ist kühlwasserseitig geteilt, wodurch die Stillsetzung von 1/6 der gesamten Kühlfläche während des Betriebes ermöglicht wird. Die Kühlrohre aus Cu Zn 28 Sn sind in beide Stahlrohrböden eingewalzt und gegen Schwingungen durch Stützböden gesichert. Zur Aufrechterhaltung des Vakuums sind Vakuumpumpen mit Motorantrieb vorgesehen (Elmopumpen mit vorgeschaltetem Luftstrahler).

Das anfallende Kondensat eines jeden Kondensators fließt in einen Sammler, aus dem es durch Kondensatpumpen über die ND-Vorwärmanlage zu dem Speisewasserbehälter gepumpt wird.

Zur Speisewasservorwärmung sind 6 Anzapfstufen vorgesehen. Die Vorwärmer der untersten Vorwärmstufen werden in Duplex-Bauweise im Kondensatorhals angeordnet.

2.5.2.3 Umleitstation

Die Umleitstation hat die Aufgabe, den vom Dampferzeuger angebotenen und von der Turbine nicht abgenommenen Dampf in den Kondensator abzuführen.

Die Dampfableitung erfolgt über 6 elektrohydraulische Umleitventile mit nachgeschalteten Drosseln und Kondensateinspritzung. Die Umleitstation ist für mindestens 45 % der Frischdampfmenge bei Nennlast ausgelegt.

2.5.2.4 Generator

Bei der Frequenz von 50 Hz ist der mit der Turbine direkt gekuppelte 1500-tourige Turbogenerator 4-polig. Seine Spannung beträgt $27 \text{ kV} \pm 5 \%$.

Läufer- und Ständerwicklung werden direkt mit Wasser gekühlt; alle übrigen Verluste (wie Eisenverluste, Reibungsverluste und Zusatzverluste) werden mit Wasserstoff von 4,9 bar Gasdruck abgeführt.

2.5.3 Wasser-Dampf-Kreislauf (s. Zeichnung Nr.2.5/2)

2.5.3.1 Schaltung

Der in den 4 Dampferzeugern erzeugte Frischdampf wird durch vier parallele Rohrleitungen zu den Einströmventilen der Turbine geführt. Von den Frischdampfleitungen zweigen die Rohrleitungen für die Umleitstation ab. Die Heizdampfentnahme für die Zwischenüberhitzung erfolgt zwischen den Schnellschluß- und den Regelventilen.

Nach der Entspannung im HD-Teil der Turbine muß der Dampf vor Eintritt in die ND-Teile mechanisch entwässert und zwischenüberhitzt werden. Der Dampf wird aus diesem Grund durch einen kombinierten Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer geleitet. Nach der Entspannung in den ND-Teilen wird der Dampf in 3 Kondensatoren niedergeschlagen. Das Kondensat läuft von den Hotwells über die Kondensatsammelleitung den Kondensatpumpen zu. Von den Hauptkondensatpumpen wird das Kondensat durch die ND-Vorwärmanlage und den Stork-Brausen zum Speisewasserbehälter gefördert.

Vom Speisewasserbehälter läuft das Speisewasser jeder Speisepumpe durch je eine Leitung zu. Die Hauptspeisepumpen fördern das Speisewasser durch die HD-Vorwärmanlage zu den Dampferzeugern.

Die Speisewasserentgasung arbeitet nach dem Gleitdruckprinzip; dadurch wird auch bei Teillast ein optimaler thermischer Wirkungsgrad der Anlage erreicht.

Beim An- und Abfahren wird der Heizdampf für die Entgasung aus der Frischdampfleitung entnommen.

Zur Vermeidung von Wärme- und Wasserverlusten wird das Abschlammwasser aus den Dampferzeugern in einem parallel zur ND-Vorwärmanlage geschalteten Kühler abgekühlt, gereinigt und dem Speisewasser-Dampfkreislauf wieder zugeführt.

Das erforderliche Zusatzwasser wird von einer Vollentsalzungsanlage bezogen und in die Kondensatoren eingespeist. Die Notinspeisung erfolgt in den Speisewasserbehälter.

In der Speisewasserleitung nach den HD-Vorwärmern liegen die erforderlichen Regelarmaturen, Rückschlagklappen und Absperrschieber. Sämtliche Armaturen außer den Rückschlagklappen sind außerhalb des Reaktorgebäudes angeordnet und jederzeit zugänglich.

Beim An- und Abfahren erfolgt die Dampferzeugerspeisung durch die An- und Abfahrpumpen. Die gesamte sicherheitstechnisch relevante Dampferzeugerspeisung erfolgt durch das Notspeisesystem.

2.5.3.2 Pumpen im Speisewasserkreislauf

2.5.3.2.1 Kondensatpumpen

Die Hauptkondensatpumpen fördern das in den Kondensatoren anfallende Kondensat über die ND-Vorwärmer in den Speisewasserbehälter. Bei Ausfall einer Hauptkondensatpumpe wird automatisch auf eine Reservepumpe umgeschaltet.

Die Nebenkondensatpumpen fördern das Nebenkondensat, das in den Wasserabscheidern, den ND-Vorwärmern und in den Entwässerungen anfällt, in entsprechende Abschnitte des Hauptkreislaufes zurück.

2.5.3.2.2 Speisewasserpumpen

Die Speisewasserförderung wird von Pumpenaggregaten, bestehend aus Haupt- und Vorpumpen übernommen. Ein Pumpenaggregat steht in Reserve. Die Hauptpumpe wird über ein Übersetzungsgetriebe von einem E-Motor angetrieben, während die Vorpumpe direkt mit dem Motor gekuppelt ist.

Die An- und Abfahrpumpen sind für das An- und Abfahren sowie zur Abführung der Nachzerfallswärme bei Reaktorschnellabschaltung vorgesehen. Sie sind so ausgelegt, daß die erforderliche Speisewassermenge auch bei Ansprechen der Dampferzeuger - Sicherheitsventile gefördert werden kann.

Aus Sicherheitsgründen werden die Motore der An- und Abfahrpumpen an das Notstromnetz angeschlossen.

2.5.3.3 Vorwärmananlage

Die Vorwärmananlage dient zum stufenweise Vorwärmen des Speisewassers mittels Anzapfdampf der Turbine.

Das Speisewasser wird durch die Hauptkondensatpumpen nacheinander durch folgende Vorwärmer gefördert:

- 3 Vakuum-Kondensatkühler in Duplexbauart $A_1 + A_2$
- 3 ND-Vorwärmer in Duplexbauart $A_1 + A_2$
- 3 Niederdruck-Vorwärmer A_3
- 3 Niederdruck-Vorwärmer A_4

Den Niederdruckvorwärmern ist ein mit Stork-Brausen bestückter Speisewasser-Behälter nachgeschaltet. Dieser wird aus der Anzapfung A_5 der Turbine, mit Stützdampf aus der FD-Leitung oder mit Dampf aus dem Hilfsdampfnetz über den Hilfsdampf-Verteiler gespeist.

Aus dem Speisewasserbehälter läuft das Speisewasser den Speisepumpen zu und wird durch die Hochdruckvorwärmer gefördert. Hier sind folgende Apparate hintereinandergeschaltet:

- 2 Hochdruck-Kondensatkühler
- 2 Hochdruck-Vorwärmer A_6
- 2 Hochdruck-Kühler zur Kühlung des Kondensates aus den Zwischenüberhitzern. Die Zwischenüberhitzer werden mit Frischdampf beheizt.

2.5.4 Kühltwassersystem (s. Zeichnung Nr. 2.5/3)

2.5.4.1 Aufbau

Die Verfügbarkeit und Sicherheit des Kraftwerkes hängen weitgehend von einer zuverlässigen Kühltwasserversorgung ab. Das Kühltwassersystem soll aber auch bei abgeschaltetem Reaktor eine sichere Abführung der Nachzerfallswärme ermöglichen. Dazu kommt noch die Forderung nach der Wirtschaftlichkeit der Kühlmittelversorgung.

Es wird streng darauf geachtet, daß von der im Kraftwerk anfallenden Abwärme ein möglichst geringer Anteil in die Weser abgeleitet wird. Unter diesem Gesichtspunkt ist das gesamte Kühlsystem gestaltet.

Aus zwei Betriebsfällen, die speziell bei einem Kernkraftwerk betrachtet werden müssen, ergeben sich drei übergeordnete Gruppen von Kühlstellen. Die eine Gruppe ist nur bei Normalbetrieb, die andere auch bei Notbetrieb der Anlage (Versorgung der elektrischen Verbraucher durch die Notstromanlage) u. die letzte Gruppe ausschließlich bei Notbetrieb in Funktion.

Eine weitere Gliederung der übergeordneten Gruppen ergibt sich aus der wirtschaftlichen Auslegung, die den verschiedenen Funktionen der Verbraucher und den erforderlichen Förderhöhen Rechnung trägt. Es ergaben sich dadurch mehrere Kühltwassersysteme, die sinnvoll in ein Gesamtkühltwasserschema eingebaut werden.

Systeme für ausschließlichen Normalbetrieb:

- Hauptkühltwassersystem
- Konventionelles Nebenkühltwassersystem

System für Normal- und Notkühlbetrieb:

- Nukleares Nebenkühlwassersystem

System für ausschließlichen Notbetrieb:

- Notnebenkühlwassersystem

Wegen der besonders aggressiven Eigenschaften und der Karbonathärte des Weserwassers sind neben den aus radiologischen Gründen ohnehin an Zwischenkühlkreisläufen angeschlossenen nuklearen Kühlstellen auch alle übrigen Kühlstellen des Kraftwerkes - mit Ausnahme der Turbinenkondensatoren - an Zwischenkühlkreise angeschlossen.

Die Energieversorgung der sicherheitstechnisch relevanten Neben- und Zwischenkühlkreise erfolgt bei Ausfall des Eigenbedarfsnetzes aus dem Notstromnetz. Die Pumpen des Notnebenkühlwassersystems werden mit Strom aus dem Notspeisesystem versorgt.

2.5.4.2 Hauptkühlwassersystem

An den Hauptkühlwasserkreis ist die Kondensationsanlage der Turbine, der größte Kühlwasserverbraucher, angeschlossen. Die Hauptkühlwassermenge beträgt 47.200 kg/s.

Da die Weserwasserführung nicht zu allen Jahreszeiten reine Frischwasserkühlung zuläßt, wurden zusätzlich Kühltürme vorgesehen. Für das Hauptkühlwassersystem werden deshalb folgende Betriebsarten unterschieden:

a) Frischwasserbetrieb:

Das Hauptkühlwasser wird von den Hauptkühlwasserpumpen über die Kondensatoren im Maschinenhaus kraftschlüssig in die Wassertassen der Kühltürme gefördert und läuft

von dort durch das Absturzbauwerk, den Rücklaufkanal in das Einleitungsbauwerk und damit in die Weser zurück. Die Wassertassen der Kühltürme dienen als Kraftschlußbecken.

b) Ablaufkühlbetrieb:

Wenn es die Wasserführung der Weser erfordert, wird das Wasser von den Hauptkühlwasserpumpen auf das Verteilersystem der Kühltürme gefördert. Dazu müssen die Schütze in den Zulaufkanälen der Kühltürme zur Wassertasse geschlossen werden. Das gekühlte Wasser fließt aus der Kühlturmtasse wie oben beschrieben in die Weser.

c) Interner Mischbetrieb

Im Gegensatz zu b) wird hierbei nicht das gesamte im Kühlturm gekühlte Wasser in die Weser geleitet, sondern nur eine Teilmenge, während die andere Teilmenge wieder vor die mech. Kühlwasserreinigungsanlage im Pumpen- und Reinigungsbauwerk geführt wird. Hier vermischt es sich mit dem Weserwasser. Nach Durchströmen der Reinigungsanlage wird es von den Hauptkühlwasserpumpen durch die Kondensatoren auf die Wasserverteilung der Kühltürme gefördert.

d) Rückkühlbetrieb

Bei dieser Betriebsweise wird das von den Kondensatoren kommende und über die Kühltürme geführte Kühlwasser wieder vor die mech. Reinigungsanlagen im Pumpen- und Reinigungsbauwerk geleitet. Das Zusatzwasser (Verdunstungs- und Abschlammwassermenge) fließt aus der Weser durch das Kühlwasserentnahmebauwerk zu.

Der Wechsel von einer Betriebsart in die andere ist ohne Betriebsunterbrechung möglich.

2.5.4.3 Nebenkühlwassersystem

Die ausschließlich mit Frischwasser betriebenen Nebenkühlwassersysteme werden aufgeteilt in:

Konventionelles Nebenkühlwassersystem

Da bei Ausfall der elektrischen Eigenbedarfsversorgung dieses Kühlsystem nicht betrieben wird, werden zwischenkühlwasserseitig nur Verbraucher angeschlossen, die keine sicherheitstechnischen Funktionen zu übernehmen haben. Angeschlossen sind nebenkühlwasserseitig zwei Verbrauchergruppen:

Die konventionellen Zwischenkühler und die Zwischenkühler der Maschinentrafos.

Das Nebenkühlwassersystem wird über zwei Nebenkühlwasserpumpen (2 x 100 %), die in zwei getrennten Bauwerken (am Pumpen- und Reinigungsbauwerk) untergebracht sind, mit Frischwasser (Weserwasser) versorgt. Nach Passieren der Zwischenkühler fließt das warme Kühlwasser über Kühlwasserrücklaufleitungen - unter Umgehung des Kühlturms - in ein Kraftschlußbecken am Kühlwasserrückgabekanal. Über die Wehrschwelle des Kraftschlußbeckens stürzt das Wasser in das Absturzbecken und fließt von hier gemeinsam mit dem Hauptkühlwasser in die Weser zurück.

Nukleares Nebenkühlwassersystem

Dieses nukleare Nebenkühlwassersystem ist viersträngig aufgebaut. An jedem Strang ist ein nuklearer Zwischenkühler sowie ein gesicherter Zwischenkühler angeschlossen.

Da über die nuklearen Zwischenkühler die Nachzerfallswärme abgeführt wird und über die gesicherten Zwischenkühler die Notstromdiesel, die Kältemaschinen und die An- und Abfahrpumpen gekühlt werden, muß die Nebenkühlwasserversorgung absolut sichergestellt sein.

Von den vier Kühlwassersträngen wird jeder Strang von einer Nebenkühlwasserpumpe gespeist. Die Elektromotoren der Pumpen werden an das Notstromnetz angeschlossen. Da für den Notbetrieb zwei Stränge ausreichen, werden aus Sicherheitsgründen (Flugzeugabsturz) je zwei Pumpen in einem räumlich getrennten Bauwerk (Nebenkühlwasserpumpen-Bauwerk), das auf je einer Längsseite des Pumpen- und Reinigungsbauwerkes angeordnet ist, aufgestellt.

Notnebenkühlwassersystem

Im Zusammenhang mit dem Schutz gegen äußere Einwirkungen werden für die verkürzten Nachkühlketten zwei Notnebenkühlwasserpumpen aufgestellt, die parallel zu je einer nuklearen Nebenkühlwasserpumpe geschaltet sind. Zum Schutz gegen Flugzeugabsturz wird je eine Notnebenkühlwasserpumpe in einem Nebenkühlwasserpumpen-Bauwerk (also räumlich getrennt) angeordnet.

Die beiden Notnebenkühlwasserpumpen beaufschlagen zwei der 4 Nachwärmekühler sekundärseitig unter Umgehung der nuklearen Zwischenkühler mit Flußwasser und sind an das Stromnetz der Notspeiseanlage angeschlossen.

Jedes der beiden Nebenkühlwasserpumpen-Bauwerke (mit je zwei nuklearen und einer konventionellen Nebenkühlwasserpumpe, einer Notnebenkühlwasserpumpe und einer Feuerlöschpumpe) erhält eine eigene, einsträngige Wasserreinigung, bestehend aus Feinrechen und Siebbandmaschine. Die beiden Zulaufkanäle werden vom Hauptkühlwasserkanal abgezweigt. Dabei wird berücksichtigt, daß auch bei Misch- oder Rückkühlbetrieb des Hauptkühlwasserkreislaufes die Nebenkühlwasserpumpen immer mit Frischwasser beaufschlagt werden.

2.5.4.4 Zwischenkühlsystem

Als Kühlwasser wird ausschließlich Deionat verwendet, dem Inhibitoren zugegeben werden, wodurch das System vor Korrosion geschützt wird. Das Kühlwasser gibt in den Zwischenkühlern die Wärme an das Wasser der Nebenkühlwassersysteme ab.

Die Aufteilung der Zwischenkühlsysteme erfolgt in das konventionelle System und die nuklearen Systeme:

Konventionelles Zwischenkühlsystem

Alle Kühlstellen außerhalb des Kontrollbereiches, die bei Außerbetriebsetzung des Blockes sowie bei Eigenbedarfsstörungen keine Kühlung mehr benötigen, sind an dieses System angeschlossen.

Das System ist in zwei getrennte Kreise aufgeteilt. Der eine Kreis versorgt die Maschinentrafos mit Kühlwasser und hat statt eines Ausgleichsbehälters eine Auffangwanne, in die das Kühlwasser von den Trafos frei abläuft. Der andere Kreis versorgt alle anderen Kühlstellen. Er ist ein geschlossener Kühlkreis, bei dem ein Ausgleichsbehälter für den notwendigen Volumenausgleich sorgt.

Nukleare Zwischenkühlsysteme

Alle Kühlstellen im Kontrollbereich sowie die der Notstromdiesel, der An- und Abfahrpumpen und der Kälteaggregate führen die Wärme über Zwischenkühler an das nukleare Nebenkühlwassersystem ab. Das Zwischenkühlsystem des Kontrollbereiches wird im Kapitel 2.4.5 unter "Nukleares Zwischenkühlsystem" beschrieben:

Die Kühlkreise für die Versorgung der Notstromdiesel, der An- und Abfahrpumpen sowie der Kälteaggregate werden in den sog. "gesicherte Kühlkreise" zusammengefaßt und nachstehend behandelt.

Gesicherte Kühlkreise

Je einer der vier gesicherten Kühlkreise ist nebenkühlwasserseitig an einem nuklearen Nebenkühlwassersystem angeschlossen. Jeder Kühlkreis versorgt einen Notstromdiesel sowie ein Kälteaggregat. Von den zwei Anfahrpumpen ist je eine Pumpe an einem Kühlkreis angeschlossen. Das Kühlwasser in jedem geschlossenen Kühlkreis mit Ausgleichsbehälter wird von einer Pumpe (1 x 100 %) umgewälzt. Der Antriebsmotor ist am Notstromnetz angeschlossen.

2.5.4.5 Kühlwasserreinigung

Die mechanische Kühlwasserreinigungsanlage hat die Aufgabe, das aus der Weser zu Kühlzwecken entnommene Wasser vor Eintritt in die Kühlwasserpumpen von den groben Verunreinigungen zu trennen. Die Verunreinigungen werden in Containern gesammelt und mit geeigneten Fahrzeugen abtransportiert.

Zur Reinigung des Weser-Wassers sind hintereinander angeordnete Grobrechen, Feinrechen und Siebbandmaschinen vorgesehen.

Die Grobrechenanlage ist im Kühlwasserentnahmebauwerk angeordnet und dient zur Vorreinigung des gesamten einlaufenden Kühlwassers in den Kraftwerksbereich. Die nachgeschalteten Feinrechen und Siebbandmaschinen sind im Pumpen- und Reinigungsbauwerk untergebracht. Dabei sind für das Hauptkühlwasser 6 Straßen mit je einem Feinrechen und einer Siebbandmaschine und für das Nebenkühlwasser insgesamt 2 Straßen, ebenfalls mit einem Feinrechen und einer Siebband-

maschine, vorgesehen. Betonwände und Dammtafeln ermöglichen eine Hälfte der Bauwerke, vom Kühlwasserentnahme- bis einschließl. Pumpen- und Reinigungsbauwerk, außer Betrieb zu nehmen, während über die andere Hälfte die Nebenkühlwasserversorgung - vor allem die der nuklearen Kühlstellen - sichergestellt ist. Dazu müssen Dammtafeln im Einlaufbauwerk vor dem Grobrechen und eine Dammtafel im Querkanal des Pumpen- und Reinigungsbauwerkes gesetzt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, jede Reinigungsstraße sowie jede Pumpenkammer mit Dammtafeln einzeln abzusperren. Zum Entleeren der einzelnen Kammern ist eine Entleerungspumpe fest installiert, die über ein Rohrleitungssystem und entsprechend angeordneten Armaturen mit den Kammern in Verbindung steht.

Mit Wasser aus der Kühlturmtasse, das über Auftauleitungen vor die Grobrechenanlage geführt wird, kann im Winter bei Betrieb des Kraftwerksblockes die Rechenanlage weitgehend eisfrei gehalten werden. Außerdem werden Stäbe von zwei Rechenfeldern der Grobrechenanlage mit Warmwasser beheizt, so daß bei Stillstand des Kraftwerksblockes die Kühlwasserversorgung der nuklearen Kühlstellen sichergestellt ist. Die Warmwasserversorgung erfolgt über ein geschlossenes System mit Pumpe, dampfbeheiztem Wärmetauscher und Ausgleichsbehälter.

2.5.4.6 Kühlturm

Naßkühlturm mit Naturzug

Das Hauptkühlwasser wird in zwei Naturzugkühltürmen gekühlt, die im Ablauf-, Misch- und Rückkühlbetrieb eingesetzt werden können.

Die wesentlichen Bauteile des Kühlturmes sind

- Becken
- Turmbauwerk
- Wasserverteilung
- Kühleinbauten
- Wasserfang

Becken

Das Becken wird aus wasserundurchlässigem Stahlbeton hergestellt.

Turmbauwerk

Auf dem Fundamentring sind die Stahlbeton-Schrägstützen angeordnet, die den Kühlturmmantel tragen. Dieser besteht aus dem Ringbalken, den Stützenköpfen und der aufsteigenden Wand in hyperbolischer Form. Das Bauwerk wird aus wasserundurchlässigem Stahlbeton hergestellt.

Wasserverteilung

Die Wasserverteilung aus Asbestzementmaterial befindet sich oberhalb der Kühleinbauten. Das abzukühlende Wasser gelangt über Steigschächte in die parallel oder kreuzförmig angeordneten Hauptverteiler. Von hier wird es in die gleichmäßig über den Kühlturmquerschnitt angeordneten Unterverteiler geleitet.

Im Boden der Unterverteiler befinden sich in bestimmten Abständen Spritzgarnituren, die das Wasser über die Kühleinbauten verteilen.

Kühleinbauten

Das gleichmäßig verteilte warme Wasser durchrieselt die Kühleinbauten, die z.B. aus senkrecht angeordneten Asbestzementplatten bestehen. Über entsprechende Stützkonstruktionen aus Stahlbeton wird die Last der Kühleinbauten auf das Fundament übertragen.

Wasserfang

Dieser besteht z.B. aus gewelltem Asbestzementmaterial und ist oberhalb der Wasserverteilung angeordnet. Er verhindert weitgehend ein mechanisches Mitreißen von Wassertropfen, max. Wasserauswurf 0,05 % der Wasserdurchsatzmenge.

Hindernisbefeuerung

In den Ebenen 40, 80 und 120 m über OK-Becken sowie 1-2 m unter Kühlturmmündung werden je 8 Lampen gleichmäßig am Kühlturmmantel angeordnet. Sie werden mittels Dämmerungsschalter ein- und ausgeschaltet, der bei einer Umfeldhelligkeit von 50 Lux anspricht.

2.5.5 Kraftwerkshilfsanlagen

2.5.5.1 Hilfsdampfsystem

Der Dampfbedarf des Hilfsdampfnetzes ergibt sich im wesentlichen durch die Reaktorhilfsanlagen, die Heizung, die Stopfbuchsbedampfung und die Aufheizung des Speisewassers behälters.

Die Versorgung dieser Verbraucher erfolgt vom Hilfs-Dampfverteiler. Bei Betrieb des Kraftwerkes wird die erforderliche Dampfmenge aus der Anzapfung der Turbine entnommen; bei Schwachlastbetrieb der Turbine wird der Dampfdruck aus der Frischdampfleitung gestützt.

Während des Stillstandes des Kernkraftwerkes übernehmen die Hilfskessel die Versorgung der Hilfsdampfverbraucher und liefern ebenfalls den Dampf für Vorbetriebsprüfungen und für die Inbetriebnahme von Anlagensystemen.

Die erforderliche Dampfleistung wird in 2 leichtölgefeuerten Flammrohr-Rauchrohrkesseln mit einer Dampfleistung von je 18 t/h, 10 bar, 200 °C erzeugt.

Um die Kessel kurzfristig anfahren zu können, wird als Brennstoff Heizöl EL, das in unterirdischen Behältern gelagert wird, verwendet.

Die Leichtölbrenner werden mit leichtöl-elektrischer Zündung ausgerüstet. Die Kessel werden mit rauchgasseitigem Überdruck gefahren. Die Feuerungsleistung wird in Abhängigkeit vom Kesseldruck automatisch geregelt und damit dem jeweiligen Dampfverbrauch angepaßt. Bei Unterschreitung der Feuerungskleinstlast geht die Feuerung in den "intermittierenden Betrieb" (Aussetzbetrieb) über. Der Verbrennungsluftstrom wird dem Brennstoff mit einem mechanischen Verbundregler zugeteilt.

Die Rauchgase werden über einen gemeinsamen Stahlblechschornstein mit äußerer Isolierung und innerer Säureschutzbeschichtung abgeführt.

Die Speisung der Hilfskessel erfolgt über elektrisch angetriebene Speisepumpen.

Die Kessel werden für eine Fahrweise entsprechend den "Richtlinien für den Betrieb von Dampfkesselanlagen (Dampferzeugern) ohne ständige Beaufsichtigung" (BOB) ausgerüstet.

Die Inbetriebsetzung der Kessel erfolgt von einem Schaltschrank vor Ort aus. In den Schaltschränken ist sowohl die Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungsanlage als auch der Leistungsteil für alle Antriebe untergebracht. Die Ausführung der gesamten Systeme erfolgt in Starkstrom-Relais-Technik.

Auf der Hauptwarte wird eine Stör-Sammelmeldung der Hilfskesselanlage vorgesehen.

Für die Entgasung des Kondensats und des Zusatzwassers ist ein eigener Entgaser vorgesehen. Entgaser und Speisewasserbehälter sind neben den Hilfskesseln angeordnet.

2.5.5.2 Zusatzwasseraufbereitungsanlage

Der Speisewasser-Dampfkreislauf, der Reaktorkühlkreis, die Zwischenkühlssysteme von Primär- und Sekundäranlagen arbeiten mit vollentsalztem und enthärtetem Wasser. Zum Füllen der Kreisläufe sowie zur Deckung der laufenden Verluste während des Betriebes wird eine Wasseraufbereitungsanlage von $2 \times 18 \text{ kg/s}$ vorgesehen. Bei 12 Stunden Laufzeit eines Filterstranges entspricht diese Leistung einem Gesamtdurchsatz von 780 m^3 zwischen zwei Regenerationen.

In der Vollentsalzungsanlage wird das Rohwasser zu Deionat aufbereitet und in die Deionatbehälter gefördert. Über die Deionatversorgung wird das Wasser dann den Verbrauchern zugeführt.

Bestimmend für die Auslegung der Vollentsalzungsanlage ist die Rohwasseranalyse.

Jede Vollentsalzungsstraße besteht aus Kiesfilter, Kationenstufe, Rieseler, Anionenstufe und Mischbettfilter. Die garantierte Leitfähigkeit hinter dem Mischbettfilter beträgt $0,1 \text{ } \mu\text{S/cm}$.

Die Austauscherharze werden mit Salzsäure bzw. Natronlauge regeneriert. Das Nachwaschen geschieht mit Deionat. Die bei der Regeneration anfallenden Abwässer werden im Neutralisationsbecken auf einen pH-Wert von ca. 7 eingestellt.

2.5.5.3 Dampferzeuger-Abschlämmmentsalzung

Das Wasser des Speisewasser-Dampf-Kreislaufes wird durch kontinuierliches Abschlämmen aus dem Dampferzeuger auf den erforderlichen Reinheitsgrad gehalten. Das Dampferzeuger-Abschlammwasser wird aufbereitet, so daß keine Abschlammverluste entstehen und der Zusatzwasserbedarf entsprechend klein gehalten werden kann.

Die Abschlammmentsalzungsanlage besteht aus einem Elektromagnetfilter zur Entfernung ferromagnetischer Verunreinigung und zwei Mischbettfiltern für insgesamt ca. 1 % der Frischdampfmenge. Da die Austauscherharze nur bis zu einer maximalen Betriebstemperatur von 60 °C eingesetzt werden können, wird der Anlage ein Abschlammkühler vorgeschaltet, über den die Wärme an das Hauptkondensat abgegeben wird.

Nach Erschöpfung des Elektromagnetfilters wird das Filter auf elektrischem Wege entmagnetisiert, und durch Spülen werden die zurückgehaltenen Verunreinigungen entfernt und verworfen. Die Regeneration der Mischbettfilter erfolgt mit Natronlauge und Schwefelsäure. Die Regenerationsabwässer der Mischbettfilter werden in die Abwasseraufbereitung im Kontrollbereich eingeleitet.

Das Abschlammwasser wird über eine für alle Dampferzeuger gemeinsame Sammelleitung aus dem Containment geführt. Zur Überwachung der Wasserqualität und zur Lokalisierung von Dampferzeugerleckagen sind an den einzelnen Dampferzeugern außer der automatischen Registrierung der Leitfähigkeit noch Probeentnahmen von Hand vorgesehen. Das Abschlammwasser entspannt auf das Druckniveau des Speisewasserbehälters. Der dabei entstehende Dampf wird in den Speisewasserbehälter geleitet, während das verbleibende Wasser über den Abschlammkühler in die Abschlammmentsalzungsanlage gelangt.

2.5.5.4 Deionatverteilung

Die Deionatversorgung stellt das notwendige Deionat zum Füllen der Systeme, Spülen, Nachspeisen, Dekontaminieren sowie das Sperrwasser für das Abdichten von Stopfbüchsen zur Verfügung.

Die Betriebsdeionatbehälter werden direkt aus der Vollentsalzungsanlage gespeist. Deionatpumpen und Sperrwasserpumpen fördern das benötigte Deionat zu den Verbrauchern.

Das im normalen Betrieb benötigte Deionat als Zusatzwasser zum Speisewasser-Dampf-Kreislauf wird in die Kondensatoren gespeist, dort vakuum-entgast.

Das im Notstromfall zum Abfahren benötigte Deionat wird von den Deionatpumpen in den Speisewasserbehälter gefördert. Der im Deionatbehälter und im Speisewasserbehälter befindliche Deionatvorrat ist für das sichere Abfahren der Anlage bemessen.

Deionat als Zusatzwasser zum Primärkreislauf wird der Kühlmittelaufbereitung zugeführt und dort entgast. Die Motore der Deionat- und Sperrwasserpumpen werden an das Notstromnetz angeschlossen.

2.5.6 Kraftwerksnebenanlagen

2.5.6.1 Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen

Die Wärmeversorgung sämtlicher Gebäude des Kraftwerkes erfolgt durch eine Pumpen-Warmwasserheizung. Die Heizzentrale selbst wird im Heizungsgebäude installiert. Das aus dem Rücklaufsammler zurückkommende 70grädige Heizwasser wird in mit Dampf beaufschlagten Gegenstromwärmetauschern auf max. 130 °C erwärmt und von Pumpen über das Heiznetz den Verbrauchern zugeführt.

An das System sind direkt angeschlossen:

- Reaktor-Hilfsanlagegebäude
- Maschinenhaus (Notbeheizung)
- Schaltanlagegebäude
- Kraftwerks-Nebenanlagegebäude
- Verwaltungsgebäude
- Werkstatt (Mech. Werkstatt)
- Lager
- Kühlwasserbauwerke (Notbeheizung)

Die Volumenänderung des Heizwassers wird in einem Ausdehnungsgefäß aufgenommen. Die Heizungsanlage ist als geschlossene Anlage nach DIN 4752 konzipiert.

Das aus den Wärmetauschern ablaufende Kondensat wird zum Speisewasserbehälter Maschinenhaus oder Hilfskessel zurückgeführt.

Das Verwaltungsgebäude (belüftete Räume) und die Werkstatt werden mit Stahlradioatoren beheizt. Jeder dieser Heizkörper ist mit Entlüftung und einem Handregelventil mit linearer Kennlinie ausgestattet.

Für die übrigen Wärmeverbraucher sind zur Beheizung Wand- bzw. Deckenluftherhitzer vorgesehen.

Klimatisiert werden der Warten- und Rechnerraum, das Verwaltungsgebäude; be- und entlüftet werden das Maschinenhaus, die Schaltanlagenräume sowie die Nebenanlagen, wie Wasseraufbereitung und Sozialräume des Werkstattgebäudes.

Lüftungsanlagen Maschinenhaus

Die Lüftungsanlage dient im Sommer zur Wärmeabfuhr aus dem Maschinenhaus. Bei Stillstand der Turbine im Winter

wird das Maschinenhaus durch die Heizungsanlage temperiert.

Über Außenluftjalousieklappen strömt eine entsprechende Luftmenge ins Maschinenhaus nach. Die Beheizung erfolgt mit Warmluftheizregister. Die Luft wird von Dachventilatoren über Schalldämpfer ins Freie geblasen.

Lüftungsanlage Schaltanlagengebäude

Die Luftmenge für die Belüftung der einzelnen Schaltanlagenräume ergibt sich aus den elektrischen Verlusten.

Das in vier Scheiben aufgeteilte Schaltheus wird durch vier zugeordnete Umluftstränge gekühlt. Die Zuluft wird den einzelnen Stockwerken in gemauerten oder betonierten vertikalen Kanälen zugeführt. Den einzelnen Räumen innerhalb der Geschosse wird die Luft in verzinkten Kanälen mit Luftgittern zugeführt. An den Mündungen zu den vertikalen Luftkanälen befinden sich Brandschutzklappen, die die Räume im Brandfall abschotten.

Eine zentrale Zu- und Fortluftanlage der Kapazität einer Umluftanlage sorgt für die Frischluftversorgung der Schaltanlagen und der Wartenklimaanlage. Im Brandfall kann je einer der vier Teilbereiche oder die Wartenklimaanlage zur Entqualmung voll auf Frischluftbetrieb umgeschaltet werden.

Lüftungsanlage Batterieraum

Die Zuluft für den Batterieraum wird dem Schaltanlagengebäude über Überströmklappen entnommen. Die Abluftventilatoren blasen die Luft direkt ins Freie. Die Luftkanäle für den Batterieraum bestehen aus Kunststoff. Der Raum ist mit Feuerschutzklappen gesichert.

Klimaanlage, Warte, Rechner

Die Frischluft für die Klimaanlage, Warte und Rechner sowie für die Lüftungsanlage Schaltanlagenräume wird gemeinsam aufbereitet.

Die Zuluft für Warte und Rechner wird gefiltert und je nach Jahreszeit erwärmt oder gekühlt. Durch Blechkanäle wird die aufbereitete Luft der Warte bzw. dem Rechner zugeführt und über eine Lochdecke eingeblasen. Zur Dämpfung der Ventilatorlaufgeräusche sind in Zu- und Abluftkanal Schalldämpfer eingebaut. Die Regelung der Raumluftzustände erfolgt elektronisch.

Lüftungsanlage Zusatzwasseraufbereitung

Zur Abführung evtl. anfallender Säure- oder Laugedämpfe wird die Wasseraufbereitung zwangsbelüftet. Die Zuluft wird durch Überströmöffnungen eingeblasen, durch Dachradialventilatoren abgesaugt und ins Freie geblasen.

