

2.14 Anlagen zum Messen, Steuern und Regeln

2.14.1 Übersicht zur Leittechnik

(Abb. 2.14.1/1 und 2)

Die Leittechnik stellt Einrichtungen und Hilfsmittel zur Verfügung, mit denen die betrieblichen Abläufe überwacht und geführt werden.

Die Aufgabe der Leittechnik besteht in

- Erfassung von Meßwerten und Schaltzuständen
- Steuerung und Regelung der betrieblichen Abläufe
- automatischer Überwachung von sicherheitstechnisch wichtigen Prozeßvariablen, Erkennung von Störungen und Störfällen sowie Auslösung von Gegenmaßnahmen
- Bereitstellen von Beobachtungs- und Bedienmöglichkeiten in Warten und Leitständen
- Dokumentation ausgewählter Meßwerte

Für die zuverlässige Erfüllung dieser Aufgaben steht ein System von leittechnischen Einrichtungen zur Verfügung (s. Abb. 2.14.1/1), die jeweils entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung und den Anforderungen zur Verfügbarkeit ausgelegt sind.

Die Erfassung von Meßwerten und Schaltzuständen geschieht durch Meßeinrichtungen, die die zur sicheren Prozeßführung benötigten Informationen für automatische leittechnische Einrichtungen und das Kraftwerkspersonal liefern. Diese Meßeinrichtungen sind zusammenfassend in Abschnitt 2.14.2 beschrieben, ein Teil der Meßeinrichtungen, der bei Störfällen wesentliche Informationen für das Kraftwerkspersonal liefert (Störfallinstrumentierung), ist in Abschnitt 2.14.4 zusammengefaßt.

Automatische Überwachung von sicherheitstechnischen Prozeßvariablen, Erkennung von Störungen und Störfällen sowie Auslösung von Gegenmaßnahmen erfolgen durch das Reaktorschutzsystem und die Begrenzungseinrichtungen.

Das Reaktorschutzsystem (s. Kapitel 2.15) leitet insbesondere zur Beherrschung von Störfällen automatisch alle Maßnahmen ein, die innerhalb der ersten halben

Stunde zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit erforderlich sind (z. B. Reaktorschnellabschaltung, Notstromversorgung, Dampferzeuger-Notspeisung, Kernnotkühlung, Gebäudeabschluß).

Die Begrenzungseinrichtungen (s. Abschnitt 2.14.5) lösen Schutzaktionen aus (Schutzbegrenzungen), um überwachte Sicherheitsvariable auf ihren Normalbetriebswert zurückzuführen. Sie haben außerdem die Aufgabe, Werte von Prozeßvariablen zu begrenzen, um die Ausgangszustände für zu berücksichtigende Störfälle einzuhalten (Zustandsbegrenzungen) und um die Anlagenverfügbarkeit zu erhöhen (Betriebsbegrenzungen). Beispielsweise wird bei Störungen, wie Lastabwurf auf Eigenbedarf, Hauptkühlmittelpumpenausfall oder Steuerelementeinfall, durch die dem Reaktorschutz vorgelagerten Begrenzungseinrichtungen die Anlage automatisch bei reduzierter Leistung im Betrieb gehalten.

Um ein Eingreifen von Begrenzungseinrichtungen vor dem Reaktorschutz zu ermöglichen, werden in den Begrenzungen teilweise auch im Reaktorschutz gebildete Signale verwendet, um Kriterien für Maßnahmen vorzugeben (z. B. Gleitender Grenzwert für die zulässige Reaktorleistung).

Die Begrenzungen ihrerseits beeinflussen die Sollwerte betrieblicher Regelungen (z. B. Herabsetzen des Generatorleistungssollwerts), um den Anlagenzustand nach Eintritt einer Störung zu stabilisieren.

Steuerung und Regelung der betrieblichen Abläufe im Normalbetrieb, insbesondere das selbsttätige Erreichen und Einhalten von Sollwerten, werden von verschiedenen Steuer- und Regeleinrichtungen (s. Abschn. 2.14.3) wahrgenommen, die ganzen Anlageteilen (z. B. die Leistungsregelung), einzelnen Systemen (z. B. Druckregelungen) oder Komponenten (z. B. Regelungen vor Armaturenstellungen) zugeordnet sind. Zu den Steuer- und Regeleinrichtungen gehört auch der Aggregateschutz, der für wichtige Aggregate sicherstellt, daß unzulässige Betriebszustände oder Fehlhandlungen des Betriebspersonals nicht zu Schäden oder Störungen an diesen Aggregaten führen.

Einrichtungen zum Beobachten und Bedienen des Anlagenbetriebs sind vor allem in der zentralen Warte, z. T. auch in einer Notsteuerstelle und in örtlichen Leitständen untergebracht (s. Kapitel 2.16). Um eine zuverlässige Information des Personals in der zentralen Warte sicherzustellen, werden Informationen von folgenden Einrichtungen besonders aufbereitet und in der Warte dargestellt:

- Reaktorschutztafel des Reaktorschutzsystems (Kap. 2.15)
- Anzeigen der Störfallinstrumentierung (Abschn. 2.14.4)
- Strahlungsüberwachung (Abschn. 2.14.2.3)
- Monitoranzeige mit Prozeßinformationssystem (Abschn. 2.14.6)
- Meldeanlage für Gefahrenmeldungen (Abschnitt 2.14.7)

Über die Bedieneinrichtung kann entweder direkt oder durch Veränderung von Sollwerten von betrieblichen Regelungen indirekt auf den Betrieb von Anlage, Systemen und Komponenten eingewirkt werden.

Von den vorstehend genannten leittechnischen Einrichtungen einschließlich Warten, die die Signale der Meßeinrichtungen verarbeiten, wird das Kraftwerk durch Ansteuerung von Komponenten (z. B. Pumpen, Armaturen) gefahren. Bei der Ansteuerung von Komponenten wird durch eine Vorrangsteuerung sichergestellt, daß Signale zur Ansteuerung entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung wirksam werden. So hat z. B. die Ansteuerung durch den Reaktorschutz grundsätzlich Vorrang vor allen anderen manuellen und automatischen Ansteuerungen, die Ansteuerung durch die Begrenzungseinrichtungen grundsätzlich Vorrang vor betrieblichen Regelungen und Steuerungen (ohne Aggregateschutz) sowie Ansteuerungen aus der Warte.

Entsprechend den unterschiedlichen Aufgabenstellungen der verschiedenen leittechnischen Einrichtungen ist eine Systemstruktur mit verschiedenen hierarchischen Ebenen realisiert (s. Abb. 2.14.1/2).

Die Ebenen sind folgenden Aufgaben zugeordnet:

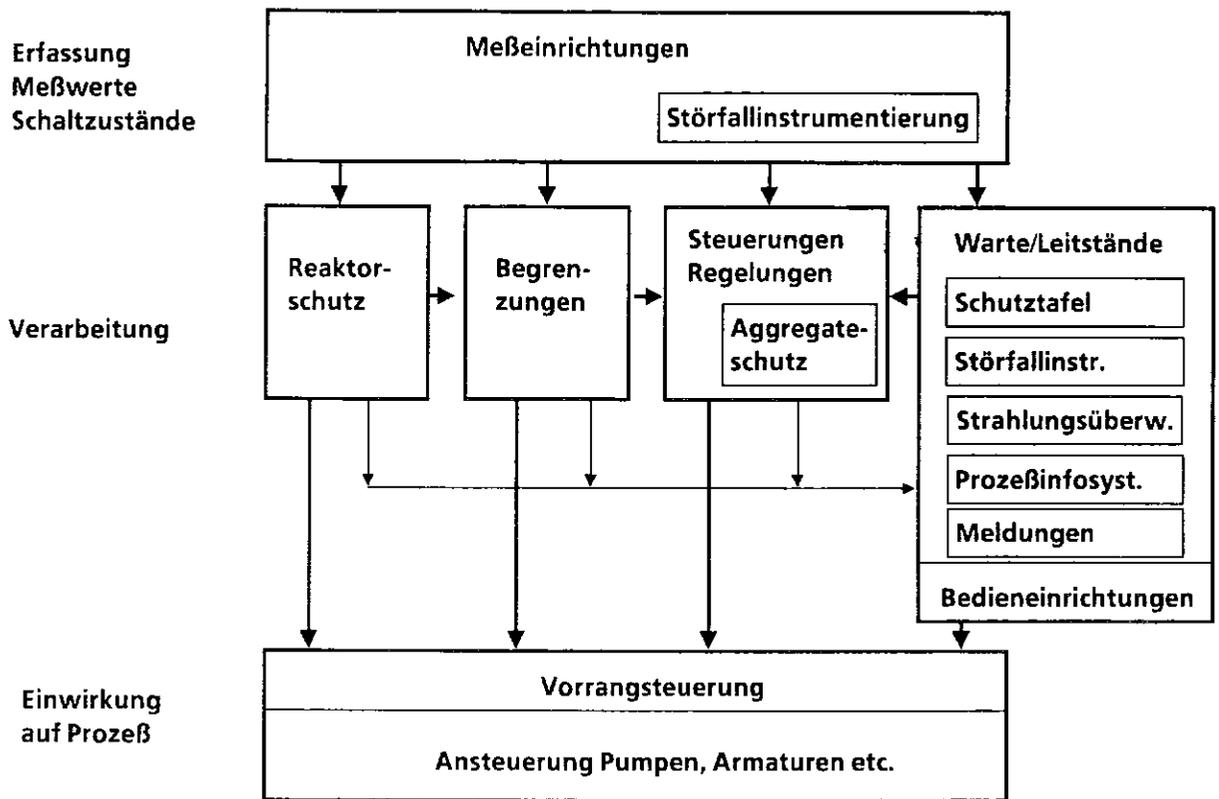
- Die Prozeßleitebene umfaßt die Einrichtungen zum Beobachten und Bedienen in der Warte und den Leitständen
- Die Gruppenleitebene umfaßt die (automatischen) Steuerungen und Regelungen - getrennt nach Sicherheitsleittechnik (Reaktorschutz, Begrenzungen) und Betriebsleittechnik
- Die Einzelleitebene umfaßt die Ansteuerung von Antrieben sowie die Einrichtungen zur Vorrangsteuerung bei solchen Antrieben, die nicht nur von der Be-

triebsleittechnik, sondern auch von der Sicherheitsleittechnik betätigt werden.

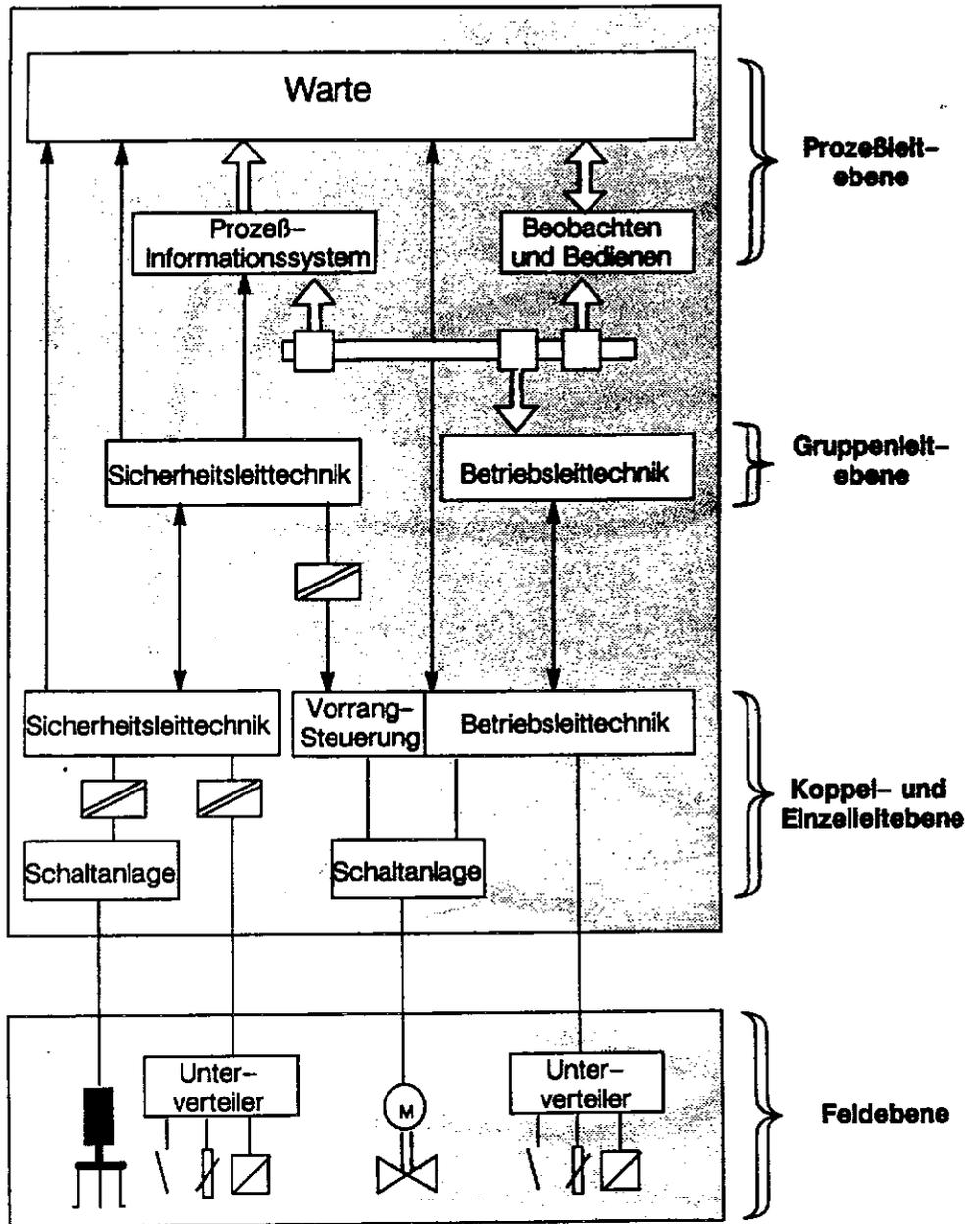
- Die Koppelleitebene (nur bei Betriebsleittechnik) umfaßt die elektronischen Einrichtungen zur Koppelung der Gruppen- und Einzelleitebenen und des Aggregateschutzes.
- Die Feldebene umfaßt einerseits die Meßeinrichtungen/Meßumformer und andererseits Antriebe und Schalter.