Lüftungsanlage Dieselraum

Im Dieselraum wird über Außenluftjalousieklappen von Dachradialventilatoren Luft abgesaugt und über Schalldämpfer ins Freie ausgeblasen.

Lüftungsanlage Kühlwasserpumpenhaus

Die Luft wird von Zuluftventilatoren durch Regeljalousieklappen in das Pumpenhaus gesaugt und von Abluftventilatoren ins Freie geblasen.

Die Beheizung erfolgt mit Warmluftheizregistern.

Kälteanlage

Das Kaltwasser für die verschiedenen Kühler der Klimaanlage im konventionellen und nuklearen Bereich wird zentral erzeugt. In Turbokompressoren wird das aus dem Kaltwassernetz ankommende Wasser abgekühlt und von Pumpen den Kälteverbrauchern zugeführt.

Für die Kälteerzeugung sind 4 Maschinen mit einer Leistung von je 25 % vorgesehen. Jeder Maschine ist eine Umwälzpumpe zugeordnet.

2.5.6.2 Druckluftversorgung

Die Druckluftversorgung hat folgende Aufgaben:

- das Werksdruckluftnetz als größten Verbraucher mit Druckluft von 9 bar zu versorgen
- Druckluft zum Betätigen von Klappen der Lüftungsanlage und von pneumatischen Ventilen zu liefern.

Es werden zwei Kompressoren vorgesehen. Der Druckluftbehälter ist so bemessen, daß die Kompressoren sowohl im Aussetz- als auch im Leerlaufbetrieb gefahren werden können.

Die Luft wird über Filter und Schalldämpfer angesaugt, verdichtet, zwischengekühlt und über Nachkühler und Zyklonenabscheider dem Druckluftbehälter zugeführt. Nach dem Behälter durchströmt die Druckluft zunächst ein Feinfilter, und wird dann über ein ausgedehntes Verteilernetz den einzelnen Verbrauchern in den jeweiligen Gebäuden zugeführt. Da der Kompressor als Naßläufer ausgeführt ist, wird bei der relativ hohen Kühlwassertemperatur des Zwischenkühlwasserkreises die Luft nicht absolut öl- und wasserfrei geliefert.

2.5.6.3 Feuerlöschanlage

Als Löschwasser wird das in der mechanischen Kühlwasserreinigungsanlage gereinigte Flußwasser verwendet. Das System besteht aus 2 Feuerlöschpumpen mit E-Motorantrieb, von denen je eine in einem Nebenkühlwasserpumpenbauwerk angeordnet ist. Beide Pumpen speisen über getrennte Rohrleitungen in die Ringleitung des Feuerlöschnetzes. Jede Pumpe kann das gesamte Feuerlöschnetz versorgen. Außerdem kann eine Hälfte der Ringleitung (Zerstörung) abgesperrt werden und jede Pumpe kann in die andere Hälfte der Ringleitung fördern.

Von der unter der Erde verlegten Ringleitung zweigen folgende Stichleitungen ab:

- für die Hydranten im Gelände bzw. zwischen den Gebäuden
- für die Steigleitungen in den Treppenhäusern
- zwei für evtl. Auffüllen der Deionatbehälter im Notspeisegebäude

Das System wird in ständiger Betriebsbereitschaft gehalten. Daher werden die Pumpen bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung automatisch auf die Versorgung aus dem Notstromnetz umgeschaltet.

2.5.6.4 Hebezeuge

Die einzelnen Kraftwerksgebäude werden für die Montage- und Wartungsarbeiten an den Aggregaten und Apparaten mit zweckdienlichen Hebezeugen ausgerüstet.

Alle Räume, in denen größere Anlagenteile installiert werden, sind mit Katzbahnträgern und Ankerplatten, zum Anbringen von Kleinhebezeugen, ausgerüstet.

Der Kran ist zum Heben des schwersten Teiles während der Revision der Reaktoranlage ausgelegt. Der Laufkran ist als Brückenrundlaufkran in geschweißter Stahlkonstruktion ausgeführt. Außer dem Haupthubwerk erhält der Kran ein Hilfshubwerk, um kleinere Lasten während der Montage schneller zu heben. Weiterhin wird noch ein Sonderhubwerk vorgesehen, welches besonders zum Heben von leichteren radioaktiven Lasten, wie z.B. für Revisionsarbeiten an der BE-Wechselmaschine, eingesetzt wird.

Zur Durchführung langsamer und genauer Montagebewegungen besitzt der Kran mehrere Feinfahr- und Hubgeschwindigkeiten. Die Bedienung des Laufkranes erfolgt von einem Steuerpult auf dem Reaktorflur.

Brennelementlagerkran

Der Kran im Brennelementlager wird für das Gewicht der Brennelemente ausgelegt. Er erhält Flursteuerung.

Halbportalgerüst mit Laufkatze

Das Halbportalgerüst dient zum Einbringen der Reaktoranlage- teile während der Revision und des BE-Wechsels vor die Materialschleuse..Die Bedienung der Laufkatze erfolgt von einem Steuerpult auf der Zwischenbühne vor der Materialschleuse.

Maschinenhauskran

Für Arbeiten am Turbosatz und an den Vorwärmern wird ein Brückenlaufkran in geschweißter Stahlkonstruktion vorgesehen. Die Tragfähigkeit ist auf die Gewichte der ND-Läufer und des Induktors abgestimmt. Der Stator des Generators als schwerstes Stück des Turbosatzes wird mit dem entsprechend abgestützten Hauptkran gehoben. Ein Hilfshubwerk für leichte Lasten ist vorgesehen.

Zur Durchführung langsamer und genauer Montagebewegungen besitzt der Kran mehrere Feinfahr- und Hubgeschwindigkeiten. Die Bedienung des Kranes erfolgt über Führerkorbsteuerung wahlweise Flursteuerung.

Aufzüge

In folgenden Gebäuden sind Aufzüge für den Personen- und Lastenverkehr vorgesehen:

- Hilfsanlagegebäude
- Schaltanlagegebäude
- Maschinenhaus
- Verwaltungsgebäude

Auslegungswerte für Hebezeuge sind in den Tabellen 2.1/3 und 2.5/34 zu finden.

2.6 Elektrotechnische Anlagen

Die elektrotechnische Schaltung des Kraftwerkes ist in den Übersichtsplänen 2.6/1 - 2.6/2 dargestellt.

Der Generator speist über zwei Maschinentransformatoren in das 380-kV-Netz. Den Transformatoren wird auf der Unterspannungsseite ein Leistungsschalter vorgeschaltet. Die Leistung für den Eigenbedarf wird zwischen diesem Leistungsschalter und den Maschinentransformatoren über zwei Dreiwicklungs-Transformatoren abgezweigt. Die Energie für das An- und Abfahren des Kraftwerkes kann bei dieser Schaltung dem 380-kV-Netz über die Maschinentransformatoren entnommen werden. Bei Störungen auf der Netzseite mit Lastabwurf durch den 380-kV-Schalter versorgt der eigene Turbosatz den Eigenbedarf weiter. Ferner ist ein getrenntes Anfahrnetz vorgesehen. Zwei Dreiwicklungs-Abfahrtransformatoren werden aus einem 110 kV-Netz gespeist. Die An- bzw. Abfahrtransformatoren sind für 100 % EB Leistung ausgelegt.

Die Maschinentransformatoren, EB- und Anfahrtransformatoren sind als Regeltransformatoren mit Stufenschalter geplant.

Die vier Unterspannungswicklungen der Blockeigenbedarfstransformatoren speisen in vier getrennte 10-kV-Schienenabschnitte. Hieran sind die großen Eigenbedarfsverbraucher und die Transformatoren für die Niederspannungs-Verteilungen angeschlossen, wobei auf eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der gleichartigen Aggregate geachtet wird.

Für die Aufteilung der 10-kV-Eigenbedarfsanlagen in vier Schienenabschnitte sprachen sowohl sicherheitstechnische als auch wirtschaftliche Überlegungen.

Die verschiedenen Niederspannungsverbraucher des normalen Eigenbedarfsnetzes sind ebenfalls aus Gründen der Sicher-

heit und besseren Beherrschbarkeit der Kurzschlußleistung auf mehrere Hauptverteilungen aufgeteilt.

Die 660 V bzw. 500 V-Hauptverteilungen und die 380 V-Verteilungen für Beleuchtung und kleine Verbraucher werden von jeweils einem Betriebstransformator versorgt.

Bei Ausfall der Eigenbedarfsspannung ist zum ordnungsgemäßen Abfahren der Anlage eine Reihe von Verbrauchern erforderlich, die unbedingt in Betrieb bleiben bzw. in Betrieb gehen müssen. Dabei sind grundsätzlich zwei Gruppen zu unterscheiden:

- Verbraucher, die eine spannungslose Pause während der Diesel-Hochlaufzeit zulassen. Diese werden an das 10-kV- bzw. 660 V- und 380 V-Dieselnetz angeschlossen.
- Verbraucher, die bei Ausfall der normalen Eigenbedarfsspannung unterbrechungslos in Betrieb bleiben bzw. die sofort eingeschaltet werden. Diese Verbraucher werden entweder unmittelbar an das 220 - bzw. 24 V-Gleichstromnetz oder über Gleichstrom-Drehstrom-Umformer an das gesicherte 380 V-Netz angeschlossen.

Die 10-kV-Diesel-Notstromanlage ist wie die normale 10-kV-Eigenbedarfsanlage in vier getrennte Schienenabschnitte unterteilt. Im Normalbetrieb speisen die vier Eigenbedarfsabschnitte auf die fest zugeordneten 10-kV-Notstromschienen. Für den Störfall steht für jede Notstromschiene ein schnellstartendes Dieselaggregat zur Verfügung.

Jedes der vier Dieselaggregate erhält eine Anlauf-Schutz- und Überwachungsautomatik einschließlich Synchronisiereinrichtung. Bei einem Störfall sind zwei Aggregate ausreichend, um die Anlage sicher abzufahren.

Über acht Niederspannungstransformatoren werden die 660-V-Diesel-Hauptverteilungen und über weitere vier (660/380/220 V)-Transformatoren die 380/220-V-Schienen des Diesel-Notstromnetzes versorgt. Jedem 10-KV-Notstromabschnitt sind dabei zwei Trafos und damit zwei 660 V-Verteilungen fest zugeordnet.

Als Notspeise-Energiequelle sind 4 Notspeise-Dieselaggregate (Diesel-Kombinotspeiseaggregate) vorgesehen. Diese dienen für den direkten Antrieb der Notspeisepumpen und für die Versorgung der sechs 660/380/220 V-Verteilungen.

Die 220-V-Gleichstromanlagen sind zweigeteilt vorgesehen. Batterien und Ladegeräte beinhalten 100 % Reserve. Für die Steuerstabantriebe des Reaktors wird eine getrennte Gleichstromversorgung aufgebaut. Im Normalbetrieb decken die Ladegeräte den Gleichstrombedarf, einschließlich den Ladestrom zur Ladungserhaltung der Batterien. (Die Batterien stehen mit voller Kapazität im Ladeerhaltungsbetrieb.)

Für die elektronischen Steuereinrichtungen, Reaktorschutz, Neutronenflußmessung und Meßumformer wird eine ± 24 -V-Gleichstromanlage benötigt. Sie wird in vier Sammelschienenabschnitte unterteilt, in die die Batterien und Ladegeräte speisen.

Bei Ausfall der Eigenbedarfsanlage wird durch Gleichstrom-Drehstrom-Umformer eine "unterbrechungslose" Weiterversorgung von Wechselstrom- und Drehstromverbrauchern sichergestellt. Folgende Umformer sind hierfür vorgesehen:

- vier Umformer für Stellantriebe, Magnetventile, Messungen und Regelungen
- ein Umformer für Fluchtwegbeleuchtung
- ein Umformer für Prozeßrechner
- ein Umformer als gemeinsame Reserve.

Jeder Umformer wird gleichstromseitig diodenentkoppelt von zwei Schienen der 220-V-Gleichstromanlage eingespeist. Bei Ausfall eines Umformers wird die zugehörige 380-V-Schiene automatisch nach einer kurzen Unterbrechungszeit von ca. 0,4 s mit einer Dieselschiene 380 V gekuppelt. Anschließend kann der Reserveumformer hochfahren und dann durch eine Synchronisierung mit der betroffenen Umformerschiene verbunden werden. Die Verbindung zum Dieselnetz wird aufgetrennt. Die Synchronisierung des Reserveumformers dient auch für einen unterbrechungslosen Einsatz des Reserveumformers, wenn an den Betriebsumformern Wartungs- und Reparaturarbeiten vorzunehmen sind.

Sicherheitstechnische Überlegungen bewirken, daß verschiedene Antriebe im Kernkraftwerk redundant, d.h. mehrfach vorgesehen werden. Diese Redundanz ist im elektrotechnischen Teil bei den Schaltanlagen, der Gleichstromversorgung, dem Steuerungsaufbau und bei den Kabelwegen fortgesetzt.

Um Folgeschäden bei Ausbruch eines Brandes möglichst gering zu halten, ist eine Reihe von Maßnahmen getroffen. Hierzu gehören vor allem Früherkennung von Bränden mit Hilfe von Feuermeldeanlagen, geeignete Feuerlöschanlagen, Abschottung verschiedener Räume, Abschottung der Kabelwege und -schächte in bestimmten Abständen und getrennte Kabelwege für Antriebe mit erhöhten Sicherheitsanforderungen. Weitere Aussagen sind dem Abschnitt 4.5.1 zu entnehmen.

2.6.1 Energieableitung

2.6.1.1 380-kV-Anschluß

Die Oberspannungsklemmen der Maschinentransformatoren werden über Seile, die an der Maschinenhauswand abgespannt sind, mit der 380-kV-Freileitung verbunden.

Unmittelbar neben den Maschinentransformatoren werden Überspannungsableiter (jeweils drei Stück 380-kV und ein Stück 168-kV für Sternpunkt) aufgestellt. Die Sternpunkte der Maschinentransformatoren können offen und starr betrieben werden.

2.6.1.2 Generatorableitung

Die Generatorableitung wird im Innenraum- und im Freiluftteil in einphasig gekapselter Ausführung erstellt.

Jeder Leiter ist auf Gießharz-Isolatoren konzentrisch in seiner metallischen Hülle angeordnet, die so ausgeführt ist, daß weder Staub noch Feuchtigkeit eindringen können.

Fehler innerhalb einer Phase (Erdschluß) sind damit unwahrscheinlich; zwei- und dreiphasige Fehler sind praktisch auszuschließen. Die Stromschienen und die metallischen Kapselungen haben Ringquerschnitte

Die Stromleiter im Teil der Generatorableitung zwischen Generatoranschluß und dem Generatorschalter werden wassergekühlt. Dabei erfolgt der Kühlwasseranschluß dieses Generatorableitungsstückes wie auch der des Generatorschalters an das Kühlwassersystem des Generators.

Der übrige Teil der Generatorableitung wird für Selbstkühlung ausgelegt.

Stromschienen und Kapselungen sind geschweißt, soweit Betrieb und Montage es zulassen. Der Ausgleich von Längenänderungen erfolgt bei den Stromschienen mit elastischen Stromverbindungen, bei der Kapselung durch ein- oder zweiwellige Alu-Kompensationsstücke.

Zum Erden und Kurzschließen der Generatorableitung sind entsprechende Einrichtungen vorgesehen. Die Spannungswandler für die Spannungsregelung und die Erdungstrafo für den Generatorschutz sind in Zellen unterhalb der Generatorausleitung untergebracht. Die einzelnen Fundamentzellen sind durch Trennwände geschottet, so daß auch in diesem Bereich die Phasentrennung voll wirksam bleibt.

2.6.2 Eigenbedarfsschaltanlagen

2.6.2.1 10-kV-Anlagen

Die Schaltanlagen unterteilen sich gemäß Übersichtsschaltbild in:

- Blockeigenbedarfsanlage
- Notstromanlage

Alle Anlagen sind einheitlich als stahlblechgekapselte Schaltwageneinheiten mit geschotteten Einfachsammlerschienen ausgeführt.

Die Stromwandler sind in dem feststehenden Teil der Schalteinheit eingebaut. Dadurch kann man Schaltwagen, die mit gleichen Leistungsschaltern bestückt sind, untereinander auswechseln.

Die Verbindungen der Steuer- und Meßleitungen zwischen dem ausfahrbaren Schaltwagen und dem feststehenden Teil erfolgen über flexible Leitungen und vielpolige Niederspannungs-Steckvorrichtungen.

Befindet sich der Schalter in "EIN"-Stellung, so ist der Schaltwagen gegen eventuelles Ausfahren verriegelt.

Die stahlblechgekapselten Schaltwageneinheiten erhalten Schutzart. IP 40 nach DIN 40 050 und entsprechen den Bestimmungen VDE 0670 und VDE 0101.

Die Anlagen werden mit isoliertem Sternpunkt betrieben, so daß bei einem einpoligen Erdschluß der Betrieb aufrechterhalten bleibt. Erdschlußüberwachung und Anzeige sind im Niederspannungsteil der Meßeinheiten eingebaut und melden auftretende Fehler zur Blockwarte.

2.6.2.2 Niederspannungsanlagen

Entsprechend der funktionellen Zugehörigkeit werden die Verbraucher an die einzelnen Niederspannungs-Hauptverteilungen, wie z.B. Block-, Notstrom-, Allgemeine oder Beleuchtungsanlage, angeschlossen.

Alle Niederspannungsverteilungen sind einheitlich als stahlblechgekapselte Schaltanlagen mit ausziehbaren Geräteblöcken ausgeführt.

Die Niederspannungsverteilungen entsprechen den VDE-Bestimmungen, insbesondere den Bestimmungen für fabrikfertige Schaltgeräte-Kombinationen mit Nennspannungen bis 1 kV Wechselspannung und bis 3 kV Gleichspannung (VDE 0660, Teil 5).

Die Niederspannungsanlagen werden mit getrenntem Schutzleiter (nach VDE 0100) betrieben.

2.6.3 Gleichstromanlagen

2.6.3.1 220-V-Gleichstromanlagen

Die 220-V-Gleichstromverteilungen sind einheitlich als Stahlblechschrankanlagen ausgeführt.

Die 220-V-Anlagen werden isoliert betrieben und sind mit einer Isolationsüberwachung ausgerüstet.

Die kontaktlos geregelten Gleichrichter geben unabhängig von der Last und von Spannungsschwankungen des speisenden Drehstromnetzes eine konstante Gleichspannung ab. Die zugehörigen Batterien werden dabei im Ladeerhaltungsbetrieb gefahren,

d.h. beziehen lediglich Strom zur Erhaltung der vollen Kapazität. Die Gleichrichter sind so bemessen, daß sie den normalen Gleichstrombedarf und den Ladeerhaltungstrom der Batterie decken.

Die Batterien dienen zur Übernahme der Belastungsspitzen und zur Überbrückung der Dieselstartzeit nach EB-Ausfall. Für die Auslegung der Kapazität ist die max. auftretende Stoßbelastung und der Dauerstrombedarf bei einer Entladezeit von mindestens 15 min. maßgebend.

Die Batterien sind so ausgelegt, daß sie in Störungsfällen die volle aufgeschaltete Last während der Diesel-Hochlaufzeit übernehmen können, ohne daß die zulässigen Spannungswerte unterschritten werden.

2.6.3.2 24-V-Gleichstromanlagen

Die konstruktive Ausführung der 24-V-Gleichstromanlage und die Betriebsweise der 24-V-Batterien und Gleichrichter im Ladeerhaltungsbetrieb ist wie bei der 220-V-Gleichstromanlage vorgesehen. Die Batterien sind für eine Entladezeit von 15 min. bei Dauerstrombedarf ausgelegt.

Bei der 24-V-Gleichstromanlage sind jedoch drei Leiter P, M, N vorhanden, wodurch zwischen P und N 48 V zur Verfügung stehen. Durch die elektronische Steuerung bedingt, ist der Leistungsbedarf der N-Schienen erheblich geringer, als der der P-Schienen, so daß die Einrichtungen des N-Systems kleiner ausgelegt sind.

Die M-Schienen der 24-V-Gleichstromanlage werden geerdet. Es ist eine Trennlasche zwischen "M" und der Erde in der Gleichstromanlage vorgesehen.

2.6.3.3 Gesicherte Schienen

Fluchtlicht, Stellantriebe, Prozeßrechner, Messung und Regelung werden von Gleichstrom-Drehstrom-Umformern unterbrechungslos mit Drehstrom versorgt. Die Umformer beziehen die 220-V-Gleichstromenergie über Dioden entkoppelt aus jeweils zwei Schaltanlagenabschnitten und speisen auf die entsprechenden gesicherten Drehstrom-Schienen. Dieses gesicherte Drehstrom-Netz ist somit von Störungen in Normal-Netz unabhängig. Bei Ausfall eines Umformers wird automatisch die entsprechende 380-V-Dieselschiene auf das betreffende Umformernetz geschaltet.

2.6.4 Transformatoren

2.6.4.1 Maschinentransformatoren

Die Maschinentransformatoren werden als Drehstrom-Öltransformatoren mit getrennt aufgestellter Öl-Wasser-Kühlung ausgeführt. Auf der OS-Seite ist ein Stufenschalter für $\pm 15\%$ vorhanden. Die Sternpunkte können offen und starr geerdet betrieben werden. Auf der Unterspannungsseite erhält der Maschinentransformator Durchführungen und Flanschrahmen zum Anschluß der einphasig gekapselten Generatorableitung und auf der Oberspannungsseite Durchführungen für die Phasen und den Sternpunkt.

2.6.4.2 Fremdnetztransformatoren (An- und Abfahrtstransformatoren)

Die Fremdnetztransformatoren sind als Dreiwicklungs-Öl-Transformatoren mit symmetrischen Unterspannungswicklungen ausgeführt. Auf der OS-Seite ist ein Stufenschalter für $\pm 15\%$ vorhanden.

Der Transformator ist überspannungsseitig und unterspannungsseitig für Kabelanschluß (wahlweise für Freileitungsanschluß) ausgerüstet. Der Sternpunkt ist herausgeführt. Die Verlustwärme wird durch ONAN/ONAF-Kühlung abgeführt; die Zuschaltung der Lüfter erfolgt automatisch in Abhängigkeit von der Öltemperatur.

2.6.4.3 Blockeigenbedarfstransformatoren

Die Blockeigenbedarfstransformatoren sind jeweils als Dreiwicklungs-Öl-Transformatoren mit symmetrischen Unterspannungswicklungen ausgeführt.

Jeder Transformator ist überspannungsseitig für den Anschluß der Generatorableitung und auf der Unterspannungsseite für Schienenanschluß ausgerüstet. Der Sternpunkt ist nicht herausgeführt. Die Verlustwärme wird durch ONAN/ONAF-Kühlung abgeführt; die Zuschaltung der Lüfter erfolgt automatisch in Abhängigkeit von der Öltemperatur.

Für die Transformatoren sind verschiedene Einrichtungen zur Überwachung und zum Schutz, wie z. B. Buchholzrelais, Kontaktthermometer usw. vorgesehen.

2.6.4.4 Niederspannungstransformatoren

Für die 10/0,66-kV-Transformatoren werden Drehstrom-Öl-Trafos mit Selbstkühlung nach DIN 42 511 eingesetzt, die 660/380-V-Trafos sind als Trockentransformatoren ausgebildet.

Oberspannungsseitig sind die Transformatoren mit Klemmen versehen, so daß die Übersetzung im spannungslosen Zustand in 5 Stufen um $\pm 5\%$ geändert werden kann.

Zur Überwachung und zum Schutz erhält jeder Transformator ein Buchholzrelais und Kontaktthermometer.

2.6.5 Elektrische Maschinen

2.6.5.1 Hochspannungsmotoren

Die Motoren entsprechen den VDE-Vorschriften und DIN-Normen, insbesondere den VDE 0530 (Bestimmungen für umlaufende elektrische Maschinen) und den "Zusätzlichen Liefervereinbarungen für Elektromotoren in Kraftwerken" VDEW (ZLM). Es wird einheitlich die Schutzart IP 44 angewendet. Je nach Leistung und Aufstellungsverhältnissen erhalten die Motoren Oberflächenkühlung mit Luft oder eingebaute Luft-Wasser-Kühlung. Die Nennspannung der Motoren ist 10 kV, 50 Hz.

Die Wicklung der Motoren ist mit einer Kunstharzisolierung in Ganztränkung versehen; sie entspricht der Isolierstoffklasse F, Ausnutzung nach Isolierstoffklasse B. Die Motoren sind als Kurzschlußläufer ausgeführt und so ausgelegt, daß sie auch bei Spannungsabsenkungen auf $0,85 U_{N\text{Mot}}$ einwandfrei hochlaufen.

Alle Motoren sind Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufern für direktes Einschalten; in der Regel können die Motoren dreimal aus dem kalten Zustand und zweimal aus dem Betriebswarmen Zustand je Stunde geschaltet werden.

Soweit möglich, erhalten die Motoren Wälzlager, sonst Gleitlager. Die Geräusche bleiben, je nach Nenndrehzahl und Schutzart, unterhalb 77 dB (A) zuzüglich 3 dB (A) Toleranz.

Der Anschluß der Motoren erfolgt über Kabel. Hierzu erhalten die Motoren die erforderlichen und geeigneten Klemmenkästen. Die Sternpunkte der Wicklungen sind ebenfalls in Klemmenkästen geführt.

Die Anschlüsse der Widerstandsthermometer für die Wicklungs- und Lagerüberwachung sowie der Temperaturwächter für Warm- und Kaltluft und auch der Strömungswächter für die Kühlwasserüberwachung werden, soweit jeweils vorhanden, in eigenen Klemmenkästen zusammengefaßt.

2.6.5.2 Niederspannungsmotoren

Die Motoren entsprechen den VDE-Vorschriften und DIN-Normen, insbesondere VDE 0530, DIN 42 673 und DIN 42 677 mit den JEC-Publikationen 72 - 1,4;

Ausgabe: Empfehlungen für Normmotoren

Außerdem sind die "Zusätzlichen Liefervereinbarungen für Elektromotoren in Kernkraftwerken" (ZLM) berücksichtigt.

Überwiegend werden Motoren der Schutzart IP 44 verwendet, in einigen Ausnahmefällen, wo es die Aufstellungsbedingungen zulassen, auch die Schutzart IP 23.

Die Motoren erhalten Wicklungen, die mindestens der Isolierstoffklasse B entsprechen. Bei höheren Kühlmittel-Temperaturen, bei Schweranlauf oder bei hoher Schaltheufigkeit wird Isolierstoffklasse F oder H angewendet.

2.6.5.3 Notstrom-Dieselaggregate

Dieselmotor und Generator sind auf einem gemeinsamen Grundrahmen aufgebaut. Als Generatoren werden Konstantspannungsgeneratoren eingesetzt. Das Konstantspannungsgerät - eine aus ruhenden Bauteilen bestehende Gleichrichtererregungseinrichtung - wird getrennt aufgestellt.

Die Steuer- und Überwachungsschränke sowie die Automatiksschränke der Dieselaggregate sind in einem von den Dieselaggregaten abgetrennten Raum untergebracht.

Eine Automatik, die für jedes Aggregat eine unabhängige Anlaufsteuerung und Überwachung enthält, gewährleistet den sicheren Einsatz der Dieselaggregate.

Im Stillstand werden die Aggregate laufend vorgeheizt und turnusgemäß vorgeschmiert. Durch diese Maßnahme werden die Sicherheit und Schnelligkeit des Startes wesentlich verbessert. Während des Betriebes werden die Aggregate auf der mechanischen und elektrischen Seite laufend überwacht.

Die Wicklungen der Generatoren sind wie bei den Hochspannungsmotoren kunstharzisiert und durch Ganztränkung im Übergang Wickelkopf-Nutteil versteift.

Die 4-Diesel-Kombinotspeiseaggregate dienen für den Antrieb der zugeordneten Notspeisepumpe und einem Generator.

2.6.6 Überwachung der starkstromtechnischen Ausrüstungen

2.6.6.1 Blockschutz

Die Schutzeinrichtungen für den Generator, die Maschinen- und Blockeigenbedarfstransformatoren sorgen für die Ver-

meidung von schweren Folgeschäden bei Auftreten eines Fehlers in den elektrotechnischen Anlagen vom Generator bis in die Aufspannanlage und den Eigenbedarf. Dabei können die einzelnen Anlagenteile nicht allein betrachtet, sondern es muß der Block als Einheit, also auch die Turbine mit berücksichtigt werden.

Alle Schutzeinrichtungen sind aufeinander abgestimmt und in der Zeitstaffelung so eingestellt, daß die Fehlerstelle selektiv abgeschaltet wird und die übrigen Anlagenteile soweit wie möglich in Betrieb bleiben.

Die Schutzgeräte sind in Stahlblechschränken oder -tafeln eingebaut, die in Nähe der Blockwarte aufgestellt werden.

2.6.6.2 Instrumentierung

Die Überwachung der starkstromtechnischen Anlagen erfolgt im Raum der gemeinsamen Reaktor-, Dampfkraft- und E-Warte. Auf einem Teil des Kompaktwarten-Pultes sind alle erforderlichen Steuer-, Melde- und Überwachungselemente für die Maschinentransformatoren und den Turbogenerator untergebracht. Auf der Pultplatte befinden sich im wesentlichen die im Zuge eines Blindschaltbildes angeordneten Betätigungselemente, während im Pultaufsatz die Anzeiginstrumente und Gefahrmelder untergebracht sind.

Die für die Steuerung und Überwachung der Eigenbedarfsanlagen einschließlich Fremdnetzeinspeisung und Notstromversorgung erforderlichen Betätigungselemente, Anzeiginstrumente und Gefahrmelfelder werden auf Wandtafeln untergebracht, die ebenfalls in Rastertechnik aufgebaut sind.

Alle Übrigen für die zentrale Betriebsführung erforderlichen Überwachungsgeräte der starkstromtechnischen Anlagen sind auf Tafeln oder in Schränken in den Wartenebenräumen untergebracht.

2.6.7 Kabel und Leitungen mit Zubehör

2.6.7.1 Kabel- und Leitungsverlegung

Für die Kabel- und Leitungsverlegung gelten folgende grundsätzliche Gesichtspunkte:

- Kabel und Leitungen für mehrfach vorhandene, sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher werden auf getrennten Kabeltrassen verlegt.
- Leistungs- und Meßkabel werden, soweit dies zur Vermeidung von Störeinflüssen auf die Meßkabel erforderlich ist, auf getrennten Kabelpritschen geführt.
- Es werden vorwiegend Kabel mit schwer entflammbarer PVC-Isolation eingesetzt.
- Sämtliche Kabel und Leitungen werden in Kabelböden und Kabeltrassen auf horizontal angeordneten Kabelpritschen offen und ohne Befestigung verlegt. An senkrechten Steigtrassen werden Kabel und Leitungen an Profileisensprossen angeschellt.

Bei unvermeidlichen Kabelmassierungen werden die Steuerkabel und Leitungen ohne Zwischenraum und in mehreren Lagen verlegt.

- Zur Begrenzung evtl. auftretender Brände und Folgeschäden werden Kabelkanäle und Kabelsteigschächte gegenüber den verschiedenen Gebäuden, Gebäudekoten und an sonstigen wichtigen Stellen feuerhemmend abgeschottet.
- Bei der Auslegung der Leistungskabel in bezug auf die Strombelastbarkeit wird grundsätzlich die Umgebungstemperatur, die Verlegungsart und Kabelanhäufung für die Bestimmung des Reduktionsfaktors berücksichtigt.

Für GaU-feste Verbraucher innerhalb der Sicherheitshülle werden hitzebeständige Leitungen vorgesehen.

2.6.7.2 Kabeldurchführungen und Kabelabdichtungen

Für die Führung der Kabel durch die Sicherheitshülle des Reaktorgebäudes werden Siemens-Kabeldurchführungen vorgesehen. Diese Durchführungen erfüllen die im GaU-Fall auftretenden Anforderungen in bezug auf Gasdichtigkeit, Druckfestigkeit und Temperaturbeständigkeit.

Sowohl innerhalb als auch außerhalb der Sicherheitshülle werden den Durchführungselementen als Staub- und Berührungsschutz Kabelabdeckhauben aufgesetzt.

Die Durchführungen werden auf mehrere örtlich getrennte Gruppen aufgeteilt, um getrennte Kabelführungen aufrechtzuerhalten.

Die Kabeldurchtritte zwischen Anlagen- und Betriebsräumen innerhalb des "heißen Bereiches" werden den Erfordernissen entsprechend luftdicht abgeschlossen (Brattbergdurchführungen). In strahlungsgefährdeten Bereichen werden die Kabelschächte in einer solchen Weise durch die Beton-Abschirmwände geführt, daß ein direkter Strahlendurchtritt

von den Hauptstrahlungsquellen her durch die Kabelschächte möglichst vermieden wird.

Als Brandschutz werden alle Kabeldurchtritte zu Schaltanlagen und Steuerschränken geeignet abgedichtet (z.B. Magerbeton).

2.6.8 Beleuchtungs-, Erdungs- und Blitzschutzanlagen

2.6.8.1 Beleuchtungsanlage

Auslegung: Innenraum nach DIN 5035
 Außen nach DIN 5044

Zur Versorgung der gesamten Kraftwerk-Normalbeleuchtung sind zwei Beleuchtungshauptverteilungen 380/220 V, 50 Hz vorgesehen.

Beleuchtungsanlagen in betrieblichen Schwerpunkten (z.B. Warten) werden teilweise mit einer Notbeleuchtung der Diesel-Notstromanlage versorgt. Die Notbeleuchtung beträgt etwa 10 % der Normalbeleuchtung.

Für den totalen Netzausfall ist eine Fluchtwegbeleuchtung (Fluchtwege und Warte) vorhanden, die von der gesicherten Drehstrom-Wechselstrom-Schiene eingespeist wird. Die Fluchtwegbeleuchtung bleibt dauernd eingeschaltet. Sie ist nur für die Anlagenräume des Kontrollbereiches zentral abschaltbar, wenn keine Normalbeleuchtung mehr eingeschaltet ist; schaltet sich aber automatisch mit der Normalbeleuchtung wieder ein.

Durch Not- und Fluchtwegbeleuchtung ist bei Netzausfall volle Betriebsbereitschaft sichergestellt.

Die Beleuchtungsverteilungen sind in den Verbraucherschwerpunkten als isolierstoffgekapselte Verteilungen aufgestellt.

Die verschiedenen Beleuchtungsarten (Normal-, Not-, Fluchtwegbeleuchtung) sind in den Verteilungen getrennt angeordnet.

Die Installation erfolgt grundsätzlich mit PVC-Kabel und Leitungen. In Büroräumen und ähnlich gearteten Räumen erfolgt Unter-Putz-Installation. Steckdosenstromkreise sind mit Schuko-steckdosen ausgerüstet.

Betriebsteile, an denen nach Vorschrift nur mit Kleinspannung gearbeitet werden darf, werden über 42 V Schutztransformatoren versorgt.

2.6.8.2 Erdungs- und Blitzschutzanlagen

Die Erdungsanlagen entsprechen VDE 0141 für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1000 V.

Es wird Kupferseil 70 qmm für die Fundamenterdung unter der Kellersohle der Gebäude und das übrige Außenerdungsmaschen-netz verwendet.

Innerhalb der Gebäude wird verzinktes Bandeisen für Haupt-, Ring - und Sammelleitungen 40 x 5 mm, für Abzweig- und Stichleitungen ebenfalls Bandeisen 30 x 3,5 mm verlegt. Für korrosionsgefährdete Räume wird Kupferseil verwendet; Flachkupfer für die Erdung im Bereich Generator und Maschinentrafos.

Erdungsmessungen erfolgen nach Fertigstellung der Anlage zur Überprüfung der tatsächlich auftretenden Werte. Im Bereich des Kraftwerkes wird eine Blitzschutzanlage errichtet. Sie umfaßt die Auffangseinrichtungen und Ableitungen in Spezialblitzableiterdraht (spezialverzinktes Drahtseil). Die Anlage entspricht den ABB- und VDE-Vorschriften.

2.6.8.3 Hindernisbefeuerung

Jeder Kühlturm wird mit einer Hindernisbefeuerung bestückt. Hierzu sind in den Ebenen 45 m, 90 m, und ca. 135 m über Oberkante Kühlturmtassen je 8 Lampen gleichmäßig am Kühlturmmantel angeordnet. Die Hindernisbefeuerung wird an das Notstromnetz angeschlossen.

2.6.9 Fernmelde- und Rufanlage, Alarm- und Warnanlage

Die Fernsprechanlage besteht aus dem Nebenstellenteil, über den der Verkehr mit dem öffentlichen Netz abgewickelt wird, und einem Betriebsteil, der ausschließlich dem Sprechverkehr innerhalb der Kraftwerksanlage und innerhalb des EVU-Fernsprechnetzes dient. Beide Teile erhalten eine gemeinsame Stromversorgung und werden von einer gemeinsamen Fernmeldeschaltplatte bedient.

Weiterhin ist ein Fernschreiber vorgesehen. Die Leistandtelefonanlage dient dazu, die wichtigsten Stellen (Leitstände) des Kraftwerkes über direkte Linien mit der Kraftwerkswarte zu verbinden.

Eine Lautsprecheranlage dient für die Durchgabe von Alarmsignalen und Durchsagen. Es wird eine zweikreisig aufgebaute Lautsprecheranlage aufgestellt, die in Lautsprechergruppen entsprechend den wesentlichen Gebäudegruppen aufgeteilt ist. Die zentrale Sprechstelle ist in der Warte.

Für den werksinternen Sprechfunkverkehr wird eine Betriebsfunkeinrichtung bestehend aus ortsfester Funkanlage, Bediengerät und die notwendige Anzahl von Taschenfunkgeräten vorgesehen.

Weiterhin wird eine drahtgebundene Personensuchanlage mit Rückrufmöglichkeit installiert. Eine Funksprechverbindung zur Katastrophenbehörde wird errichtet.

2.6.10 Feuermeldeanlage

Die Anlage entspricht in ihrer Ausführung den Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Feuermeldeanlagen nach VDE 0800 Klasse C (Sicherheitsanlagen) sowie DIN 14675.

Alle über die Meldelinien von Feuermeldern eintreffenden Meldungen werden optisch und akustisch angezeigt. Etwaige Störungen in der Zentrale und den Meldelinien (Drahtbruch und Erdschluß) lösen ein gesondertes und akustisches Störungssignal in der Zentrale aus.

Nach Eintreffen einer Feuer- und Störungsmeldung kann der akustische Alarm abgeschaltet werden, während die optische Anzeige bis zum endgültigen Löschen der Meldung bzw. Beseitigung der Störung erhalten bleibt.

Eine Sammelmeldung der Alarm- oder Störungsanzeige erscheint optisch und akustisch am Wartentisch. Ein Anschluß eines Hauptmelders für die automatische Durchschaltung eines Alarms zur Feuerwehr ist möglich.

Die Ionisationsfeuermeldelinien werden mit Ruhestrom auf Drahtbruch und Erdschluß überwacht. Die eingebaute Überwachung ermöglicht es, die regelmäßigen Prüfungen auf einfache Weise durchzuführen.

Die Stromversorgung der Zentrale erfolgt redundant aus der 24-V-Gleichstromverteilung und 380-V-gesichertem Netz.

2.6.11 Fernsehanlage

Für den Schutz gegen Sabotage sind 10 Fernsehkameras mit 5 Monitoren vorgesehen.

GRUPPE ÖKOLOGIE (GÖK)

Immgarten 31

D-3000 Hannover 1

Tel. 05 11 / 696 31 30

Nr. 1

Nr. 4086a

2.7 Meß-, Steuer- und Regeltechnik

2.7.1 Kraftwerkswarte und Nebenleitstände

2.7.1.1 Aufgabe und Ausrüstung

Die Blockwarte eines Kraftwerkes hat die Aufgabe, alle Geräte für die Steuerung und Überwachung der Reaktoranlage, wichtiger Reaktorhilfsanlagen, des Speisewasserdampfkreislaufes, der Eigenbedarfsanlagen und des Generators aufzunehmen.

Durch die zentrale Lage, ergeben sich kurze Kabelwege zu den einzelnen Haupt- und Nebenanlagen, und außerdem sind diese Anlagenteile für das Bedienungspersonal schnell erreichbar.

Der Wartenraum ist vollklimatisiert und nachhallarm ausgestattet.

Für das Wartenpult und die Überwachungstafeln des Sicherheitssystems wird das Kompaktwartensystem in Rastertechnik 48 x 24 angewendet. Fließbilder werden da eingesetzt, wo sie zur wesentlichen Verbesserung der Übersichtlichkeit beitragen. Das Wartenpult besteht aus der Pultplatte und dem Pultaufsatz. Auf der Pultplatte sind die Betätigungstischfelder mit den Anlagenrückmeldungen, die Stellungenanzeiger und die Strommesser der Hochspannungsantriebe zugeordnet. Im Pultaufsatz sind die Anzeigen der Betriebsinstrumentierung und die Gefahrmeldungen vorgesehen. In die Wartentafeln werden ebenfalls Anzeigen der Betriebsinstrumentierung und außerdem Geräte für die Registrierung von Betriebsmeßwerten eingebaut.

2.7.1.2 Verbindung der Warte mit den Nebenleitständen und der Anlage

Für die Verbindung des Wartenpersonals mit dem sich in der Anlage befindlichen Betriebspersonals stehen die Lautsprecheranlage, Leitstands- und Nebenstellentelefone zur Verfügung.

Für die Prozeßüberwachung werden von den örtlichen Nebenleitständen wichtige Einzel- und Sammelgefahrenmeldungen in die Blockwarte übertragen; außerdem werden einige wichtige Meßwerte zusätzlich in der Warte angezeigt.

2.7.2 Betriebsinstrumentierung

2.7.2.1 Anzeige

Alle für die Betriebsführung wichtigen Meßwerte werden im Pultaufsatz bzw. an der Tafel angezeigt.

Meßwerte, welche nicht dauernd überwacht werden müssen, sind über Meßstellenumschalter auf je einen gemeinsamen Anzeiger geschaltet.

Die Steuerstäbe können einzeln vom Pult aus gefahren werden. Diesem Pultabschnitt zugeordnet ist in der Tafel je Steuerstab eine Tendenzanzeige. Im Pult und in der Tafel ist je eine Digitalanzeige zur Stabkennung und Stabstellung vorgesehen.

In einer Wartentafel werden die Messungen und Meldungen der Aufzüge, Schleusen und Feuermeldeanlagen zusammengefaßt.

2.7.2.2 Registrierung

In den Wartentafeln werden für die Registrierung wichtiger Meßwerte je nach Aufgabengebiet Linien bzw. Punktschreiber eingebaut. Außerdem sind Störungsschnellschreiber für den Reaktor und die Turbine vorgesehen.

Die Registrierung wichtiger Meßwerte der selbständigen Hilfsanlagen erfolgt auf Schreibern in den örtlichen Nebenleitsständen. Diese analogen Meßwerte werden in bestimmten Abfragezyklen von der Prozeßrechneranlage erfaßt und über verschiedene Protokolle (Betriebs- und Meßwertverfolgungsprotokoll) ausgegeben.

2.7.2.3 Steuerungstechnik

Die Steuerung des Kraftwerkes ist gegliedert in die Betätigungs- und Automatik-Ebene.

Das für die Steuerung vorgesehene Steuersystem ist ein kontaktlos arbeitendes Bausteinsystem.

Die Kontakte in der Anlage werden mit der Betriebsspannung + 24 V und einer Hilfsspannung - 24 V, d.h. mit 48 V, beaufschlagt.

Betätigungsebene, Schutzverriegelung

Fast alle Eigenbedarfsabzweige werden von einer zentralen Stelle aus über eine elektronische Steuerung fernbedient.

Die Betätigungsbausteine haben außer den Eingängen für Befehle von Hand auch Eingänge für Schutzverriegelungen und für Automatikbefehle.

Die Eingangssignale werden im Betätigungsbaustein so miteinander verknüpft, daß die Schutzverriegelungen sowohl bei Einzelsteuerung von Hand als auch bei automatischer Befehlsgabe wirksam sind.

Die Schutzverriegelungen für die über Betätigungsbausteine ferngesteuerten Abzweige werden über getrennt angeordnete Verriegelungsbausteine miteinander verknüpft und an die entsprechenden Verriegelungseingänge der Betätigungsbausteine angeschlossen.

Die binären Signalgeber für die Schutzverriegelungen werden über Geberbausteine selektiv abgesichert. Die Geberbausteine enthalten Einrichtungen für Überwachung, Prüfung und Simulierung der Gebersignale.

Funktionsgruppenautomatik

Außer den üblichen Automaten für Störumschaltungen mehrfach vorhandener Aggregate sowie einfachen automatischen Ein- und Ausschaltungen sind für funktionsmäßig zusammenhängende Anlagenteile - im weiteren " Funktionsgruppen" genannt - automatische Steuerungen vorgesehen.

Die Funktionsgruppensteuerungen sind der Betätigungsebene überlagert und können über Steuertischfelder in der Warte einzeln aus- und eingeschaltet werden.

Die Funktionsgruppenautomatiken werden entweder als Verknüpfungs- oder als Stufenprogramme aufgebaut. In jedem Falle kann durch eindeutige und ausführliche Signalisierung das Betriebspersonal den Ablauf dieser Programme verfolgen.

Die binären Signalgeber für die Funktionsgruppenautomatik werden, wie unter "Schutzverriegelungen" beschrieben, über Geberbausteine selektiv abgesichert und überwacht.

2.7.2.4

Gefahrmeldeanlage

Über eine Meldeanlage werden sowohl Meldungen aus den Steuerungseinrichtungen als auch alle anderen Meldungen aus der Anlage optisch und akustisch zur Warte signalisiert.

Die Anlage arbeitet folgendermaßen:

Eine kommende Meldung erzeugt schnelles Blinklicht auf dem zugehörigen Signaltableau und die Hupe ertönt. Durch Betätigen einer Quittiertaste auf dem Wartenpult geht das Blinklicht in Dauerlicht über. Die Hupe wird getrennt mit einem Hupenabstelltaster quittiert.

Die verschwindende Meldung läßt das Dauer- in Langsamblinklicht übergehen und der Gong ertönt.

Über denselben Quittiereingang wird zuletzt das Langsamblinklicht gelöscht.

Verschwindet das Störsignal, bevor quittiert wurde, so wechselt das schnelle Blinklicht auf dem Signaltableau sofort auf langsam.

Gleichzeitig werden alle einlaufenden Gefahrmeldungen durch die Prozeßrechneranlage erfaßt und als Störungs- oder Störlaufprotokoll ausgedruckt.

Bei Ausfall der Prozeßrechneranlage erfaßt die Datazentanlage alle einlaufenden Meldungen der Gefahrenmeldeanlage und druckt die Änderungen im Störungsprotokoll aus.

Für die Funktionsprüfung der Meldeeinheiten und der Signaltableaus sind auf dem Wartepult Taster vorgesehen, über die abschnittsweise Gruppen von Meldungen angeregt werden können.

2.7.3 Meßeinrichtungen der Reaktoranlage

2.7.3.1 Neutronenflußmessung außerhalb des Reaktordruckbehälters

2.7.3.1.1 Allgemeines

(Zeichnungen Nr. 2.7/0, 2.7/1 und 2.7/2)

Die Messung des Neutronenflusses durch außerhalb des Reaktordruckbehälters angebrachte Detektoren liefert die Signale zur Überwachung der Reaktorleistung vom kaltunterkritischen Zustand bis zur Nennleistung. Der gesamte Meßbereich von etwa 10 Zehnerpotenzen für den Neutronenfluß zwischen unterkritischem Reaktor und Maximalleistung wird durch den Impulskanal (Impulsbereich) und den logarithmischen Gleichstromkanal (Mittelbereich) überdeckt. Die oberen 2 Zehnerpotenzen werden außerdem durch einen linearen Leistungsbereichskanal (Leistungsbereich) erfaßt. Zusätzlich ist für "Störfälle von außen" eine Anzeige von einem logarithmischen Gleichstromkanal im "gesicherten Bereich" vorgesehen.

Die Geräte der nuklearen Meßeinrichtungen sind transistorsiert, von hoher Betriebszuverlässigkeit und in eigenen Meßschränken zusammengefaßt. Verschiedene Redundanzgruppen sind auch in verschiedenen Schränken untergebracht. Jeder Schrank erhält eine getrennte Stromversorgung durch diodentkoppelte Doppeleinspeisung aus den 24-V-Batterien. Die redundanzmäßig räumliche Trennung gilt auch für die Trassierung der Meßkabel.

Zur Vermeidung von Störeinflüssen sind neben einem sehr sorgfältigen Aufbau besondere Vorkehrungen an Ein- und Ausgangsleitungen getroffen. Hierzu gehören Siebung der Netzspannung, Filter in den Hochspannungsleitungen, Verlegen der Detektorkabel in isolierten Kupferrohren, Herausführen der Meßwerte über Trennverstärker.

Die Meßwerte der Neutronenflußmessung für Reaktorschutzaktionen sind von der übrigen Meßwertverarbeitung durch rückwirkungsfreie Entkopplungsglieder isoliert.

Die Meßfühler (Zählrohre und Ionisationskammern) werden in Gliederzüge eingebaut. Die Gliederzüge hängen an Stahlseilen und werden mit Hilfe der vorhandenen Hebezeuge in Rohren zu ihren Meßpositionen am Reaktor heruntergelassen.

Nur die Gliederzüge für den Impulsbereich erhalten je eine besondere Aufzugsvorrichtung, die Zählrohr und Vorverstärker während des Leistungsbetriebes in eine schützende Warteposition befördert. Die Rohre beginnen in Anschlußkästen, die vom begehbaren Raum oberhalb der Abdeckriegel zugänglich sind. Damit sind alle Meßkammern auch bei in Betrieb befindlichem Reaktor auswechselbar. In den Anschlußkästen werden die den Ionisationskammern vorgeschalteten Hochspannungsfiler bzw. die Aufzugsvorrichtungen für die Zählrohre eingebaut.

Von den Anschlußkästen laufen die Rohre in der Reaktorbeckenwand nach unten, treten oberhalb des Reaktors aus der Wand heraus und sind in 2 Krümmungen möglichst nahe an den Druckbehälter herangeführt. Im Kernbereich verlaufen sie parallel zu diesem.

Ein Gliederzug besteht aus einzelnen Schlitten, die mit Gelenken verbundensind. Die Gliederzüge lassen sich leicht in die Führungsrohre einfahren und durchlaufen leicht die Biegeradien der Führungsrohre.

Für die Konstruktionselemente werden Werkstoffe verwendet - in erster Linie Aluminium -, die nach der Neutronenbestrahlung und nach einer kurzen Abklingzeit möglichst wenig aktiv sind.

2.7.3.1.2 Leistungsbereich

Die Meßpositionen für den Leistungsbereich liegen mit etwa 90° -Symmetrie um den Druckbehälter verteilt. Als Meßfühler werden unkompensierte Ionisationskammern eingesetzt, da die γ -Strahlung keinen meßbaren Betrag liefert. Jede der vier Detektoranordnungen besteht aus vier übereinander angeordneten langen Kammern, welche zusammen die volle Kernhöhe erfassen. Die Ströme je zweier übereinanderliegender Kammern werden summiert und zu einem linearen Gleichstromverstärker geführt, der innerhalb von 10^{-7} bis 10^{-3} A auf den benötigten Arbeitsbereich fest einstellbar ist. Die Ausgangsströme je zweier Gleichstromverstärker wurden zu einer Summenanzeige der radialen Meßposition addiert. Der nachgeschaltete Trennverstärker liefert einen eingepprägten Strom. Ein Einfluß von axialen Flußverzerrungen auf die Anzeige wird damit weitgehend vermieden. Die Meßwerte dieser Reaktorschutz-Meßstellen werden durch eine thermische Nachführung korrigiert.

Die thermische Nachführung ist eine Korrektureinrichtung, die den langsamen, aber genau erfaßbaren Wert der thermischen Reaktorleistung mit dem schnellen Meßwert der Neutronenflußmessung im Leistungsbereich korrigiert. Als Maß für die thermische Reaktorleistung wird die Summe der Aufwärmspannen der Kühlkreise verwendet, die redundant gemessen werden (langzeitkorrigierbar durch Vergleich mit der über den Rechner ermittelten Reaktorwärmeleistung).

Die Differenz zwischen normierter thermischer Reaktorleistung als Summe der Aufwärmspannung und der korrigierten Leistung (Vergleichsstelle) wird über einen Verstärker mit einstellbarer Verstärkung sowie positiver und negativer

konstanter Ausgangswertbegrenzung auf einen nachfolgenden Integrierer geschaltet, der so lange läuft, bis die Differenz verschwindet.

Das Zusammenwirken von Verstärkerbegrenzung und Integrierer ergibt die minimale Nachstellzeit der Anordnung. Kurzzeitige schnelle Änderungen des unkorrigierten Neutronenflusses werden im korrigierten Signal wiedergegeben. Die unkorrigierten und korrigierten Signale der 4 Neutronenfluß-Leistungsmeßbereichsstränge werden im Ring miteinander verglichen.

Ein Flußwertgeber gestattet die Überprüfung der Mittel- und Leistungsbereichs-Meßkanäle

2.7.3.1.3 Mittelbereich

Der Mittelbereichskanal besteht aus zwei logarithmischen Gleichstrom-Meßsträngen. Der Meßbereich geht von ca. 10^3 bis 10^{10} nv. Die Anzeige erfolgt in Ampere.

Als Meßfühler werden kompensierte Ionisationskammern eingesetzt. Zur Halterung dienen Gliederzüge des Leistungsbereiches.

Zur Überwachung des Flußanstieges wird das Ausgangssignal des logarithmischen Gleichstromverstärkers in jedem Strang außerdem auf einen Differenzierverstärker mit nachfolgendem Trennverstärker gegeben. Die Meßwerte für Neutronenfluß und Periode werden im Reaktorschutzsystem weiterverarbeitet. Bei Erreichen entsprechender Grenzwerte für Neutronenfluß und Periode erfolgt Reaktorschnellabschaltung. Hinter Trennverstärkern erfolgt Anzeige und Registrierung. Ein logarithmischer Gleichstromkanal liefert bei "Störfällen von außen" eine Anzeige im "gesicherten Bereich".

2.7.3.1.4 Impulsbereich

Der Impulsbereich besteht aus 2 gleichen Meßsträngen. Er überwacht die unteren 6 Zehnerpotenzen des Neutronenflusses. Als Meßfühler werden BF_3 -Zählrohre verwendet. Zu jedem Meßstrang gehört eine Gliederung. Im Leistungsbetrieb werden die Meßfühler aus dem Bereich hoher Strahlung zurückgezogen.

Jeder Meßstrang ist wie folgt aufgebaut:

Ein transistorisierter, strahlungsfester Vorverstärker wird in dem Gliederzug des Zählrohres angeordnet. Er verstärkt die Impulse so weit, daß ihre Amplitude hinreichend über den eventuell eingestreuten Störimpulsen liegt.

Nach weiterer Verstärkung im Impuls-Linear-Verstärker und Unterdrückung des Stör-Untergrundes mit Hilfe eines Integraldiskriminators werden die Impulse einem logarithmischen Mittelwertmesser zugeführt, der Imp/s anzeigt.

Ein Differenzierverstärker bildet die Periode mit Anzeige in %/s.

Die Impulsraten der beiden Impulsstränge werden im Reaktor-Schutzsystem weiterverarbeitet. Hinter Trennverstärkern erfolgen die Anzeige und Registrierung.

Für die Prüfung der Meßstränge ist ein Impuls-Generator vorgesehen.

Zur Zählung bei kleinen Impulsraten dient eine Zähler/Uhr-Einheit, die auf jeden Strang aufgeschaltet werden kann.

2.7.3.2 Meßeinrichtungen innerhalb des Reaktorkerns

Die Inneninstrumentierung bzw. Kerninstrumentierung enthält zur Messung des örtlichen Neutronenflusses ein diskontinuierlich arbeitendes Kugelmeßsystem und ein System kontinuierlich anzeigender Detektoren.

Mechanische Grundeinheit der Kerninstrumentierung ist die Instrumentierungslanze. An einem Joch, das auf den Hauben der Führungseinsätze an 3 Punkten aufliegt, hängen Führungs- und Schutzrohr, Finger genannt, in denen entweder eine Kugelmeßsonde oder mehrere stationäre Detektoren untergebracht sind. Die Finger tauchen in leere Führungsrohre der Brennelemente.

Kugelsonden und Detektorkabel werden nach oben aus den Fingern herausgeführt, auf dem Joch zusammengefaßt und gemeinsam in dem Lanzenschaft, der sich vom Joch nach oben fortsetzt, durch den Druckbehälterdeckel herausgeführt.

2.7.3.2.1 Kugelmeßsystem (diskontinuierliche Messung) (Zeichnung Nr. 2.7/3)

Das System besteht aus 24 Führungsrohren, in denen je eine Säule aus Stahlkugeln von etwa 1,7 mm \varnothing mittels Stickstoff entweder in den Reaktorkern zur Bestrahlung oder in Meßstrecken zur Ausmessung der Aktivierung transportiert werden kann. Die Länge der Kugelsäulen entspricht der Kernhöhe.

In Ruhelage befinden sich die Kugelsäulen oberhalb von Magnetanschlügen in Höhe der Kabelbrücke. Mittels Stickstoff

wird die Kugelsäule zum Aktivieren in den Kern und nach einer Bestrahlungszeit von etwa 2 min wieder vor die Magnetanschlüge transportiert. Zum Ausmessen werden jeder Meßstrecke nacheinander 4 Kugelsäulen zugeführt. Hierzu liegen die entsprechenden 4 Führungsrohre als Bündel parallel unter einer Meßstrecke. Die so gebildeten 4 Teilsysteme von Führungsrohren haben eine getrennte Ventilsteuerung.

Die Kugeln enthalten eine bestimmte Beimengung von Vanadin (Halbwertszeit 3,7 min), dessen Aktivität nach einer Bestrahlung anfangs die Aktivität des übrigen Kugelmateri als wesentlich übersteigt. Zum Ausmessen der Aktivität enthält jede Meßstrecke 30 Halbleiterdetektoren, von denen jeder die Strahlung einer Teillänge der Kugelsäule in Impulse umwandelt. Die Detektoren einer Meßstrecke werden nacheinander mit einem Zähler verbunden. Die Anzahl der je Meßzeit und Teillänge der Kugelsäule auflaufenden Impulse bilden den Meßwert. Die Meßwerte werden dem Prozeßrechner eingegeben und von diesem mit dem entsprechenden Abklingfaktor für die seit der Aktivierung vergangene Zeit und hinsichtlich Restaktivität vor der Bestrahlung korrigiert. Auf diese Weise erhält man für die instrumentierten Kernpositionen eine sehr genaue Wiedergabe der axialen Flußverteilung als Momentaufnahme mit einer Meßpunktzahl von $30 \times$ Anzahl der Kernpositionen. Das Ausmessen der 4×30 Werte in einer Meßstrecke dauert etwa 5 Minuten, der Rechnerausdruck liegt wenig später vor. Der Mindestabstand zwischen 2 Aktivierungen beträgt etwa 10 Minuten. Die Messungen werden von Hand ausgelöst.

Da das System keinerlei Speicherplätze für Kugeln und keine Kugelweichen enthält, ist es mechanisch äußerst einfach und robust.

Dieses System gestattet unter Zuhilfenahme eines Rechners folgende Berechnungen:

1. Korrigierte Impulszahlen aller Meßpunkte.
2. Relative axiale Leistungsdichteverteilungen aller Brennelemente.
3. Relative mittlere Leistungsdichte aller Brennelemente.
4. Aufsuchen der am höchsten belasteten Brennelemente.
5. Kühlkanalfaktoren.
6. Sicherheit gegen Filmsieden.
7. Axiale Abbrandverteilung aller Brennelemente.

2.7.3.2.2 Neutronendetektoren (kontinuierliche Messung)

An mehreren radialen Positionen des Kerns sind kontinuierlich messende Detektoren vorgesehen, und zwar 6 je Position axial verteilt. Dieses System gestattet es, laufend eine grobe Leistungsdichteverteilung im Kern zu erhalten und ergänzt damit die Messungen des Kugelmeßsystems. Es ermöglicht eine Überprüfung der Flußverteilung bei stationären Vorgängen und eine Optimierung der damit verbundenen Steuerelementbewegungen.

In der Warte erfolgt die Anzeige in der Wartentafel.

Die Detektoren einer Position sind in einem Lanzenfinger gelagert.

Die Eichung der Detektoren erfolgt durch das Kugelmeßsystem.

Als Detektoren sind n- β -Detektoren (self-powered-Detektoren) vorgesehen. Derartige Detektoren mit Emitter aus Kobalt liefern Ströme von z. B. $5 \cdot 10^{-7}$ A. Der Anschluß erfolgt im Reaktordruckbehälter über zweiadrige, keramisch-isolierte Kabel. Im elektronischen Meßkanal werden Signalverstärkung, Differenzbildung zur Kompensation des Kabelsignals, Abbrandkorrektur und Untergrundkompensation durchgeführt. Die Faktoren der Abbrandkorrektur werden durch das Kugelmeßsystem vorgegeben. Die Untergrundkompensation ist bei Stillstand vorzunehmen.

An den Instrumentierungslanzen ist für jede radiale Position des Kerns, die mit Kerndetektoren versehen wird, ein besonderer Lanzenfinger angebracht. In diesem Lanzenfinger werden die 6 Detektoren über die Höhe des Kerns axial verteilt angeordnet.

2.7.3.3 Meßeinrichtungen im Reaktorkühlsystem (Zeichnung Nr. 2.7/4 und 2.7/5)

Einige Geber (z.B. Temperaturmeßfühler) für Messungen am Reaktorkühlsystem befinden sich in während des Betriebes nicht begehbaren Räumen. Um eine weitestgehende Wartungsmöglichkeit der Meßstellen auch während des Betriebes zu ermöglichen, sind die zu den Meßkreisen gehörenden Meßumformer in besonderen begehbaren Räumen (für Reaktorschutz redundanzmäßig getrennt) außerhalb der Stahlhülle angeordnet. Von diesen Meßumformern werden die Ausgangssignale (0 - 20 mA) zur weiteren Meßwertverarbeitung in das Schaltanlagegebäude geführt.

Die Meßdruckleitungen für Druck- und Differenzdruckmessungen werden bis zur ersten Absperrarmatur in verstärkter Ausführung verlegt, um mechanische Beschädigungen weitgehend auszuschließen. Die erste Absperrarmatur wird im begehbaren Bereich angeordnet; eine zweite dahinter liegende Armatur unmittelbar vor dem

Meßumformer sorgt für eine sichere Absperrung bei Reparaturarbeiten.

Voneinander unabhängige (redundante) Messungen haben getrennte Meßdruckleitungen.

Meßeinrichtungen in den Hauptkühlkreisen

In jedem Hauptkühlkreis wird der Kühlmitteldruck in der heißen Leitung, d. h. vor den Dampferzeugern, für den Reaktorschutz gemessen. Zusätzlich wird in einer heißen Leitung eines Hauptkühlkreises der Druck dreifach für die Kühlmitteldruckregelung gemessen. Eine weitere Druckmessung wird der Niederdruckregelung aufgeschaltet. Die Meßkreise für Regelung und Anzeige liefern auch die registrierten Meßwerte. An den Hauptkühlmittelpumpen wird der Differenzdruck gemessen. Mit Hilfe der Pumpenkennlinien kann der Durchfluß festgestellt werden.

Für die Temperaturmessungen werden Temperaturgeber eingesetzt, die bezüglich Konstanz, Linearität und Zeitkonstante besonders gute Eigenschaften haben. Die Meßbereiche sind, soweit erforderlich, mit Nullpunktunterdrückung ausgeführt.

Aus Reaktoraustritts- und Dampferzeugeraustrittstemperatur wird je Hauptkühlkreis der Mittelwert gebildet und der Extremwert der mittleren Kühlmitteltemperaturregelung aufgeschaltet und registriert.

Zur Bestimmung des DNB-Verhältnisses in jedem Kühlkreis werden die Reaktoreintrittstemperaturen und der Kühlmitteldruck je Kühlkreis gemessen. Zusätzlich werden in jedem Kühlkreis die Differenztemperaturen dreifach gemessen und die Meßwerte den DNB-Rechenschaltungen redundant aufgeschaltet. Für Leistungsbegrenzungen werden die Meßwerte über Trennverstärker ausgeblendet.

Über die 3 vorher genannten Differenztemperaturmessungen und eine weitere Differenztemperaturmessung je Kühlkreis wird die thermische Reaktorleistung redundant bestimmt und die Neutronenflußmessung im Leistungsbereich nachgeführt.

Für Anfahrverriegelungen wird zusätzlich die Eintrittstemperatur in 3 Kühlkreisen gemessen. Die Kühlmittel-druckmeßwerte aus den entsprechenden Kühlkreisen werden der Anfahrverriegelung aufgeschaltet. Einmal je Kühlkreis wird die Änderungsgeschwindigkeit der Temperatur bestimmt.

Zum An- und Abfahren wird die Temperatur in jedem Kühlkreis im kalten und heißen Strang gemessen und registriert. Reservefühler sind vorgesehen.

Meßeinrichtungen am Reaktor-Druckbehälter

Der Druck im Raum zwischen der Doppelringdichtung wird durch eine Messung überwacht, da ein Druckanstieg auf eine beginnende Undichtheit der inneren Dichtung schließen läßt. Zusätzlich wird im Falle einer Leckage der Höhenstand in der Doppelringdichtung gemessen. Bei Brennelementwechsel und Reparaturen wird über eine weitere Niveaumessstelle der Kühlmittelhöhenstand zwischen Druckbehälter und Kühlmittelleitung gemessen.

Meßeinrichtungen an den Dampferzeugern

Der Wasserstand wird über einen Weitbereich dreifach je Dampferzeuger für das Reaktorschutzsystem und außerdem zweifach je Dampferzeuger über einen Schmalbereich für die Dampferzeugerwasserstandsregelungen gemessen.

Je Dampferzeuger ist eine Temperaturmessung vorgesehen.

Der Dampferzeugerrohrboden wird durch eine Differenzmessung von Speisewasser und Hauptkühlmittel auf Temperaturdifferenz überwacht.

Meßeinrichtungen an den Hauptkühlmittelpumpen

Da die Zuverlässigkeit der gesamten Reaktoranlage wesentlich von der störungsfreien Funktion der Hauptkühlmittelpumpen abhängt, kommt der Instrumentierung der Hauptkühlmittelpumpen eine wichtige Aufgabe zu. An den Pumpen selbst werden Lagertemperaturen überwacht, Leckmengen und Druckabbau der Wellendichtungen gemessen. Die Ölversorgung wird auf Druck überwacht. An den Pumpen werden die Lufttemperaturen, die Lagertemperaturen und die Wicklungstemperaturen überwacht.

Bei Erreichen von Gefahrgrenzwerten werden die Pumpen durch ein Schutzsystem sicher abgeschaltet.

Vor Ansprechen der Schutzeinrichtung werden Alarmgrenzwertgeber angesteuert, um dem Betriebspersonal noch Gelegenheit zum Eingriff zu geben.

Für den Reaktorschutz wird außerdem die Pumpendrehzahl 3-fach mit Induktivgebern gemessen. Bei Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe und Versagen des Steuerelementeinwurfes sowie bei Ausfall von mehr als einer Hauptkühlmittelpumpe erfolgt bei Ansprechen der entsprechenden Drehzahlgrenzwerte Reaktorschnellabschaltung (siehe auch Abschnitt 2.7.6).

Meßeinrichtungen am Druckhalter und Abblasebehälter

Für die Messung des Höhenstandes im Druckhalter ist ein Meßkanal mit vier unabhängig voneinander arbeitenden Höhenstandsmeßsträngen für den Reaktorschutz vorgesehen.

Für die Druckhalter-Höhenstandsregelung ist ein getrennter Meßumformer für den Weitbereich vorgesehen. Die Registrierung ist druckkompensiert. Eine Temperaturmessung im Druckhalter wird registriert. In den Sprühleitungen sind zur Überprüfung der Temperatur Meßfühler vorgesehen.

Im Abblasebehälter sind Druck-, Wasserstands- und Temperaturmeßstellen angeordnet. Zusätzlich wird in der Dampfleitung die Temperatur gemessen.

2.7.3.4 Meßeinrichtungen der Hilfs- und Nebenanlagen

Für die Reaktorhilfs- und Nebenanlagen gilt grundsätzlich die bei den Meßeinrichtungen des Reaktorkühlkreislaufs beschriebene Instrumentierungsausführung.

Die Druckregelungen im Probeentnahmesystem sind als Festwertregelungen vorgesehen; die Bedienung erfolgt vom örtlichen Leitstand.

Das System zur Aufbereitung und Lagerung von radioaktiven Abfällen, die Kühlmittel-Lagerung und -Aufbereitung werden von örtlichen Leitständen aus bedient und überwacht. Der Höhenstand der Kühlmittelspeicher wird in der Blockwarte und im Leitstand angezeigt. Im Abgassystem wird eine kombinierte H_2 -, O_2 - Überwachung eingesetzt.

Das Sicherheitseinspeisesystem mit Nachkühlung, seinen Verriegelungsbedingungen und den zahlreichen Überwachungen wird vom Wartenpult bedient.

2.7.4 Konventionelle Meßtechnik

Die Spannungsversorgung der einzelnen Meßeinrichtung erfolgt für betriebliche Messungen und Regelungen mit 24 V Gleichspannung. Die Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Stellantriebe und Magnetventile mit 380/220 V Wechselspannung erfolgt über vier Schienen des "gesicherten Netzes". Im Störfall wird die betroffene Schiene vorübergehend auf die entsprechende Diesel-Notstromschiene umgeschaltet. Nach Zuschalten des Reserveaggregates auf diese Schiene wird die Verbindung zur Diesel-Notstromschiene wieder gelöst.

Die für das Reaktorschutzsystem verwendeten Meßeinrichtungen werden von drei bzw. vier galvanisch getrennten 24-V-Spannungsversorgungen getrennt eingespeist. Jede dieser Spannungsversorgungen wird durch eine Batterie gestützt.

Die Meßwerte nicht elektrischer Größen werden in Meßumformern in einen proportionalen Strom von 0-20 mA umgewandelt.

Die Meßumformer für die Messungen im Primärkreis sind in Betriebsräumen des Reaktorgebäudes untergebracht. Sowohl Wirkdruckleitungen als auch elektrische Anschlüsse sind möglichst getrenntgeführt, um bei Störfällen nicht durch gleichzeitigen Ausfall die Sicherheit der Anlage zu mindern.

Temperatur

Die Temperatursignale für die Regelung um den Siedegrenzwert unterliegen hohen Genauigkeitsanforderungen; außerdem werden kurze Zeitkonstanten verlangt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden hier Spezial-Widerstandsthermometer eingesetzt, die bezüglich Konstanz, Linearität und Zeitkonstante besonders gute Eigenschaften haben. Die Meßbereiche sind, soweit erforderlich, mit Nullpunktunterdrückung ausgeführt.

Für die Siededruckmessung werden dreifach in jedem Hauptkühlkreislauf die Temperaturen gemessen. Aus der Eintrittstemperatur und der Aufwärmspanne wird in einer Rechenschaltung unter Berücksichtigung eines entsprechenden Heißkanalfaktors der größte Siededruck am Austritt aus den Kühlkanälen des Kerns ermittelt, dessen Abstand vom tatsächlichen Systemdruck als Sicherheitskriterium für den Reaktorschutz zur Verfügung steht.