Die Einrichtungen von Prozeß-, Gruppen-, Koppel- und Einzelleitebene werden in zentralen Räumen (Warten, Elektronikräume) zusammengefaßt.

Die Einrichtungen der Feldebene sind vorzugsweise in dezentralen Räumen (z. B. Meßumformerräumen) angeordnet.



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Leittechnische Einrichtungen Übersicht	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.1/1	DWR 1300 08.90



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Systemstruktur der Leittechnik	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.1/2	DWR 1300 08.90

2.14.2 Meßeinrichtungen

Die Messung der wichtigen Betriebsgrößen der Reaktoranlage ist zur Information des Wartepersonals sowie für Reaktorschutz-, Begrenzungs-, Regelungs- und Steueraufgaben von Bedeutung. Die einwandfreie Funktion der Anlage hängt wesentlich von diesen Messungen ab.

Grundsätzlich werden bei der Erfassung der Betriebsgrößen Meßwertgeber verwendet, die den Meßwert in ein elektrisches Signal umwandeln.

Redundante Meßkanäle sind räumlich und elektrisch getrennt. Eine Vermischung findet nicht statt.

Die räumliche Anordnung der Meßumformer ist nach folgenden Gesichtspunkten ausgelegt:

- Zusammenfassung der Meßumformer in Meßumformerschränken mit zulässigen Umgebungsbedingungen für die Elektronik
- eigene Meßumformerräume für jede Redundanz
- kurze, kreuzungsfreie Leitungswege von den Meßstellen zu den Meßumformerräumen unter Berücksichtigung des Redundanzprinzips
- zur Erzielung der Störfallfestigkeit Aufteilung der Meßumformerräume in Räume, die innerhalb und außerhalb des Sicherheitsbehälters liegen.

2.14.2.1 Neutronenflußmeßeinrichtungen

(Tab. 2.14.2.1/1 u. 2; Abb. 2.14.2.1/1 bis 3)

Die Neutronenflußmeßeinrichtungen umfassen die folgenden Systeme:

- Kernaußenmeßsystem (Neutronenfluß-Außeninstrumentierung),
- Kerninnenmeßsystem (Inkerninstrumentierung).

Die Einrichtungen zur Messung der Neutronenflußdichte außerhalb des Reaktor-druckbehälters (Kernaußenmeßsystem) liefern die Signale zur Überwachung der integralen Kernleistung. Weiterhin dienen sie zur Bildung von Signalen zur Über-

wachung der makroskopischen Leistungsverteilung im Kern. Die Signale werden insbesondere im Reaktorschutzsystem verwendet.

Die Signale der Meßeinrichtungen im Reaktorkern (Kerninnenmeßsystem) dienen zur Bestimmung der dreidimensionalen Leistungsdichteverteilung, zur Überwachung und Begrenzung der Leistungsdichte und zur Begrenzung des minimalen DNB-Verhältnisses. Die Signale werden insbesondere in den Begrenzungseinrichtungen verwendet.

2.14.2.1.1 Kernaußenmeßsystem

Das Kernaußenmeßsystem (Neutronenfluß-Außeninstrumentierung) besteht aus folgenden Meßkanälen:

- eine Meßkanalgruppe für den Impulsbereich (Anfahrbereich)
- eine Meßkanalgruppe für den Mittelbereich
- eine Meßkanalgruppe für den Leistungsbereich
- ein Meßkanal für den Mittelbereich mit Anzeige in der Notsteuerstelle

Mit den außerhalb des Reaktordruckbehälters positionierten Detektoren wird die Kernleistung vom kalt unterkritischen Zustand bis 125 % der Nennleistung überwacht. Dabei ist ein Bereich der Neutronenflußdichte am Meßort von etwa 10 Dekaden zu erfassen. Zusammen überdecken der Impulsbereich und der logarithmische Mittelbereich den Gesamtbereich bis zur Nennleistung. Dabei umfaßt der Impulsbereich die unteren ca. 7 Dekaden, der logarithmische Mittelbereich die oberen ca. 6 Dekaden. Der lineare Leistungsbereich erfaßt die beiden oberen Dekaden des Gesamtbereiches. Zusätzlich zu den obengenannten Kanälen ist ein weiterer Mittelbereichskanal (logarithmischer Gleichstromkanal) vorhanden, der sein Signal unmittelbar in die Notsteuerstelle liefert.

Die Meßbereiche und die räumliche Anordnung des Kernaußenmeßsystems sind in Abb. 2.14.2.1/1 dargestellt. Die Meßfühler (Zählrohre und Ionisationskammern) sind in Gliederzüge (Meßsonden) eingebaut, die an Stahlseilen hängen und in Meßkammerführungsrohren zu ihrer Meßposition abgelassen werden. Aus Abb. 2.14.2.1/1 und Tabelle 2.14.2.1/1 gehen die Anzahl der Meßkammerführungsrohre, ihre Verteilung um den Reaktordruckbehälter im Innenschild des zweiteiligen Reaktorschildes, sowie ihre Bestückung mit Meßsonden hervor.

Die redundanten Meßkanäle der Neutronenfluß-Außeninstrumentierung sind den redundanten Scheiben des Schaltanlagegebäudes zugeordnet und räumlich getrennt angeordnet. Dies gilt insbesondere für die Trassierung der Kabel, die Durchführungen durch den Sicherheitsbehälter und die Unterbringung der Geräte für die Signalverarbeitung in den Scheiben des Schaltanlagegebäudes. Die elektronischen Baugruppen der Neutronenfluß-Außeninstrumentierung sind in eigenen Meßschränken zusammengefaßt, wobei die redundanten Schrankgruppen in verschiedenen Scheiben aufgestellt sind.

Die Hochspannungsversorgung der Meßfühler und die Spannungsversorgung der Baugruppen werden überwacht; Ausfälle werden gemeldet. Analogsignale werden ausgekoppelt u. a. zum Reaktorschutzsystem, zur Anzeige und Registrierung.

Impulsbereich

Mit den redundanten Meßkanälen des Impulsbereiches (Anfahrbereich) werden die ca. 7 unteren Dekaden der Neutronenflußdichte überwacht. Als Meßfühler werden neutronenempfindliche Zählrohre verwendet. Zu jedem Meßkanal gehört ein Gliederzug, der die Meßfühler und den zugehörigen Vorverstärker aufnimmt. Bei Leistungsbetrieb werden die Gliederzüge aus dem Bereich hoher Neutronenflußdichte zurückgezogen.

Mit Ausnahme der Vorverstärker zur Verstärkung der Zählrohrimpulse sind alle elektronischen Baugruppen für die Hochspannungsversorgung der Zählrohre, Stromversorgung der Vorverstärker und die Signalverarbeitung in den Meßschränken im Schaltanlagegebäude untergebracht. Die Signalverarbeitung umfaßt u. a. die Unterdrückung von Gamma-Impulsen, die Zählratenmessung mit logarithmischem Meßbereich sowie die Bildung eines Analogsignals „relative Flußänderungsgeschwindigkeit“.

Mittelbereich

Mit den redundanten Meßkanälen des logarithmischen Mittelbereiches werden die oberen ca. 6 Dekaden der Neutronenflußdichte (bis zur Nennleistung) erfaßt. Als Meßfühler werden gamma-kompensierte, neutronenempfindliche Ionisati-

ionskammern verwendet. Die Meßfühler sind in die Gliederzüge für die Meßfühler des Leistungsbereiches eingebaut.

Alle Baugruppen für die Hochspannungsversorgung der Meßfühler und die Analogsignalverarbeitung sind in den Meßschränken im Schaltanlagegebäude untergebracht. Eine Ausnahme bildet der zusätzliche Meßkanal, der sein Signal unmittelbar in das Notspeisegebäude zur Anzeige in der Notsteuerstelle liefert. Bei diesem Kanal sind die Baugruppen im Notspeisegebäude untergebracht. Die Analogsignalverarbeitung umfaßt die Messung des Kammerstromes mit logarithmischem Meßbereich und die Bildung eines Signals „relative Flußänderungsgeschwindigkeit“ (letzteres Signal wird für den Meßkanal mit Anzeige in der Notsteuerstelle nicht gebildet).

Leistungsbereich

Mit dem aus mehreren redundanten Meßkanälen bestehenden Leistungsbereich werden die beiden oberen Dekaden der Neutronenflußdichte bis 125 % der Nennleistung überwacht. Als Meßfühler werden unkompenzierte neutronempfindliche Ionisationskammern eingesetzt. Eine Gamma-Kompensation der Kammern ist nicht erforderlich, da der durch die Gammastrahlung erzeugte Ionisationsstrom im Vergleich zu dem durch Neutronen erzeugten bei Leistungsbetrieb vernachlässigt werden kann. Die Meßfühler der einzelnen Meßkanäle des Leistungsbereiches sind so in die Gliederzüge eingebaut, daß sie nahezu die ganze Kernhöhe überdecken und sich eine Zuordnung von Meßfühlern zu unterer und oberer Kernhälfte ergibt.

Alle Baugruppen für die Hochspannungsversorgung der Meßfühler und die Analogsignalverarbeitung sind in den Meßschränken im Schaltanlagegebäude untergebracht. Die Analogsignalverarbeitung umfaßt die Strommessung mit linearem Meßbereich, getrennt für die der oberen und unteren Kernhälfte zugeordneten Meßfühler, und die Kalibriermöglichkeit der Signale in Prozent der Nennleistung.

2.14.2.1.2 Kerninnenmeßsystem

Das Kerninnenmeßsystem besteht aus folgenden Systemen:

- Kugelmeßsystem (KMS)
- Leistungsverteilungsdetektor-System (LVD-System).

Das diskontinuierlich arbeitende KMS dient zur genauen Bestimmung der Leistungsverteilung im Reaktorkern. Das Meßprinzip beruht auf der Aktivierung von vanadiumhaltigen Stahlkugeln im Neutronenfluß des Kerns und Messung der Gamma-Aktivität der Kugeln. Diese Aktivität ist ein Maß für die lokale Neutronenflußdichte im Kern.

Das kontinuierlich messende LVD-System dient zur Überwachung der Leistungsverteilung, zur Regelung der axialen Leistungsdichteverteilung und zur Begrenzung der Leistungsdichte im Kern. Zu diesem Zweck sind Sonden mit fest installierten Leistungsverteilungsdetektoren (LVD) in den Kern eingesetzt. Die LVD werden mit Hilfe des Kugelmeßsystems kalibriert.

Konstruktion und Anordnung

Mechanische Grundeinheit des Kerninnenmeßsystems ist die Instrumentierungslanze. An einem Joch, das zwischen den Steuerstabführungseinsätzen auf der Deckplatte des oberen Kerngerüsts aufliegt, hängen Führungs- und Schutzrohre (Finger), in welchen entweder eine Kugelmeßsonde (KMS-Finger) oder mehrere über die Kernhöhe verteilte LVD sowie in Höhe des BE-Kopfes Thermoelemente untergebracht sind (LVD-Finger). KMS-Finger und LVD-Finger werden zur Instrumentierungslanze zusammengefaßt. Die Finger werden in Steuerstabführungsrohren von Brennelementen, die nicht mit Steuerelementen besetzt sind, geführt. Die Thermoelemente dienen zur Messung der Temperatur des aus den Brennelementen austretenden Kühlmittels (s. Abschn. 2.14.2.2).

Tabelle 2.14.2.1/2 und Abb. 2.14.2.1/2 geben einen Überblick über die Anzahl der Instrumentierungslanzen, ihre Bestückung mit Kugelmeßsonden und LVD-Fingern sowie ihre Verteilung im Kern mit axialer Positionierung im Vergleich zum Kernaußenmeßsystem.

Die Kugelmeßsonden und Detektorkabel werden nach oben aus dem Finger herausgeführt, auf dem Joch zusammengefaßt und über den Lanzenschaft, der sich

vom Joch nach oben fortsetzt, druckdicht aus dem Reaktordruckbehälter (Deckel) herausgeführt.