Drehzahl

Durch die Messung der Drehzahl der vier Hauptkühlmittelpumpen wird der Durchsatz in den Kühlkreisläufen überwacht. Da die Messungen in den Reaktorschutz eingreifen, erfolgt die Messung je Pumpe 3-fach.

Höhenstand

Für die Messung des Höhenstandes im Druckhalter sind zwei Meßkanäle mit je drei unabhängig voneinander arbeitenden Höhenstandsmeßsträngen für den RS vorgesehen.

2.7.5 Regeleinrichtungen der Reaktoranlage

2.7.5.1 Blockführung und Blockleistungsregelung (Zeichnung Nr. 2.7/6)

Für das Kernkraftwerk sind folgende Einsatzweisen im Verbundbetrieb vorgesehen:

- Konstantlast
- Grundlastbetrieb mit Tag-Nacht-Zyklen
- Frequenzhaltung im Netz

Druckwasserreaktoren haben im Normalbetrieb infolge der negativen Temperaturkoeffizienten die Eigenschaft, den Lastanforderungen selbsttätig unter Veränderung der mittleren Kühlmitteltemperatur zu folgen, hierauf ist das Konzept der Leistungsregelung abgestimmt. Das die Regelung erleichternde Speichervermögen der Dampferzeuger wird besonders für schnelle frequenzabhängige Laständerungen ausgenutzt.

Die Leistungsanforderungen wirken über das Sollwertführungsgerät der Blockleistungsregelung, welches die zulässigen Laständerungen von Reaktor und Turbine berücksichtigt, auf den Generatorleistungsregler.

Der Kühlmitteltemperaturregler 2 führt bei Laständerungen die Reaktorleistung so nach, daß die Abweichung der mittleren Kühlmitteltemperatur von ihrem festen Sollwert stationär innerhalb eines vorgegebenen Totbandes bleibt.

Stellglied dieser Regelung ist die Steuerelementleistungsbank; sie bewirkt durch Änderung der Gesamtreaktivität des Reaktors die notwendige Leistungsänderung.

Die Steuerelementbankstellungsregelung 3 führt die Steuerelementleistungsbank nach Transienten in ihre feste Sollstellung zurück, indem sie die Kompensation der Reaktivitätsrückwirkungen von Brennstoff, Xenon und Abbrand bewirkt. Stellmittel dieser Regeleinrichtung sind weitere Steuerelementbänke und die Borsäure- und Deionateinspeisung.

Temperaturänderungen im Reaktorkühlsystem rufen Volumenänderungen des Kühlmittels und damit Druckänderungen hervor. Der Druck wird durch die Kühlmitteldruckregelung 11 ausgeglichen und der Füllzustand durch die Druckhalterwasserstandsregelung 12 aufrechterhalten.

Im Wasser-Dampfkreislauf wird durch die Dampferzeugerwasserstandsregelung 13 in jedem Dampferzeuger der Speisewasserstrom dem Dampfstrom durch Verstellen der Haupt- bzw. Notspeisewasserventile so angepaßt, daß der Wasserstand im zulässigen Bereich bleibt.

Zusätzlich zu den im Normalbetrieb wirksamen Regeleinrichtungen sind zur Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit Grenzwertregelungen vorgesehen, die vor Erreichen von unzulässigen Betriebszuständen eingreifen und so eine Schnellabschaltung des Reaktors vermeiden.

Der Drehzahlregler 21 gestattet in üblicher Weise das Anfahren des Turbogeneratorsatzes, regelt bei Inselbetrieb des Kraftwerkes die Frequenz und ermöglicht bei Lastabwurf den Übergang auf Eigenbedarf.

Bei schnellen Lastverminderungen an der Turbine - wie Turbinenschnellschluß und Lastabwurf - leitet die Frischdampfmaximaldruckregelung 22 den zuviel erzeugten Frischdampf direkt in den Kondensator.

Je nach Größe des Lastabwurfes erfolgt unterstützend zu dieser Regelung eine Leistungsreduzierung durch Einwurf von Steuerelementen.

Die Frischdampf-Minimaldruckbegrenzung 23 reduziert die Turbinenleistung bei Absinken des Frischdampfdruckes unter einen Grenzwert, d. h. wenn die Reaktorleistung den Leistungsanforderungen an die Turbine nicht folgen kann.

Die Reaktorleistungsbegrenzung 24 ist wirksam, wenn die Leistungserzeugung die Lastanforderung an der Turbine übersteigt und führt zur Leistungsreduzierung durch Einfahren von Steuerelementen, ehe ein Schnellabschaltgrenzwert der Reaktorleistung oder des Siedeabstandes erreicht wird. Bei letzterem wird zusätzlich der Sollwert der Generatorleistung herabgesetzt.

Sowohl mit Frischdampfminimal- als auch -maximaldruckbegrenzung kann das Kraftwerk im Vordruckbetrieb gefahren werden. (Vorzugsweise beim Anfahren der Anlage). In diesem Fall wird die Reaktorleistung von Hand auf einem festen Wert gehalten.

Die Turbine ist drosselgeregelt, d. h. der für eine bestimmte Teillast erforderliche Dampfstrom wird durch Druckreduzierung in den parallel geschalteten Turbineneinlaßventilen eingestellt. Die elektrohydraulische Leistungsregleinrichtung besteht aus den Reglern für die Leistung, Drehzahl, Dampfdruck und Ventilöffnung.

Der von Hand in der Warte eingestellte Leistungssollwert wird in der Sollwertführung "Leistung" entsprechend den Freibeträgen des WT-Gerätes (Wandtemperatur-Meßgerät) dynamisch begrenzt.

Das Umleitsystem ist für ca. 40 % des Nennfrischdampfstromes ausgelegt.

Beschreibung dieser Einrichtungen siehe Abschnitt Dampfturbosatzanlage.

2.7.5.2 Leistungs-Regeleinrichtungen des Reaktors

2.7.5.2.1 Stellmittelfahrprogramm

Leistungsänderungen des Reaktors erfolgen über eine Regelung der Reaktivität, deren Stellmittel zunächst die Steuerelement-Gesamtbank ist. Um die Flußverteilung im Kern optimal zu halten, soll die Steuerelementgesamtbank nur wenig eintauchen, andererseits rufen Leistungsänderungen und Abbrand im Kern teils stationäre und teils instationäre Reaktivitätsrückwirkungen hervor. Dieses sind die schnellen Rückwirkungen von Brennstoff- und Kühlmitteltemperaturen, die bei Druckwasserreaktoren üblicher Bauart gewöhnlich negativ und damit stabilisierend sind. Dazu kommen die sehr viel langsameren Rückwirkungen der Spaltprodukte, insbesondere des Xenons, und der Reaktivitätsverlust bei Brennstoffabbrand. Die Kompensation dieser Rückwirkungen geschieht durch mehrere Steuerbänke mit kleiner Steuerelementzahl oder durch die Borsäure- und Deionat-Einspeisung. Diese zusätzlichen Stellmittel werden durch aufeinanderfolgende Stellungsregelungen betätigt. Das Stellmittel-Fahrprogramm gewährleistet die Durchführung der erforderlichen Laständerungen unter Beibehaltung einer günstigen Flußverteilung. Es enthält folgende Aufgabenzuordnung:

L-Bank

Sie umfaßt den Großteil der Steuerelemente und ist das Stellmittel der Kühlmitteltemperaturregelung. Wie später erklärt, wird die Kühlmitteltemperatur des Reaktors lastunabhängig bis herab zur Reaktormindestlast konstant gehalten. Dadurch wird auch ihre Rückwirkung auf die Reaktivität in stationärem Betrieb ausgeschaltet. Der Stellungssollwert dieser Bank liegt bei geringer Einfahrtiefe, um in allen Lastbereichen eine günstige Flußverteilung aufrechtzuerhalten.

D-Bank

Diese Bank kompensiert die Rückwirkung der Brennstofftemperatur in Abhängigkeit von der Reaktorleistung, d. h. die Doppler-Rückwirkung. Die Bank befindet sich bei Volllast in der L-Bank, so daß sie die Leistungsverteilung nicht stört. Ihre Steuerelementzahl ist so gewählt, daß sie bei einer bestimmten kleinen Teillast gerade voll eingefahren ist. Ihre Elemente sind so über den Kern querschnitt verteilt, daß auch im eingefahrenen Zustand eine günstige Flußverteilung erhalten bleibt.

Borsäure- und Deionat-Einspeisung

Sie übernimmt die Kompensation der langzeitveränderlichen Vorgänge (Abbrand) und kompensiert außerdem die Reaktivitätsrückwirkung des sich bei Laständerungen ergebenden Xenon-Teils. Dieses Stellmittel beeinflusst die Flußverteilung überhaupt nicht. Da aber das Bor mit zunehmendem Abbrand immer mehr aus dem Kühlmittel entfernt werden muß, nimmt die Wirksamkeit dieses Stellmittels laufend ab und ist zum Abbrandende Null.

Flußverteilungsregelung

Eine Korrektur der axialen Flußverteilung im Kern wird vorgesehen.

2.7.5.2.2 Kühlmitteltemperaturregelung

Die Reaktorleistung wird der Generatorleistung mit einer durch das Kühlsystem gegebenen Verzögerung nachgeführt. Dazu ist bei Druckwasserreaktoren nicht notwendig, die Reaktorleistung selbst zu erfassen und zu regeln. Wegen der großen Wärmespeicherfähigkeit des Kühlsystems und um den Druckhalter möglichst klein halten zu können, ist es vielmehr von Vorteil, die Kühlmitteltemperatur des Reaktors bis zu einer möglichst kleinen Last herab konstant zu regeln. Dies geschieht mit der Kühlmitteltemperaturregelung.

Im Normalbetrieb ist - dem stationären Teillastdiagramm entsprechend - der Temperaturregler wirksam. Der Sollwert ist konstant, kann aber durch Handverstellung geändert werden.

Der Istwert der Regelgröße wird durch Maximalwertbildung aus 4 Meßwerten gewonnen, wobei eine Defektkanal-Ab-schaltung ausgefallene Meßkanäle meldet und von der weiteren Verarbeitung fernhält. Das Reglerausgangssignal wird über ein Totbandglied, das der schrittweisen Betätigung der Steuerelemente Rechnung trägt, auf die

Steuerelement-Steuerschaltung gegeben, und bewirkt eine Verstellung der L-Bank mit einer der Regelabweichung proportionalen Geschwindigkeit.

2.7.5.2.3 Steuerelementbank-Stellungsregelung (Zeichnung Nr. 2.7/8)

Der Sollwert der L-Bank ist ein von Hand je nach Abbrandzustand und Lastprogramm einstellbarer Festwert. Stellglied ist die D-Bank.

Der Sollwert der D-Bankstellungsregelung ist ein über einen Funktionsgeber von der Reaktorleistung abhängiger Wert. Stellglied sind die Ventile zur Borsäure- und Deionateinspeisung des Borzusatz- und -entzugssystems.

Istwerte beider Regelungen sind die aus den digitalen Stellungsanzeigen durch Analogisierung gebildeten Stellungs- und Sollwerte jeder Bank.

Beide Regelungen haben Totbänder, um zu häufiges Ansprechen - vor allem bei kleinen Regelabweichungen - zu vermeiden. Beiderseits der Totbänder liegen Alarmgrenzwerte, um Funktionsstörungen der Regelungen melden zu können. Die Regelstränge sind einsträngig ausgeführt, da es sich um einfache handregelbare Kreise handelt. Die Stellglieder sind redundant: einmal ist es eine Mehrzahl von Steuerelementen, zum anderen das insgesamt zweifach ausgeführte Borzusatz- und Borentzugssystem, wobei die Regelung vom Pult aus auf jedes Teilsystem geschaltet werden kann.

Als sicherheitstechnische Verriegelungen sind vorgesehen:

- Wenn die Hauptkühlmittelpumpen nicht laufen, kann nur Borsäure > 2000 ppm eingespeist werden.
- Wenn der Reaktor nicht von der Kühlmitteltemperaturregelung kritisch gehalten wird, muß nach je 10 t eingespeisten Deionats erneut Einspeisefreigabe von Hand erfolgen.

Die vorgenannten Regelungen genügen vollauf für den Konstantlastbetrieb. Sie gestatten ebenfalls den zugrunde gelegten Lastzyklus mit der garantierten maximalen Laständerungsgeschwindigkeit, solange die Wirksamkeit des Borsäure- und Deionat-Einspeisesystems ausreichend ist. Später verlängert sich beim Lastzyklusfahren die Zeit zum Wiederhochfahren nach einer Lastabsenkung in ungünstigen Fällen auf etwa eine Stunde.

Die gesamte Regeleinrichtung ist dabei in üblicher Weise so aufgebaut, daß das jeweils zeitlich unwirksamere Stellglied den Arbeitsbereich des schnelleren sicherstellt. Dabei sind die oft auftretenden Komplikationen vermaschter Regelkreise von Haus aus zeitlich entkoppelt (Sekunden-, Minuten-, Stundenvorgänge) und die Regler mit geeigneten Unempfindlichkeiten ausgestattet.

2.7.5.2.4 Steuerelement-Steuerung

2.7.5.2.4.1 Steuerelementbetätigung

Wie bei der Kühlmitteltemperaturregelung schon erwähnt, müssen die analogen Ausgangssignale der Regler und die

Hand-Fahrsignale in Impulsfolgen umgesetzt werden, die zur direkten Ansteuerung der Antriebe, d. h. der Spulen der magnetischen Schrittheber, geeignet sind. Diese Aufgabe erfüllt u. a. die Steuerelementsteuerung. Ein zentraler Taktgeber, der stellungsabhängig im Schnell- und Langsamgang betrieben wird, erzeugt mit einer Zähler-schaltung den für einen Steuerelementschritt erforderlichen Steuerzyklus. Zusammen mit den Fahrsignalen der Regler (KMT- und Elementstellungsregelung) sowie ggf. Reaktorleistungsbegrenzung und Handfahrsignalen vom Wartepult, werden die Schaltungen der Betätigungsebene angeregt, die ihrerseits die Steuerantriebe ansteuern, wenn keine Steuerelementhaltbefehle anstehen, und das Reaktorschutzsystem nicht den Einwurf aller Steuerelemente fordert.

Je 4 Steuerelemente bilden eine Gruppe mit gemeinsamer Steuerung. Die Gruppen werden den L- und D-Bänken zugeordnet.

Ein Hilfsprogrammgeber kann im Störfall bei Ausfall der Schaltung - nach Freigabe vom Wartepult aus - Ersatzsignale mit eigenem mechanischen Schrittschaltwerk geben.

2.7.5.2.4.2 Stellungsanzeige

Die Stellung der Steuerelemente wird einzeln analog und je Vierergruppe digital gemessen. Die analoge Erfassung der Steuerelementstellungen erfolgt über konzentrische Zweilagenspulen, die so angebracht sind, daß die Antriebsstange bei Steuerelementbewegungen die Kopplung

beider Spulen ändert. Die Anzeige erfolgt - auswählbar für jedes Steuerelement - auf der Kartentafel.

Die digitale Erfassung der Steuerelementstellung erfolgt durch die Zählung der Auf- und Abfahrimpulse an die Steuerantriebe, die die Steuerelemente nur in festen Schritten bewegen können. Zähler für jede Steuerelementgruppe befinden sich im Pult.

2.7.5.2.4.3 Steuerelement-Einfahrbegrenzung (Zeichnung Nr. 2.7/11, 2.7/11a, 2.7/11b)

Bei Auslösung einer Schnellabschaltung des Reaktors müssen die einfallenden Steuerelemente die Reaktivität des Reaktors so stark vermindern, daß er sicher abgeschaltet wird und ausreichend lange unterkritisch bleibt. Diese notwendige "Abschaltreaktivität" nimmt mit kleinerer Reaktorleistung ab. Es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß bei in Betrieb befindlichem Reaktor die Steuerelemente insgesamt nicht zu tief in den Kern hineingefahren werden.

Dies ist eine Aufgabe der Steuerelement-Einfahrbegrenzung.

Eine andere Begrenzung ergibt sich aus der zulässigen Verschlechterung der Leistungsverteilung insbesondere bei tiefer als normal eingefahrener L-Bank.

Die Sicherheit der Schaltung muß wegen der ersten Bedingung der des Reaktorschutzsystems entsprechen.

Die Stellungs-Istwerte der Vierergruppen der L-Bank werden 4 mal gebildet und addiert. Diese 4 Werte gelten als die Stellungs-Istwerte einer der beiden 4-kanaligen Begrenzungsschaltungen.

Mit Hilfe der 4 Meßwerte der kurzzeitkorrigierten thermischen Reaktorleistung werden über 4 Funktionsgeber die leistungsabhängigen Ansprechwerte der Abschaltreaktivitätsüberwachung gebildet.

In Grenzwertgebern wird nun geprüft, ob die Eintauchtiefe der L-Bank als Summe den zulässigen Eintauchtiefengrenzwert erreicht hat. Ist dies der Fall, so werden 4 Grenzwertmeldungen gegeben, die je Elementgruppe in 2 v 4-Auswertung die Elementeneinfahrbeefehle dieser Gruppe sperren. Gleichzeitig wird von der Schaltung ein 2 von 4-Auslösesignal für Boreinspeisung gebildet.

Für die Überwachungshaltung der D-Steuerelemente werden entsprechende Stellungsistwerte gebildet. Auch die Schaltung entspricht der der L-Bank-Einfahrbegrenzung, nur werden anstelle der Steuerelement-Befehle für die Steuerelementvierergruppen Signale zur Herabsetzung des Generatorleistungssollwertes ausgelöst.

Steuerelementausfahrbegrenzung

Reaktorleistungserhöhungen oder Leistungsverteilungsänderungen werden durch Sperren von Steuerelement-Ausfahrbefehlen unterbunden, bevor sie zu unzulässigen Werten führen. Es werden dabei Sperrsignale für Steuerelementgruppen und -bänke unterschieden.

Haltebefehle für die Ausfahrsignale von Steuerelementgruppen werden von folgenden Kriterien abgeleitet:

- Druckspeicher für Borsäureeinspeisung nicht betriebsbereit, schnelle Reduktion der Reaktorleistung durch Steuerelementfehleinfall,

- Reaktorleistungsbegrenzung.

Ausfahrbefehle für Steuerelementbänke werden von folgenden Kriterien gesperrt:

- Reaktorperiode zu klein,
- Schiefastbegrenzung.

2.7.5.2.4.4 Steuerelement-Einwurf

Die Schaltung für Steuerelementeinwurf ermöglicht es, die Reaktorleistung schneller herabzusetzen, als es mit Hilfe der vorhandenen Regelungen möglich ist.

Es sind 2 Arten des Steuerelementeinwurfs vorgesehen.

a) Steuerelementeinwurf wegen Pumpenausfalls

Diese Maßnahme setzt die Reaktorleistung auf ein zulässiges Maß herab, wenn Kühlmittelpumpen ausfallen; dadurch kann eine evtl. erfolgende Reaktorschnellabschaltung vermieden werden, die durch die automatische Umschaltung des Grenzwertes für Reaktorschnellabschaltung im Neutronenflußleistungsbereich auf einen niedrigeren Wert ausgelöst würde.

Die zulässige Reaktorleistung, die sich aus der Anzahl der laufenden Pumpen ergibt, wird ständig mit der tatsächlichen Reaktorleistung verglichen. Fällt eine Pumpe aus, so werden automatisch so viele Steuerelemente gleichzeitig in den Reaktor eingeworfen, wie zur Erreichung eines zulässigen Zustandes notwendig sind.

Gleichzeitig vermindert die Schaltung den Generatorleistungssollwert. Die Absenkung erfolgt mit einer geeigneten Verzögerung, um keine unerwünschten Einschwingvorgänge zu erhalten.

Eine der beiden programmierten Steuerelementeinwurf-
folgen ist am Pult von Hand vorwählbar. Die eingewor-
fenen Steuerelemente fahren anschließend in ihre Bank
zurück.

b) Steuerelementeinwurf bei Abwärtslastsprung
oder Lastabwurf

Generator- und Reaktorleistung werden ständig mitein-
ander verglichen. Ist die Reaktorleistung sehr viel
größer als die Generatorleistung, so werden so lange
nacheinander Steuerelemente in den Reaktorkern einge-
worfen, bis die Abweichung zulässig klein geworden
ist, oder eine bestimmte Reaktorleistung unterschrit-
ten wird.

Es gilt die Einwurffolge wie beim Einwurf wegen Pumpen-
ausfalles.

Auch hier fahren die Steuerelemente in ihre Bank zurück
und die Betriebsregelungen übernehmen wieder die Regel-
funktionen.

Diese Schaltung kann auch benutzt werden, Steuerelemen-
te in der programmierten Reihenfolge von Hand in den
Reaktor einzuwerfen, um die Reaktorleistung schnell
herabzusetzen, ohne eine Schnellabschaltung machen zu
müssen.

2.7.5.3 Weitere Regelungen

2.7.5.3.1 Kühlmitteldruckregelung (Zeichnung Nr. 2.7/12)

Es ist die Aufgabe der Kühlmitteldruckregelung, unabhängig von Temperaturänderungen im Reaktorkühlsystem oder von Kühlmittelverlusten - und damit unabhängig von Volumenänderungen im Druckhalter - den Kühlmitteldruck konstant zu halten. Zu diesem Zweck ist eine Regelvorrichtung vorgesehen, die durch Heizen und Sprühen den Wasser- und Dampfgehalt des Druckhalters so beeinflusst, daß die Regelgröße Kühlmitteldruck nur zulässige Abweichungen von ihrem Sollwert erfährt.

Da die Reaktivitätsrückwirkung des Kühlmitteldruckes bei Druckwasserreaktoren vernachlässigbar ist, können je nach Störfall Druckabweichungen von mehreren Atmosphären zugelassen werden. So ist es möglich, bei Druckerhöhung mehrere Sprühventile sinnvoll zu staffeln, und bei Absinken des Druckes das Ausdampfen des Druckhalterwassers zur Druckhaltung mit heranzuziehen.

Letzteres erweist sich bei größeren Störungen als der hauptsächlich nach unten druckbegrenzende Effekt. Nach der Störung kann die Enthalpie des Druckhalterwassers dann durch eine relativ kleine Heizung wieder auf ihren Normalzustand zurückgeführt werden.

Die Regeleinrichtung ist einsträngig aufgebaut und weitgehend digitalisiert, sie enthält Redundanz der gebildeten Signale, Handeingriffsmöglichkeiten und Trockengehschutz im Druckhalter für die Heizgruppen. Zusätzlich wird aus den Druckmessungen mit Grenzwertgeber (2 v 3) ein Signal zur Ansteuerung der Sprühventile und Heizungen abgeleitet.

2.7.5.3.2 Druckhalter-Wasserstandsregelung

Die in konventioneller Dreikomponentenregelung ausgeführte Schaltung bietet keine weiteren Besonderheiten. Im Normalbetrieb wird - dem stationären Teillastdiagramm entsprechend - die Kühlmitteltemperatur und damit der Druckhalterwasserstand konstant geregelt, und es bleibt damit die Aufgabe dieser Regelung, die ständig zur Kühlmittelaufbereitung entnommene Wassermenge dem System wieder zuzuführen und damit den Druckhalterwasserstand konstant zu halten.

Die Regelung wird deshalb hier erwähnt, weil diese Wassermenge auch dazu benutzt wird, die Borsäurekonzentration des Hauptkühlmittels zu verändern. Je nach gewünschter Änderung wird 4 %ige Borsäure oder Wasser zugesetzt. Bei Entzug der gleichen Menge Kühlmittel wird damit die gewünschte Auf- oder Abkonzentration erzielt.

Die Wasserstandsregelung hat relativ träges Zeitverhalten und ist nur einfach vorgesehen, da es ohne weiteres möglich ist, sie ohne Betriebseinschränkungen von Hand zu betreiben. Dem Betriebspersonal bleibt genügend Zeit zum Erkennen und Beheben der Störung.

2.7.5.3.3 Dampferzeuger-Wasserstandsregelung

Jeder Dampferzeuger erhält eine eigene Wasserstandsregelung, und zwar sind Dreikomponentenregeleinrichtungen (Regelgröße: Wasserstand, Störgrößen: Speisewasserdurchfluß und Dampfstrom) vorgesehen. Von diesen wird der Wasserstand durch Verstellung der Hauptspeisewasser-Regelventile auf der Sekundärseite des Dampferzeugers so

geregelt, daß der für die primären Druckwasserrohre notwendige Wasserstand gehalten wird.

Zusätzlich sind je Dampferzeuger aus Sicherheitsgründen zwei Notspeiseregeleinrichtungen vorgesehen. Hierdurch wird gleichzeitig eine zuverlässige Regelung auch bei Speisewassermengen unter 10 %, bezogen auf Vollasteinspeisemenge, gewährleistet, wie sie z. B. beim Abführen der Nachwärme nach Abschalten des Reaktors auftreten. Die Notspeiseregelventile werden zu den Hauptspeisewasserregelventilen parallel geschaltet. Regelgröße ist bei diesen Regelungen nur der Dampferzeuger-Wasserstand.

2.7.5.4 Begrenzungen

2.7.5.4.1 Leistungsbegrenzung des Reaktors

(Gesamtleistungsbegrenzung)

Im Normalbetrieb wird die Reaktorleistung der Generatorleistung nachgeführt, daß immer Dampf ausreichender Qualität zur Verfügung steht. Diese Aufgabe löst, wie vorn geschildert, die Kühlmitteltemperaturregelung. Diese Regelung kann jedoch nicht feststellen, ob vom Reaktor eine zu große Gesamtleistung verlangt wird, weil z. B. bei 100 % Generatorleistung noch zusätzliche Dampfmengen entnommen werden (Stützdampfentnahme für Speisewasserbehälter, Ausfall von Speisewasservorwärmer, Fehlöffnen eines Ventils der Umleitstation usw.). In all diesen Fällen kann eine Überlastung des Reaktors dadurch vermieden werden, daß eine Reaktorleistungsbegrenzung eingeführt wird.

Ansprechkriterium ist das Überschreiten eines Grenzwertes, der in festem Abstand (ca. 5 %) unter dem Schnellabschalt-Grenzwert im (Neutronenfluß-) Leistungsbereich geführt wird. Die Ansprechentscheidung wird gespeichert.

Nach dem Ansprechen der Schaltung wird, sofern der Sollwert der Generatorleistung tiefer liegt, die Reaktorleistung entsprechend herabgeregelt. Dadurch sinkt der Frischdampfdruck ab, bis die Frischdampf-Minimaldruckregelung die Generatorleistung durch Schließen der Turbineneinlaßventile hinreichend abgesenkt hat. Liegt der Sollwert der Generatorleistung über der momentanen Reaktorleistung, so sorgt die gleitende Führung der Leistungsbegrenzung dafür, daß die Reaktorleistung mit nicht mehr als der zulässigen Änderungsgeschwindigkeit ansteigt.

2.7.5.4.2 Reaktorsiede-Begrenzung

Die Gesamtleistungsbegrenzung ist für schnelle und große Störfälle gedacht. Alle anderen Störungen sollen durch die Begrenzung des Siedeabstandes abgefangen werden. Ansprechkriterium ist auch hier ein etwas unter dem Ansprechen des Reaktorschutzes liegender Grenzwert.

Auch diese Ansprechentscheidung wird gespeichert und führt sofort zu einer ca. 10 %igen Herabsetzung des Generatorleistungssollwertes. Die Reaktorleistung wird auch hier nach dem Generatorleistungssollwert geregelt.

Die Ansprechentscheidung kann nur durch das Bedienungspersonal aufgehoben werden.

Während des Steuereingriffes einer Begrenzungsschaltung ist die Kühlmitteltemperaturregelung außer Eingriff. Ihrer Wichtigkeit wegen sind beide Begrenzungsschaltungen redundant ausgelegt.

2.7.5.4.3 Schieflast-Begrenzung

Eine Abweichung der Leistungsverteilung in vier Kernzonen ("Schieflast") kann aus den vier Außenmessungen des Neutronenflusses im Leistungsbereich, den Mittelwerten der Detektorsignale von Kerninstrumentierungslanzen und den Kühlmittelaufwärmspannen ermittelt werden, wenn man Messungen entsprechender Zonen mit dem Mittelwert der Meßwerte aller vier Zonen vergleicht. Tritt eine größere Schieflast auf, so werden die Ausfahrbefehle der Steuerelementbänke gesperrt.

2.7.5.4.4 Frischdampfminimaldruck-Begrenzung

Die Reaktorleistungsbegrenzung ist nur dann sinnvoll zu betreiben, wenn eine von ihr hervorgerufene Begrenzung der Reaktorleistung und damit eine Absenkung der Kühlmitteltemperatur durch eine Begrenzung der Generatorleistung ergänzt wird. In diesem Fall greift die Frischdampfminimaldruckbegrenzung ein. Ihr Ansprechwert liegt etwas unterhalb des Betriebswertes des FD-Druckes. Das Reglerausgangssignal wird als Sollwertanteil an den Generatorleistungsregler gegeben.

Sowohl Frischdampf-Minimaldruckbegrenzung wie -Maximaldruckbegrenzung können dazu verwendet werden, die Turbine mit festem Druck zu fahren.

2.7.5.4.5 Frischdampfmaximaldruck-Begrenzung

Auch bei einer Störung mit steigendem Druck sorgt eine Grenzwertregelung dafür, daß der Frischdampfdruck und damit die Kühlmitteltemperatur keine unzulässigen Abweichungen von ihren Betriebswerten haben. Diese wären bei Lastsprüngen, wie z. B. bei Lastabwurf oder Turbinenschnellschluß, möglich. In diesem Fall bewirkt die Regelung die Öffnung von Ventilen, die den Frischdampf direkt in den Kondensator entspannen können (Umleitstation).

Istwert der Regelung ist der Frischdampfdruck im Sammler. Der Ansprechwert liegt etwas oberhalb des FD-Betriebsdruckes.

Zur Beherrschung des Lastabwurfes erfolgt zusätzlich Einwurf von Steuerelementen. Deshalb kann die Umleitstation für etwa 40 % des Frischdampfnennndurchsatzes ausgelegt werden. Die Zahl der nacheinander ausgelösten Elemente richtet sich dabei nach dem Verlauf des vorausgegangenen Leistungssprunges. Von Hand können verschiedene Einwurffolgen der Steuerelemente vorgegeben werden.

2.7.6 Reaktorschutzsystem

2.7.6.1 Aufbau

Das Reaktorschutzsystem hat die Aufgabe, die aufgrund der Störfallbetrachtungen notwendigen Anregekriterien (Grenzwerte) meßtechnisch zu erfassen, und durch logische Verknüpfungen zu Auslösesignalen zusammenzufassen, welche die Reaktorschutzaktionen einleiten.

Zu diesen Reaktorschutzaktionen gehören neben der Reaktorschneitabschaltung weitere Sicherheitsaktionen, wie Auslösung von Gebäudeabschluß, Notkühler, Notspeisung und andere. In der Reaktorschutzschaltung werden erprobte Geräte eingesetzt, die sich bereits in anderen Anlagen ausgezeichnet bewährt haben. Der signalverarbeitende Teil wird größtenteils in kontaktloser Einschubtechnik ausgeführt; es werden besonders zuverlässige Bauelemente eingesetzt.

Die Zuverlässigkeit des Systems wird durch mehrsträngigen Aufbau der Reaktorschutzschaltung noch erhöht.

Kabelwege und Aufstellungsorte der Reaktorschutzkomponenten der einzelnen Stränge sind weitestgehend räumlich getrennt angeordnet, um echte Redundanz zu erhalten.

Die Stromversorgung für das Reaktorschutzsystem ist ebenfalls redundant. Für jeden Strang wird aus den beiden 24-V-Gleichstromschienen über Dioden entkoppelt - eine getrennte Schiene gebildet, so daß die für Schutzaufgaben benötigte Energie sicher zur Verfügung steht.

Das Zeitverhalten der einzelnen Komponenten des Reaktorschutzsystems (Meßwerterfassung, Logikschaltung, Auslöseschaltung) wird in der Störfallanalyse und bei der Fest-

legung der Auslösegrenzwerte berücksichtigt, so daß eine rechtzeitige Einleitung der erforderlichen Reaktorschutzaktion stets gewährleistet ist. Das System läßt mindestens einen Gerätefehler zu, ohne funktionsunfähig zu werden bzw. ohne eine ungewollte Abschaltung hervorzurufen.

Für Regelungen werden im Leistungsbetrieb zusätzliche, vom Reaktorschutzsystem unabhängige Meßstränge verwendet.

Im Aufbau der Schaltung sind folgende Teile zu unterscheiden:

- Analoge Meßwerterfassung der nuklearen und konventionellen Meßstellen (Analogteil).
- Grenzwertbildung und logische Verknüpfung der Grenzwertsignale zu Auslösesignalen mittels eines kontaktlosen, dynamischen Systems (Logikteil).
- Auslösesignalebildung in Relaistechnik (Relaisteil).

2.7.6.1.1 Analogteil

(Zeichnung Nr. 2.7/13)

Der Analogteil umfaßt die Meßwerterfassung vom Fühler bis zum Grenzwertgeber. Die Meßwerterfassung erfolgt dreifach redundant mit 2 v. 3-Grenzwertverknüpfung (d. h., pro Anrege-kriterium sind 3 gleichartige Meßstränge vorhanden), sofern für den entsprechenden Störfall ein Ersatzanrege-kriterium vorhanden ist (in Anfahrkanälen auch 2fach-Meßwerterfassung mit 1 von 2-Grenzwertverknüpfung).

Die Meßwerterfassung erfolgt 4fach redundant mit 2 von 4 Grenzwertverknüpfung, wenn kein Ersatzkriterium vorhanden ist (in Einzelfällen auch dreifach-Meßwerterfassung mit 1 v. 3-Grenzwertverknüpfung).

Die Neutronenflußleistungsgrenzwerte werden aufgrund der räumlichen Anordnung 4fach redundant erfaßt und 2v4 zur Bildung der Auslösesignale verknüpft.

Die Meßwerte werden nahe dem Geber in einem begehbaren Raum in ein analoges Meßsignal (0 - 20 mA) umgewandelt. Eine Ausnahme bildet Neutronenflußmessung: Hier werden die 0 - 20 mA-Signale in den Neutronenflußmeßschranken im Schaltanlagegebäude gebildet und direkt in den Analogteil der Reaktorschutzschranke geführt. Der Analogteil besteht aus 4 zueinander redundanten Schrankgruppen, so daß die Unabhängigkeit der einzelnen Meßstränge gewahrt bleibt. In diesen Schranken werden die von den Meßumformern kommenden Stromsignale 0 - 20 mA in Spannungssignale 0 - 10 V umgewandelt und z. T. in analogen Rechenschaltungen verarbeitet. Die Spannungssignale werden direkt (nicht über Rangierverteiler) auf die den Logikteil aufnehmenden Reaktorschutzschranke geführt. Werden die Meßsignale einzelner Geber in mehreren Verknüpfungsschaltungen benötigt, so wird die Vervielfachung des Meßsignals über rückwirkungsfreie Impedanzwandler hergestellt, um eine einwandfreie Entkopplung zu bekommen.

Zur weiteren Meßwertverarbeitung für Anzeige und Registrierung außerhalb der Reaktorschutzschranke werden alle Analogsignale über Trennverstärker entkoppelt als Stromsignal dem Rangierverteiler übergeben.

Die Meßstränge werden kontinuierlich durch Meßwertvergleicher (in Einzelfällen durch Geräteausfall - Grenzwertmelder) auf evtl. auftretende Fehler überwacht. Diese Vergleicher bzw. Grenzwertmelder sind in den Reaktorschutzschränken des Logikteils angeordnet, um auch alle Fehler in der Signalübertragung zu erfassen. Die Meldungen selbst erscheinen auf der Reaktorschutztafel.

2.7.6.1.2 Logikteil

(Zeichnung Nr. 2.7/14)

Der Logikteil besteht aus Schaltketten, welche die von den Grenzwertgebern gemeldeten Anregungen der Reaktorschutzkanäle verknüpfen und Auslösesignale für Schutzaktionen bilden. Die Grenzwertgeber eines Schutzkanals wirken gleichzeitig auf die 3 oder 4 parallelen Schaltketten eines Schaltkettensystems, wobei in jeder Schaltkette je nach Anzahl der Grenzwertgeber eine 2v4, 2v3 oder 1v2 Auswahl vorgenommen wird. Das Schaltkettensystem kann entweder z. B. durch eine 2v3 Auswahl seiner Auslösesignale, die für die Reaktorschnellabschaltung zu einer Auslösung zusammengefaßt werden, oder die Schaltketten eines Systems können jede für sich eine Schutzaktion auslösen. Dieses Prinzip wird auf Schutzaktionen angewendet, für die im Maschinenbau schon zueinander redundante Teilsysteme vorgesehen sind, so daß gleiche Redundanz auf der elektrischen Ebene des Reaktorschutzes erhalten bleibt.

Schaltkettensysteme mit einer eindeutig sicherheitsgerichteten Auslösung werden in einer gemeinsamen Schrankgruppe, Schaltkettensysteme mit nicht eindeutig sicherheitsgerichteter Auslösung in 4 getrennten Schrankgruppen untergebracht.

Zur Definition von eindeutig bzw. nicht eindeutig sicherheitsgerichteter Auslösung folgendes Beispiel:

Aufgrund der begrenzten Leistung schnellstartender Diesel ist gleichzeitiges Zuschalten von Hoch- und Niederdruckeinspeisungen nicht zulässig. Fehlauslösung, z. B. der Niederdruckeinspeisepumpen, würde damit im Störfall mit HD-Einspeisung das Zuschalten der HD-Pumpen verhindern und ist damit nicht eindeutig sicherheitsgerichtet. Die prinzipielle Wirkungsweise des Systems sei kurz anhand Zeichnung Nr. 2.7/14 erklärt [1] :

Jede Schaltkette besteht aus einer Folge von Kettengliedern. Jedes Kettenglied ist im Normalfall mit den 3 Grenzwertgebern eines Schutzkanals verknüpft.

Den jeweils 1. Schaltketten aller Schaltkettensysteme ist ein Taktgeber zugeordnet, ebenso den 2., 3. und 4. Schaltketten. Die gleichen Taktgeber beaufschlagen auch die 1., 2., 3. und 4. Grenzwertgeber aller Schutzkanäle. Die Taktgeber geben 2 gegeneinander phasenverschobene Impulsfolgen ab. Die erste Impulsfolge steuert die angeschlossenen Grenzwertgeber an (Einstellimpulse). Die zweite Impulsfolge steuert die Kettenglieder der Schaltkette selbst an (Auslöseimpulse).

Die Grenzwertmelder schalten in nicht angesprochenem Zustand die Einstellimpulse auf die Kettenglieder der Schaltkette durch, die je nach Schaltung eine 1v2, 2v3 oder 2v4-Auswahl des entsprechenden Kanals ausführen.

[1] s. auch Siemens-Zeitschrift 42 (1968), Heft 11, S. 875 - 878

Die Kettenglieder haben einen Magnetkern mit Rechteck-Hysterese. Dieser wird in Richtung der Einstellimpulse nur ummagnetisiert, wenn gleichzeitig mindestens an 2 oder 3 Eingängen Einstellimpulse anstehen, also 2 von 3 Grenzwertmeldern ihren Grenzwert nicht überschritten haben. Der Magnetkern erlaubt somit zunächst eine 2 von 3-Auswahl. Eine 1 von 2-Auswahl mit dem gleichen Baustein ist dann möglich, wenn 1 Eingang unbeschaltet bleibt. Für eine 2 von 4-Auswahl werden 4 Kettenglieder in Reihe geschaltet, die in zyklischer Vertauschung mit jeweils 3 der 4 Grenzwertgeber verbunden sind.

Nach der Ummagnetisierung durch die Einstellimpulse steuert der Auslöseimpuls des Taktgebers den 1. Magnetkern der Schaltkette an, aber entgegengesetzt zur Magnetisierungsrichtung der Grenzwertmelder-Einstellimpulse. Hat kein Grenzwertmelder angesprochen bzw. liegt keine Störung vor, so wird jetzt der Kern ummagnetisiert und gibt dabei einen Impuls auf das nachfolgende Kettenglied der Schaltkette ab, dem das gleiche passiert. ODER-Verknüpfungen von Schutzkanälen bezüglich Auslösung der Schutzaktion werden durch Hintereinanderschalten von Kettengliedern erreicht, UND-Verknüpfungen bezüglich des Auslösens der Schutzaktion werden durch Parallelschalten von Kettengliedern bzw. Teilimpulsketten erreicht. Auf diese Weise durchlaufen die Auslöseimpulse der Taktgeber die Schaltkette, soweit zur Ummagnetisierung breite Kettenglieder vorliegen.

Das am Ende der Schaltkette liegende Abschlußglied wandelt die Impulsfolge in einen Gleichstrom um, aber nur, wenn die Impulsfolge ungestört ist. Mit diesem Gleichstrom in Ruh-estromschaltung werden die Ausgangsrelais der Abschlußschaltungen gespeist.

Die Zuverlässigkeit des Systems ist dadurch, daß die Verknüpfung mit sehr wenigen Bauelementen (Übertrager, Magnetkern) durchgeführt wird, wesentlich größer als bei bekannten vergleichbaren Systemen, die wesentlich mehr Bauelemente benötigen. Das Auftreten eines Fehlers, der nicht zur Störung in der Impulsfolge führt, ist kaum denkbar, Störungen in der Impulsfolge sind aber immer auslösungsgerichtet. Das System ist damit extrem sicher.

2.7.6.1.3 Relaiseteil

In den Relais-Schrankgruppen, die wieder redundanzmäßig getrennt aufgebaut sind, erfolgt die Bildung der Signale, die entweder auf sogenannte 6-Kontaktsysteme (siehe unten) gehen, oder zur Ansteuerung von Betätigungsbausteinen in der 24-V-Steuerebene gehen. Eine Relaisschaltung ist in erster Linie wegen der damit einwandfreien Entkopplungsmöglichkeit bzw. Rückwirkungsfreiheit gewählt worden. Für jedes Ausgangssignal, das in der 24-V-Ebene weiterverarbeitet wird, wird für Kontrollverriegelungen zusätzlich das Umkehrsignal bereitgestellt. Für diese Signalumkehr wird der Wechsler des Ausgangsrelais verwendet. In einigen Fällen ist zusätzlich ein verzögertes Signal bereitzustellen. Zum Teil sind in den maschinentechnischen Systemen Armaturen vorhanden, die durch ein Reaktorschutzausgangssignal geschlossen werden, durch ein zweites Reaktorschutzausgangssignal in einem übergeordneten Störfall jedoch geöffnet werden müssen. In diesen Fällen erfolgt eine zusätzliche logische Verknüpfung durch entsprechende Schaltung der Kontakte der Koppelrelais im Relaiseteil. Damit ist sichergestellt, daß immer eindeutige Signale aus der Reaktorschuttschaltung in die 24-V-Steuerebene gegeben werden. Dies ist z. B. bei den

Sumpfschiebern im Not- und Nachkühlssystem der Fall. Durch das Flutsignal werden die Sumpfschieber geschlossen, durch das Sumpfsignal geöffnet. Um eine Eindeutigkeit der Reaktorschutzausgangssignale sicherzustellen, wird das Flutsignal nur gegeben, wenn kein Sumpfsignal ansteht, d. h. das Flutsignal wird über den Umkehrsignalkontakt des Sumpfsignalrelais geführt.

2.7.6.2 Signalverarbeitung hinter der Reaktorschutzschaltung

Die Auslösung der Reaktorschneellabschaltung (durch Entrennen der Steuerantriebsspulen fallen die Steuerelemente durch Schwerkraft in den Reaktorkern ein) erfolgt nach dem fail-safe-Prinzip. Sie wird durch eine sehr zuverlässige 6-Kontakt-Abschlußschaltung bewirkt. Der Vorteil von 6-Kontakt-Systemen besteht darin, daß während des Betriebes die Abschaltfunktion sicher überprüft werden kann, ohne daß eine Abschaltung ausgelöst wird. Die Prüfung erfolgt von Hand. Zur Auslösung weiterer Reaktorschutzaktionen wie Sicherheitseinspeisung für das Primärsystem und Notspeisung der Dampferzeuger werden aktive Elemente wie Pumpen und Armaturen benötigt. Hier kann nur das Arbeitsprinzip zur Anwendung kommen.

Die Ausgangssignale werden ohne zusätzliche Verriegelungs- und Freigabebedingungen auf die Betätigungsbausteine geschaltet.

Für die maschinentechnischen Sicherheitssysteme ist eine Prüfung der sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten von Hand vorgesehen. Hierzu wird das Reaktorschutz-Ausgangssignal durch Aufschaltung eines Prüfsignals auf die Abschlußglieder des dynamischen Systems simuliert.

Bei der Prüfung der Reaktorschutzsignale werden im Gegensatz zur Auslösung im Störfall alle im normalen Betriebsfall notwendigen Freigabebedingungen und Aggregatschutzbedingungen wirksam, so daß bei Funktionsprüfungen die Aggregate nicht defekt gefahren werden können.

Die Prüfung der Ausgangssignale kann größtenteils auch während des Betriebes durchgeführt werden, teilweise bei Teillast bzw. abgefahrener Anlage.

Aus dem vorstehend beschriebenen Konzept geht hervor, daß das Reaktorschutzsystem konsequent prüfbar bzw. selbstprüfend ist:

- a) Der Analogteil prüft sich kontinuierlich selbst und Fehler werden sofort gemeldet.
- b) Fehler im Logikteil sind selbstmeldend.
- c) Alle Abschalt- und Sicherheitsmaßnahmen sind von Hand prüfbar. Insbesondere wird auch die Abschaltfähigkeit der Steuerelemente durch deren betriebsmäßige Bewegung ständig kontrolliert. Nicht ausgeführte Elementbewegungen würden gemeldet werden. Hierdurch wird eine sehr hohe Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erreicht.

Reaktorschutztafel

Die Reaktorschutztafel gibt dem Operateur einen Überblick über den Zustand des Reaktorschutzsystems. Die Tafel enthält Meldefelder für Alarme, Grenzwertüberschreitungen, Auslösesignale und Prüftasten zur Handprüfung von sicherheitstechnischen Einrichtungen, außerdem Rückmeldungen der durch Reaktorschutzsignale angesteuerten Aggregate und Armaturen.

2.7.6.3 Abschaltssysteme

2.7.6.3.1 Erstes Abschaltssystem (Zeichnung Nr. 2.7/15)

Das Schnellabschaltssystem löst Reaktorschnellabschaltung aus, indem durch Einfallen der Steuerelemente der Reaktor unterkritisch gemacht wird. Das System spricht an, wenn ein oder mehrere Anregekriterien Reaktorschnellabschaltung fordern. Die Antriebe der Steuerelemente werden hierbei durch die Abschaltung von ihrer Stromversorgung getrennt. Abbildung 2.7/15 zeigt, daß für die einzelnen Störfälle mindestens ein Anregekriterium vorhanden ist.

Im folgenden sind die einzelnen Schutzkanäle kurz beschrieben: (RESA = Reaktorschnellabschaltung)

a) Neutronenfluß Impulsbereich

- 1) RESA (1v2) erfolgt, wenn im Impulsbereich kein Mindestfluß vorhanden ist, und gleichzeitig auch im Mittel- und Leistungsbereich kein Mindestfluß vorhanden ist.
- 2) RESA (1v2) erfolgt, wenn im Impulsbereich die Impulsrate zu hoch ist und gleichzeitig kein Mindestfluß im Mittelbereich vorhanden ist. Der Mittelbereich kann jedoch erst dann übernehmen, wenn der Mindestfluß im Mittelbereich vorhanden ist und per Hand eine Freigabe für weiteres Hochfahren erfolgte.
- 3) "Alarm bei abgeschaltetem Reaktor" (BE-Wechsel) gibt ein Grenzwertgeber abhängig vom Maximalwert des Impulsbereiches (1v1).

- 4) "Element hoch halt" bei zu kleiner Periode im Impulsbereich (1v2).

b) Neutronenfluß Mittelbereich

- 1) RESA erfolgt, wenn der Fluß im Mittelbereich zu hoch ist (1v2) und noch keine Freigabe für den Leistungsbetrieb vorhanden ist.
- 2) Zur Abschaltung der Hochspannung in den Impulskanälen ist im Mittelbereich ein weiterer Grenzwert vorhanden (1v2).

Periode Mittelbereich

- 3) "Element hoch halt" bei zu kleiner Periode (1v2).
- 4) RESA bei zu kleiner Periode (gestaffelt zum Grenzwert 3) (1v2) und keine Freigabe für den Leistungsbetrieb.

c) Thermische Reaktorleistung

RESA erfolgt (2v3), wenn die thermische Reaktorleistung, gebildet aus der Summe der Aufwärmspannen, größer als 10 % ist und noch keine Freigabe für den Leistungsbetrieb erfolgt ist. Die Freigabe für den Leistungsbetrieb erfolgt durch Handbetätigung vom Pult, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Primärdruck \geq 135 bar
- Kühlmitteltemperatur \geq 200 °C
- Unkorrigierter Neutronenfluß \geq 3 %

d) Neutronenfluß Leistungsbereich (kurzzeitkorrigierte thermische Reaktorleistung)

RESA durch den gleitenden Grenzwert im Leistungsbereich (2v4). Dieser gleitende Grenzwert ist ein Ersatz für die Periode und soll verhindern, daß bei Reaktivitätsstörungen und zu schnellen Leistungsänderungen bei Teillast nicht erst der gesamte Leistungsbereich durchfahren werden muß, bis bei etwa 110 % Reaktorleistung RESA ausgelöst wird, sondern daß schon bei kleinerer Leistung RESA ausgelöst wird.

Der gleitende Grenzwert wird gebildet, indem als Istwert die kurzzeitkorrigierte thermische Reaktorleistung und als Referenzwert die thermische Reaktorleistung um einen Ansprechabstand von ca. 20 % nach oben verschoben auf den Grenzwertmelder aufgeschaltet werden. Beim Hochfahren ist der Sollwert zunächst auf 20 % begrenzt.

Der gleitende Grenzwert ist bei ca. 110 % fest begrenzt. Erst nach einer Handfreigabe kann der Sollwert "gleiten".

e) Hauptkühlmittelpumpendrehzahl kleiner 93 %

Reaktorschnellabschaltung erfolgt, wenn mehr als 1 Kühlmittelpumpe gleichzeitig ausfallen. Die Genauigkeit der induktiven Drehzahlmessung ermöglicht, den Grenzwert so hoch zu legen, daß die Abschaltung bei zu langen Störungen in der Pumpenstromversorgung noch rechtzeitig erfolgt. Auf zusätzliche Sicherheitskanäle aus der Pumpenüberwachung kann deshalb verzichtet werden.

- f) Hauptkühlmittelpumpendrehzahl kleiner 60 %

Reaktorschnellabschaltung erfolgt, wenn eine Hauptkühlmittelpumpe ausfällt und der für diesen Störfall zunächst vorgesehene Steuerelementeinwurf versagt. Die Auslösung der Reaktorschnellabschaltung erfolgt 2v4 über den gleitenden Grenzwert, der bei Ansprechen des Drehzahlgrenzwertes bei 70 % die Reaktorleistung begrenzt.

- g) DNB-Verhältnis je Reaktorkühlkreislauf zu klein

Der Grenzwert hat die Aufgabe, die Brennelemente vor dem Filmsieden zu schützen. Dazu wird aus den im Reaktorein- und Reaktoraustritt gemessenen Kühlmitteltemperaturen und dem Systemdruck in einem Rechengerät das DNB-Verhältnis errechnet und auf einen Grenzwertgeber gegeben. Wird das so ermittelte DNB-Verhältnis zu gering, erfolgt RESA.

- h) Druck im Reaktorkühlsystem zu hoch

RESA erfolgt bei zu hohem Druck im Primärkreis.

- i) Druckhalterwasserstand zu hoch

Steigt bei einem Störfall - insbesondere beim Lastabwurf mit Versagen der Umleiteinrichtung - der Wasserstand im Druckhalter zu hoch an, besteht die Gefahr, daß an den Sicherheitsventilen Wasser anstelle von Dampf abgeblasen wird. Damit wäre eine sichere Begrenzung des Hauptkühlmitteldruckes nicht mehr gewährleistet. Um dies zu vermeiden, wird bei einem bestimmten Wasserstand, der in genügendem Abstand unterhalb der Anschlußstellen der Sicherheitsventile liegt, eine Schnellabschaltung ausgelöst, welche infolge der Abkühlung des

Kühlmittels ein sofortiges Absinken des Wasserstandes zur Folge hat.

- j) Druckhalterwasserstand zu niedrig und Hauptkühlmitteldruck zu niedrig

Als Kriterium für starke Kühlmittelverluste gilt gleichzeitiges Absinken von Hauptkühlmitteldruck und Druckhalterwasserstand. Hierzu werden der Druck und der Druckhalterwasserstand "und"- verknüpft auf die Abschaltlinie aufgeschaltet.

- k) Druck in der Sicherheitshülle zu groß

Dieses Kriterium spricht bei einem Leck innerhalb der Sicherheitshülle an.

Der Druck wird für Anlagen- und Betriebsräume innerhalb der Sicherheitshülle getrennt erfaßt.

- l) Wasserstand im Dampferzeuger zu niedrig

Durch dieses Kriterium wird der Ausfall der Speisewasserversorgung und der Frischdampfleitungs-Kohrbruch erfaßt. Neben RESA wird Turbinenschnellabschaltung eingeleitet.

- m) N16-Aktivität in Frischdampfleitung zu hoch

Beim Bruch eines DE-Heizrohres tritt N16-Aktivität in den Frischdampf über. Sie wird durch 3 Aktivitätsmeßstellen je FD-Leitung erfaßt, die unverzüglich RESA auslösen.

n) Hand-RESA

Die Handauslösung erfolgt über einen Drucktaster im Reaktorpult, der durch eine Abdeckung gegen ungewollte Betätigung geschützt ist.

Die Auslöseschaltung der RESA besteht aus zwei 6-Kontakt-Systemen. Wird eine RESA gefordert, so unterbrechen die 6-Kontakt-Systeme die Stromversorgung der Steuerschütze der Steuerelemente. Durch die betriebsbedingten Elementbewegungen wird die Funktion der Steuerantriebe ständig überprüft. Eine Überprüfung der 6-Kontakt-Systeme ist strangweise von Hand ohne Betriebsbeeinträchtigung möglich.

Die 6-Kontakt-Systeme schalten nicht direkt die Stromversorgung der Steuerantriebe, da hier sehr hohe Ströme geschaltet werden müßten (die Abschaltung würde nicht so zuverlässig erfolgen können).

2.7.6.3.2

Zweites Abschaltssystem

Das 2. Abschaltssystem wird durch den Einspeiseteil des Volumenregelsystems in Verbindung mit dem Chemikalien-einspeisesystem bzw. mit den Flutbehältern im Nachkühlsystem gebildet. Damit ist es möglich, durch Erhöhung der Borkonzentration in Kühlmittel unabhängig vom Schnellabschaltssystem den Reaktor abzuschalten und beliebig lange unterkritisch zu halten.

2.7.6.4 Weitere Sicherheitssysteme (Zeichnung Nr. 2.7/16)

Bei den Reaktorschutzaktionen auslösenden Organen der weiteren Sicherheitssysteme, die neben der Reaktorschnellabschaltung für den Reaktorschutz notwendig sind, handelt es sich um Pumpen und Armaturen, die über die Simatic-Betätigungsebene gesteuert werden. Diese Sicherheitssysteme sind von der Anlagentechnik her ganz oder teilweise redundant (mindestens zweifach) ausgelegt. Soweit dies der Fall ist, wird auch in der Betätigungsebene eine entsprechende Trennung der Teilsysteme eingehalten. Redundante Antriebe bzw. Stellglieder werden deshalb mit voneinander unabhängigen Auslösesignalen aus der Reaktorschutzschaltung angesteuert. Die Stromversorgung erfolgt durch voneinander unabhängige Einspeisungen. Hierdurch wird gewährleistet, daß die Sicherheitsaktion durch einen Fehler in der Betätigungsebene oder am Stellglied nicht verhindert wird.

Im wesentlichen betrifft dies folgende Einrichtungen:

2.7.6.4.1 Kern-Notkühlung

Zur Einleitung der für Kern-Notkühlung notwendigen Maßnahmen werden im Reaktorschutzsystem folgende Signale gebildet:

- a) Das Signal "Notkühlvorbereitung" wird gegeben, wenn
- der Hauptkühlmitteldruck $< \text{ca. } 120 \text{ bar}$ und gleichzeitig
 - das Druckhalter-Niveau zu tief oder der Druck in der Sicherheitshülle zu groß ist.

Durch dieses Signal werden alle zur Ausführung der HD- bzw. ND-Einspeisung notwendigen Maßnahmen wie Öffnen der Ventile zum Freischalten der Einspeiseleitungen usw. eingeleitet.

b) Das Signal "HD-Einspeisung" wird gegeben, wenn

- der Hauptkühlmitteldruck $<$ ca. 100 bar und gleichzeitig
- das DH-Niveau zu tief oder der Druck in der Sicherheitshülle zu groß ist und das Signal "ND-Einspeisung" nicht ansteht.

Durch dieses Signal werden die HD-Einspeispumpen eingeschaltet.

c) Das Signal "ND-Einspeisung" wird gegeben, wenn

- der Hauptkühlmitteldruck $<$ ca. 10 bar und gleichzeitig
- das DH-Niveau zu tief oder der Druck in der Sicherheitshülle zu groß ist. Mit diesem Signal werden die ND-Einspeispumpen eingeschaltet.

d) Das Sumpfsignal wird gegeben, wenn das Niveau in den Borwasser-Flutbehältern zu niedrig ist.

2.7.6.4.2 Abschluß der Sicherheitshülle

Hierzu werden verschiedene Signale gebildet. Die Gliederung dieser Signale berücksichtigt eine notwendige Verfügbarkeit einzelner Systeme nach einem Leck.

Im einzelnen werden folgende Signale gebildet:

- a) Die Signale "Gebäudeabschluß allgemein" und "Gebäudeabschluß für lufttechnische Anlagen", wenn

- der Hauptkühlmitteldruck \leq ca. 120 bar und gleichzeitig
- das DH-Niveau zu tief oder der Druck in der Sicherheitshülle zu hoch ist.

Von diesem Signal werden alle Armaturen geschlossen, deren Leitungen zu Prüfzwecken auch während des Betriebes abgesperrt werden können.

- b) Das Signal "Gebäudeabschluß für die Hauptkühlmittelpumpen" wird wie das "Gebäudeabschlußsignal allgemein" gebildet. Im wesentlichen werden durch dieses Signal die Ölleitungen und die Kühlwasserleitungen der Hauptkühlmittelpumpen abgesperrt. Eine Auftrennung erfolgt nur, da dieses Signal während des Betriebes nicht bei voller Reaktorleistung geprüft werden kann.
- c) Das Signal "Gebäudeabschluß Volumenregelsystem" wird, ähnlich dem Signal "Gebäudeabschluß allgemein", jedoch bei Hauptkühlmitteldruck \leq 100 bar gebildet. Die durch dieses Signal betätigten Armaturen sind in den Sperrwasserleitungen der Hauptkühlmittelpumpen und in den Vor- und Rücklaufleitungen des Volumenregelsystems eingebaut. Dadurch können die HD-Förderpumpen noch bis zu einem Hauptkühlmitteldruck \leq 100 bar in den Hauptkreislauf einspeisen (bis die HD-Sicherheitseinspeisepumpen anlaufen).

2.7.6.4.3 Notspeisung der Dampferzeuger

Die nachstehend beschriebenen Signale decken verschiedene Lecks der FD- und Speisewasserleitungen ab.

- a) Das "Notspeisezuschaltsignal" wird gegeben, wenn
- der Dampferzeugerwasserstand zu tief ist.

Durch dieses Signal werden alle vor der Ausführung der Notspeisung notwendigen Maßnahmen, wie Zuschalten der Notspeisepumpen, Schließen der Schieber in den DE-Ab-schlämmlleitungen, Zufahren der Hauptspeisepumpen-Druck-schieber usw., eingeleitet.

- b) Das "Notspeisesignal für einen Dampferzeuger" wird gegeben, wenn
- der Dampferzeugerwasserstand zu tief und gleichzeitig
 - das Absperrsignal (s.o.) nicht ansteht.

Durch dieses Signal werden die Notspeiseleitungen freigeschaltet.

- c) Das "Notspeise-Absperrsignal" für einen Dampferzeuger wird gegeben, wenn
- der Wasserstand im Dampferzeuger zu tief ist und gleichzeitig der Druckvergleich in den Speisewasser-druckleitungen anspricht.

Durch dieses Signal werden die defekten Notspeiseleitungen und Deionatleitungen zur Vermeidung von Speisewasserverlust abgesperrt.

d) Das "Absperrsignal für Frischdampf und Speisewasser" wird gegeben, wenn

- der Druckgradient in den Speisewasserleitungen anspricht.

Durch dieses Signal werden die Schieber in allen Hauptspeisewasserdruck- und Frischdampfleitungen geschlossen und die Hauptspeisepumpen abgeschaltet.

2.7.6.4.4 Turbinenschnellabschaltung (TUSA)

Das TUSA-Signal wird gegeben, wenn

- die Stromversorgung an den Steuerelementen unterbrochen (RESA) ist, und wenn gleichzeitig
- keine zu hohe N16-Aktivität im Frischdampf hinter einem Dampferzeuger auftritt.

TUSA wird jedoch verzögert ausgelöst, wenn die N16-Aktivität im Frischdampf hinter einem Dampferzeuger zu hoch ist.

2.7.6.4.5 Notstrom

Zur Sicherstellung der Notstromversorgung werden in der Reaktorschutzschaltung folgende Signale gebildet:

a) Das "Notstromvorbereitungssignal" wird gegeben, wenn

- das "Notspeisezuschaltssignal" oder
- das "Notkühlvorbereitungssignal" ansteht.

Durch dieses Signal werden hauptsächlich die Notstromdiesel gestartet und die im Notstromfall notwendigen Lüftungsanlagen eingeschaltet.

b) Das "Notstromsignal" wird gegeben, wenn

- die "Spannung an den Eigenbedarfsschienen" ausfällt.

Dieses Signal trennt die Notstromschiene von der Eigenbedarfsschiene und schaltet die Dieselgeneratoren auf die Notstromschiene.

2.7.6.4.6 Reaktorschutz für "Störfälle von außen"

Zur Beherrschung von "äußeren Störfällen" sind Teile des redundant aufgebauten Reaktorschutzsystems in einem gegen äußere Einwirkungen gesicherten Bereich untergebracht, wobei die Ausgangssignale aus diesem Reaktorschutzsystem Vorrang vor allen anderen Signalen haben.

Analoge Signale, die sowohl zur Beherrschung von "äußeren Störfällen" als auch zur Beherrschung von "inneren Störfällen" benötigt werden, werden im gesicherten Bereich gebildet und durch Trennverstärker entkoppelt, und zum nicht gegen äußere Störfälle gesicherten Teil des Reaktorschutzsystems ausgeblendet.

Eine rückwirkungsfreie Entkoppelung wird auch für Binärsignale vorgesehen, die aus dem gesicherten Bereich herausgeführt werden.

2.7.7. Regeleinrichtungen des Kraftwerks

Das Kraftwerk ist so ausgelegt, daß es normalen Laständerungen des Versorgungsnetzes folgen kann.

Diesem Betrieb entsprechend sind auch die Regeleinrichtungen projektiert. Sollaständerungen erfolgen über Verstellung des Generatorleistungssollwertes von Hand oder durch den Lastverteiler. Parallel dazu ändert sich die Leistung selbst - der eingestellten Statik entsprechend - abhängig von der Netzfrequenz.

Die Reaktorleistung wird - durch die Leistungsregeleinrichtung des Reaktors - der Generatorleistung so nachgeführt, daß der Turbine stets genügend Dampf ausreichender Qualität zur Verfügung steht. Es wird auf diese Weise die Energiespeicherfähigkeit des Reaktors-Kühlsystems ausgenutzt.

2.7.7.1 Regelung der Dampfkraftanlage

Dem sicheren Betrieb des Wasser-Dampfkreislaufes mit Turbosatz und Vorwärmanlage dient eine Reihe von Betriebsregeleinrichtungen:

Turbogeneratorleistungsregeleinrichtung

Dampferzeugerwasserstandsregelung

Ablaufregelanlagen

Druckregelanlagen

Temperaturregelanlagen

Alle diese Regeleinrichtungen werden weitgehend zentral von der Blockwarte aus bedient und überwacht.

2.7.7.2 Turbogenerator-Regeleinrichtung

Die Turbine ist drosselgeregelt, d.h. die für eine bestimmte Teillast erforderliche Dampfmenge wird durch Druckreduzierung in den parallel geschalteten Turbinen-einlaßventilen eingestellt. Die Generator-Leistungs-Regelung erfolgt durch ein elektrohydraulisches System, das aus einem Regelkreis für die Turbinenventilöffnung, einem Drehzahlregelkreis und einem Leistungsregelkreis mit hochgenauer Bildung der Frequenz-Leistungskennlinie besteht.

Der Öffnungsregler stellt über den elektrohydraulischen Wandler und die Hauptsteuerung die Turbinenventilöffnung nach dem vom Drehzahl- bzw. Leistungsregler vorgegebenen Sollwert ein. Die Bauelemente des elektrohydraulischen Wandlers sind der zweistufige hydraulische Verstärker und ein permanentmagnetisches Tauchspulensystem.

Der Drehzahlregler liefert den einen der beiden Eingangssollwerte des Öffnungsreglers. Den Istwert der Drehzahl liefert eine auf die Turbinenwelle aufgebrachte Digitron-scheibe.

Der Leistungsregler liefert parallel zum Drehzahlregler den zweiten Sollwert für den Öffnungsregler. Der Istwert der elektrischen Leistung wird an den Generatorklemmen mit einem Hallmultiplikator verzögerungsfrei gemessen. Die Frequenz- Leistungskennlinie wird über eine Schaltung aus der Abweichung der Turbinendrehzahl bzw. Netzfrequenz von der Normalfrequenz hochgenau gebildet. Die gewonnene Abweichung wird dazu über eine Statikeinstellung in einen Leistungssollwert umgeformt. Der Statikwert kann während des Betriebes stufenlos verändert werden.

Die Sollwertvorgabe für die Leistung erfolgt entweder von Hand oder von einer überlagerten Regelung (Netzregelung) bzw. einer Automatik.

2.7.7.3 Ablaufregelanlagen, Druck- und Temperaturregelanlagen

Zur Sicherstellung einer einwandfreien Ableitung des in verschiedenen Behältern anfallenden Kondensats, der Dampfverteilung innerhalb der Systeme und der Kondensathaltung gewünschter Betriebszustände gelangen Ablauf-Druck- u. Temperaturregelungen zum Einsatz.

Jede Regelanlage besteht im wesentlichen aus:

1. Meßumformer (Niveau, Druck, Temperatur)
2. Elektronischer Regler
3. Leistungsstufe
4. Stellglied

Zum Schutz der Anlage sind an verschiedenen Stellen Grenzwertgeber, die unabhängig von der Regelanlage geeignete Schritte auslösen, vorgesehen.

2.7.8 Prozeßrechneranlage

2.7.8.1 Protokollierung von Störgrößen

Der Hauptzweck des derzeitigen Prozeßrechnereinsatzes im Kraftwerksbetrieb ist die gründliche Information des Betriebspersonales mit dem Ziel, eine höhere Verfügbarkeit der Anlage zu erreichen. Die Prozeßrechneranlage arbeitet dabei zwar prozeßgekoppelt, greift aber nicht direkt in den Prozeß ein (on line open loop). In erster Linie soll die Prozeßrechneranlage Daten liefern mit Hilfe derer eine frühzeitige Störungserkennung und eine Störungsaufklärung ermöglicht wird.

Als wesentliches Hilfsmittel zur Lösung dieser beiden Aufgaben stellt die Prozeßrechneranlage dem Betriebspersonal zwei Protokolle zur Auswertung zur Verfügung:

1. Stör- und Schaltprotokoll
2. Störungsablaufprotokoll

2.7.8.1.1 Stör-/Schalt-Protokoll

Das Stör- und Schaltprotokoll dient zur objektiven und zeitrichtigen Registrierung von binär erfassten Fehler- und Warnmeldungen, sowie von ausgewählten Zustandsmeldungen aus der Anlage. Außerdem enthält es die von der Prozeßrechneranlage aus der internen analogen Grenzwertüberwachung gebildete Meldungen und zwar mit zusätzlich Angabe von Ist- und Sollwert. Durch die Kombination von Störungs- und Schaltprotokoll wird erreicht, daß die Folgeschaltungen bei Störfällen auf dem Protokoll gleich hinter der zugehörigen Fehlermeldung erscheinen.

2.7.8.1.2 Störungsablaufprotokoll

Die Prozeßrechneranlage hat hier die Aufgabe, für eine schnelle Störungsaufklärung bei größeren Störungen innerhalb kürzester Zeit alle mit dieser Störung zusammenhängenden Daten zusammenzutragen und zeitgerecht zu protokollieren.

Mit der Störung nicht unmittelbar zusammenhängende Daten sollen dabei zum Zwecke einer Datenreduzierung unterdrückt werden.

Mit dem Störungsablauf-Protokoll werden bei größeren Störungen mit Schutzauslösung die Vorgeschichte (Störungsanbahnung) und Nachgeschichte (Reaktion der Anlage) zeitgerecht erfaßt und protokolliert.

Die Organisation der Protokolle geschieht nach rein technologischen Gesichtspunkten und hängt weitgehend von dem Anlagenschutzkonzept und dem hierarchischen Aufbau der Fehlermeldungen ab. Alle Werte, die für den Störungsablauf eines bestimmten Anlagenteiles von Interesse sind, werden in einem oder mehreren Störungsablauf-Protokollen zusammengefaßt. Das Störungsablauf-Protokoll bildet dabei das Rahmenprogramm, aus dem für jede anregende Fehlermeldung durch Auswahl eine spezielle Fassung erstellt wird. Insgesamt sind ca. 30 verschiedene Störungsablauf-Protokolle vorgesehen. Jedem Protokoll stehen bis zu 64 Analogwerte zur Verfügung. Außerdem werden je Störungsablauf-Protokoll bis zu 128 Binärsignale auf Änderungen untersucht und abgespeichert (max. 512 Meldungen für alle Protokolle). Die Binärsignalmeldungen werden in der Reihenfolge ihres Eintreffens gedruckt. Das Ergebnis der Untersuchungen ist ein dynamisches Abbild des gestörten Anlagenteiles während der Störung. Der statische Anlagenzustand zum genauen Zeitpunkt der Störung wird durch die Abfrage geeigneter Zustandsmeldungen (max. 128) untersucht. Diese Signalzustände werden immer protokolliert.