Die Kugelaufrohre des KMS werden anschließend über die Kabelbrücke oberhalb des Reaktordruckbehälterdeckels und eine Steckerplatte aus dem Reaktorraum herausgeführt. Von dort laufen die Kugelaufrohre zum Meßraum des KMS im Sicherheitsbehälter. Die Kabel der LVD und BE-Austrittstemperaturmessung werden ebenfalls über die Kabelbrücke zu einer Steckerplatte in der Wand des Reaktorraumes geführt. Dabei erfolgt die Zuordnung der LVD und Thermoelemente zu den Scheiben des Schaltanlagegebäudes. Entsprechend räumlich getrennt, erfolgt die weitere Trassierung der Kabel über die Durchführungen im Sicherheitsbehälter bis hin zu den Geräten für die Signalverarbeitung im Schaltanlagegebäude. Die elektronischen Baugruppen für die LVD-Signalverarbeitung sind in den einzelnen Scheiben in eigenen Meßschränken des Kerninnenmeßsystems untergebracht.

Kugelmeßsystem

Das Kugelmeßsystem KMS ist ein elektromechanisches, rechnergesteuertes Betriebsmeßsystem zur Bestimmung der relativen Neutronenflußdichteverteilung innerhalb des Reaktorkerns. Diese wird dabei an 28 ausgewählten Brennelementpositionen gemessen über eine Säule aus vanadiumhaltigen Stahlkugeln von etwa 1,7 mm \varnothing , deren Länge der Kernhöhe entspricht (s. Abb. 2.14.2.1/2).

Das Prinzipschaltbild des KMS ist in Abb. 2.14.2.1/3 dargestellt.

Ein KMS-Rechner steuert die gesamten Meß- und Prüfabläufe, berechnet die Aktivierungswerte aus den gemessenen Impulszahlen und überträgt diese über eine Rechnerkopplung an den Verarbeitungsrechner.

Dieser berechnet daraus unter Einbeziehung von Ergebnissen theoretischer Rechenmodelle sowie weiterer Prozeßdaten die dreidimensionale Leistungsdichteverteilung im Reaktorkern sowie mit weiteren Programmen z. B.

- Kalibrierfaktoren für das Leistungsverteilungs-Detektor-System
- DNB-Verlauf in den beiden höchstbelasteten Brennelementen
- Abbrandverteilung und Isotopenzusammensetzung.

Der KMS-Rechner übernimmt für eine Kugelmessung folgende Aufgaben

- Ablaufsteuerung des Meßvorganges
- Überwachung des Meßvorganges
- Erfassung der Impulszahlen
- Berechnung der Aktivierungswerte einer Kugelmessung
- Übergabe der Aktivierungswerte einer Kugelmessung an den Verarbeitungsrechner
- Steuerung von Funktionsprüfungen des Systems
- Protokollierung aller relevanten Daten
- Sicherung von bis zu 100 Datensätzen von Kugelmessungen

Die Kugelsäulen werden pneumatisch (mittels Stickstoff) in den Reaktorkern befördert und dort durch Neutronen aktiviert. Nach Ablauf der Bestrahlungszeit werden sie zur Messung der Aktivität in den Meßtischraum transportiert. Die Aktivität der Kugeln ist proportional zur Neutronenflußdichte und damit zur Leistungsdichte am Ort der Aktivierung.

Entsprechend der Aufteilung des Systems in 4 Teilsysteme befinden sich jeweils 4 Transportröhrchen der Kugelmeßsonden unter den 7 Meßbalken, wobei jeder Balken mit 32 Halbleiterdetektoren bestückt ist.

Die 4 Teilsysteme haben eigene Ventilsteuerung mit redundanter Spannungsversorgung für das pneumatische Transportsystem und können daher unabhängig voneinander betrieben werden.

Durch Steuerbefehle angeregt wird jeweils ein Detektor pro Balken über Koaxialrelais für die Meßzeit mit der Meßelektronik und einem Impulszähler verbunden.

Die am Ende der Meßzeit aufgelaufenen Impulszahlen der einzelnen Meßkanäle werden zur weiteren Datenverarbeitung an den KMS-Rechner transportiert, der alle zur Berechnung der Aktivierungswerte notwendigen Korrekturen durchführt.

Die 4 Teilsysteme werden nacheinander ausgemessen.

Das Kugelmeßsystem mißt die relative Neutronenflußdichteverteilung diskontinuierlich, mit minimalen Zeitabständen zwischen zwei Messungen von ca. 10 Minuten.

Innerhalb des Sicherheitsbehälters befinden sich die mechanischen Komponenten des KMS wie Transportsystem, Ventilbatterie, Meßtisch mit Meßtechnik sowie die Leistungsansteuerung der Ventile und Magnetanschläge des Transportsystems.

Die Verbindung zum KMS-Rechner stellt eine Prozeßeinheit über eine Druckglasdurchführung her.

Eine Datensichtstation dient zum Dialog mit dem KMS-Rechner, ein Drucker zur Protokollierung von Daten.

Die Funktionsprüfungen wie

- Nullratenmessung
- Rechnergestützte Kalibrierung
- Datenerfassung
- Restaktivitätsmessung

stellen hohe Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Verfügbarkeit sicher.

Leistungsverteilungsdetektoren-System

Das System der Leistungsverteilungsdetektoren (LVD-System) gestattet Messungen für die folgenden Zwecke:

- direkte Anzeige der maximalen Leistungsdichte im Reaktorkern
- Überwachung der Leistungsverteilung
- Begrenzungen der Leistungsdichte
- Regelung der axialen Leistungsdichteverteilung
- Begrenzung des minimalen DNB-Verhältnisses

Das System besteht aus mehreren LVD-Meßsonden (LVD-Finger), die über den Kernquerschnitt verteilt sind.

Als Meßfühler werden n , β -Detektoren eingesetzt, die Stromsignale liefern. In jeder Sonde (LVD-Finger) sind 6 dieser kontinuierlich messenden Leistungsverteilungsdetektoren über die Kernhöhe verteilt angeordnet.

Alle Baugruppen für die Analogsignalverarbeitung sind in den redundanten Meßschränken im Schaltanlagegebäude untergebracht. Diese Signalaufbereitung umfaßt u. a. die Strommessung mit linearem Meßbereich, die Unterdrückung von Störsignalen und Korrektur von Untergrundsignalen sowie die Kalibriermöglichkeit der Signale.

Die Stromversorgung der Baugruppe wird überwacht; bei Ausfall erfolgt Meldung. Die Analogsignale werden u. a. ausgekoppelt zu den Begrenzungen, zur Anzeige und Registrierung.

Die Kalibrierung der LVD erfolgt mit Hilfe des Kugelmeßsystems. Jedem Detektor wird dazu eine bestimmte Kernzone zugewiesen. Die Meßfühler werden bei Referenzzuständen auf die maximale Brennstabbelastung in der zugeordneten Überwachungszone kalibriert. Die Kalibrierfaktoren werden von Überwachungsrechnern ermittelt.

2.14.2.1.3 Prüfungen und Inspektionen

Die Prüfungen und Inspektionen der Neutronenflußmeßeinrichtung umfassen Kontrollen, Kalibrierungen und Funktionsprüfungen der einzelnen Meßkanäle.

2.14.2.1.3.1 Kernaußenmeßsystem

Prüfungen während des Leistungsbetriebes

Die Kontrollen bestehen aus der qualitativen Beurteilung der Anzeigen der Meßkanäle und ihres Verhaltens während des Leistungsbetriebes. Dabei werden die Meßwerte mit denen aus redundanten Kanälen verglichen. Die Überwachungseinrichtungen zur Kontrolle der Spannungsversorgung der Elektronikbausteine, der Hochspannungsversorgung der Meßwertgeber und die Vergleiche zwischen den Anzeigen redundanter Meßstellen geben Meldung bei Auftreten von Fehlern und unterstützen diese Kontrollen.

Wegen der Änderung der radialen Leistungsverteilung während eines Abbrandzyklus werden Kalibrierungen der Leistungsbereichsmeßkanäle in bestimmten Zeitabständen durchgeführt. Basis für diese Kalibrierung ist die thermische Reaktorleistung, die über eine Wärmebilanz ermittelt wird.

Eine Funktionsprüfung der Meßkanäle kann u. a. in festgelegten Zeitabständen durch Einspeisung simulierter Signale mit Hilfe von Prüfgeneratoren durchgeführt werden. Dabei können nicht nur die Ausgangssignale, sondern auch das Ansprechen von Grenzsingalgebern (z. B. im Reaktorschutzsystem) überprüft werden.

Wiederkehrende Prüfungen

Während des Brennelementwechsels wird das Kernaußenmeßsystem in ähnlicher Weise überprüft wie bei der Inbetriebsetzung. Solche Prüfungen umfassen z. B. die Prüfungen der neutronenempfindlichen Zählrohre mit Hilfe einer Neutronenquelle, die Messung von Isolationswiderständen und die Prüfung der Elektronikbaugruppen mit Prüfgeneratoren.

2.14.2.1.3.2 Kerninnenmeßsystem

Prüfungen während des Leistungsbetriebes

Die Kontrollen des Kerninnenmeßsystems umfassen im wesentlichen Plausibilitätskontrollen von Meßwerten und Meßergebnissen. Als Beispiele seien genannt die Überprüfung von Aktivierungswerten beim KMS und der Vergleich mit Erwartungswerten sowie der Vergleich von Soll- und Istanzeigen der LVD.

Die Kalibrierung der Detektoren des KMS erfolgt, wenn keine Detektoren ausgefallen sind, in größeren Zeitabständen mit Hilfe einer Gamma-Quelle. Bei Ausfall eines Detektors ist das Auswechseln und Kalibrieren des neuen Detektors mit Hilfe dieser Quelle auch während des Leistungsbetriebes möglich. Die Kalibrierung der LVD erfolgt bei Referenzzuständen mit Hilfe des KMS. Die Kalibrierfaktoren werden dabei vom Überwachungsrechner ermittelt.

Eine Funktionsprüfung beim KMS erfolgt in der Regel durch die eingebauten Prüfprogramme (teilweise automatisch bei jeder Messung) und beim LVD-System bei jeder Messung mittels Kugelmeßsystem anhand der aus Soll- und Istwerten vom Überwachungsrechner ausgegebenen Kalibrierfaktoren. Bei anormalem Verhalten von Meßwerten kann die Signalverarbeitung durch Einspeisen simulierter Signale mit Hilfe von Prüfgeneratoren überprüft werden.

Wiederkehrende Prüfungen

Zusätzlich zu den während des Leistungsbetriebes vorgenommenen Prüfungen werden während des Brennelementwechsels u. a. Isolationswiderstände der LVD überprüft, die Korrektur des Untergrundsignals bei den LVD-Meßkanälen eingestellt und falls erforderlich die Detektoren der KMS kalibriert.

Tabelle 2.14.2.1/1

Neutronenfluß-Kernaußenmeßsystem

Meßkammerführungsrohre, Meßsonden und Meßkanäle

Bereich (Verwendung)	Zahl der Meßkammer- führungsrohre	Position (s. Abb. 2.14.2.1/1)	Zahl der Gliederzüge (Meß- sonden)	Zahl der Meßkanäle
Anfahrbereich (Reaktorschutz)	2	ca. 90 ° ca. 270 °	2	2
Mittelbereich (Reaktorschutz)	*)	*) ca. 45° *) ca. 225° *) ca. 315°**)	*)	3
Mittelbereich (Notsteuerstelle)	*)	*) ca. 135°	*)	1
Leistungsbereich (Reaktorschutz)	4	ca. 45° ca. 135° ca. 225° ca. 315°	4	4
Sonderinstrumentierung (z. B. BE-Wechsel)	1	ca. 270°	***)	***)

*) Keine getrennten Meßkammerführungsrohre, Meßfühler in die Meßsonden des Leistungsbereiches eingebaut

***) Ein Kanal ist ausgelegt entsprechend den aus einem Kühlmittelverluststörfall resultierenden Anforderungen

***) Das Meßkammerführungsrohr ist nicht instrumentiert

Tabelle 2.14.2.1/2

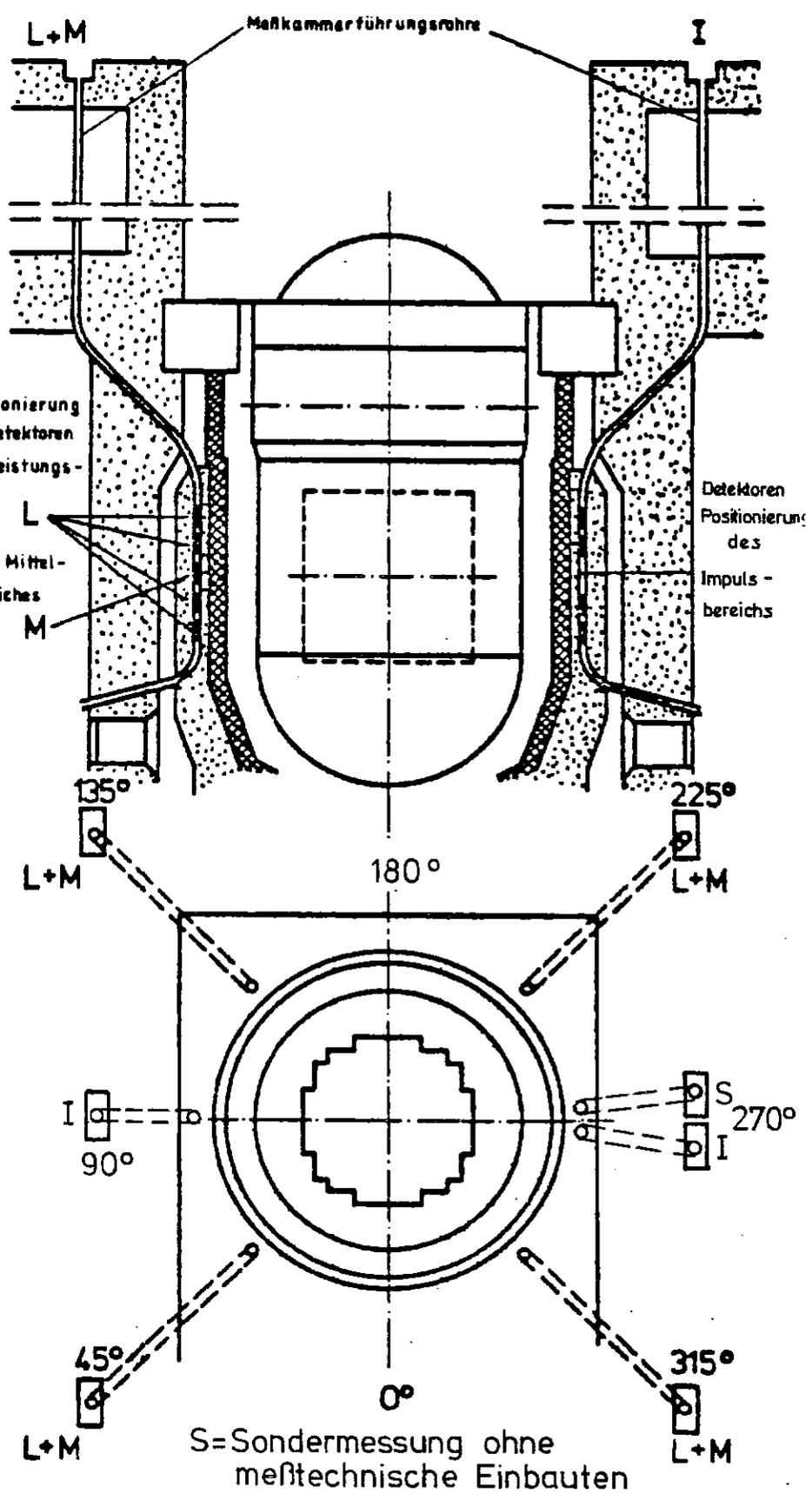
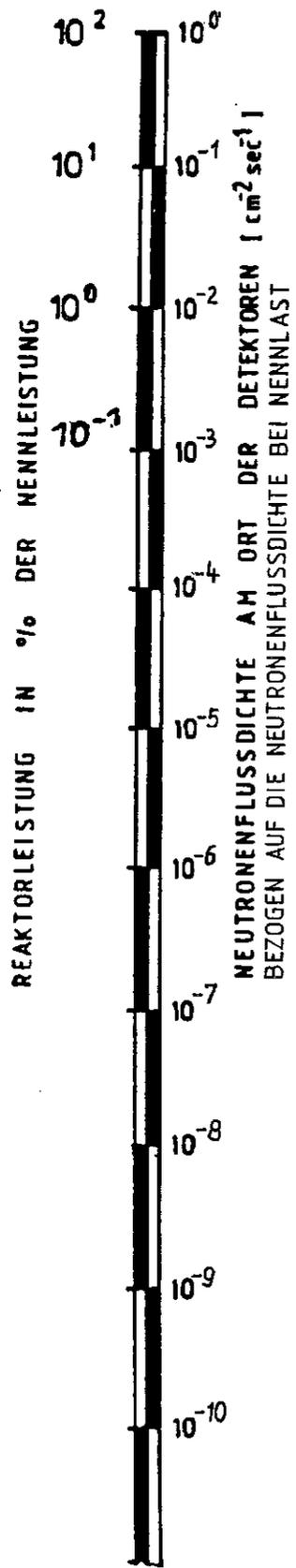
Neutronenfluß-Kerninnenmeßsystem
Anzahl und Position der Komponenten

Komponenten	Anzahl	Position (s. Abb. 2.14.2.1/3)
Instrumentierungslanzen	8	B4, B12; D14, G15, I1, M2, O4, O12, *)
Kugelmeßsonden	28	
Detektorfinger	8	I6, G10, C4, I2, O5, N12, G14, B11
LVD pro Detektorfinger	6	**)
LVD gesamt	48	-
Thermoelemente pro Detektorfinger	3	**)
Thermoelemente gesamt	24	

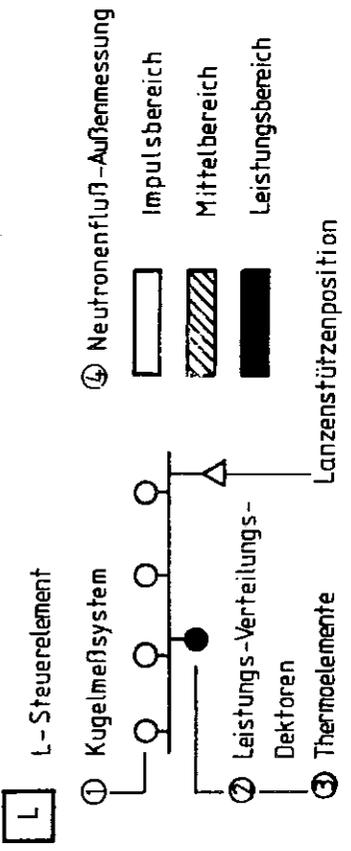
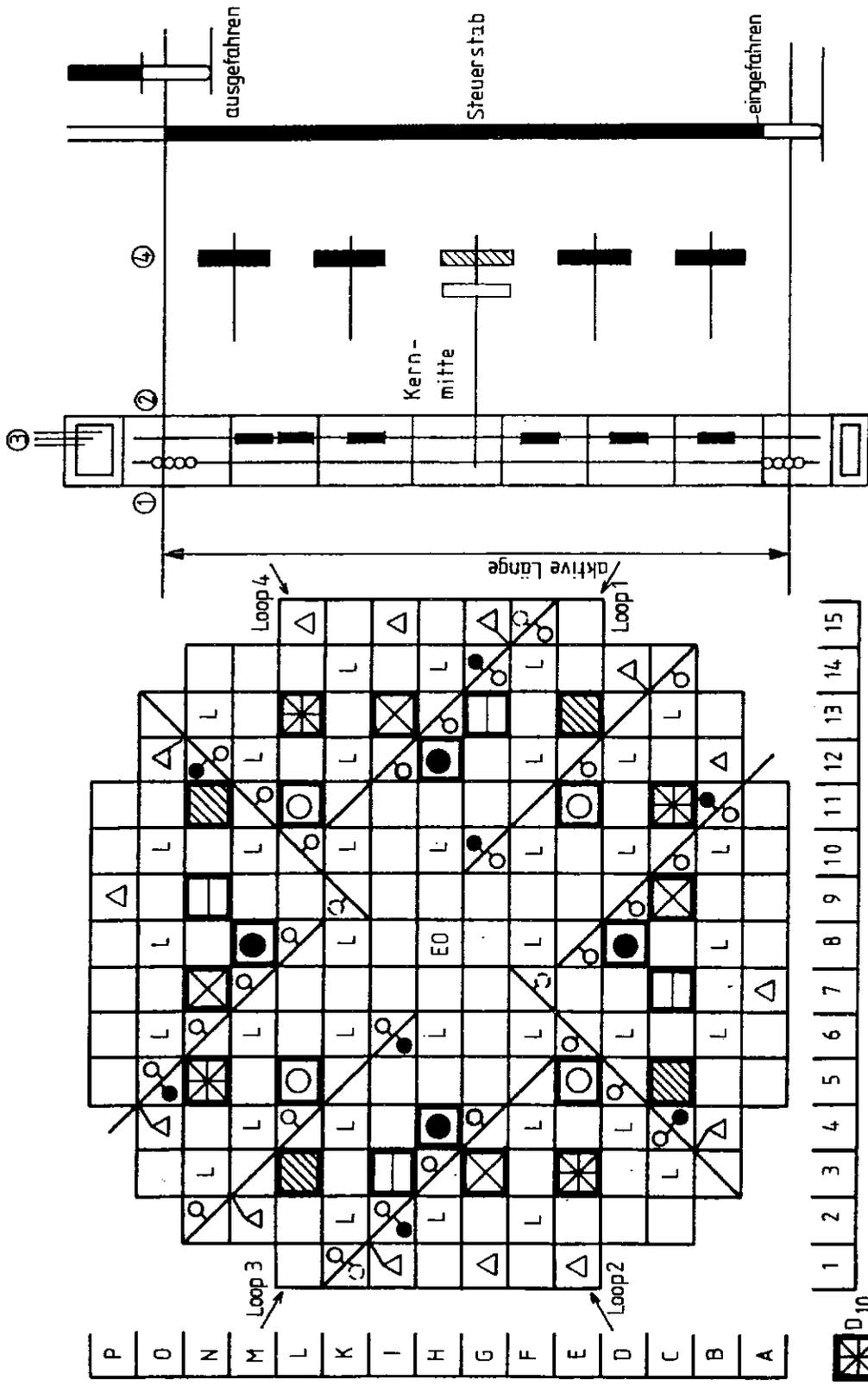
Bestückung der Lanzen mit Kugelmeßsonden und Detektorfingern:

- 4 mit je 4 Kugelmeßsonden und 1 Detektorfinger
 - 4 mit je 3 Kugelmeßsonden und 1 Detektorfinger.
-

*) Positionen der Instrumentierungsstutzen
 **) axiale Position siehe Abb. 2.14.2.1/3
 LVD = Leistungsverteilungsdetektoren

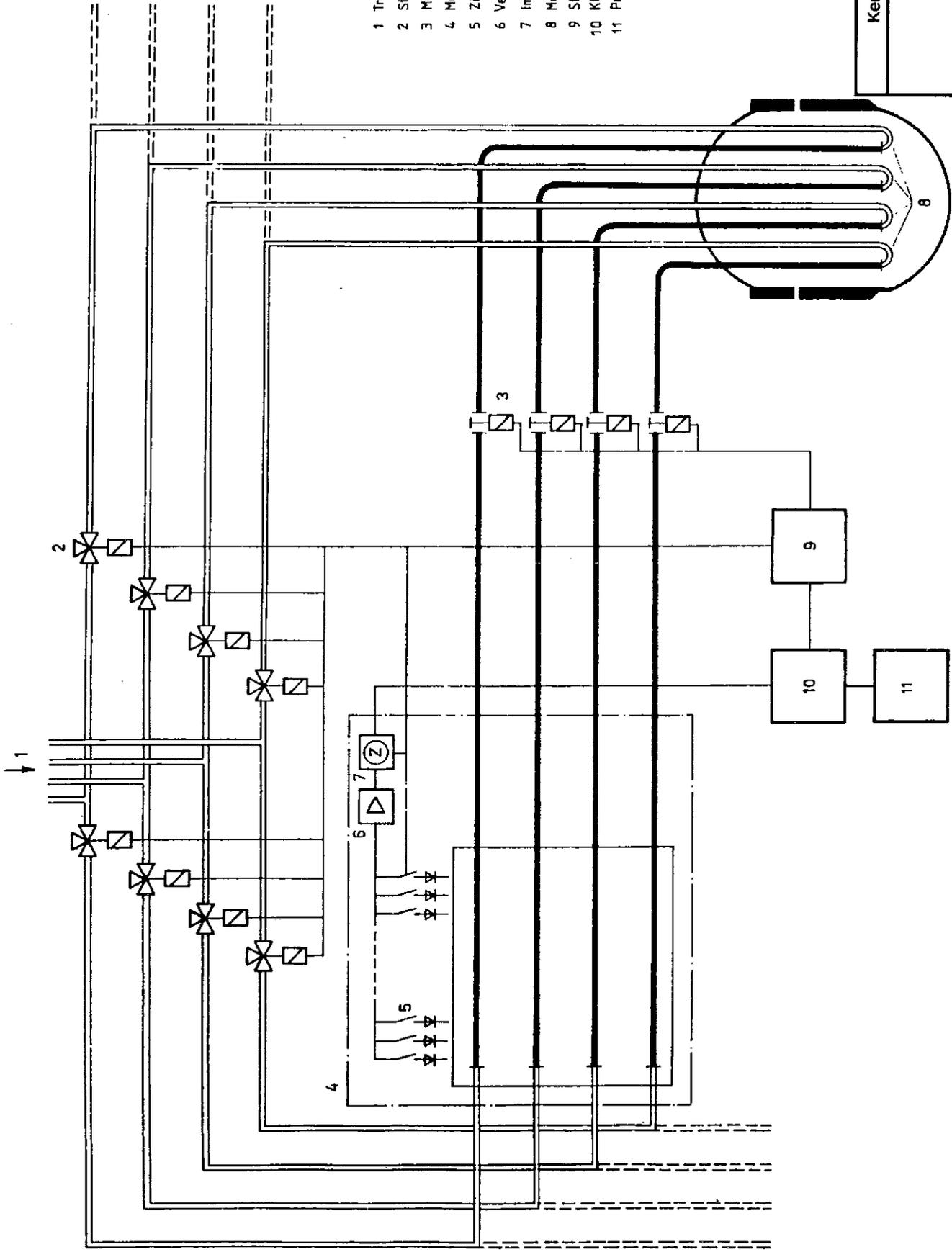


Kernkraftwerk Stendal C/D	
Neutronenfluß-Außeninstrumentierung Meßbereiche u. räumliche Anordnung der Detektoren	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.2.1/1	DWR 1300 08.90



Kernkraftwerk Stendal C/D
 Neutronenflußmeßeinrichtungen
 und Steuerelementanordnung
 Prinzipdarstellung

SIEMENS Energieerzeugung KWU
 Abb.: 2.14.2.1/2
 DWR 1300 08.90



- 1 Treibgaszuleitung
- 2 Servventile
- 3 Magnetanschlag
- 4 Meßstrecke "n"-fach vorhanden
- 5 Zählstadien 32 Stück je Meßstrecke
- 6 Verstärker
- 7 Impulszähler
- 8 Meßsonden (KMS-Finger) "nx4fach" vorhanden
- 9 Steuereinheit
- 10 Kleinrechner
- 11 Prozeßrechner

— Kugelführungsrohr
 = Gasleitungen

Kernkraftwerk Stendal C/D	
Kugelmeßsystem Prinzip Schaltbild	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.2.1/3	DWR 1300 08.90

2.14.2.2 Sondermessungen im Reaktordruckbehälter

2.14.2.2.1 Brennelementaustrittstemperaturmessung

In jedem Detektorfinger des LVD-Systems sind in Höhe des Brennelementkopfes Thermoelemente eingebaut. An diesem Meßort oberhalb der aktiven Kernzone wird die Temperatur des Kühlmittels nach Austritt aus dem Brennelement erfaßt. Die Zuordnung der Thermoelemente zu den Scheiben des Schaltanlagegebäudes entspricht derjenigen des jeweiligen LVD-Fingers.