Die Auswahl der Analogwerte ist nach folgender Priorität festgelegt:

"Unbedingte" Analogwerte werden immer,

"bedingte" Analogwerte werden nur protokolliert,

wenn sie

- a) gleichzeitig einen bestimmten Normalwert überschreiten, oder
- b) über logische Verknüpfungen von Binär-Signalen ausdrücklich freigegeben werden.

Häufen sich trotz der Auswahl noch mehr als 18 Analogwerte, so bestimmt die bei der Projektierung festgelegte Reihenfolge ihrer Eintragung ins zugehörige Aufgabenblatt die Auswahl.

Das Zeitraster ist für alle Protokolle gemeinsam aufgebaut und überdeckt symmetrisch einen Zeitraum von beispielsweise je 10 Minuten Vor- und Nachgeschichte.

Der Abstand ist um die Störung herum identisch mit dem kürzesten Abfrage-Zyklus (1 sec.), kann aber in Richtung Vor- und Nachgeschichte in ganzzahligen Vielfachen bis zu zehnmal erweitert werden.

Die Anregung der Störungsablauf-Protokolle geschieht prozeßgesteuert durch ausgewählte Fehlermeldungen aus der Anlage. Die Zahl der Anregesignale für jedes Protokoll ist nicht begrenzt. Die Zuordnung zwischen Störungsablauf-Protokoll und Anregesignal ist systemmäßig fest (ein Binärsignal regt jeweils ein Störungsablauf-Protokoll an).

2.7.8.2 Störungsanzeige über Datensichtgeräte

Die Anzahl der Fehler- und Warnmeldungen im Kernkraftwerk hat z. Zt. bereits einen Umfang erreicht, der es nicht erlaubt, alle Meldungen einzeln im Wartenpult unterzubringen bzw. übersichtlich anzuordnen.

Die Funktion der Gefahrmeldeanlage wird deshalb der Prozeßrechneranlage übertragen, damit alle Meldungen seriell bzw. reduziert über verschiedene, den einzelnen Anlagenbereichen zugeordnete Bildschirme ausgegeben werden können.

Das Gesamtsystem zur Information des Betriebspersonales in der Warte über anormale Betriebszustände baut auf folgenden Komponenten auf:

2.7.8.2.1 Informationsebene für das Betriebspersonal

An dieser Stelle übernehmen 4 Datensichtgeräte, die in das Wartenpult eingebaut werden und den verschiedenen Anlagenbereichen (Reaktor, Reaktorhilfsanlagen, Turbosatz, Sekundär- und E-Anlagen) zugeordnet sind, die eigentliche Aufgabe der optisch akustischen Gefahrmeldeanlage.

Die Meldungen werden auf dem Bildschirm wie folgt aufgebaut. Angezeigt wird das Kommen und Gehen eines Gefahrenzustandes. Die "gehende" Meldung wird durch eine neue Meldung mit

demselben Text dargestellt wie die "kommende" Meldung, lediglich der Hinweis für die Überschreitung wird in Klammern gesetzt. Die Meldungen sind zweizeilig aufgebaut, das volle Bild enthält somit maximal 10 Meldungen. Die unterste Meldung am Bildschirm ist jeweils die neueste. Alle neuen Meldungen erhalten einen Markierungstern, der durch das Quittieren gelöscht wird.

Parallel zu jeder einlaufenden Meldung auf dem jeweiligen Datensichtgerät ertönt - wie bei der konventionellen Gefahrmeldeanlage - ein akustisches Signal (Summer), das von einem optischen Hinweis am Bedienungsfeld des Datensichtgerätes begleitet wird. Damit keine Information übersehen werden können, müssen die auf dem Bildschirm anstehenden Meldungen erst vom Bedienungspersonal quittiert werden, bevor diese durch neue bereits anstehende Meldungen ersetzt werden können.

Quittierte Meldungen, die den Bildschirm verlassen, gehen dabei nicht unmittelbar verloren. Sie werden zunächst in einem seitenorientierten Puffer für die Nachgeschichte aufgefangen (3 Seiten mit jeweils 10 Meldungen) und stehen auf Anwahl vorübergehend wieder zur Verfügung. Erst wenn eine Meldung sämtliche Seiten des Puffers durchlaufen hat, ist sie unwiederbringlich gelöscht.

Parallel zur Sofortinformation durch Datensichtgeräte werden weiterhin Blattschreiber (Stör/Schaltprotokoll) und Schnelldrucker (Störungsablauf-Protokoll) zur Protokollierung und zeitfolgerichtigen Archivierung von Meldungen eingesetzt.

Für den Geradeaus-Betrieb des Kraftwerkes, wenn nur wenige Meldungen eintreffen, können durch Bedienung Meldebereiche zusammengefaßt und z.B. auf ein einziges Datensichtgerät gelegt werden.

Die freigeschalteten Sichtgeräte stehen dann für weitere Aufgaben zur Verfügung.

2.7.8.2.2 Informationsebene für den Schichtführer

Auf einem weiteren (auf dem Schichtführer-Schreibtisch untergebrachten) Datensichtgerät können sämtliche Fehler- und Warnmeldungen aus der Anlage zur Sofortinformation des Schichtführers angezeigt werden ("Schichtführer-Sichtgerät").

Die Meldungen erscheinen automatisch in der Reihenfolge, in der sie eintreffen, auf dem Bildschirm und werden ohne Quittiermöglichkeit durchgeschoben, wenn mehr als 10 Meldungen anstehen. Dieser Schirm zeigt so immer die 10 neuesten Meldungen der Gesamtanlage. Hierdurch wird dem Schichtführer eine Momentinformation über jede lokale Störung im Kraftwerk gegeben. Der Schichtführer kann sich aber auch von seinem Platz im Detail informieren und sich auf sämtliche Einzelsichtgeräte im Meldebetrieb parallel-schalten.

2.7.8.2.3 Allgemeine Funktionen

Ferner besteht die Möglichkeit auf jedem freien Sichtgerät sämtliche an den Prozeßrechner angeschlossenen analogen Meßwerte zeitweise für eine Anzeige anzuwählen. Die angezeigten Meßwerte werden entsprechend ihrem Abtastzyklus aktualisiert. Ein derartiges Sichtgerät bietet dem Schichtführer die Möglichkeit, z.B. Analog-Vorgänge an gestörten Anlagenteilen zu verfolgen oder anhand von Meßgrößen die durch eine Meldung angezeigten Fehler schneller zu lokalisieren.

Die große Freizügigkeit des Systems und die damit verbundenen zahlreichen Bedienungsfunktionen erfordern für jedes Datensichtgerät ein eigenes Bedienungsfeld, welches auch im Wartenpult eingebaut ist, und von dem aus die einzelnen Ausgabefunktionen angewählt werden können.

2.7.8.2.4 Konventionelle optisch-akustische Restgefahr- meldeanlage

Als Reserveinformationssystem wird eine reduzierte Gefahr-
meldeanlage parallel zur PRA installiert, die es bei Aus-
fall des Rechners oder für die Wartungszeit des Rechners
gestattet, den Kraftwerksbetrieb aufrecht zu erhalten.
Dieses Gefahrmeldesystem (ca. 800 Meldungen im Warten-
pult) enthält hauptsächlich Sammelmeldungen und nur dort
Einzelmeldungen, wo es die Sicherheit der Anlage unbedingt
erfordert. Im Normalfall arbeitet das Betriebspersonal
ausschließlich mit den Sichtgeräten. Die konventionellen
Meldeschlitzte auf dem Wartenpult bleiben normalerweise
dunkel.

Im Bedarfsfall (Rechnerstörung oder Wartungsarbeiten an
der Prozeßrechneranlage) erfolgt die Umschaltung auf die
Gefahrmeldeanlage automatisch.

Tabelle 2.1/1

Sicherheitshülle

Auslegungsdruck	p _ü	5,1	bar
Auslegungstemperatur		135	°C
Durchmesser		56	m
Wanddicke des ungestörten Kugelbereiches		29	mm
Werkstoff		Feinkornstahl	

Materialschleuse

Durchgangsprofil	3,10 x 3,10	m
lichte innere Schleusenlänge	9,0	m

Personenschleuse

Durchgangsprofil	1,2 x 1,9	m
Schleusenlänge	4,5	m

Notschleuse

innerer Durchmesser	1,5	m
Schleusenlänge	2,5	m
Türdurchmesser	0,8	m

Tabelle 2.1/2 - Fortsetzung

Rohrseite			
Durchsatz		0,0184	kg/s
Eintrittstemperatur		142	°C
Austrittstemperatur		50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	6,Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Mantelseite			
Durchsatz		0,835	kg/s
Temperaturerhöhung		12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	6/150	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Ringflüssigkeitsbehälter

Anzahl		2	
Volumen		0,1	m ³
Betriebsdruck	p_a	5,2	bar
Betriebstemperatur		56	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	6,Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Pufferbehälter

Anzahl		2	
Volumen		1	m ³
Betriebsdruck	p_a	0,9	bar
Betriebstemperatur		50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	6,Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Tabelle 2.1/3 - Fortsetzung

Konsolkran im Reaktorgebäude

Tragkraft	10	Mp
Laufkreisdurchmesser	42	m
Spannweite	3,0	m

Kran im Lager für neue Brennelemente

Tragkraft	1,5	Mp
Spannweite	6,0	m
Hubhöhe	8,0	m

Halbportalhubgerüst

Tragkraft Haupthub	200	Mp
Tragkraft Hilfshub	40/10	Mp
Spannweite	21	m
Hubhöhe	30	m

E-Zug für Dekontraum

Tragkraft	5	Mp
Hubhöhe	6	m

Kran im Faßlager

Tragkraft	7,5	Mp
Spannweite	7,0	m
Hubhöhe	8,0	m

Tabelle 2.1/3 - Fortsetzung

Kran für heiße Werkstatt

Tragkraft	5	Mp
Spannweite	8	m
Hubhöhe	8	m

E-Zug im Ringraum des Reaktorgebäudes

Tragkraft	10	Mp
Hubhöhe	12	m

Kran in der Einfahrt Hilfsanlagengebäude

Tragkraft	10	Mp
Spannweite	7	m
Hubhöhe	18	m

Kran oberhalb der Montageöffnung Hilfsanlagengebäude

Tragkraft	10	Mp
Hubhöhe	20	m

Kran an der Ladeposition Filterwechselmaschine

Tragkraft	7,5	Mp
Hubhöhe	8	m

Tabelle 2.2/1

Allgemeine Daten des Reaktorkerns

Wärmeleistung Reaktor	3765	MW _{th}
Leistungsanteil des Brennstoffes	97,4	%
Anzahl der Brennelemente im Kern	193	
Äquivalenter Kern-Durchmesser (20 °C)	3605	mm
Aktiver Kern-Höhe (20 °C) (Länge der kalten UO ₂ -Säule)	3900	mm
Gesamtes Urangewicht im Erstkern ca.	102,70	tU
Wasser/UO ₂ -Volumenverhältnis	2,06	

Tabelle 2.2/2

Neutronenphysikalische Kernausslegung

U-235 Anfangsanreicherungen (in Gewichtsprozenten) von
innen nach außen

1. Kern	69 BE	1,9
	68 BE	2,5
	56 BE	3,2

Reaktivitätsbilanz für den neubeladenen Kern ohne ab-
brennbares Gift

k _{eff} (20 °C)	ca. 1,26
k _{eff} (Nullast)	ca. 1,21
k _{eff} (Vollast)	ca. 1,19
k _{eff} (Vollast, Xe/Sm-Gleich- gewicht)	ca. 1,15

Tabelle 2.2/3

Reaktivitätskoeffizienten

Brennstofftemperatur	max.	- 1,7	10^{-5}	$\Delta \rho / ^\circ\text{C}$
	min.	- 3,2	10^{-5}	$\Delta \rho / ^\circ\text{C}$
Moderatortemperatur	max.	- 5	10^{-5}	$\Delta \rho / ^\circ\text{C}$
	min.	- 50	10^{-5}	$\Delta \rho / ^\circ\text{C}$
Moderatordruck	max.	+ 2,0	10^{-5}	$\Delta \rho / \text{at}$
	min.	+ 0,3	10^{-5}	$\Delta \rho / \text{at}$
Blasen im Moderator	max.	- 0,2	10^{-3}	$\Delta \rho / \%$
	min.	- 1,0	10^{-3}	$\Delta \rho / \%$

Blasenvolumen
im Moderator

Tabelle 2.2/4

Lebensdauer der prompten Neutronen

neubeladener Kern	$2,6 \cdot 10^{-5} \text{ s}$
Gleichgewichtskern	$2,0 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

Tabelle 2.2/5

Anteil der verzögerten Neutronen

neubeladener Kern	0,0069
Gleichgewichtskern	0,0055

Tabelle 2.2/6

Borkonzentration im Kühlwasser

Beladen: 1. Kern	2200	ppm
1. Kern, ohne Steuerstäbe, Abbrand = 0, kalt, kritisch, mit abbrennbarem Gift	ca. 1400	ppm
1. Kern, ohne Steuerstäbe, Abbrand = 0, volle Leistung und Xe/Sm-Gleichgewicht, mit abbrennbarem Gift	ca. 1050	ppm
Beladen: Gleichgewichtskern	2200	ppm
Beginn eines Gleichgewichtszyklus, ohne Steuerstäbe, kalt, kritisch	ca. 1400 ^{+))}	ppm
Beginn eines Gleichgewichtszyklus, volle Leistung und Xe/Sm-Gleichgewicht	ca. 1050 ^{+))}	ppm

Tabelle 2.2/7

Wirksamkeit der Steuerstäbe

Wirksamkeit der 53 Steuerstabbündel im heißen, neubeladenen Zustand	ca. 7,5	% Δg
Wirksamkeit der 8 teillangen Steuerstabbündel	ca. 0,3	% Δg

Tabelle 2.2/8

Thermodynamische Kernausslegung

Wärmestromdichte, F_q	2,5
Aufwärmspanne, $F_{\Delta H}$	1,65

^{+))} Die Borsäurekonzentrationen im Gleichgewichtszyklus hängen ab von der gewünschten Zyklusdauer.

Tabelle 2.2/9

Sicherheit gegen Filmsieden
(bei 158 bar und $1,12 \times 3762 \text{ MW}_{\text{th}}$)

minimale Sicherheit gegen
örtliches Filmsieden 1,30

Tabelle 2.2/10

Kühlmitteldaten

Gesamtkühlmitteldurchsatz	17.230	kg/s
Nettodurchsatz durch den Reaktorkern	16.330	kg/s
Gesamter Strömungsquerschnitt in allen Brennelementen (Vollast)	5,50	m ²
Mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels	4,16	m/s
Mittlerer Massenstrom	2 918,3	kg/m ² s
Eintrittstemperatur am Reaktordruckbehälter	292,5	°C
Mittlere Aufwärmspanne im Reaktordruckbehälter	37,1	°C
Mittlere Austrittstemperatur am Reaktordruckbehälter	329,6	°C
Temperatur am Austritt des heißen Kanals, max (bei 158 bar und $3762 \text{ MW}_{\text{th}}$)	346,3	°C

Tabelle 2.2/11

Wärmestromdichten und spezifische Leistung

Mittlere Wärmeübergangszahl (kein Oberflächensieden) (Kühlmittel-Brennstab)	2,96	W/cm ² °C
Wärmeübertragungsfläche im Kern	6040,9	m ²

Tabelle 2.2/11 - Fortsetzung

Mittlere Wärmestromdichte	61,1	W/cm ²
Maximale Wärmestromdichte	152,9	W/cm ²
Mittlere spezifische Brennstableistung	207,9	W/cm
Maximale spezifische Brennstableistung	519,8	W/cm
Leistung je Liter Reaktorkern	93,0	kW/dm ³
Mittlere spezifische Leistung des Brennstoffes	36,7	kW/kg U
Maximale UO ₂ -Temperatur bei 3765 MW _{th}	ca. 2092	°C
Maximale UO ₂ -Temperatur bei 1,12 x 3765 MW _{th}	ca. 2280	°C
Maximale UO ₂ -Randtemperatur bei 3765 MW _{th}	ca. 597	°C
Maximale Hüllrohroberflächentemperatur	ca. 348,6	°C

Tabelle 2.2/12

Brennelement

Die angegebenen Daten gelten für Raumtemperatur bzw. an der Stelle höchster Leistung bei 3765 MW_{th}.

Abmessungen und Werkstoffe

Länge	4835	mm
Grundriß	230 x 230	mm
Stabgitterteilung	14,3 x 14,3	mm
Stabzahl	236	
Anzahl der Steuerstabführungsrohre	20	
Anzahl der Abstandshalter	9	
Gesamtgewicht	830	kg

Tabelle 2.2/12 - Fortsetzung

Brennstab-Hüllrohr

Werkstoff	Zircaloy-4	
Außendurchmesser	10,75	mm
Wanddicke	0,725	mm
Brennstablänge	4407	mm
Brennstoff	Urandioxyd	
Form	zyl. Tabletten mit tellerförmigen Vertiefungen an beiden Stirnflächen	
Dichte, Erstkern, (ohne abbrennbares Gift)	10,35	g/cm ³
Tablettendurchmesser	9,08	mm
Tablettenlänge	11	mm
aktive Säulenlänge (20 °C)	3900	mm
rel. Volumen der tellerförmigen Vertiefung	2	%

Brennstabfeder

Werkstoff	X7CrNiAl 17/7
-----------	---------------

Führungsrohr

Werkstoff	X2CrNi 18/9	
Außendurchmesser	13,72	mm
Wanddicke	0,47	mm

Tabelle 2.2/12 - Fortsetzung

Abstandshalter

Werkstoff	Inconel 718	
Höhe	~ 40	mm
Blechdicke	0,4	mm

Isoliertablette

Werkstoff	Al_2O_3	
Höhe	nach Bedarf, mind. 6	mm
Durchmesser	9,1	mm

Endplatte

Werkstoff	X10CrNiNb	18/9
Höhe	ca. 22	mm
Durchmesser der Kühlmittelbohrungen	10	mm

Tabelle 2.2/13

Steuerstab

Anzahl der Steuerelemente, schwarz	53	
Anzahl der teillangen Steuerelemente, schwarz	8	
Gesamtlänge ohne Antriebsstange	ca. 4619	mm
Grundriß	157 x 157	mm
Fingerhalter-Werkstoff	X10CrNiNb 18/9	
Steuerstabfinger je Steuerelement	20	
Länge	ca. 4549	mm
Hüllrohrwerkstoff	X10CrNiNb 18/9	
Außendurchmesser des Steuerstabfingers	10,2	mm
Wanddicke	0,5	mm
Absorber	Ag15In5Cd	
Durchmesser	9,0	mm
Länge	3530	mm
Folgestab-Werkstoff	X10CrNiNb 18/9	
Durchmesser	10,2	mm

Tabelle 2.3/1

Reaktorkühl- und Druckhaltesystem

Wärmeleistung (Kreislauf, incl. Pumpenverlustleistung)		3777	MW _{th}
Anzahl der parallelen Haupt- Kühlkreisläufe		4	
Gesamter Kühlmitteldurchsatz		17.230	kg/s
Normaler Betriebsdruck am Reaktordruckbehälteraustritt	p _a	158	bar
Minimaler Betriebsdruck	p _a	156	bar
Kühlmittelaustrittstemperatur aus dem Reaktordruckbehälter, Vollast		329,6	°C
Kühlmittelleintrittstemperatur in den Reaktordruckbehälter, Vollast		292,5	°C
Aufwärmspanne bei Vollast		37,1	°C
Systemdruckabfall bei Vollast	ca.	5,5	bar
Systemvolumen einschl. Druckhalter	ca.	430	m ³
System-Flüssigkeitsvolumen einschl. Druckhalter (Vollast)	ca.	405	m ³
Dampfdruck am Dampferzeuger- austritt bei Vollast		68,65	bar
Dampftemperatur bei Vollast		284,5	°C
gesamte Dampfmenge bei Vollast		2059,5	kg/s

Tabelle 2.3/2

Reaktordruckbehälter

Hauptabmessungen

Innendurchmesser des Zylinder- mantels	5000	mm
Kleinster Innendurchmesser des Behälterunterteils	4550	mm
Höhe des Behälterunterteiles außen	10.050	mm
Größter Durchmesser des die Stützen umschreibenden Kreises (Transport \emptyset)	ca. 6652	mm
Max. Gesamthöhe des Behälters von Außenkante Kugelboden bis Oberkante Regelstabstützen	12.820	mm
Abstand Stützenmittenebene- Flanschebene	ca. 1300	mm
Wanddicke des Zylindermantels	243 + 7	mm
Werkstoff für Schmiedeteile	22NiMoCr37	

Transportgewicht

des Unterteils (ohne Tragschnäbel für Spezialwaggon	ca. 376	t
des Deckels	ca. 116	t
der Schrauben mit Mutter und Unterlegscheiben	ca. 35	t

Tabelle 2.3/3

Kerngerüst

Kerngerüst gesamt

Größter Außendurchmesser	4665	mm
Außendurchmesser des Zylinder-Teils	4370	mm
Gesamthöhe einschl. Führungs- einsätze	9265	mm
Gesamtgewicht einschl. Führungs- einsätze und Schemel	160	t

Unteres Kerngerüst (Kernbehälter)

Größter Außendurchmesser	4665	mm
Höhe	8115	mm
Gewicht	104	t
Wanddicke des Kernbehälters	80	mm
Wanddicke der Kernumfassung	25	mm

Oberes Kerngerüst

Größter Außendurchmesser	4665	mm
Höhe ohne Führungseinsätze	3320	mm
Gewicht " " "	39,5	t

Schemel

größter Außendurchmesser	3100	mm
Höhe	1490	mm
Gewicht	3,5	t

Werkstoff allgemein

X 10 CrNiNb18/10
und Sonderanalyse

Tabelle 2.3/4

Dampferzeuger

Typ	vertikal, U-Rohr	
Anzahl	4	
übertragene Wärmemenge je Dampferzeuger bei Vollast	944,25	MW _{th}

Reaktoranlagenseite

Durchsatz je DE	4.350	kg/s
Eintrittstemperatur	329,6	°C
Austrittstemperatur	292,45	°C
Auslegungstemperatur	350	°C
Auslegungsdruck/Temp.	$p_{\ddot{u}}$ / °C 175/350	bar/°C
max. Druckabfall bei Vollast je DE	ca. 2,15	bar

Dampfkraftanlagenseite

Frischdampfmenge je DE	513	kg/s
Frischdampfdruck am Austritt (bei 3777 MW _{th})	p_a 68,65	bar
Frischdampftemperatur	284,5	°C
Speisewassertemperatur	218	°C
max. Dampfffeuchte	0,25	%
Auslegungstemperatur	350	°C
Auslegungsdruck	p_u 87,3	bar
Abmessungen der U-Rohre	22 x 1,2	mm
$D_a \times s$		
Äußere Durchmesser der Dampferzeuger	ca. 3615/4860	mm
Gesamte Höhe des Dampferzeugers (Boden-Boden)	20.170	mm
Transportlänge	21400	

Tabelle 2.3/4 - Fortsetzung

Material der U-Rohre	Incoloy 800
des Behälters	Feinkornstahl
der Plattierung	Inconel/Austenit
Transportgewicht	ca. 380 t
Gesamtgewicht einschl. Füllung (kalt)	ca. 450 t

Tabelle 2.3/5

Hauptkühlmittelpumpen

Typ	Kreiselpumpe mit Wellendichtung	
Anzahl	4	
Nenndurchsatz	4.350	kg/s
Förderhöhe (Stutzen - Stutzen)	ca. 74,3	m FlS
Motorleistung	5800	kW
Leistungsaufnahme bei Betriebstemperatur	4300	kW
Auslegungstemperatur	350	°C
Auslegungsdruck	P _ü 175	bar
Sperrwassermenge	1,5	m ³ /h
Eintrittsstutzen	NW 750	
Austrittsstutzen	NW 750	
Material des Pumpengehäuses	Feinkorn-Schmiedestahl plattiert	
Motor	Asynchron-Wirbelstromläufer	
Drehzahl	1490	U/min
Anschlußspannung	10 kV, 50 Hz	
Gesamtgewicht d. Pumpe, ohne Motor	ca. 50	t

Tabelle 2.3/6

Druckhalter

gesamtes freies Volumen	ca.	65	m ³
Wasservolumen bei Vollast		40	m ³
Dampfvolumen bei Vollast		25	m ³
Betriebstemperatur		350	°C
Betriebsdruck	p _a	158	bar
Auslegungstemperatur		350	°C
Auslegungsdruck	p _a	175	bar
installierte Heizleistung		2000	kW
äußerer Durchmesser des Behälters		2832	mm
Wanddicke		111 + 5	mm
Gesamthöhe		14.690	mm
Material		Feinkornstahl, plattiert	
Transportgewicht	ca.	120	t

Tabelle 2.3/6a

Drücke des Druckhalters

	bar
Sicherheitsventil 2 öffnet bei	176
Sicherheitsventil 1 öffnet bei	170
Sprühventil 1 öffnet bei	164
Sprühventil 2 öffnet bei	163
Sprühventil 3 öffnet bei	162
Sprühventil 4 öffnet bei	161
Stationärer Betriebsdruck	158
Heizung in Betrieb zwischen	155 und 159
Alarm bei	150
Reaktorschnellabschaltung, wenn bei gleichzeitig der Wasserstand zu niedrig	145
Notkühlsignal bei	120
wenn gleichzeitig Druck in der Sicher- heitshülle zu hoch oder Wasserstand im DH zu niedrig	
HD-Sicherheitseinspeisepumpen werden ge- startet bei	100
wenn Wasserstand im DH zu niedrig oder Druck in der Sicherheitshülle zu hoch und das Signal ND-Einspeisung nicht an- steht	

Die ND-Nachkühlpumpen werden gestartet bei 7
wenn gleichzeitig Wasserstand im DH zu
niedrig oder Druck in der Sicherheitshülle
zu hoch

Die Druckangaben sind Absolutdrücke

Tabelle 2.3/7

Druckhalter-Abblasebehälter

gesamtes freies Volumen	42	m ³
Wasserinhalt, normal	24	m ³
Gasinhalt (N ₂) normal	18	m ³
Abblasemenge max	ca. 2500	kg
Betriebstemperatur	50	°C
Temperatur nach dem Abblasen max	110	°C
Betriebsdruck	P _a 0.96	bar
Auslegungsdruck	P _ü 20	bar
Werkstoff		

Behälter

Kohlenstoffstahl
plattiert

Einbauten

Austenit

Gesamthöhe ohne Dom	5200	mm
Außendurchmesser	3400	mm
Gewicht	17	t
Abblaseleistung	167	kg/s

Tabelle 2.3./8

Primärrohrleitungen

Hauptkühlmittelrohrleitung

Auslegungsdruck	176	bar
Auslegungstemperatur	350	°C
Innendurchmesser	750	mm
Wanddicke ohne Plattierung	45	mm
Plattierungsdicke	5-6	mm
Ausführung der geraden Rohre	nahtlos	
Ausführung der Krümmer	längsnahtgeschweißt	
Grundwerkstoff	20 Mn MoNi 55	
Plattierungswerkstoff	1.4550 Austenit	

Volumenausgleichsleitung

Auslegungsdruck	176	bar
Auslegungstemperatur	362	°C
Innendurchmesser	350	mm

Tabelle 2.3/8 - Fortsetzung

Wanddicke	38,5	mm
Plattierungsdicke		
Ausführung der geraden Rohre	nahtlos	
Ausführung der Krümmer	längsgeschweißt	
Werkstoff	1.4550 Austenit	

Sprüh- und Abblaseleitungen

Auslegungsdruck	176	bar
Auslegungstemperatur	362	°C
Ausführung	nahtlos	
Werkstoff	1.4550 Austenit	

Tabelle 2.3/9

Isolierungen

Isoliermaterial	Steinwolle
Abdeckung für alle Anlagenteile, die Hauptkühlmittel führen	Aluminiumblech

Tabelle 2.3/10

Primärkreisarmaturen

Sicherheitsventil vom Steuerventil gesteuert

Anzahl		2	
Auslegungsdruck	p_a	176	bar
Auslegungstemperatur		362	°C
Durchsatz		83,5	kg/s

Steuerventil, federbelastet

Stückzahl je Sicherheitsventil	4
--------------------------------	---

Sprühventil, magnetgesteuert

Anzahl		4	
Auslegungsdruck	p_a	176	bar
Auslegungstemperatur		362	°C
Sprühdurchfluß		12	kg/s
Nennweite		80	mm
Max. Druckdifferenz beim Öffnen und Schließen		4	bar

Absperrventile zu den
Steuerventilen, handbetätigt

je Steuerventil		2	
Auslegungsdruck		176	bar
Auslegungstemperatur		362	°C

Tabelle 2.3/10 - Fortsetzung

Absperrventil, handbetätigt
-Wirkdruckarmatur

Anzahl	3	
Auslegungsdruck	176	bar
Auslegungstemp.	362	°C

Berstscheibe am Abblasebehälter

Anzahl	4	
Auslegungsdruck	p_a 20	bar
Auslegungstemperatur	200	°C
Berstscheibendurchmesser	250	mm
Ansprechdruck	16	bar

Rückschlagventil am Abblasebehälter

Anzahl	1	
Auslegungsdruck	p_a 20	bar
Auslegungstemperatur	200	°C
Max. Druckdifferenz beim Öffnen und Schließen	0,1	bar
Nennweite	50	mm

Tabelle 2.3/10 - Fortsetzung

Absperrventil, motorbetätigt für Zwischen-
absaugung der Druckbehälterdichtung

Anzahl		1	
Auslegungsdruck	p_a	176	bar
Auslegungstemperatur		350	°C
Nennweite		15	mm

Absperrventil, handbetätigt für
Druckmessung am Druckhalter

Anzahl		10	
Auslegungsdruck	p_a	176	bar
Auslegungstemperatur		362	°C
Nennweite		15 / 9	mm

Absperrventil, handbetätigt für
Druckmessung in den Hauptkühlkreisen

Anzahl		14	
Auslegungsdruck	p_a	176	bar
Auslegungstemperatur		350	°C
Nennweite		15 / 9	mm

Absperrventil, handbetätigt
(Dampfzeuger, sekundär)

Anzahl		32	
Auslegungsdruck	p_a	90	bar
Auslegungstemperatur		350	°C
Nennweite		15 / 9	mm

Tabelle 2.3/10 - Fortsetzung

Armaturen zur Druckmessung
der Hauptkühlmittelpumpen

Anzahl	32	
Nennweite	15	mm

Tabelle 2.3/11

Steuerstabantrieb

Verstellgeschwindigkeit	1 Schritt /s	
Schrittlänge	10	mm

Die verfügbare Hubkraft beträgt das
ca. 2-fache des statischen Gewichtes.