Außerhalb des Sicherheitsbehälters sind Thermostate für die Vergleichstemperaturmeßstellen (Referenztemperatur) im Ringraum installiert.

Die BE-Austrittstemperaturmessung ist für Belastungen infolge eines Kühlmittelverluststörfalls ausgelegt und gehört gemäß KTA 3502 zur Störfallinstrumentierung.

Alle Baugruppen für die Stromversorgung der Thermostate und die Analogsignalverarbeitung sind in den Meßschränken der Kerninstrumentierung im Schaltanlagegebäude untergebracht. Analogsignale werden ausgekoppelt u. a. für Anzeige und Registrierung.

Die BAT-Messung wird über Vergleich redundanter Meßwerte kontrolliert.

Eine Funktionsprüfung der BAT kann während des Leistungsbetriebes ohne Eingriff in die Verdrahtung mit Prüfgeräten vorgenommen werden.

Z. B. während Brennelementwechsel wird die BAT-Messung bei isothermem Reaktor wiederkehrend geprüft.

2.14.2.2.2 Füllstandsmessung im RDB

In 2 unbesetzte RDB-Deckelstutzen werden Sonden mit je 3 Meßfühlern - je 1 Fühler ca. 1,5 m über „Mitte Stutzen Hauptkühlmittelleitung“ und je 2 Fühler mit ganz geringem Höhenversatz in Höhe „Mitte Stutzen“ - eingesetzt. Mit dieser Anordnung ist es möglich, ein Absinken des RDB-Füllstandes schon etwa 1,5 m

über Mitte Stutzen mit zwei Fühlern zu erkennen, sowie ein Absinken des RDB-Füllstandes unter Mitte Stutzen mit 2 x 2 Fühlern in einem engen Bereich (wenige Zentimeter) messen zu können.

Mit den 4 Meßfühlern in Höhe „Mitte Stutzen“ wird bei KMV-Störfällen die Wirksamkeit der Notkühleinrichtungen überwacht.

Die beiden höher angeordneten Meßfühler dienen zur Anzeige bzw. Überwachung einer etwaigen Deckelblase.

Die RDB-Füllstandsmessung gehört gemäß KTA 3502 zur Störfallinstrumentierung.

Die RDB-Füllstandsmessung basiert auf einem elektrothermischen Meßprinzip, wobei die stark unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit der Medien flüssiges Wasser und Wasserdampf genutzt wird.

Bei einem Wechsel des Mediums verändert sich wesentlich der elektrische Widerstand des beheizten gegenüber dem des unbeheizten wendelförmigen Meßwiderstandes, welche beide Bestandteil einer Brückenschaltung sind. Die Meßwiderstände sind in Sonden in Höhe des zu messenden Füllstandes im RDB angeordnet. Beim Absinken des Füllstandes unter die Fühlerhöhenkote wird ein Signal zur Ansteuerung von Grenzwertgebern gebildet (Fühler mit Wasser bedeckt ja/nein).

2.14.2.2.3 RDB-Deckeltemperaturmessung

Besteht die Notwendigkeit, das RKS ohne laufende Hauptkühlmittelpumpen abzufahren, so nimmt aufgrund der geringen Druckdifferenz im Naturumlauf ein Teil des Kühlmittels oberhalb der oberen Deckplatte des Kerngerüsts nicht am Umlauf teil. Dieses Totwassergebiet kühlt sich nur durch Strahlung und Konvektion ab, mit Gradienten von 1 K/h bis 2 K/h. Bei Absinken der mittleren Kühlmitteltemperatur und des Druckes im RKS kommt es bei Erreichen des zugehörigen Sättigungsdruckes zur Ausbildung einer Dampfblase im Reaktordruckbehälter-Deckelraum. Ein geeignetes Meßverfahren zur Identifizierung einer Dampfblase im Deckelraum ist die Messung der Außentemperatur des RDB-Deckels, die im stationären Betrieb nahe der mittleren Kühlmitteltemperatur liegt. Die Identifi-

zierung einer Dampfblase erfolgt durch Vergleich der Deckeltemperatur mit dem „Kühlmitteldruck“, darüberhinaus kann der jeweilige Siedeabstand abgeschätzt werden. Ergänzt wird diese Messung der RDB-Deckeltemperatur durch eine Temperaturmessung an der RDB-Entlüftungsleitung. Bei freigeschalteter Entlüftungsleitung in Richtung Abblasebehälter kann die Temperatur des Kühlmittels aus dem RDB-Deckelraum gemessen werden.

Als Meßfühler sind Mantelthermoelemente vorgesehen, die für einen Einsatz bis zu Temperaturen von ca. 1000 °C ausgelegt sind.

Drei Mantelthermoelemente werden auf dem RDB-Deckel in verschiedenen Höhen auf einem Meridian, ein Thermoelement an der RDB-Entlüftungsleitung in Strömungsrichtung hinter der Motorarmatur im Reaktorraum angebracht. Die Metallmantelkabel der Thermoelemente werden in einen Zwischenkasten eingeführt, der auf der festen Deckelisolierung montiert ist. Von dort werden die Signale mittels eines Systemkabels über eine Steckerplatte in der Wand des Reaktorraumes und über eine Durchführung im Sicherheitsbehälter zu einem Thermostaten (Vergleichsmeßstelle) übertragen. Von dort gelangen die Signale zum Meßschrank im Schaltanlagegebäude, wo sie mittels Meßumformer mit Meßbereich 0 - 400 °C aufbereitet werden. Die Anzeige der Signale erfolgt in der Warte.

2.14.2.3 Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung

Die Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung ist in Kapitel 3.3 beschrieben.

2.14.2.4 Konventionelle Meßeinrichtungen der Reaktoranlage

Unter konventionellen Meßeinrichtungen werden vor allem verstanden:

- Druckmessungen
- Füllstandsmessungen
- Temperaturmessungen
- Drehzahlmessungen
- Spannungsmessungen
- Frequenzmessungen
- Stellungsmessungen

Von diesen Meßeinrichtungen werden im folgenden einige beispielhaft erläutert.

Druckmessungen

Druckmessungen, z. B. an den Kühlmittelleitungen, haben folgenden Aufbau:

Über Wirkdruckleitungen sind die Druckmeßumformer mit den Meßstutzen in der Rohrleitung verbunden. Bis zur zweiten Absperrarmatur (außerhalb des Sicherheitsbehälters) ist die Wirkdruckleitung verstärkt ausgeführt, um mechanische Beschädigungen während der Montage zu verhindern und um während eines Störfalles einen erhöhten Schutz gegen eventuelle umherfliegende Splitter zu erhalten. Um bei den außerhalb des Sicherheitsbehälters gelegenen Meßumformern sicherzustellen, daß a) bei Reparatur eine Doppelabspernung möglich ist und b) bei einer eventuellen Leckage an den Wirkdruckleitungen außerhalb des Sicherheitsbehälters eine Absperrung innerhalb möglich ist, wird innerhalb des Sicherheitsbehälters in einem während des Leistungsbetriebes jederzeit begehbaren Raum eine Erstabsperrung (handbetätigt) installiert. Der Durchtritt der Wirkdruckleitung durch den Sicherheitsbehälter erfolgt über eine gasdichte und druckfeste Durchführung. Außerhalb des Sicherheitsbehälters ist in die Wirkdruckleitung ein Ventilblock eingefügt, der als zweite Absperrarmatur zum Spülen der Leitung und als Prüfanschluß dient.

Die Wirkdruckleitungen sind auf der gesamten Länge von der Druckentnahmestelle bis zum Meßumformer mit Gefälle verlegt, damit Gase in das Rohrleitungs-

system zurückweichen können und Gaspolster vor dem Meßumformer vermieden werden.

Die Meßumformer sind z. T. außerhalb des Sicherheitsbehälters im Ringraum angeordnet, um zu gewährleisten, daß sie auch während und nach einem Kühlmittelverluststörfall sicher funktionieren.

Die Druckmeßumformer bestehen aus einem Rohrfeder-Meßwerk mit einem induktiven Abgriffsystem und einem elektronischen Teil. In dem Rohrfeder-Meßwerk wird die Federbewegung in eine Drehung umgesetzt und so auf den Kern des induktiven Abgriffsystems übertragen, daß der Kern verschleiß- und reibungsfrei eine Hubbewegung ausführt. Das induktive Abgriffsystem gibt 2 Spannungen ab, die gleichgerichtet und gegeneinander geschaltet werden.

Diese jetzt dem Druck proportionale Spannung wird mit Hilfe eines Funktionsverstärkers mit Gegenkopplung in einen eingepprägten Gleichstrom umgewandelt. Durch den eingepprägten Strom gehen Änderungen der Leitungswiderstände durch Temperaturschwankungen nicht in die Messung ein. Das Rohrfeder-Meßwerk ist starr mit dem Differential-Transformator verbunden und durch das Fehlen von Reiblagern und Verschleißteilen völlig wartungsfrei.

Der Temperaturfehler des Rohrfeder-Meßwerkes ist durch Verwendung einer Stahlrohrfeder mit kleinem thermoelastischen Koeffizienten besonders gering.

Redundante Druckmeßstellen haben räumlich getrennte Wirkdruckleitungen mit redundanten Durchführungen im Sicherheitsbehälter. Die Wirkdruckleitungen enden in redundanten Meßumformerräumen, die an redundante Stromversorgungsleitungen angeschlossen sind.

Füllstandsmessungen

Die Füllstandsmessungen im Druckhalter und in den Dampferzeugern werden auf eine Differenzdruckmessung zurückgeführt. Zu diesem Zweck führen zwei Wirkdruckleitungen zu einem Differenzdruckgeber. Die eine Wirkdruckleitung mündet in den unteren wassergefüllten Teil des Druckhalters bzw. Dampferzeugers, die zweite Leitung führt zum oberen, dampfgefüllten Raum.

Durch konstruktive Maßnahmen ist sichergestellt, daß kein grober Meßfehler durch ein Dampfpolster in den Wirkdruckleitungen entstehen kann. Die Maßnahme besteht darin, daß die Wirkdruckleitung am Dampfraum des Druckhalters bzw. Dampferzeugers als Kondenstopf mit Vergleichssäule ausgebildet ist. Hierdurch wird für alle Betriebszustände eine definierte Vergleichssäule sichergestellt.

Die zwei Wirkdruckleitungen führen über die erste Absperrarmatur, die im begehbaren Raum im Sicherheitsbehälter liegt, zu den gasdichten und druckfesten Durchführungen durch den Sicherheitsbehälter. Daran schließen sich eine Zweitabspernung als Ventilkombination und der Differenzdruckmeßumformer an.

Temperaturmessungen

Es werden zwei Arten von Temperaturmeßgeräten verwendet, Thermoelemente und Widerstandsthermometer.

Sowohl Thermoelemente als auch Widerstandsthermometer sind mit einer Tauchhülse umgeben, um bei erforderlicher Reparatur die Meßwertgeber ohne Druckabsenkung auswechseln zu können.

Thermoelemente werden dort, wo es auf schnellste Meßwerterfassung ankommt, eingesetzt, da sie durch ihre geringe Masse viel schneller als Widerstandsthermometer auf Temperaturänderungen reagieren können.

Die Meßeinsätze für Widerstandsthermometer bestehen aus einer Platinwicklung mit mineralischer Isolation, die besonders erschütterungsfest ausgeführt ist. Zur Erzielung höchster Meßgenauigkeit werden die Widerstandsthermometer in Vierleiterschaltung betrieben.

Der Meßfühler für „schnelle und genaue Temperaturmessung“ besteht aus einem Widerstandsthermometer und zwei Thermoelementen in Temperatur-Tendenzschaltung, die zusammen in einem gemeinsamen Rohr eingebaut sind. Ein Thermoelement sitzt in der Spitze des Fühlers und kann schnellste Temperaturänderungen erfassen. Das zweite Thermoelement befindet sich im oberen Teil des Fühlers und ist mit dem Widerstandsthermometer thermisch ver-

bunden. Diese Schaltung verbindet die Vorteile des genauen Widerstandsthermometers mit denen der schnellen Thermoelemente.

Eingangs- und Ausgangstromkreis sind bei den Meßumformern für Temperaturmessung galvanisch von der Hilfsenergiequelle getrennt.

Drehzahlmessungen

An den Hauptkühlmittelpumpen wird die Drehzahl für das Reaktorschutzsystem gemessen. Auf der Motorachse der Kühlmittelpumpe wird ein ferromagnetisches Polrad befestigt. Bei drehender Motorwelle erzeugt der Impulsgeber eine Wechselspannung, deren Frequenz proportional zur Drehzahl der Welle ist. Im Meßumformer wird die drehzahlabhängige Frequenz in einen drehzahlabhängigen eingprägten Gleichstrom umgewandelt.

Spannungsmessung

Die Meßumformer für Wechsel-Spannung arbeiten nach dem Gleichrichtverfahren. Zwischen Meßeingang und Signalausgang besteht eine galvanische Trennung. Ein nachgeschalteter Verstärker formt das Spannungssignal in einen eingprägten Gleichstrom um.

Frequenzmessung

Die Eingangsgröße wird im Meßumformer einer Triggerstufe zugeführt, an dessen Ausgang eine Spannungs-Zeitfläche entsteht. In einer Verstärkerstufe werden die Spannungs-Zeitflächen aufintegriert und in einem der Frequenz proportionalen eingprägten Gleichstrom umgeformt.

Stellungsmessung am FD-Sicherheitsventil

Die Stellungsmessung arbeitet nach dem induktiven Verfahren. Die Fühlerspulen sind in einen speziell an die Armatur angepaßten Meßkopf eingebaut. Die Fühlerspulen sind für die an der Armatur auftretenden Temperaturen ausgelegt.

2.14.3 Steuer- und Regeleinrichtungen

2.14.3.1 Betriebliche Regelungen und Steuerungen (Abb. 2.14.3.1/1)

Die Steuer- und Regeleinrichtungen haben die Aufgabe, den Prozeß der Stromerzeugung durch nukleare Wärme in seinem bestimmungsgemäßen Betrieb (An- und Abfahren - Leistungsbetrieb) so zu führen, daß die vorgegebenen Prozeßgrößen und der zeitliche Ablauf eingehalten werden.

Der größte Teil der Steuer- und Regeleinrichtungen wird in einem jeweils zueinander kompatiblen elektronischen Bausteinsystem ausgeführt. Ausnahmen bilden die komponentengebundenen Steuer- und Regeleinrichtungen, wie z.B. Klima-, Druckluft-, Wasseraufbereitungsanlagen.

Durch die umfangreichen Vorsorge- und Überwachungsmaßnahmen, wie z.B. kurzschlußfeste Ausgänge, Fehler- und Laufzeitüberwachung, wird für eine hohe Zuverlässigkeit der Einrichtungen gesorgt.

Die Einrichtungen zur Reaktorleistungsregelung sind festverdrahtet ausgeführt. Die übrigen übergeordneten Regelungen und Steuerungen sind zur Erhöhung der Flexibilität in einer programmierbaren, digital arbeitenden Leittechnik aufgebaut. Die komponentengebundene Leittechnik („Lieferanten-E-Technik“) ist in der Regel wiederum festverdrahtet ausgeführt.

Für die Organisation der Informationsverarbeitung und -weitergabe sind in der digitalen Leittechnik die im folgenden beschriebenen Ebenen festgelegt (s. Abb. 2.14.3.1/1).

In der Prozeßleitebene, d. h. in der Warte mit Beobachtungs- und Bedieneinrichtungen, wird der Kraftwerksprozeß beobachtet und z. B. durch Vorgabe von Sollwerten für Regelungen gesteuert.

Die Kommunikationsebene übernimmt den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Automatisierungseinheiten der Prozeßleitebene, Gruppenleitebene und Rechnebene des Gesamtprozesses. Die Kommunikationsebene ist redundant aufgebaut.

Angeschlossen sind die Bedien- und Beobachtungssysteme, die Automatisierungsgeräte und die Rechneranlage.

In der Gruppenleitebene werden die leittechnischen Funktionen Steuerung, Regelung, Verknüpfung, Meldungsverarbeitung und Meßverarbeitung realisiert.

Außerdem wird von der Gruppenleitebene der Signaltransfer mit der Koppelleitebene und über die Kommunikationsebene mit der Prozeßleitebene, dem Rechner und mit anderen Automatisierungsgeräten vorgenommen.

Für den Aufbau der anwendungsspezifischen Aufgaben der leittechnischen Funktionen werden geeignete Software-Standardfunktionsbausteine verwendet.

Es werden speicherprogrammierbare Automatisierungsgeräte eingesetzt, die zur Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit in Zweifachredundanz mit automatischer Umschaltung vom gestörten zum aktiven Reservegerät ausgeführt werden.

In der Koppelleitebene ist der System- und Aggregateschutz installiert. Für den Aufbau der anwendungsspezifischen Aufgaben stehen im Anwenderprogramm Software-Standardfunktionsbausteine zur Verfügung. Ebenso übernimmt die Koppelleitebene den standardisierten Signalverkehr über den Peripheriebus (serielle/parallele Datenschnittstelle) zwischen Gruppen- und Einzelleitebene.

Jedes Koppelprozessorsystem besteht als Aktive-Reserve-Struktur aus jeweils zwei redundanten Prozessorbaugruppen, die intern als 2v2-System arbeiten. Die Koppelleitebene erfüllt sowohl die Anforderungen der Verfügbarkeit als auch der Sicherheit für den System- und Aggregateschutz.

Die Einzelleitebene bildet die Nahtstelle zum Prozeß.

Ihre Funktion ist die Ein- und Ausgabe sowie die Aufbereitung von Signalen (analog, binär, seriell), die Einzelsteuerung von Antrieben (Motoren, Magnetventile, Stellantriebe usw.), die Bildung von Grenzwerten sowie die Signalübertragung zum Koppelprozessor. Die hierfür notwendigen Funktionen werden als Firmware im jeweiligen Baugruppenprozessor abgelegt.

Redundanzkonzept

Von der Prozeßleitebene bis zu den Busschnittstellen der Einzelleiteebene sind die jeweiligen leittechnischen Einrichtungen grundsätzlich zweifach aufgebaut.

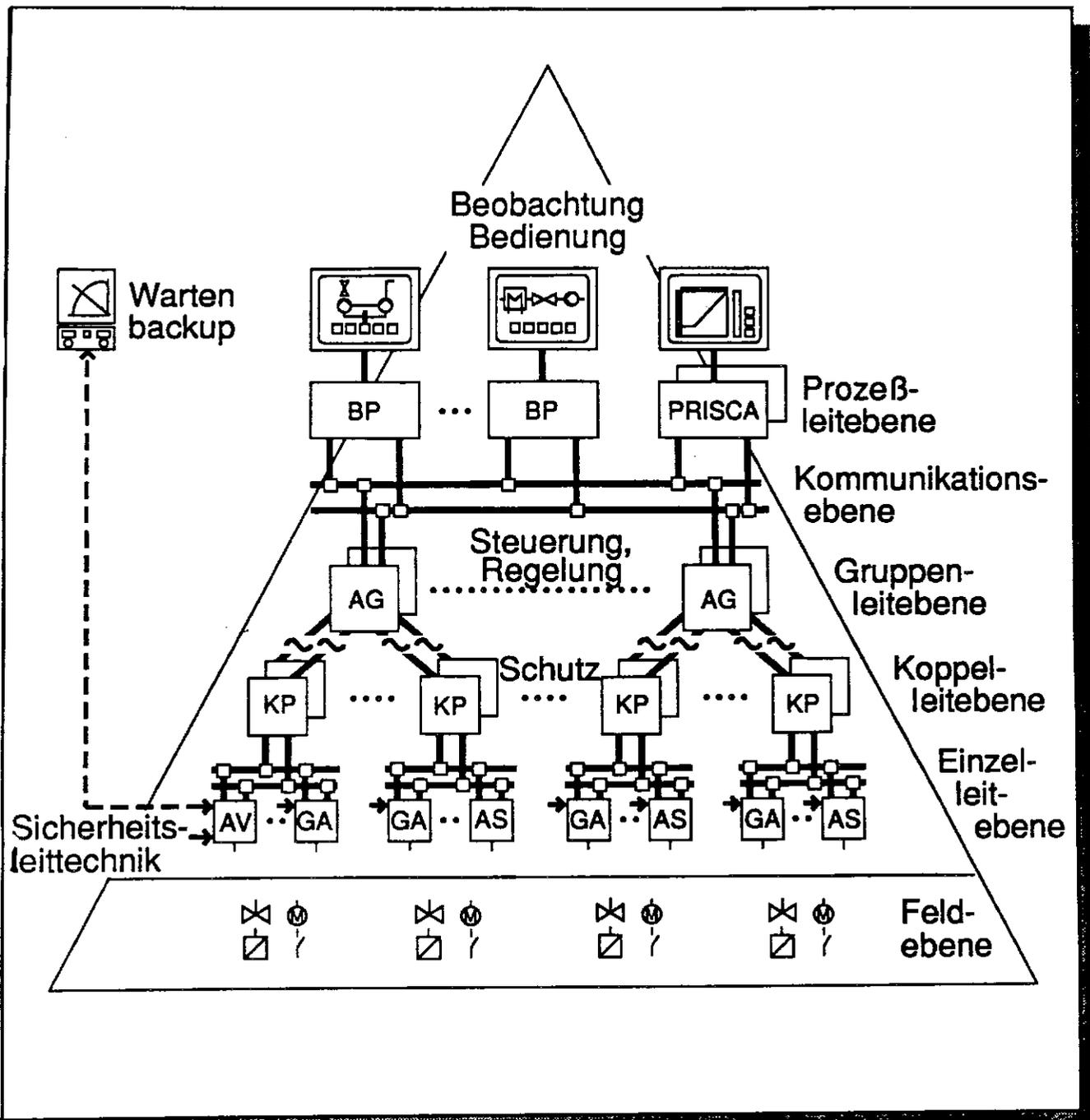
Im ungestörten Zustand des Prozeßleitsystems sind diese leittechnischen Einrichtungen nur einfach prozeßführend und der zweite Teil der Einrichtungen befindet sich in Reserve.

Bei Auftreten einer Störung wird automatisch von der prozeßführenden Einrichtung auf die in Reserve stehende Einrichtung umgeschaltet.

Es wird jedoch nicht die Summe aller Leittechnikeneinrichtungen umgeschaltet, sondern nur die als gestört erkannten.

In der Prozeßleitebene ist bei den Bedien- und Beobachtungseinrichtungen keine automatische Umschaltung erforderlich, da die Bedienplätze jeweils den vollen Funktionsumfang aller Bedienstationen abdecken können.

Das Bussystem der Kommunikationsebene ist ebenfalls zweifach redundant. Bei Störungen auf einem Bussystem wird dies von allen betroffenen Teilnehmern erkannt und der Datenverkehr wird über das zweite Bussystem abgewickelt.



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Digitale Betriebsleittechnik im Kernkraftwerk	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.1/1	DWR 1300 08.90

2.14.3.2 Einrichtungen zur Reaktorleistungsregelung (Abb. 2.14.3.2/1 und 2)

Betriebsarten des Kernkraftwerks

Das Kernkraftwerk kann in den folgenden Betriebsarten eingesetzt werden:

- Festlastbetrieb
- Grundlastbetrieb mit Fahrplanbetrieb
- Lastfolgebetrieb mit Frequenzregelbetrieb

Prinzipien der Leistungsregelung

Es gibt zwei Grundprinzipien der Leistungsregelung eines Kernkraftwerkes (s. Abb. 2.14.3.2/1):

- **Vorgabe einer Reaktorleistung**
Die erzeugte Leistung wird entweder über den Turbogenerator an das elektrische Versorgungsnetz abgegeben oder ein Teil wird über die FD-Umleitstation abgeführt. Dabei werden die Hauptzustandsvariablen des Gesamtsystems von den Regeleinrichtungen der Turbine oder der Umleitstation geführt, z. B. Frischdampf-Druck-Regelung. Diese Fahrweise wird zum An- und Abfahren benutzt.
- **Vorgabe einer Generatorleistung**
Die Reaktorregeleinrichtung führt die Reaktorleistung so nach, daß nur die ans Netz abgegebene Leistung erzeugt wird. Dabei werden die Zustandsvariablen durch die Regeleinrichtungen des Reaktors geführt. Die Fahrweise wird bei Festlast, Grundlast und Lastfolgebetrieb benutzt.