Gewicht der Antriebsstange + Steuerstab	115	kg
--	-----	----

Tabelle 2.4/1 - Fortsetzung

Mantelseite (Einspeiseleitung)

Durchsatz	17,8	kg/s
Eintrittstemperatur	55	°C
Austrittstemperatur	239	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 210/350	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

HD-Kühler

Anzahl	2	
Wärmeleistung	8	MW

Rohrseite (Hauptkühlmittel)

Durchsatz	18,4	kg/s
Eintrittstemperatur	120	°C
Austrittstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 210/350	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Mantelseite (Zwischenkühlwasser)

Durchsatz, regelbar	bis 200	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/200	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl/1.4550	

Tabelle 2.4/1 - Fortsetzung

Hochdruckförderpumpe

Anzahl	2	
Typ	Kreiselpumpe	
Förderstrom	10	kg/s
Förderhöhe	176	bar
Konzessionierung	p _ü /t	210/100 bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)	1.4550	
Kupplungsleistung	ca.	317 kW

Abdrückpumpe

Anzahl	1	
Typ	Kolbenpumpe	
Förderstrom	1,7	kg/s
Förderhöhe	250	bar
Konzessionierung	p _ü /t	210/100 bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)	1.4550	
Kupplungsleistung	ca.	70 kW

HD-Reduzierstation

Anzahl	2	
Durchsatz	19,5	kg/s
Vordruck	150	bar
Abströmdruck	6-8	bar

ND-Reduzierstation

Anzahl	1	
Durchsatz	25	kg/s
Vordruck	35	bar
Abströmdruck	6-8	bar

Tabelle 2.4/1

Volumenregelsystem

Systemauslegung

Anzahl der HD-Förderpumpen, die im stationären Betrieb eingeschaltet sind	1/2	
Förderstrom der HD-Förderpumpen	10/19,5	kg/s
Einspeiserate in das Reaktorkühlsystem	17,8	kg/s
Sperrwasserrate für Hauptkühlmittelpumpen	1,7	kg/s
Entnahmerate aus dem Reaktorkühlsystem (Reinigungsrate)	18,4	kg/s
Leckwasserrate von Hauptkühlmittelpumpen	1,1	kg/s
Abkühltemperatur (für Kühlmittelreinigung)	50	°C
Wärmeverlust durch Abkühlung	5,3	MW
Untere Borkonzentration ohne Anfahrvverzögerung	200	ppm

Rekuperativ-Wärmetauscher

Anzahl	1	
Wärmeübertragung	14,6	MW
Rohrseite (Entnahmeleitung)		
Durchsatz	18,4	kg/s
Eintrittstemperatur	290	°C
Austrittstemperatur	120	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 210/350	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/2 - Fortsetzung

Borsäurebehälter

Anzahl	2	
Volumen	90	m ³
Betriebsdruck	p_a 0,9	bar
Betriebstemperatur	25	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 4/150	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Borsäure-Ansatzbehälter

Anzahl	1	
Volumen	10	m ³
Betriebsdruck	p_a 1	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 0/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Chemikalienansatzbehälter

Anzahl	1	
Volumen	0,2	m ³
Betriebsdruck	p_a 1	bar
Betriebstemperatur	25	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 0/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Volumenausgleichsbehälter

Anzahl	1	
Volumen	25	m ³
Wasserinhalt	13	m ³
Gasinhalt	12	m ³
Betriebsdruck	P_a 2,7 - 3,6	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 6/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Sperrwasserfilter

Anzahl	2	
Typ	Kerzenfilter	
Filterfeinheit (absolut)	5	/um
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 210/100	bar/°C
Werkstoff (Gehäuse)	1.4550	

Tabelle 2.4/2 - Fortsetzung

Chemikalien-Einspeisung

Das Reaktorkühlmittel wird durch die Zugabe von Lithium-7-Hydroxid und Wasserstoff konditioniert. Für den Dauerbetrieb gelten folgende Spezifikationen

Wasserstoff	2,5-3,5	ppm H ₂
Sauerstoff	< 0,15	ppm O ₂
Chlorid	< 0,2	ppm CL
Lithium-7 (in ⁷ LiOH-Form)	1-2	ppm Li 7

Tabelle 2.4/3

Kühlmittelreinigung und -entgasung

Systemauslegung

Reinigungs- und Entgasungsstrom norm./max.	10/19,5	kg/s
Betriebstemperatur norm./max.	50/65	°C
Betriebsdruck norm./max.	8/12	bar

Tabelle 2.4/2

Chemikalien-Einspeisesystem

Borsäure- und Deionateinspeisung
Systemauslegung

Speicherkapazität für Borsäure	160	m ³
Konzentration der gespeicherten Borsäure	4	%
Borkonzentration (1 % B = 5,71 % H ₃ BO ₃)	7000	ppm
Sättigungstemperatur bei der angegebenen Konzentration	15	°C
Betriebstemperatur	25	°C
Borsäureeinspeiserate pro Dosierstrecke (regelbar)	0,8-6	kg/s
Deionateinspeiserate pro Dosierstrecke (regelbar)	1,5-13	kg/s
Höchste Borkonzentration im Reaktorkühlsystem (bei BE-Wechsel)	2200	ppm
Borsäurebedarf des Reaktorkühlsystems	145	m ³
Boriergeschwindigkeit im Reaktorkühlsystem	320	ppm/h
Borentzugsgeschwindigkeit (bei 300 ppm Borkonzentration)	55	ppm/h
Reaktivitätsäquivalent für Bor (Mittelwert) 1 %	90	ppm Bor
Borsäurebedarf für BE-Becken, Flutbehälter, Druckspeicher ca.	2000	m ³

Harzfänger

Anzahl	2	
Reinigungsstrom	10	kg/s
Filterfeinheit	5	μm
Abscheidegrad	95	%
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12/100	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff	1.4550	

Harzspülpumpe

Anzahl	1	
Typ	Kreiselpumpe	
Förderstrom	2,2	kg/s
Förderhöhe	8	bar
Konzessionierung	12/100	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff (mediumberührt)	1.4308	
Kupplungsleistung	ca. 8,5	kW

Entgaserkolonne

Anzahl	1	
Volumen	ca. 11	m^3
Betriebsdruck	p_a 0,12	bar
Betriebstemperatur	50	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12,Vak/200	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/2 - Fortsetzung

Borsäurepumpe

Anzahl	2		
Typ	Spaltrohrmot.-Pumpe		
Förderstrom	6	kg/s	
Förderhöhe	7	bar	
Konzessionierung	p _ü /t	12/100	bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)		1.4308	
Kupplungsleistung	ca.	10	kW

Rückspeisepumpe (Deionat)

Anzahl	2		
Typ	Spaltrohrmot.-Pumpe		
Förderstrom	13	kg/s	
Förderhöhe	6	bar	
Werkstoff (mediumberührt)		1.4308	
Kupplungsleistung	ca.	40	kW

Chemikaliendosierpumpe

Anzahl	1		
Typ	Kreiselpumpe		
Förderstrom	0,05	kg/s	
Förderhöhe	5	bar	
Konzessionierung	p _ü /t	12/100	bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)		1.4308	
Kupplungsleistung	ca.	4	kW

Tabelle 2.4/3 - Fortsetzung

Gaskühler

Anzahl	1	
Wärmeleistung	$1,4 \cdot 10^2$	kW
Rohrseite (Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	2,8	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10 Vak/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550/C-Stahl

Mantelseite (Brüden und Abgas)

Durchsatz	$5,7 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Eintrittstemperatur	50	°C
Austrittstemperatur	40	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550

Entgaserabziehpumpe

Anzahl	1	
Typ		Spaltrohrmot.-Pumpe
Förderstrom	10/19,5	kg/s
Förderhöhe	9	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)		1.4408
Kupplungsleistung	ca.	50 kW

Tabelle 2.4/3 - Fortsetzung

Betriebsdaten der Anlagenteile

Mischbettionenaustauscher

Anzahl	2	
Volumen	2,5	m ³
Harzinhalt	2	m ³
Standzeit	ca. 0,5	a
Konzessionierung	p _ü /t 12/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Harzabfallbehälter

Anzahl	2	
Volumen gesamt	24	m ³
Harzanfall pro Jahr	ca. 8	m ³
Konzessionierung	p _ü /t 12/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Überlaufbehälter

Anzahl	1	
Volumen	0,1	m ³
Konzessionierung	p _ü /t 12/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/3 - Fortsetzung

Entgaser-Vakuumpumpe

Anzahl	1	
Typ	Wasserringkompressor mit Spaltrohrmotor	
Durchsatz	$2,14 \cdot 10^{-3}$	kg/s
Förderhöhe	p_a 0,78	bar
Saugseite	0,12	bar
Druckseite	1,0	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12, Vak/100	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Antriebsleistung	5,5	kW

Tabelle 2.4/4

Kühlmittellagerung und -aufbereitung

Ionenaustauscher

Anzahl	1	
Volumen	1	m ³
Harzinhalt	0,6	m ³
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$ 7	bar
Betriebstemperatur	70	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12, Vak/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/3 - Fortsetzung

Verdampfer

Anzahl	1	
Heizleistung	$1,4 \cdot 10^3$	kW
Durchsatz (Heizdampf)	0,67	kg/s
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$ 3	bar
Betriebstemperatur	143	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10 Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	

Kondensator

Anzahl	1	
Wärmeleistung	$1,4 \cdot 10^3$	kW
Rohrseite (Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	28	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	

Mantelseite (Brüden und Abgas)

Durchsatz	0,57	kg/s
Eintrittstemperatur	50	°C
Austrittstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12, Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Verdampfer

Anzahl		1	
Heizleistung		$5,6 \cdot 10^3$	kW
Durchsatz (Heizdampf)		2,6	kg/s
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$	3	bar
Betriebstemperatur		143	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Vorwärmer

Anzahl		1	
Wärmeleistung		700	kW
Rohrseite (Hauptkühlmittel)			-
Durchsatz		2,22	kg/s
Eintrittstemperatur		20	°C
Austrittstemperatur		95	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Mantelseite (Hauptkühlmittel-Brüden)

Durchsatz		2,45	kg/s
Eintrittstemperatur		102	°C
Austrittstemperatur		102	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Tabelle 2.4/3 - Fortsetzung

Ringflüssigkeitsbehälter

Anzahl		1	
Volumen		0,1	m ³
Betriebsdruck	p _a	0,95	bar
Betriebstemperatur		50	°C
Konzessionierung	p _ü /t	12, Vak/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Ringflüssigkeitskühler

Anzahl		1	
Wärmeleistung		6	kW

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz		0,24	kg/s
Eintrittstemperatur		6	°C
Austrittstemperatur		12	°C
Konzessionierung	p _ü /t	12/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550/C-Stahl	

Rohrseite (Ringflüssigkeit)

Durchsatz		0,62	kg/s
Eintrittstemperatur		50	°C
Austrittstemperatur		47,5	°C
Konzessionierung	p _ü /t	12, Vak/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Gaskühler für Verdampfer

Anzahl	1	
Wärmeleistung	620	kW
Rohrseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	12,5	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	

Mantelseite (Hauptkühlmittel-Brüden)

Durchsatz	0,25	kg/s
Eintrittstemperatur	102	°C
Austrittstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12,Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Borsäuremeßpumpe

Anzahl	1	
Typ	Spaltrohrmot.-Pumpe	
Förderstrom	0,56	kg/s
Förderhöhe	2	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12,Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Kupplungsleistung	ca. 2	kW

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Kühlmittelspeicher

Anzahl	6	
Volumen	120	m ³
Betriebsdruck	p_a 0,8	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 3, Vak/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Verdampferanlage

Anzahl	1	
Aufbereitungsrate	2,22	kg/s
Borgehalt des aufbereiteten Kühlmittels	2	ppm
Konzentration der abgezogenen Borsäure	4	%

Verdampferkolonne

Anzahl	1	
Volumen	ca. 20	m ³
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$ 0,1	bar
Betriebstemperatur	102	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12, Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Zusatzwasser-Vorwärmer

Anzahl		1	
Wärmeleistung		$7 \cdot 10^2$	kW
Mantelseite (Heizdampf)			
Durchsatz		0,34	kg/s
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$	3	bar
Betriebstemperatur		143	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		C-Stahl	

Rohrseite (Deionat)

Durchsatz		2,22	kg/s
Eintrittstemperatur		20	$^{\circ}\text{C}$
Austrittstemperatur		95	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550	

Gaskühler für Entgaser

Anzahl		1	
Wärmeleistung		56	kW
Rohrseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)			
Durchsatz		1,15	kg/s
Temperaturerhöhung		12	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550/C-Stahl	

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Nachkühler für Verdampfer

Anzahl	1	
Wärmeleistung	470	kW
Rohrseite (Hauptkühlmittel)		
Durchsatz	2,22	kg/s
Eintrittstemperatur	100	°C
Austrittstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoffe	1.4550	

Mantelseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)

Durchsatz	9,5	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200 bar/°C
Werkstoff	C-Stahl	

Kondensator

Anzahl	1	
Wärmeleistung	$5,6 \cdot 10^3$	kW
Rohrseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	112	kg/s
Temperaturerhöhung	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200 bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	

Mantelseite (Hauptkühlmittel)

Durchsatz	2,45	kg/s
Eintrittstemperatur	102	°C
Austrittstemperatur	100	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Entgaserheizkörper

Anzahl	1	
Heizleistung	$5,9 \cdot 10^2$	kW
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$ 3	bar
Betriebstemperatur	143	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	

Entgaserabziehpumpe

Anzahl	1	
Typ	Spaltrohrmot.-Pumpe	
Förderstrom	2,22	kg/s
Förderhöhe	4	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 12, Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Kupplungsleistung	ca. 3	kW

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Verdampferspeisepumpe

Anzahl		1	
Typ		Spaltrohrmot.-Pumpe	
Förderstrom		2,22	kg/s
Förderhöhe		10	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12/100	bar/°C
Werkstoff		1.4408	
Kupplungsleistung	ca.	10	kW

Verdampferkondensatpumpe

Anzahl		1	
Typ		Spaltrohrmot.-Pumpe	
Förderstrom		2,22	kg/s
Förderhöhe		4	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12/200	bar/°C
Werkstoff		1.4408	
Kupplungsleistung	ca.	3	kW

Entgaseranlage

Anzahl		1	
Entgasungsrate		2,22	kg/s
Anstrichsaktivität		$< 10^{-5}$	Ci/m ³

Tabelle 2.4/5 - Fortsetzung

Ausgleichsbehälter

Anzahl		4	
Volumen	ca.	5	m ³
Betriebsdruck	Pa	1	bar
Betriebstemperatur max.		32	°C
Konzessionierung	p _ü /t	10/100	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Mechanischer Filter

Anzahl		4	
Filterfeinheit		100	/µm
Durchsatz		30	kg/s
Konzessionierung	p _ü /t	10/100	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Nukleare Zwischenkühlpumpe

Anzahl		6	
Typ		Kreiselpumpe	
Förderstrom	ca.	500	kg/s
Förderhöhe		4	bar
Konzessionierung	p _ü /t	10/100	bar/°C
Werkstoff		GGG	
Kupplungsleistung	ca.	260	kW

Tabelle 2.4/4 - Fortsetzung

Mantelseite (Brüden und Abgas)

Durchsatz		$2,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$
Eintrittstemperatur		102 °C
Austrittstemperatur		50 °C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550

Rücklaufkondensator

Anzahl		1
Wärmeleistung		$5,1 \cdot 10^2 \text{ kW}$
Rohrseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz		11 kg/s
Temperaturerhöhung		12 °C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550/C-Stahl

Mantelseite (Hauptkühlmittel)

Durchsatz		$2,2 \cdot 10^{-1} \text{ kg/s}$
Eintrittstemperatur		102 °C
Austrittstemperatur		100 °C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550

Entgaserkolonne

Anzahl		1
Volumen	ca.	1,2 m ³
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$	0,1 bar
Betriebstemperatur		102 °C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	12, Vak/200 bar/°C
Werkstoff		1.4550

Tabelle 2.4/7

Not- und Nachkühlssystem, Beckenkühlssystem

Systemauslegung

Kernflutung

Aufzufüllendes Reaktordruckbehälter-Volumen	90	m ³
Eingespeistes Wasservolumen	100	m ³
Wasservorrat pro Druckspeicher norm.	45	m ³
Borkonzentration	2200	ppm
Ansprechdruck der Druckspeicher	p_a 25	bar
Einspeiserate pro Speicher max. (bei Beginn der Einspeisung)	1050	kg/s

Sicherheitseinspeisung

Wasservorrat in den Flutbehältern normal (4 Einh.) minimal (2 Einh.)	1260/630	m ³
Borkonzentration	2200	ppm
Beim Auslegungsunfall (GaU) abzuführende Wärme (2,2 % der Reaktorleistung)	82	MW
Kerndurchsatz erforderlich	278	kg/s
ND-Einspeiserate erforderlich	556	kg/s
ND-Sicherheitseinspeisestrom normal (4 Pp.) minimal (2 Pp.)	ca. 1112/556	kg/s
Auslösedruck für ND-Sicherheitseinspeisung	p_a 7	bar
HD-Einspeiserate erforderlich (Reaktordruck $p_a = 30$ bar)	125	kg/s

Tabelle 2.4/5

Nukleares Zwischenkühlsystem

Nukl. Zwischenkühler

Anzahl

4

a) Beginn Abfahren mit 4 Kühlern:

Wärmeleistung je Kühler	ca.	27	MW
Rohrseite (Nebenkühlwasser)			
Durchsatz		780	kg/s
Eintrittstemperatur		24	°C
Austrittstemperatur		32,5	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	6/100	bar/°C
Werkstoff Rohre		CuNi10Fe	
Rohrplatte		Muntzmetall	
Mantelseite (Zwischenkühlwasser)			
Durchsatz (2 Pumpen)	ca.	800	kg/s
Eintrittstemperatur		40	°C
Austrittstemperatur		32	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/100	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

b) Notnachkühlung mit 2 Kühlern:

Wärmeleistung je Kühler	42	MW
Rohrseite (Nebenkühlwasser)		
Durchsatz	780	kg/s
Eintrittstemperatur max.	26	°C
Austrittstemperatur	39	°C
Mantelseite (Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz (1 Pumpe)	500	kg/s
Eintrittstemperatur	51	°C
Austrittstemperatur	35	°C

Tabelle 2.4/6

Beckenreinigungssystem

Ionenaustauscher

Anzahl		1	
Volumen	ca.	2,5	m ³
Harzinhalt		2	m ³
Standzeit	ca.	1	a
Konzessionierung	p _ü /t	12/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Beckenreinigungspumpe

Anzahl		2	
Typ		Spaltrohrmotorpumpe	
Förderstrom		12,5	kg/s
Förderhöhe		4	bar
Konzessionierung	p _ü /t	12/100	bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)		1.4408	
Kupplungsleistung	ca.	13	kW

Tabelle 2.4/7 - Fortsetzung

HD-Einspeisestrom			
normal (4 Pp.)	ca.	250/125	kg/s
minimal (2 Pp.)			
Auslösedruck für HD-Sicherheitseinspeisung	p_a	100	bar

Kühlfälle

1. BE-Beckenkühlung bei 1 + 1/3 Kern
2. BE-Beckenkühlung bei 1/3 Kern
3. Ende Abkühlung
4. Beginn Nachkühlung
5. Beginn Notnachkühlung

	1	2	3	4	5	
Angenommene Nebenkühlw.-Temp.	26	26	26	26	26	°C
Abzuführende Wärme	15	5	32	80	82	MW
Eintrittstemp. Nachkühler primärseitig	45	40	50	150	85	°C
Nachkühlstränge norm./min.	2	1	4/2	4/2	4/2	

Tabelle 2.4/7 - Fortsetzung

Nachwärmekühler (Auslegungsunfall)

Anzahl	4	
Mindest-Wärmeübertragung pro Kühler	41	MW
Rohrseite (Hauptkühlmittel)		
Durchsatz	333	kg/s
Eintrittstemperatur	85	°C
Austrittstemperatur	55	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 50/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Mantelseite (Zwischenkühlwasser)

Durchsatz	445	kg/s
Eintrittstemperatur	35	°C
Austrittstemperatur	55	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/200	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl	

Flutbehälter

Anzahl	8	
Volumen	157	m ³
Betriebsdruck	p_a 1	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ C/70	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl m. Oberflächenschutz	

Tabelle 2.4/7 - Fortsetzung

Druckspeicher

Anzahl	4	
Volumen	65	m ³
Wasserinhalt	45	m ³
Gasinhalt (N ₂)	20	m ³
Betriebsdruck	p _a 25	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	p _ü /t 30/50	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl plattiert	

Nachkühlpumpe

Anzahl	4	
Typ	Kreiselpumpe	
Förderstrom	278	kg/s
Förderhöhe	9	bar
Konzessionierung	p _ü /t 50/200	bar/°C
Werkstoff (mediumberührt)	1.4308	
Kupplungsleistung	ca. 320	kW

Sicherheitseinspeisepumpe

Anzahl	4	
Typ	Kreiselpumpe	
Förderstrom	62,5	kg/s
Förderhöhe	45	bar
Nullförderhöhe	110	bar
Konzessionierung	p _ü /t 125/50	bar/°C
Werkstoff	1.4308	
Kupplungsleistung	ca. 530	kW

Tabelle 2.4/8

Leckabsaugesystem

Systemauslegung

Auslegungsdruck:

Druck-/Saugseite	$P_{\ddot{u}}$	6	bar
Auslegungstemperatur		150	$^{\circ}\text{C}$
Gesamt-Durchsatz		0.0184	kg/s

Ringflüssigkeitskühler

Anzahl		2	
Kühlleistung		23,5	kW
Rohrseite			
Durchsatz		0,925	kg/s
Eintrittstemperatur		56	$^{\circ}\text{C}$
Austrittstemperatur		50	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$P_{\ddot{u}}/t$	6, Vak/190	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550	
Mantelseite			
Durchsatz		0,463	kg/s
Temperaturerhöhung		12	$^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		C-Stahl	

Gas-Kühler

Anzahl		2	
Kühlleistung		42	kW
Rohrseite			
Durchsatz		0,0184	kg/s
Eintrittstemperatur		142	$^{\circ}\text{C}$
Austrittstemperatur		50	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$P_{\ddot{u}}/t$	6, Vak/150	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550	
Mantelseite			
Durchsatz		0,835	kg/s
Temperaturerhöhung		12	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$P_{\ddot{u}}/t$	6/150	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		C-Stahl	

Tabelle 2.4/8 - Fortsetzung

Ringflüssigkeitsbehälter

Anzahl		2	
Volumen		0,1	m ³
Betriebsdruck	P _a	5,2	bar
Betriebstemperatur		56	°C
Konzessionierung	P _ü /t	6, Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Pufferbehälter

Anzahl		2	
Volumen		1	m ³
Betriebsdruck	P _a	0,9	bar
Betriebstemperatur		50	°C
Konzessionierung	P _ü /t	6, Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Ringflüssigkeitssieb

Anzahl	2
--------	---

Schmutzfänger

Anzahl	2
--------	---

Gaspumpe

Anzahl		2	
Förderstrom		15,8	l/s
Förderhöhe	P _a	5,2	bar
Konzessionierung	P _ü /t	6, Vak/150	bar/°C
Werkstoff		1.4550	
Kupplungsleistung	ca.	22	kW

Tabelle 2.4/9

Nukleare Lüftungsanlagen

Bemessungsgrundlagen

Außenluftzustand

Sommer	t max	+ 32	°C
	relative Luftfeuchte	40	%
Winter	t min	- 12	°C

Raumluftzustand

a) Reaktorgebäude

Anlagenräume	t Mittel	+ 50	°C
	t min	+ 15	°C
Betriebsräume	t max	+ 35	°C
	t min	+ 15	°C
Ringraum	t max	+ 35	°C
	t min	+ 15	°C

b) Reaktorhilfsanlagegebäude

Anlagenräume	t max	+ 50/35	°C
	t min	+ 15	°C
Sozial- und nichtklima- tisierte Laborräume	t max	+ 28	°C
	t min	+ 22	°C
klimat. Laborräume	t max	+ 26	°C
	t min	+ 20	°C

c) Temperatur in Räumen mit
Notstrom angetriebenen

Pumpen	t max	+ 55	°C
	t min	+ 15	°C

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Die Raumtemperatur der Räume, die während des Notstrombetriebes durch Umluftkühler mit Kühlwasser aus dem nukl. Zwischenkühlkreis gekühlt werden, können bei Notstrombetrieb bis zu + 60°C ansteigen.

Abzuführende Kühllast

Anlagenräume Reaktorgebäude	1.600	kW
Betriebsräume Reaktorgebäude	240	kW
Ringraum	220	kW

Lüftung

a) Reaktorgebäude

Zuluft Betriebsräume	0,278	m ³ /s
Spülluft	3,6	m ³ /s
Umluft Betriebsräume	10	m ³ /s
Zuluft Ringräume	19,5	m ³ /s
Umluft Anlagenräume	82	m ³ /s
Filterrate der Umluft		
Anlagenräume	2,2	m ³ /s
Betriebsräume	1,4	m ³ /s
Abluft Anlagenräume	0,278	m ³ /s
Absaugung des Ringraumes	1,1	m ³ /s
Umluft Ringraum	11	m ³ /s

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

b) Reaktorhilfsanlagengebäude

Zuluft Anlagenräume	20,8	m ³ /s
Zuluft Sozial- und nichtklimatisierte Laborräume	3,9	m ³ /s

Betriebsmittel

Heizmittel: Heißwasser	130 / 70	°C
Kühlmittel: Zwischenkühlsystem t max	32	°C
Kaltwasser von Kältemaschine t max	6 / 12	°C

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Klimastrang

Luftkühler

Luftmenge	3,9 m ³ /s
Kühlleistung	85 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Luftnacherhitzer

Luftmenge	3,9 m ³ /s
Heizleistung	70 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Luftbefeuchter

Luftmenge	3,9 m ³ /s
Dampfleistung	20 g/s

Umluftanlage - Anlagenräume

Luftkühler	4 x 50%
Luftmenge	41,5 m ³ /s
Kühlleistung	850 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Axialventilator 4 x 50%

Fördermenge	41,5 m ³ /s
Förderhöhe	15 mbar
Leistungsbedarf	75 kW
Werkstoff	Stahlblech

Filter

Luftmenge	2,2 m ³ /s
Entstaubungsgrad **	99,97%
Jodabscheidegrad ***	99,0 %

Radialventilator

Fördermenge	2,2 m ³ /s
Förderhöhe	25 mbar
Leistungsbedarf	7 kW
Werkstoff	Stahlblech

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Umluftanlage - Ringraum

Fälter

Luftmenge	11 m ³ /s
Güteklasse	B

Luftkühler

Luftmenge	11 m ³ /s
Kühlleistung	220 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Lufterhitzer

Luftmenge	11 m ³ /s
Heizleistung	220 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Axialventilator

Fördermenge	11 m ³ /s
Förderhöhe	5 mbar
Leistungsbedarf	7 kW
Werkstoff	Stahlblech

Luftkühler

Luftmenge	1 m ³ /s
Kühlleistung	12 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Axialventilator

Fördermenge	1 m ³ /s
Förderhöhe	3 mbar
Leistungsbedarf	0,45 kW
Werkstoff	Stahlblech

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Zuluftanlage:

Luftvorerhitzer I

Luftmenge	52,0	m ³ /s
Heizleistung	1.720	kW
Werkstoff	Stahl verz.	
Filter		
Luftmenge	48,5	m ³ /s
Güteklasse	C	

Luftvorerhitzer II

Luftmenge	52	m ³ /s
Heizleistung	1.040	kW
Werkstoff	Stahl verz.	

Luftkühler

Luftmenge	52	m ³ /s
Kühlleistung	1.680	kW
Werkstoff	Stahl verz.	

Luftbefeuchter

Luftmenge	52	m ³ /s
Dampfleistung	0,45	kg/s

Radialventilator

Fördermenge	52	m ³ /s
Förderhöhe	22	mbar
Leistungsbedarf	110	kW
Werkstoff	Stahlblech	

Sozialstrang
Luftnacherhitzer

Luftmenge	3,9	m ³ /s
Heizleistung	70	kW
Werkstoff	Stahl verz.	

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Radialventilator	2 x 100 %
Fördermenge	1,1 m ³ /s
Förderhöhe	53 mbar
Leistungsbedarf	8,5 kW
Werkstoff	Stahlblech

** Entstaubungsgrad nach DOP Testmethode in %

*** Jodabscheidegrad für ein Gemisch von 90 % elem. Jod
und 10 % org. Jod.

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Umluftanlage - bedingt begehbare Räume

Luftkühler	7 x 14 %
Luftmenge	0,55 m ³ /s
Kühlleistung	11 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Axialventilator	7 x 14 %
Fördermenge	0,55 m ³ /s
Förderhöhe	3 mbar
Leistungsbedarf	0,24 kW
Werkstoff	Stahlblech

Umluftanlage - Betriebsräume

Luftkühler	3 x 33 %
Luftmenge	3,4 m ³ /s
Kühlleistung	80 kW
Werkstoff	Stahl verz.

Axialventilator	3 x 33 %
Fördermenge	3,4 m ³ /s
Förderhöhe	5 mbar
Leistungsbedarf	2,5 kW
Werkstoff	Stahlblech

Filter

Luftmenge	1,4 m ³ /s
Entstaubungsgrad **	99,97 %
Jodabscheidegrad ***	99,0 %

Radialventilator

Fördermenge	1,4 m ³ /s
Förderhöhe	25 mbar
Leistungsbedarf	4,5 kW
Werkstoff	Stahlblech

Tabelle 2.4/10 - Fortsetzung

Sauerstoffmeßgerät

Meßbereiche	0 - 20	ppb O ₂
-------------	--------	--------------------

Örtliche Probenboxen

Werkstoff (Einbauten)	1.4550	
Werkstoff (Box)	Plexiglas/	1.4550

Pumpe für Borsäuremessung

Fördermenge	30	l/h
Förderdruck	13	bar
Werkstoff	1.4571	
Motorleistung	0,4	kW

Probenrückföhrpumpe

Fördermenge	3	m ³ /h
Förderdruck	10	atü
Werkstoff	1.4571	
Motorleistung	1	kW

Niederspannungsmotoren

Motor zu Pumpe für Borsäuremessung

Nennleistung	0,4	kW
Spannung	600	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauart	B 3	

Tabelle 2.4/9 - Fortsetzung

Abluftanlage

Radialventilator	3 x 50 %
Fördermenge	25 m ³ /s
Förderhöhe	15 mbar
Leistungsbedarf	70 kW
Werkstoff	Stahlblech

Filter	2 x 50 %
Luftmenge	1,1 m ³ /s
Entstaubungsgrad **	99,97 %
Jodabscheidegrad	99,0 %

Unterdruckhaltung

Filter	2 x 100 %
Luftmenge	0,278 m ³ /s
Entstaubungsgrad **	99,97 %
Jodabscheidegrad ***	99,0 %

Radialventilator	3 x 100 %
Fördermenge	0,278 m ³ /s
Förderhöhe	51 mbar
Leistungsbedarf	2,0 kW
Werkstoff	Stahlblech

Ringraumabsaugung

Filter	
Luftmenge	1,1 m ³ /s
Entstaubungsgrad **	99,97 %
Jodabscheidegrad ***	99,0 %

Tabelle 2.4/11

Anlagenentwässerung

Entwässerungskühler

Anzahl		1	
Wärmeleistung		400	kW
Rohrseite (Hauptkühlmittel)			
Durchsatz		0,34	kg/s
Eintrittstemperatur		150	°C
Austrittstemperatur		50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10, Vak/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Mantelseite (Zwischenkühlwasser)

Durchsatz		8,1	kg/s
Temperaturerhöhung		12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Entwässerungsbehälter

Anzahl		4	
Volumen		1,1	m ³
Betriebsdruck	p_a	0,95	bar
Betriebstemperatur		30	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10, Vak/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Entlüftungsbehälter

Anzahl		1	
Volumen		0,2	m ³
Betriebsdruck	p_a	0,95	bar
Betriebstemperatur		30	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10, Vak/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Tabelle 2.4/10

Probenahmesystem

Probenahmekühler

Durchsatz	150	l/h
Auslegungsdruck (rohrseitig)	179	bar
Auslegungsdruck (mantelseitig)	11	bar
Auslegungstemperatur	350	°C
Werkstoff	1.4571/1.4541	

Entgaser

Auslegung	12/100	bar / °C
Werkstoff	1.4550	

Probensammelbehälter

Inhalt	1	m ³
Werkstoff	1.4550	
Auslegung	11	bar / °C

Bleiabgeschirmte Probenbox

Stärke der Bleiabschirmung	5	cm
Werkstoff (Einbauten)	1.4550 u. 1.4301	
Werkstoff (Box)	Polyäthylen/ 1.4550	

Borsäuremeßgerät

Meßbereich	0 - 2600	ppm B
Titrationssfolge	8	Min.

Tabelle 2.4/12

Aufbereitung radioaktiver Abwässer

Abwassersammelbehälter

Anzahl	4	
Volumen	65	m ³
Konzessionierung	1,0 / 100	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl gummiert	

Kontrollbehälter

Anzahl	3	
Volumen	65	m ³
Konzessionierung	1,0 / 100	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl gummiert	

Umwälzpumpe und Angabepumpe

Anzahl	2	
Nennförderstrom	11,0	kg/s
Nennförderhöhe	3,5	bar
Konzessionierung	10/100	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Antriebsleistung (Kupplung)	7,5	kW

Verdampferspeisepumpe

Anzahl	2	
Nennförderstrom	1,67	kg/s
Nennförderhöhe	3	bar
Konzessionierung	10/100	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Antriebsleistung	3	kW

Tabelle 2.4/10 - Fortsetzung

Motor für Probenrückföhrpumpe

Nennleistung	1	kW
Spannung	600	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauart	B 3	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Verdampferheizkörper

Anzahl (1 x Reserve)	2	
Heizleistung (Mantelseite)	$3,5 \cdot 10^3$	kW
Durchsatz (Heizdampf)	1,7	kg/s
Betriebsdruck	3	bar
Betriebstemperatur	143	°C
Konzessionierung	6/200	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl	
Rohrseite (Abwasser)		
Durchsatz	1,33	kg/s
Betriebsdruck	0,1	bar
Betriebstemperatur	104	°C
Konzessionierung	4-Vak/155	bar/°C
Werkstoff	Incoloy 825 (2.4858)	

Kondensator

Anzahl	1	
Wärmeleistung	$3,0 \cdot 10^3$	kW
Rohrseite (Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	56	kg/s
Eintrittstemperatur	28	°C
Austrittstemperatur	40	°C
Konzessionierung	10/150	bar/°C
Werkstoff	1.4550/C-Stahl	
Mantelseite (Destillat)		
Durchsatz	1,4	kg/s
Eintrittstemperatur	100	°C
Austrittstemperatur	100	°C
Konzessionierung	4-Vak/150	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/11 - Fortsetzung

Filter

Anzahl	1	
Typ	Kerzenfilter	
Filterfeinheit	5	/um
Durchsatz	24	kg/s
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10, Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Entwässerungspumpe

Anzahl	4	
Typ	Tauchpumpe	
Förderstrom	6	kg/s
Förderhöhe	50	m
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	
Kupplungsleistung	ca. 11	kW

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Laugenbehälter

Anzahl	1	
Volumen	0,5	m ³
Konzessionierung	0,5/70	bar/°C
Werkstoff	Polyäthylen	

EDTA-Behälter

Anzahl	1	
Volumen	0,5	m ³
Konzessionierung	0,5/70	bar/°C
Werkstoff	Polyäthylen	

Chemikaliendosierpumpe

Anzahl	3	
Nennförderstrom	0,14	kg/s
Nennförderhöhe	30	m
Konzessionierung	10/70	bar/°C
Werkstoff	Kunststoff	
Antriebsleistung (Kupplung)	0,5	kW

Konzentrat- Behälter

Anzahl	3	
Volumen	35	m ³
Konzessionierung	1 /100	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl gummiert	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Filterzuspeisepumpe

Anzahl	2	
Nennförderstrom	11,1	kg/s
Nennförderhöhe	4	bar
Konzessionierung	11/100	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Antriebsleistung (Kupplung)	8	kW

Brüdengefäß

Anzahl	1	
Volumen	5	m ³
Betriebsdruck	0,1	bar
Betriebstemperatur	104	°C
Konzessionierung	4.-Vak/ 155	bar/°C
Werkstoff	Incoloy 825 (2.4858)	

Abstreiferkolonne

Anzahl	1	
Volumen	5	m ³
Betriebsdruck	0,1	bar
Betriebstemperatur	100	°C
Konzessionierung	4.-Vak/ 155	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Motor für Abgabepumpe

Nennleistung	7,5	kW
Spannung	660	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauform	B 3	

Motor für Verdampferspeisepumpe

Nennleistung	1,2	kW
Spannung	380	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauform	B 3	

Motor für Chemikaliendosierpumpe

Nennleistung	1,5	kW
Spannung	380	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauform	B 3	

Motor für Konzentratpumpe

Nennleistung	3	kW
Spannung	380	V
Drehzahl	3000	min ⁻¹
Schutzart	IP 44	
Bauart	B 3	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Kondensatkühler

Anzahl	1	
Wärmeleistung	2,8 . 10 ²	kW
Rohrseite (Nukl. Zwischenkühlwasser)		
Durchsatz	5,0	kg/s
Eintrittstemperatur	ca. 28	°C
Austrittstemperatur	40	°C
Konzessionierung	10/150	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl	

Mantelseite (Destillat)

Durchsatz	1,11	kg/s
Eintrittstemperatur	100	°C
Austrittstemperatur	40	°C
Konzessionierung	4-Vak/150	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Antischaummittelbehälter

Anzahl	1	
Volumen	0,5	m ³
Konzessionierung	0,5/70	bar/°C
Werkstoff	Polyäthylen	

Säurebehälter

Anzahl	1	
Volumen	0,5	m ³
Konzessionierung	0,5/70	bar/°C
Werkstoff	Polyäthylen	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Filterhilfsmittel-Dosierpumpe

Anzahl	1	
Fördermenge	0-200	kg/h
Förderhöhe	6,5	bar
Werkstoff	66-25/2436/4021	

Mindestförderpumpe

Anzahl	1	
Fördermenge	1	kg/s
Förderhöhe	1,5	bar
Werkstoff	1.4408	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Konzentratpumpe

Anzahl	1	
Nennförderstrom	2,8	kg /s
Nennförderhöhe	2,5	bar
Konzessionierung	10/100	bar/°C
Werkstoff	1.4408	
Antriebsleistung (Kupplung)	3	kW

Rührwerk

Anzahl	3	
Drehzahl	750	min ⁻¹
Antriebsleistung	7,5	kW
Werkstoff	C-Stahl	gummiert

Tabelle 2.4/1.3 - Fortsetzung

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz		1,64	kg/s
Eintrittstemperatur		6	°C
Austrittstemperatur		12	°C
Konzessionierung	p _ü /t	10/70	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Gastrockner

Anzahl		1	
Wärmeleistung	ca.	6,2	kW

Rohrseite (Abgas)

Durchsatz		$4,3 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Eintrittstemperatur		50	°C
Austrittstemperatur		8	°C
Konzessionierung	p _ü /t	12-Vak/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz		0,25	kg/s
Eintrittstemperatur		6	°C
Austrittstemperatur		12	°C
Konzessionierung	p _ü /t	10/70	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Tabelle 2.4/12 - Fortsetzung

Kerzenanschwemmfilter

Anzahl	1	
aktive Filterfläche	5,3	m ²
Durchsatz	5,5	kg/s
Volumen	0,790	m ³
Konzessionierung	10/100	bar/°C
Werkstoff	1.4571	
Filterkerzenwerkstoff	Polypropylen	

Anschwemmgefäß mit Rührwerk

Anzahl	1	
Volumen	0,500	m ³
Konzessionierung	0,5/50	bar/°C
Werkstoff	1.4571	

Dosiergefäß mit Rührwerk

Anzahl	1	
Volumen	0,5	m ³
Konzessionierung	0,5/50	bar/°C
Werkstoff	1.4571	

Anschwemmpumpe

Anzahl	1	
Fördermenge	5,5	kg/s
Förderhöhe	2,5	bar
Werkstoff	1.4408	

Tabelle 2.4/13 - Fortsetzung

Mantelseite (Warmwasser)

Betriebstemperatur (Wasserbad)		130	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/200	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Regenerier-Gaskühler

Anzahl		1	
Wärmeleistung	ca.	2,4	kW
Rohrseite (Abgas)			
Durchsatz		$1,8 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Eintrittstemperatur		120	°C
Austrittstemperatur		20	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/200	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz		0,1	kg/s
Eintrittstemperatur		6	°C
Austrittstemperatur		12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	10/70	bar/°C
Werkstoff		C-Stahl	

Ringflüssigkeitsbehälter

Anzahl		2	
Volumen		0,09	m ³
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$	7	bar
Betriebstemperatur		50	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/100	bar/°C
Werkstoff		1.4550	

Tabelle 2.4/13

Abgassystem

Verzögerungszeit für X 133

40

d

Ringflüssigkeitskühler

Anzahl

2

Wärmeleistung

60

kW

Rohrseite (Ringflüssigkeit)

Durchsatz

1,25

kg/s

Eintrittstemperatur

50

°C

Austrittstemperatur

35

°C

Konzessionierung

 $p_{\ddot{u}}/t$

20-Vak/100 bar/°C

Werkstoff

1.4550

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz

3,2

kg/s

Eintrittstemperatur

6

°C

Austrittstemperatur

12

°C

Konzessionierung

 $p_{\ddot{u}}/t$

10/70

bar/°C

Werkstoff

C-Stahl

Gaskühler

Anzahl

1

Wärmeleistung

35

kW

Rohrseite (Abgas)

Eintrittstemperatur

550

°C

Austrittstemperatur

40

°C

Konzessionierung

 $p_{\ddot{u}}/t$

20-Vak/550 bar/°C

Werkstoff

1.4550

Tabelle 2.4/13 - Fortsetzung

Aktivkohlekolonne

Anzahl		12	
Betriebsdruck	$p_{\ddot{u}}$	7	bar
Betriebstemperatur		10	$^{\circ}\text{C}$
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/130	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		C-Stahl	

Filter

Anzahl		1	
Typ		Filterzelle	
Filterfeinheit		5	μm
Durchsatz		$3,5 \times 10^{-2}$	kg/s
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/100	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550	

Abgaskompressor

Anzahl		2	
Typ		Wasserringkompressor	
Förderstrom		$4,3 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Saugdruck	p_a	0,9	bar
Förderhöhe	p_a	8,0	bar
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$	20-Vak/100	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Werkstoff		1.4550	
Kupplungsleistung	ca.	62	kW

Tabelle 2.4/13 - Fortsetzung

Vortrockner

Anzahl	1	
Typ	Doppelrohr	
Wärmeleistung	ca. 6,2	kW
Rohrseite (Abgas)		
Durchsatz	$1,9 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Eintrittstemperatur	50	°C
Austrittstemperatur	10	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 20-Vak/100	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Mantelseite (Kaltwasser)

Durchsatz	0,25	kg/s
Eintrittstemperatur	6	°C
Austrittstemperatur	12	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 10/70	bar/°C
Werkstoff	C-Stahl	

Regeneriergaserhitizer

Anzahl	2	
Wärmeleistung	ca. 3,5	kW
Rohrseite (Abgas)		
Durchsatz	$1,8 \cdot 10^{-2}$	kg/s
Eintrittstemperatur	10	°C
Austrittstemperatur	120	°C
Konzessionierung	$p_{\ddot{u}}/t$ 20-Vak/200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/15 - Fortsetzung

Steuerpult und Betätigungstaster
und Steuerhebel (Totmannschaltung)

Anzeigegeräte mit Betriebs- und Störmeldungen

Stromversorgung über Energieführungsketten

Druckluftversorgung über mitgeführte
Druckluftflaschen

Positionierung

geeichte Markierungen
der Kern- und Gestell-
positionen

Anfahrergenauigkeit

± 2 mm

Lademaschinenmast mit
Zentrierglocke

drehbar um $\pm 180^\circ$
mit Einstellskala

Doppelgreifer

für Brennelemente,
Steuerelemente und
Drosselkörper

Greifklinkenbetätigung

pneumatisch

Werkstoffe

nichtrostender Stahl
für alle unter Wasser
eingesetzten Teile

Hilfsbrücke

Antrieb

von Hand

Kupplungswerkzeug für die
Regelstabantriebsstangen

Ausführung

pneumatisches Schritt-
schaltwerk, von Hand
steuerbar

Tabelle 2.4/13 - Fortsetzung

Rekombinator

Anzahl	1	
Volumen	0,12	m ³
Durchsatz	4,3 · 10 ⁻²	kg/s
Betriebsdruck	p _a 0,9	bar
Betriebstemperatur	150	°C
Konzessionierung	p _ü /t 20-Vak/550	bar/°C
Werkstoff	1.4550	
El. Leistung	ca. 3,5	kW

Gel-Trockner

Anzahl	3	
Volumen	ca. 0,06	m ³
Betriebsdruck	p _ü 7	bar
Betriebstemperatur	10	°C
Konzessionierung	p _ü /t 20-Vak/ 200	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Flammensperre

Anzahl	2	
Betriebsdruck	p _a 0,9	bar
Betriebstemperatur	50	°C
Konzessionierung	p _ü /t 20-Vak/550	bar/°C
Werkstoff	1.4550	

Tabelle 2.4/17

Rohrleitungen der nuklearen Hilfsanlagen

System für Wasserchemie und Volumenregelung

HD-Rohrleitungen heiß	210 bar	350 °C	1.4550
HD-Rohrleitungen kalt	210 bar	100 °C	1.4550
ND-Rohrleitungen	12 bar	100 °C	1.4550

Nachkühlkreislauf

Pumpendruckseite	50 bar	200 °C	1.4550
Pumpensaugseite	40 bar	200 °C	1.4550

HD-Sicherheitseinspeisung

Druckseite	125 bar	70 °C	1.4550
Saugseite	10 bar	70 °C	1.4550

Beckenkühlkreislauf	12 bar	100 °C	1.4550
---------------------	--------	--------	--------

Probeentnahmesystem

HD-Rohrleitungen	173 bar	350 °C	1.4550
ND-Rohrleitungen	12 bar	100 °C	1.4550

Abgassystem

Saugseite	12 bar	100 °C	1.4550
Rekombinatorbereich	20 bar	550 °C	1.4550
Druckseite	(20 bar	100 °C)	1.4550
	(20 bar	130 °C)	
	(20 bar	200 °C)	

Anlagenentwässerung

173 bar	350 °C	1.4550
50 bar	200 °C	1.4550
12 bar	100 °C	1.4550

Leckabsaugesystem

Saugseite	6 bar	150 °C	C-Stahl
-----------	-------	--------	---------

Tabelle 2.4/14

Aufbereitung fester Abfälle

Presse

Kolbenhub	1000	mm
Größter Abschlußglocken-		
durchmesser	ca. 630	mm
Max. Höhe	3130	mm
Gewicht	ca. 2	t
Motorleistung	4	kW
Spannung	380	V
Drehzahl	1450	U/min
Schutzart	P 33	
Bauform	V 1	

Tabelle 2.4/15

Einrichtungen und Geräte zum Brennelementwechsel

Lademaschine

Koordinatenfahrwerk mit Brücke, doppelstöckiger
Katze, Hubwerk und doppelstöckigem Laufsteg

Antriebe	geregelt Thyristor- Gleichstromantriebe, (stufenlos)
Brücke	0,2 - 15 m/min
Katze	0,15 - 10 m/min
Hubwerk	0,15 - 10 m/min

Tabelle 2.4/16

Einrichtungen im Brennelementbecken

Lagergestell für verbrauchte Brennelemente

Zahl der Positionen	260
---------------------	-----

Lagergestell für Regelstaban-
triebsstangen

Zahl der Positionen	63
---------------------	----

Tabelle 2.5/1

Hauptdaten der Dampfkraftanlage

Frischdampfmenge	2059,5 kg/s
Frischdampfdruck	68,65bar
Frischdampfenthalpie	2059,5 kJ/kg
HD-Fluten Anzahl	2
ND-Fluten Anzahl	6
ND-Vorwärmer	
Anzahl der Stränge	3
Anzahl der Vorwärmerstufen	5
Grädigkeit	3,0 °C
HD-Vorwärmer	
Anzahl der Stränge	2
Anzahl der Vorwärmerstufen	1
Grädigkeit	3,0 °C

Tabelle 2.5/2

Dampfturbine

Bauform 1 HD-Gehäuse	doppelflutig	
3 ND-Gehäuse	doppelflutig	
Drehzahl	1500	min ⁻¹
Nennleistung	61	MW
Nennfrischdampfmenge ¹⁾	2059,5	kg/s
FD-Druck vor Turbine	67,2	bar
mittlerer Durchmesser der letzten Stufe	4276	mm
Endschaufellänge	1356	mm
theoretische Endnässe am Austritt ND-Teil	ca. 10	%
Zahl der Anzapfungen	6	
Vorwärmerendtemperatur	218	°C

1) inclusive Heizdampf für Dampfüberhitzer

Tabelle 2.5/3

Kondensationsanlage

Oberflächenkondensator in
Kastenbauart

Kühlfläche	3 x 23.250	m ²
niederzuschlagender Dampf- strom	1107	kg/s
Kühlwasserstrom	47 222	kg/s
Druck im Kondensator	0,046	bar
Kühlwassereintrittstemperatur	12	°C
Kühlwasseraustrittstemperatur	24,2	°C

Tabelle 2.5/4

Generator

Scheinleistung	1560	MVA
Wirkleistung	1361	MW
Leistungsfaktor	0,87	
Frequenz	50	Hz
Klemmenspannung	27	kV
Kühlung von Läufer und Ständerwicklung	H ₂ O	

Tabelle 2.5/5

Hauptkondensatpumpen

Anzahl	3	x 53	%
Nennfördermenge	680	kg/s	
Nennförderhöhe	21,6	bar	
Drehzahl	930	U/min	
Kupplungsleistung	1820	kW	

Tabelle 2.5/6

Nebenkondensatpumpen

Anzahl	3 x 1 x 110 %
Nennfördermenge	55,5 kg/s
Nennförderhöhe	17,5 bar
Drehzahl	1450 U/min
Kupplungsleistung	135 kW

Tabelle 2.5/7

Abscheiderkondensatpumpen

Anzahl	2 x 110 %
Nennfördermenge	233 kg/s
Nennförderhöhe	6,0 bar
Drehzahl	980 U/min
Kupplungsleistung	215 kW

Tabelle 2.5/8

Hauptspeisepumpen

Anzahl	3 x 55 %
Fördermenge	1135
Förderhöhe	75,0 bar
Drehzahl Vorpumpe/Hauptpumpe	1490,/5600 U/min
Kupplungsleistung	rd. 12 000 kW

Tabelle 2.5/9

Notspeisepumpen

Anzahl	4 x 50 %
Fördermenge	25 kg/s
Förderhöhe	100 bar
Drehzahl	ca. 3 000 U/min
Kupplungsleistung	360 kW

Tabelle 2.5/10

An- und Abfahrpumpen

Anzahl	2 x 50	% bzw. auf FD-Menge 2 x 1,5 %
Fördermenge	31,0	kg/s
Förderhöhe	99,0	bar
Drehzahl	2980	U/min
Kupplungsleistung	515	kW

Tabelle 2.5/11

Nr. nicht verwendet

Tabelle 2.5/12

Tabelle 2.5/13 - Fortsetzung

Speisewasserbehälter mit Entgasungsanlage A 5

Anzahl	1	
Behälterinhalt	580	m ³
Konzessionierung	Vak-15/ 200	bar/°C

Tabelle 2.5/14

Hochdruckvorwärmanlage

Nebenkondensatkühler A 6

Anzahl	2	
Konzessionierung		
nebenkondensatseitig	26/230	bar/°C
speisewasserseitig	140/230	bar/°C

Hochdruckvorwärmer A 6

Anzahl	2	
Konzessionierung		
nebenkondensatseitig	26/230	bar/°C
speisewasserseitig	140/230	bar/°C

Zwischenüberhitzer-Kondensatkühler

Anzahl	2	
Konzessionierung		
nebenkondensatseitig	95 /310	bar/°C
speisewasserseitig	140 /310	bar/°C

Tabelle 2.5/17

Mechanische Kühlwasserreinigungsanlage

Anzahl der Reinigungsstraßen	6	
Grobrechen		
Anzahl	2	
Spaltweite	100	mm
Durchsatz je Hälfte	31.800	kg/s

Feinrechen und Siebbandmaschine für Hauptkühlwasser

Anzahl	6	
Durchsatz	6 x 7.870	m ³ /h
Spaltweite (Feinrechen)	10	mm
Maschenweite (Siebbandmaschine)	1,5	mm

Feinrechen und Siebbandmaschine für Nebenkühlwasser

Anzahl	2	
Durchsatz	2 x 2.700	
Spaltweite (Feinrechen)	10	mm
Maschenweite (Siebbandmaschine)	1,5	mm

Tabelle 2.5/18

Hauptkühlwasserpumpen

Anzahl	6	x 16 2/3 %
Fördermenge	7.900	kg/s
Förderhöhe	7-22	mWS
Drehzahl d. Pumpe	370	U/min
Kupplungsleistung a. Motor	2050	kW

Tabelle 2.5/13

Niederdruckvorwärmanlage

Neben-Kondensatkühler in Duplex-Bauart zu A1 + A2

Anzahl	3		
Konzessionierung			
nebenkondensatseitig	Vak-2/100	bar/°C	
speisewasserseitig	35 / 100	bar/°C	

ND-Vorwärmer in Duplex-Bauart A 1 + A 2

Anzahl	3		
Konzessionierung			
nebenkondensatseitig	Vak-2 / 135	bar/°C	
speisewasserseitig	35 / 135	bar/°C	

Niederdruckvorwärmer A 3

Anzahl	3		
Konzessionierung			
nebenkondensatseitig	Vak-5/160	bar/°C	
speisewasserseitig	35/160	bar/°C	

Niederdruckvorwärmer A 4

Anzahl	3		
Konzessionierung			
nebenkondensatseitig	Vak-5/160	bar/°C	
speisewasserseitig	35/160	bar/°C	

Tabelle 2.5/22 - Fortsetzung

Rohrseite (Flußwasser)

Durchsatz	122	kg/s
Eintrittstemperatur (Ausl. max.)	24	°C
Austrittstemperatur (Ausl. max.)	33	°C
Konzessionierung	9,8/80	bar/°C

Mantelseite (Deionat)

Durchsatz	157	kg/s
Eintrittstemperatur	41	°C
Austrittstemperatur (max)	34	°C
Konzessionierung	9,8/80	bar/°C

Tabelle 2.5/23

Hilfskesselanlage

bestehend aus

Leichtölgefeuerter Kessel

Anzahl	2 x 50	%
Hilfsdampfleistung	18	t/h
Hilfsdampfdruck (Überdruck)	10	bar
Temperatur (100 % Last)	200	°C

Tabelle 2.5/15

Nebenkondensatspeicherung

Rückspeisekondensatbehälter

Anzahl	1	
Behältervolumen	30,0	m ³

Rückspeisekondensatpumpe

Anzahl	1	
Fördermenge	14	kg/s
Förderhöhe	17	bar
Drehzahl	2900	U/min
Kupplungsleistung	37,6	kW

Tabelle 2.5/16

Allgemeine Daten des Kühlwassersystems

Hauptkühlwassermenge	47.200	kg/s
Nebenkühlwassermenge	3.600	kg/s
Anzahl der Hauptkühlwasserstränge	6	
Anzahl der Nebenkühlwasserstränge		
nuklear	4	
konventionell	1	

Tabelle 2.5/24 - Fortsetzung

Rieselerpumpen

Anzahl je Straße	2	x 100 %
Fördermenge	18	kg/s
Förderhöhe	4,5	bar
Kupplungsleistung	15	kW

Spülluftgebläse

Anzahl	1	x 100 %
Leistung	22	kW

Rieselergebläse

Anzahl	2	x 100 %
Leistung	2,2	kW

HCl-Speicher

Anzahl	1	
Inhalt	25	m ³

Tabelle 2.5/19

Nebenkühlwasserpumpen, nuklear

Anzahl	4	50 %
Fördermenge	900	kg/s
Förderhöhe	2,2	bar
Drehzahl	960	U/min
Kupplungsleistung	239	kW

Tabelle 2.5/20

Notnebenkühlwasserpumpen

Anzahl	2	50 %
Fördermenge	350	kg/s
Förderhöhe	3	bar
Drehzahl		
Kupplungsleistung	131	kW

Tabelle 2.5/21

Gesicherte Zwischenkühlwasserpumpen

Anzahl	4	x 100 %
Fördermenge	157	kg/s
Förderhöhe	2,5	bar
Drehzahl	1470	U/min
Kupplungsleistung	48,5	kW

Tabelle 2.5/22

Gesicherte Zwischenkühler

Anzahl	4	x 100 %
Wärmeleistung je Kühler	4,6	MW

Tabelle 2.5/25

Deionatpumpen und Sperrwasserpumpen

Deionatpumpen

Anzahl	2	x 100 %
Fördermenge	62	kg/s
Förderhöhe	14	bar
Drehzahl (polumschaltbar)	1450/2970	U/min
Kupplungsleistung	120	kW

Sperrwasserpumpen

Anzahl	2	x 100 %
Fördermenge	3,9	kg/s
Förderhöhe	12	bar
Drehzahl	2900	U/min
Kupplungsleistung	4,5	kW

Tabelle 2.5/26

Dampferzeuger-Abschlammmentsalzung

Mischbettfilter

Anzahl	2	
Durchsatz	9,7	kg/s
Auslegungsdruck	16	bar
Auslegungstemperatur	100	°C
Werkstoff	Stahl/gummiert	
Leitfähigkeit nach MB	< 0,1	/uS/cm
SiO ₂	< 0,1	mg/l

Laugedosierpumpe

Fördermenge	0,3	l/s
Förderhöhe	4	bar
Kupplungsleistung	2,5	kW

Säuredosierpumpe

Fördermenge	0,14	l/s
Förderhöhe	4	bar
Kupplungsleistung	1,1	kW

Tabelle 2.5/23 - Fortsetzung

Hilfskesselspeisepumpen

Anzahl	4 x 50 %	
Fördermenge	18	t/h
Förderhöhe	14	bar
Kupplungsleistung	11	kW

Hilfskesselspeisewasserbehälter mit Entgaser

Anzahl	1	
Inhalt -	20	m ³
Konzessionsdruck	0 ± 0,5	bar
Konzessionstemperatur	110	°C

Tabelle 2.5/ 24

Chemische Zusatzwasseraufbereitung und Versorgung

Anzahl der Vollentsalzungsstraßen	2	
Nennleistung je Straße	18	kg/s
Netto-Durchsatz zwischen 2 Regenerationen	780	t
Leitfähigkeit hinter Mischbettfilter	0,1	µS/cm
Kieselsäure	0,02	mg/l
Eisen	0,02	mg/l

Tabelle 2.5/26 - Fortsetzung

Behälter

Abschlämmentspanner

Gesamtvolumen

 m^3

Abschlämmwasser

36

kg/s

Entspannungsdampfmenge

ca. 11

kg/s

Konzessionierung

Vak-15/310

bar/°C

Werkstoff

17 Mn 4

Tabelle 2.5/24 - Fortsetzung

Na OH-Speicher

Anzahl	1	
Inhalt	25	m ³

HCl-Pumpen

Anzahl	1	
Fördermenge	0,6	kg/s
Leistung	1,1	kW

Na OH-Pumpen

Anzahl	1	
Fördermenge	0,6	kg/s
Leistung	1,1	kW

Neutralisationsbehälter

Anzahl	1	
Inhalt	120	m ³

Tabelle 2.5/27 - Fortsetzung

Raumluftzustand Rechner

Sommer t_{\max}	+ 20 °C
rel. Feuchte	50 %
Winter t_{\min}	+ 20 °C
rel. Feuchte	50 %

Geräusche

Warte, Rechner und Räume für ständigen
Aufenthalt von Personen

55 dB/A

Maschinenräume

85 dB/A

Abzuführende Wärmemenge pro Schaltanlagen-

scheibe	395 kW
Warte	25 kW
Rechner	30 kW

III. Zusatzwasseraufbereitung

Raumluftzustand

Sommer t_{\max}	+ 35 °C
Winter t_{\min}	+ 15 °C

IV. Dieselraum

Raumluftzustand

Sommer t_{\max}	+ 42 °C
Winter t_{\min}	+ 15 °C

Abzuführende Wärmemenge

450 kW

Tabelle 2.5/26 - Fortsetzung

Chemikalienbehälter für Säure

Inhalt	5	m ³
Werkstoff	St 37.2	

Elektro-Magnetfilter

Durchsatz	19,5	kg/s
Auslegungsdruck	16	bar
Auslegungstemperatur	100	°C
Werkstoff	1.4541	
Leistungsbedarf	14	kW

Wärmetauscher

Abschlammkühler

Wärmeleistung	16,3	MW
Abschlammwasser (rohrseitig)		
Durchsatz	27,8	kg/s
Konzessionierung	VaK-15/200	bar/°C
Werkstoff	St. 35.8 I	

Kondensat (mantelseitig)

Durchsatz	69,5	kg/s
Konzessionierung	35/200	bar/°C
Werkstoff	HII	

Tabelle 2.5/28

Heizungsanlage

Wärmetauscher	2 x 100%
Heizleistung	12,8 MW
Heizfläche	170 m ²
Heizwasser	Eintrittstemperatur 70 °C
	Austrittstemperatur 130 °C
Heizwasserumwälzpumpe	3 x 50%
Fördermenge	25,5 kg/s
Förderhöhe	3 bar
Leistungsbedarf	10,5 kW
Ausdehnungsgefäß	
Inhalt	10 m ³
Werkstoff	Stahl verz.

Tabelle 2.5/27
 Lüftungsanlagen

Bemessungsgrundlagen:

Außenluftzustände:

Sommer t_{\max}	+ 32 °C
Feuchte	40 % rel. Feuchte
Winter t_{\min}	- 15 °C
Feuchte	100 % rel. Feuchte

I. Lüftungsanlage Maschinenhaus

Raumlufztzustände	Sommer	+ 45 °C
	Winter	+ 10 °C
Abzuführende Wärmemenge		5750 kW
Schalleistung eines Ablüfters		107 dB, bei 250 Hz

II. Schaltanlagegebäude

Raumlufztzustand Schaltanlagegebäude

Sommer t_{\max}	+ 35 °C
Winter t_{\min}	+ 15 °C

Raumlufztzustand Gleichrichterräume

Sommer t_{\max}	+ 30 °C
Winter t_{\min}	+ 15 °C

Raumlufztzustand Warte

Sommer t_{\max}	+ 25 °C
rel. Feuchte	50 %
Winter t_{\min}	+ 20 °C
rel. Feuchte	50 %

Tabelle 2.5/31

Feuerlöschnetz

Feuerlöschpumpen

Anzahl	2	
Fördermenge	31	l/s
Förderhöhe	10	bar
Drehzahl	2.950	min ⁻¹
Leistungsbedarf	37	kW

KWU Bg. 67 R

Tabelle 2.5/32

Hebezeuge, Aufzüge

Kran im Maschinenhaus

Tragkraft Hauptheben	200	Mp
Tragkraft Hilfsheben	40/10	Mp
Spannweite	34	m
Kranbahnlänge	85	m
Hubhöhe	25	m

Kran im Speisepumpentrakt

Tragkraft	16	Mp
Spannweite	7,8	m
Kranbahnlänge	60	m
Hubhöhe	8	m

Hilfs-Kran im Masch.-Haus

Tragkraft	25	Mp
Spannweite	33,5	m
Hubhöhe	25	m

Tabelle 2.5/27 - Fortsetzung

V. Kühlwasserpumpenhaus

Raumlufztzustand

Sommer t_{\max} + 35 °CWinter t_{\min} + 10 °C

VI. Kältezentrale

Raumlufztzustand

Sommer t_{\max} + 40 °CWinter t_{\min} + 15 °C

Tabelle 2.5/33

Wasserabscheider

Anzahl	2	
Druck Eintritt	12,0	bar
Dampfmenge + Eintritt	5884	t/h
Dampfgehalt Eintritt	86,6	%
Druck Austritt	11,7	bar
Dampfmenge + Austritt	5136	t/h
Dampfgehalt Austritt	99,5	%
Ausgeschiedene Wassermenge	ca. 748	t/h

Tabelle 2.5/34

Dampfüberhitzer

Anzahl	2	
Druck Eintritt ++	11,7	bar
Dampfmenge + Eintritt ++	5136	t/h
Dampfgehalt Eintritt ++	99,5	%
Druck Austritt ++	11,1	bar
Dampfmenge + Austritt ++	5136	t/h
Temperatur Austritt ++	240	°C
Heizdampfdruck	67,2	bar
Dampfgehalt	99,6	%
Heizdampfmenge	481	t/h

+ Mengenangabe für jeweils 2 Apparate

++ turbinendampfseitig

Tabelle 2.5/29

Druckluftversorgung

Druckluftkompressor

Anzahl	2	
Fördermenge	700	m ³ /h
Betriebsdruck	9	bar
Leistung	77	kW

Pufferbehälter

Anzahl	1	
Inhalt	10	m ³

Tabelle 2.5/30

Kälteanlage

Turbokompressor	4 x 50%
Kälteleistung	2,1 MW
Kaltwassermenge	0,83 m ³ /s
Kaltwasservorlauftemp.	6 °C
Kaltwasserrücklauftemp.	12 °C
Leistungsbedarf	550 kW

Kaltwasserumwälzpumpen	4 x 50%
Fördermenge	0,83 m ³ /s
Förderhöhe	3 bar
Leistungsbedarf	30 kW

Ausgleichsbehälter

Inhalt	1 m ³
Werkstoff	Stahlblech

Tabelle 2.6/2

10 kV-Anlagen

Nennspannung	10,5 kV, 50 Hz
Reihe	10 N
Nennausschaltleistung	565 MVA
Nennstoßstrom	84 kA (79 kA)
Nennausschaltstrom	32,6 kA (31 kA)
Sammelschienen-Nennstrom für 10 kV-Blockeigenbedarfs- anlage bei max. 35 °C Umge- bungstemperatur	2500 A
Sammelschienen-Nennstrom bei 10 kV-Notstromanlage	400 A
Schalter-Nennstrom bei max. 35 °C Umgebungstemperatur für Einspeisungen vom EB-Trafo	2500 A mit Lüfter
Schutzart	IP 40
Abmessungen einer Schaltein- heit	750 mm breit 1250 mm tief 2250 mm hoch

Tabelle 2.6/3

Niederspannungsanlagen

Nennspannung	660 V bzw. 500 V bzw. 380 / 220 V, 50 Hz
Reihe	1
Stoßkurzschlußstrom	110 kA
Stoßkurzschlußwechselstrom	50 kA
Schutzart	IP 40

Sammelschienen und Schalter-
Nennströme entsprechend den
Erfordernissen der einzelnen
Verteilungen.

Tabelle 2.5/32 - Fortsetzung

Krane in der mech. und elektrotechn. Werkstatt

Tragkraft	16	Mp
Spannweite	11	m
Hubhöhe	10	m

Kran für Pumpen u. Reinigungs-
bauwerk

Tragkraft	16	Mp
Spannweite	20	m
Hubhöhe	24	m

Aufzug im Schaltanlagegebäude

Tragkraft	1,2	Mp
Förderhöhe	18	m
Haltestellen	5	

Diverse Hand- und E-Züge

2.6/6

Gesicherte Schienen

Gleichstrom-Drehstrom-Umformer

bestehend aus: Gleichstrommotor-Drehstrom/Konstantspannungs-
generator

Eingangsspannung	220 V Gleichstrom
Ausgangsspannung	380 V Drehstrom
Nennleistung	53 kW/100 kVA bzw. 153 kW/250 kVA
Kontaktlos geregelt	50 Hz
Schutzart	IP 23

Tabelle 2.6/7

Maschinentransformatoren

Drehstrom-Öltransformator für
Freiluftaufstellung

Nennleistung	750 MVA
Nennspannung	27/400 kV \pm 15 %, 50 Hz
Schaltgruppe	YN d 5
Kurzschlußspannung bei Hauptanschluß	16 %

Durchführungen

OS	3 Stück Kondensatordurch- führungen R 420 / 1800 A
Mp	1 Stück Kondensatordurchführung R 245 / 1600 A
US	6 Stück DIN-Durchführungen R 45 / 12 500 A geeignet für Anschluß der einphasigen Generatorausleitung

Tabelle 2.6/1

Generatableitung

Nennspannung	27 kV, 50 Hz	
Reihe	30 N	
Nennstrom	35 kA) bei $U_N - 5\% : 34,5 \text{ kA}$
Stromschienen (Cu-Rohr)	120 \varnothing x 15 mm) Generator bis
	15 mm Wandstärke) Verzweigu
Kanal (AL)	880 x 15 mm)
)
Kühlung	direkt wasserge-)
	kühlt)
Nennstrom	20 kA)
Hohlleiter (AL)	760 mm \varnothing) Verzweigung
	14 mm Wandstärke) bis
Kapselung (AL)	1500 mm \varnothing) Maschinentrafos
	5 mm Wandstärke)
Kühlung	luftgekühlt)
Nennstrom	2,5 kA)
Hohlleiter (AL)	120 mm \varnothing) zu Eigenbe-
	4 mm Wandstärke) darfstrafos
Kapselung (AL)	860 mm \varnothing)
	4 mm Wandstärke)
Kühlung	luftgekühlt)
Generatorschalter	3polige Generatorschaltergruppe	
	Leistungsschalter Reihe 30N	
	Betriebsstrom 36 kA	
	Ausschaltleistung 9 GVA	

Tabelle 2.6/8 - Fortsetzung

Kühlart	ONAN/ONAF
Schaltgruppe	YNd5d5
Kurzschlußspannung bei Mittelstellung des Stufenschalters	9,8/9,8/17 %
Nennströme bei Mittelstellung	
OS:	ca. 400 A
US:	ca. 2200 A/US _{1,2}
Durchführungen	
OS:	3 St. Kondensatordurchführungen
MP:	1 St. Kondensatordurchführung
US:	6 St. Kondensatordurchführungen
Stelleinrichtungen:	
Stufenschalter im Sternpunkt der OS-Wicklung	
Einstellbereich	± 15 %
Geräuschstärke	ca. 70 dB (A)
Hauptabmessungen	
Länge	ca. 6 000 mm
Breite	ca. 3 700 mm
Höhe bis Oberkante Ausdehnungsgefäß	ca. 7 000 mm
Gesamtgewicht	ca. 92 000 kg
Ölgewicht	ca. 19 000 kg
Transportgewicht	ca. 66 000 kg

Tabelle 2.6/4

220-V-Gleichstromanlagen

Bleibatterien mit Grooberflchen-
platten 108 Zellen

Ladehaltungsspannung

2,23 V/Zelle

Kapazität wird so ausgelegt,
da Spannungseinbrche bis zum
Einsatz der Dieselaggregate
zulässige Grenzwerte nicht
unterschreiten

Ladegleichrichter kontaktlos
geregelt

Drehstromanschlu

3 x 660 V, 50 Hz

Gleichstrom einstellbar mit
Strombegrenzung

Tabelle 2.6/5

24-V-Gleichstromanlagen

Bleibatterien mit Grooberflchen-
platten 13 Zellen

Ladehaltungsspannung ca.

2,23 V/Zelle

Kapazität wird so ausgelegt,
da Spannungseinbrche bis
zum Einsatz der Dieselaggregate
zulässige Grenzwerte nicht
unterschreiten.

Ladegleichrichter kontaktlos
geregelt

Drehstromanschlu

3 x 660 V, 50 Hz

Gleichstrom einstellbar mit
Strombegrenzung

Tabelle 2.6/10

Niederspannungstransformatoren

Drehstrom-Öltransformatoren
einschl. Buchholzrelais

mit S-Kühlung, Zeigerfernthermometer,
Widerstandsthermometer

Nennleistung	2 400 kVA
Leerlaufübersetzungsverhältnis	$10,5 \pm 5 \% 0,660 \text{ kV}$
Ausführung nach DIN 42.511	
Schaltgruppe	Dy 5

Kurzschlußspannung	6 %
--------------------	-----

Nennströme

OS	139 A
US	2080 A

Hauptabmessungen

Länge/Breite/Höhe	ca. 2600/1350/2650 mm
Gesamtgewicht einschl. Öl	ca. 5600 kg

Drehstrom-Öltransformator
wie vor, jedoch

Nennleistung	2000 kVA
Leerlaufübersetzungsverhältnis	$10,5 \pm 5 \% 0,525 \text{ kV}$
Kühlart	ONAN
Schaltgruppe	YY0

Nennströme

OS	115 A
US	2180 A

Tabelle 2.6/7 - Fortsetzung

Stelleinrichtung

Stufenschalter im Sternpunkt
der Oberspannungswicklung

Einstellbereich $\pm 15 \%$
Zahl der Stellungen ± 12

Kühlanlage

getrennt aufgestellte Wasser-
kühlanlage bestehend aus
4 Öl-Wasserkühlern und
4 Ölpumpenaggregaten
davon jeweils 1 Stück Reserve

Transformator-Hauptabmessungen

Länge	13 310 mm
Breite	3 920 mm
Höhe	11 100 mm
bis Oberkante OS-Durchführung	
Gesamtgewicht ca.	526 t
davon Öl ca.	82 t
Versandgewicht ca.	417 t (ohne Öl)

Tabelle 2.6/8

Fremdnetztransformator

Dreiwicklungs-Öltransformator

Nennleistung	76 MVA/ 38 MVA/38 MVA
Leerlaufübersetzungsverhältnis	110 $\pm 15\%$ /10,5/10,5 kV

Tabelle 2.6/11 - Fortsetzung

Konstantspannungs-Drehstrom-
Synchrongenerator

Nennleistung	3900 kVA
Leistungsfaktor	0,85
Nennspannung	10,5 kV \pm 5 %, 50 Hz
Nenndrehzahl	1500 U/min

Tabelle 2.6/12

Diesel-Kombinotspeiseaggregat

Nennleistung "B"	836 PS
Nenndrehzahl	1500 U/min
Generator	750 kVA
Nennspannung	0,660 kV
Nennfrequenz	50 Hz

Tabelle 2.6/13

HochspannungsmotorenDrehstrom-Asynchronmotor für
Hauptspeisewasserpumpe

Nennleistung	12500 kW
Nennspannung	10 kV, 50 Hz
Synchrondrehzahl	1500 U/min
Bauform	B 3/D 5
Kühlung	Kreislaufkühlung (Luft/Wasser)

Tabelle 2.6/9

Blockeigenbedarfstransformatoren

Drehstrom-Dreiwicklungstrans-
formator für Freiluftaufstellung

Nennleistung	76/38/38 MVA
Nennspannung	27 [±] 11 % /10,5/10,5 kV, 50Hz
Schaltgruppe	Yy0y0
Kurzschlußspannung bei 75 °C und Hauptanschluß bezogen auf	38 MVA

OS - US1 : 9,8 %

OS - US2 : 9,8 %

US1- US2 : 17 %

Durchführungen

OS : 3 Stück Reihe 30
geeignet für Anschluß der einphasig
gekapselten Generatorableitung

US : je 3 Stück Reihe 10

Kühlung

ONAN/ONAF

Hauptabmessungen

Länge	ca. 6 000 mm
Breite	ca. 3 700 mm
Höhe bis Oberkante Ölausdehnungsgefäß	ca. 7 000 mm

Gesamtgewicht ca.

92 000 kg

Öl

ca. 19 000 kg

Tabelle 2.6/13 - Fortsetzung

Drehstrom-Asynchronmotor für
An- u. Abfahrpumpe

Nennleistung	600 kW
Nennspannung	10 kV
Synchrondrehzahl	3000 U/min
Bauform	B 3
Kühlung	Oberflächen/Luft

Drehstrom-Asynchronmotor für
Kältemaschine (Kompressor)

Nennleistung	ca. 660 kW
Nennspannung	10 kV, 50 Hz
Synchrondrehzahl	3000 U/min
Bauform	B 3
Kühlung	Oberflächenkühlung (Luft)

Tabelle 2.6/14

Niederspannungsmotoren

Technische Daten der Niederspannungs-
motoren entsprechend den Anforderungen
der verschiedenen Arbeitsmaschinen.