Zusammenwirken von Regelungen

Druckwasserreaktoren haben im Leistungsbetrieb die Eigenschaft, Leistungsanforderungen unter Veränderung der mittleren Kühlmitteltemperatur selbsttätig zu folgen. Hierauf ist das Konzept der Leistungsregelung abgestimmt (s. Abb. 2.14.3.2/2). Die Leistungsanforderung erfolgt als Sollwertänderung der Generatorwirkleistungs-Regelung. Diese verstellt die Turbineneinlaßventile. Da-

bei ändert sich der FD-Druck und damit die FD-Temperatur, die in einer leistungsabhängigen Beziehung zur mittleren Kühlmitteltemperatur steht. Die Kühlmitteltemperaturregelung führt bei Leistungsänderungen die Reaktorleistung so nach, daß die Abweichung der mittleren Kühlmitteltemperatur von ihrem Sollwert stationär innerhalb eines vorgegebenen Totbandes bleibt. Die Kühlmitteltemperaturregelung verstellt:

- bei schnellen und großen Leistungsänderungen eine die Leistung und Leistungsverteilung regelnde Leistungsbank der Steuerelemente, die L-Bank. Diese Bank besteht aus dem Großteil aller Steuerelemente.
- bei kleinen oder langsamen Leistungsänderungen die Dopplerbank, die D-Bank.

Beide Bänke bewirken durch Änderung der Gesamtreaktivität des Reaktors die notwendige Leistungsänderung.

Die Steuerelemente der L- und D-Bank werden mit der L- bzw. D-Bank-Stellungsregelung nach transienten Vorgängen in Totbänder um ihre Sollstellungen zurückgeführt. Die Kompensation der Reaktivitätsrückwirkungen von Brennstofftemperatur (Doppler-Rückwirkung) und Kühlmitteltemperatur kann durch Änderungen der D-Bank-Stellung erfolgen.

Die Kompensation der langzeitveränderlichen Reaktivitäten der Spaltprodukte und es Brennstoffabbrandes kann entweder durch Abweichung der Temperatur des Kühlmittels vom Vollastzustand oder durch Leistungsreduktion oder durch Änderung der Borkonzentration des Kühlmittels erfolgen. Die Änderung der Borkonzentration des Kühlmittels erfolgt durch Einspeisung von Borsäure oder Deionat in das aus dem Reaktorkühlsystem ständig zur Reinigung entzogene und danach wiedereingespeiste Kühlmittel.

Die Steuerelemente fahren als Gruppen bestehend aus je 4 Steuerelementen und können auch als Einzelsteuerelemente fahren. Die Steuerelemente einer Gruppe sind im Kernquerschnitt symmetrisch angeordnet und werden gemeinsam angesteuert. Die Gruppen werden der L- oder D-Bank zugeordnet. Abb. 2.14.2.1/2 zeigt die Position der Steuerelemente im Kern und ihre Zuordnung zu den einzelnen Bänken.

Mit Ausnahme der vier zur ersten einfahrenden D-Gruppe gehörenden Steuerelemente befinden sich bei Vollast alle Steuerelemente der D-Bank in der L-Bank. Für Teillast wird in der Fahrweise der Steuerelemente zwischen langsamen und schnellen Leistungsänderungen unterschieden. Bei langsamen Leistungsänderungen werden Steuerelemente nur wenig in den Kern eingefahren. Änderungen der Reaktorleistung erfolgen durch kurzzeitiges Verfahren der Steuerelemente und Ändern der Borkonzentration des Kühlmittels, wobei die Transiente des Reaktivitätsanteiles der Xenonvergiftung ausgenutzt wird. Bei schnellen Leistungsänderungen werden die Gruppen der D-Bank mit abnehmender Leistung nacheinander aus der L-Bank gefahren. Dabei taucht für eine Leistungsänderung von ca. 30 % der Nennleistung eine Gruppe voll in den Kern ein und gleicht die Doppler-Reaktivität der Leistungsreduktion aus. Dieser Reaktivitätsanteil muß bei schnellen Leistungsänderungen in der D-Bank-Stellung vorgehalten werden (siehe dazu Abb. 2.14.3.2/3).

Eine gewünschte axiale Verteilung der Leistungsdichte im Reaktorkern wird durch eine zeitabhängige Stellung der L-Bank erreicht. Die Leistungsverteilungsregelung liefert einen Sollwertanteil für die Stellung der L-Bank. Regelgröße ist ein Differenzsignal zwischen den Meßwerten der oberen und unteren Kernhälfte des Kerninnenmeßsystems.

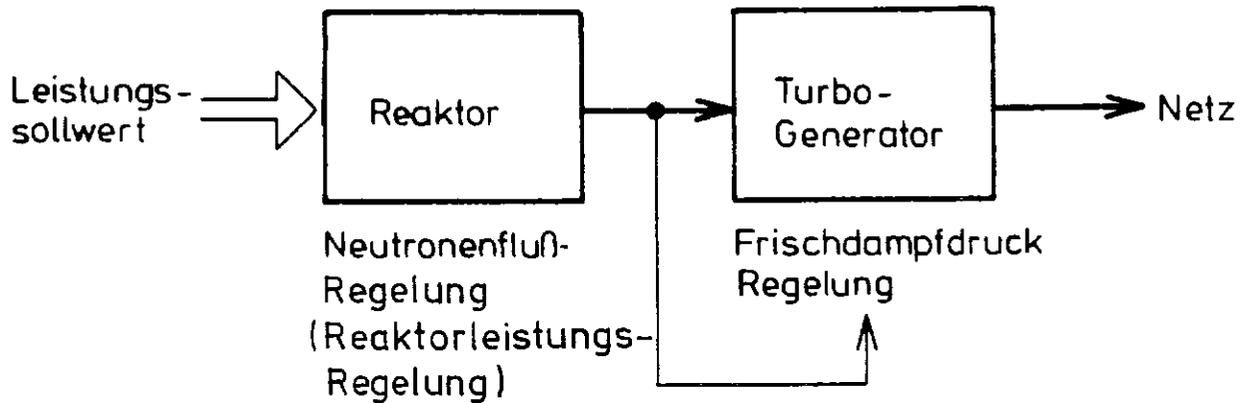
Zum Konstanthalten der Reaktorleistung beim Anfahren kann anstelle der Kühlmitteltemperaturregelung eine Neutronenflußregelung eingeschaltet und zusammen mit der Frischdampf-Maximaldruckregelung betrieben werden. Diese regelt den Neutronenfluß auf einen vom Fahrpult vorgegebenen Wert. Regelgröße ist der unkorrigierte Neutronenfluß. Stellglieder sind wie für die Kühlmitteltemperaturregelung die L- und D-Bank.

Die Frischdampfminimaldruck-Regelung reduziert die Generatorleistung, wenn beim Abweichen des Frischdampfdruckes von seinem Sollwert ein Totband überschritten wird, bis die erzeugte Reaktorleistung und die abgegebene Frischdampfleistung wieder im Gleichgewicht sind.

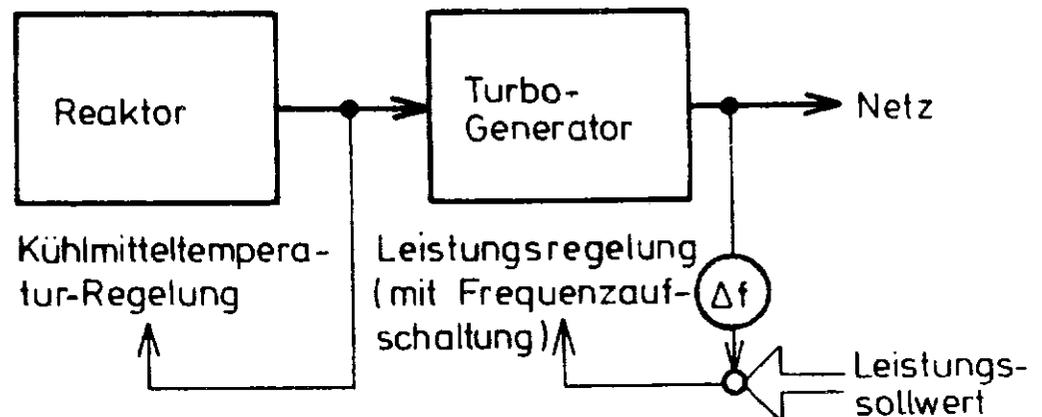
Bei einer Störung mit steigendem Druck wird mit einer Regelung ein Grenzwert für den FD-Druck vorgegeben, so daß der Frischdampfdruck und damit die Kühlmitteltemperatur nicht unzulässig über ihren Betriebswert ansteigen. Bei Lastsprüngen, wie z. B. bei Lastabwurf oder Turbinenschnellschluß, öffnet die Regelung die Frischdampfumleitstation.

Sowohl Frischdampf-Minimal- wie -Maximaldruck-Regelung können dazu verwendet werden, die Anlage im Anfahrbetrieb mit konstantem Druck zu fahren.

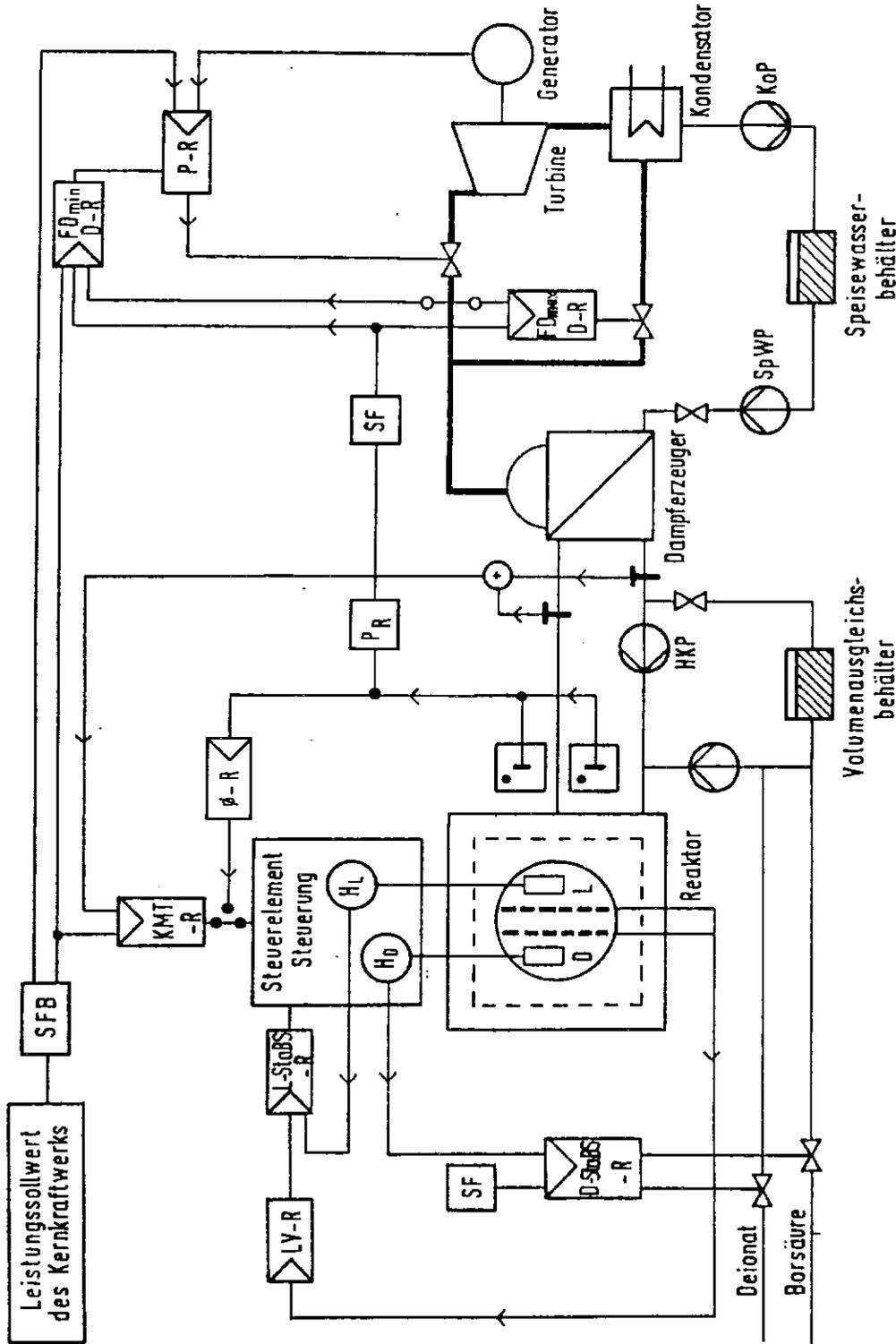
Anfahr - und Grenzwertregelungsbetrieb



Festlast -, Grundlast -und Lastfolgebetrieb



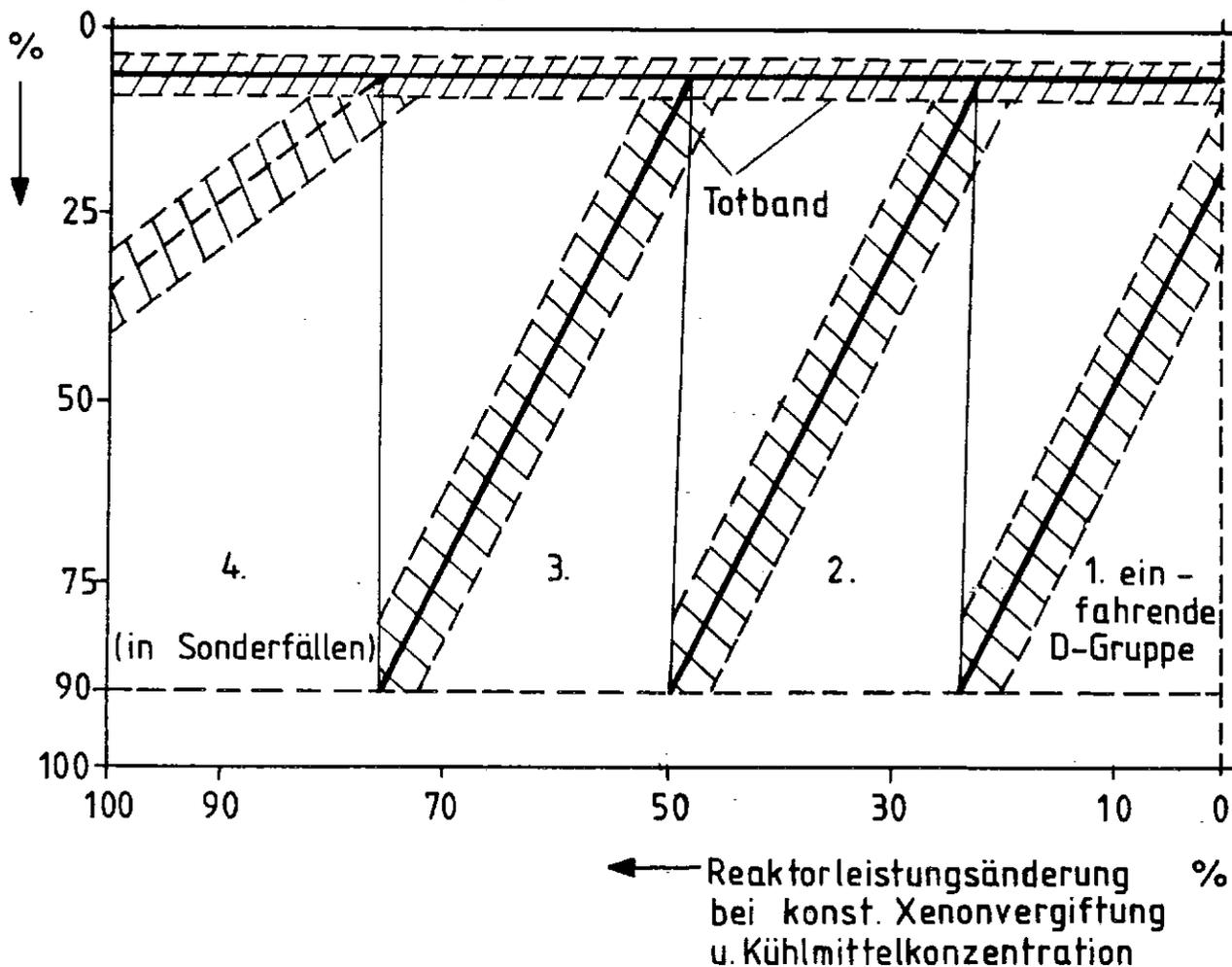
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Prinzipien der Leistungsregelung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.2/1	DWR 1300 08.90



- | | |
|----------------|-------------------------------------|
| L/D | L/D-Bank |
| H_L, H_0 | Eintauchtiefe der L/D-Bank |
| P-R | Generator-Leistungs-Regelung |
| LV-R | Leistungs-Verteilungs-Regelung |
| $FD_{max} D-R$ | Frischdampf-Maximaldruck-Regelung |
| $FD_{min} D-R$ | Frischdampf-Minimaldruck-Regelung |
| L/D-Stabs-R | L/D-Bank-Stellungs-Regelung |
| KMT-R | Kühlmitteltemperatur-Regelung |
| $\phi - R$ | Neutronenfluß-Regelung |
| P_R | Kurzzeitkorrigierte-Reaktorleistung |
| SF | Sollwert-Führung |
| SFB | Sollwert-Führung und Begrenzung |
| KoP | Kondensat - Pumpe |
| KP | Kühlmittel - Pumpe |
| SpWP | Speisewasser- Pumpe |

Kernkraftwerk Standal C/D	
Zusammenwirken von Regelungen zur Leistungsregelung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.2/2	DWR 1300 08.90

Steuerelement - Eintauchtiefe



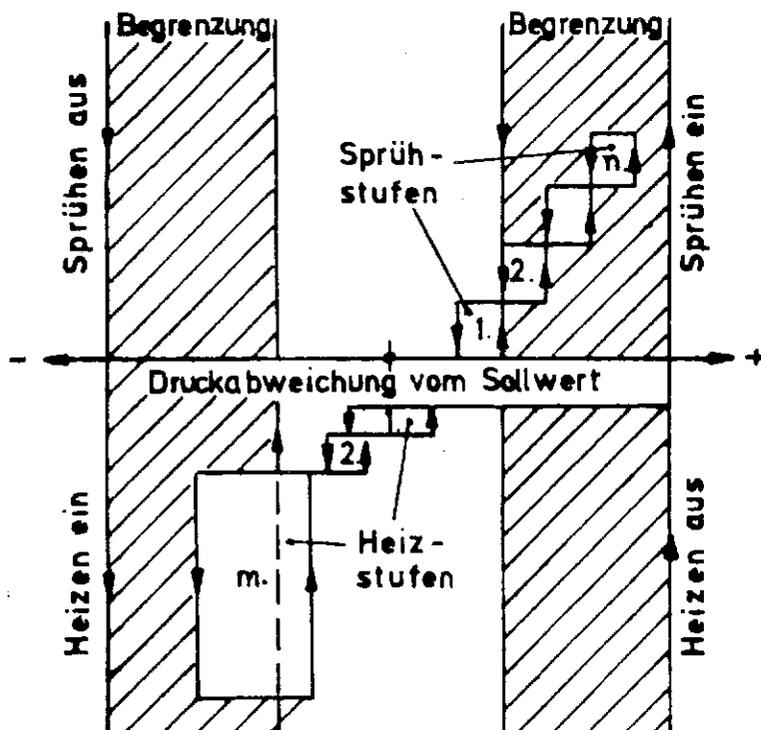
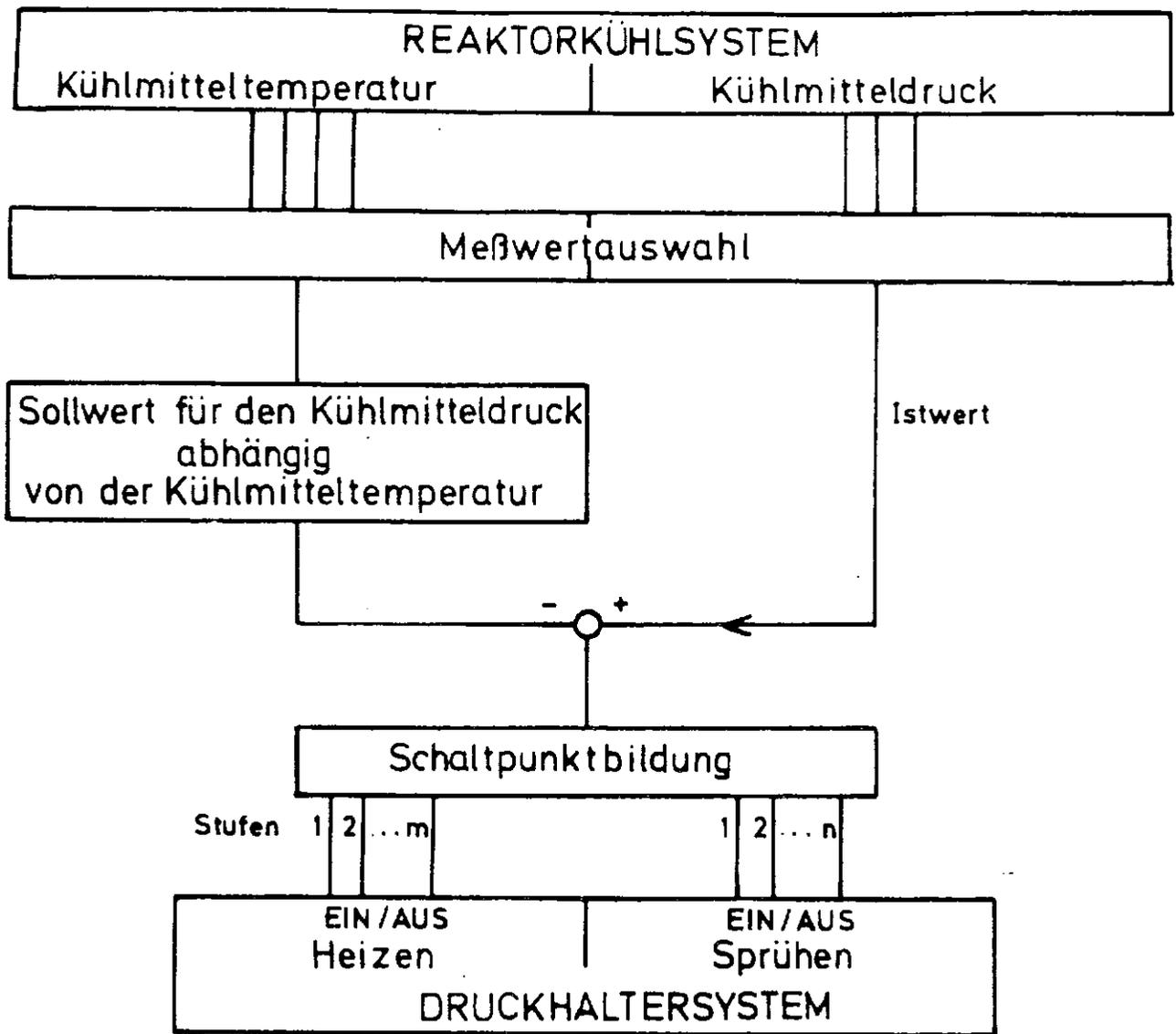
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Steuerelement-Fahrprinzip	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.2/3	DWR 1300 08.90

2.14.3.3 Regeleinrichtungen des Reaktorkühlsystems

(Abb. 2.14.3.3/1)

Die Kühlmitteldruckregelung beeinflusst durch Heizen und Sprühen den Wasser- und Dampfgehalt des Druckhalters so, daß die Regelgröße Kühlmitteldruck nur zulässige Abweichungen von ihrem Sollwert erfährt.

Die Druckhalterfüllstandsregelung ist als Dreikomponentenregelung ausgeführt. Im Leistungsbetrieb wird der Sollwert abhängig von den Kühlmitteltemperaturen vorgegeben. Diese Regelung führt das ständig zur Aufbereitung entnommene Kühlmittel dem System wieder zu.



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Kühlmitteldruck-Regelung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.3/1	DWR 1300 08.90

2.14.3.4 Regeleinrichtungen der Dampfkraftanlage

(Abb. 2.14.3.4/1 bis 4)

Die Regelungen des Kraftwerkes sind so ausgelegt, daß das Kraftwerk Lastanforderungen des Versorgungsnetzes erfüllt. Solllaständerungen erfolgen durch Verstellen des Generatorleistungswertes entweder von Hand oder durch eine übergeordnete Netzleitstelle. Parallel hierzu kann die Leistung selbsttätig entsprechend der eingestellten Statik in Abhängigkeit von der Netzfrequenz geändert werden.

Dem Betrieb des Turbosatzes sowie des gesamten Speisewasser-Dampf-Kreislaufes dienen unter anderem die im folgenden beschriebenen Betriebsregel-einrichtungen

- Turbinenregelung
- Dampferzeuger-Wasserstandsregelung
- Kondensatablaufregelung.

2.14.3.4.1 Turbinenregelung

(Abb. 2.14.3.4/1)

Aufgabe

Die Turbinenregelung hat die Aufgabe, der Turbine in jeder Phase des Betriebes soviel Dampf zuzuführen wie benötigt wird, um den Leistungsanforderungen des Netzes zu genügen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß in keinem Fall Dampfströme durch die Turbine entnommen werden, die zu unzulässigen Frischdampf-Druckabsenkungen führen.

In bestimmten Betriebssituationen ist es erforderlich, die Drehzahl des Turbosatzes zu regeln. Auch für diesen Zweck sind Einrichtungen vorhanden.

Entsprechend diesen drei Aufgaben gliedert sich die Turbinenregelung in die drei Bereiche

- Generator-Leistungsregler

- Drehzahlregelung
- FD-Minimaldruckregelung.

Ausführung und Funktion

Die Turbine ist drosselgeregelt, d. h. der für eine bestimmte Teillast erforderliche Dampfstrom wird durch Drosselung der parallel arbeitenden Turbinenstellventile eingestellt. Das Verstellen dieser Ventile geschieht durch Anregung eines elektrohydraulischen Öffnungs-Regelkreises. Dabei sind der Öffnungsregler und der elektrohydraulische Wandler in zweifacher Ausführung vorhanden. Beide arbeiten parallel und wirken über eine hydraulische Min-Auswahl auf die Stellventilantriebe.

Der Sollwert für die Öffnungs-Regelkreise wird dreifach redundant durch eine Verknüpfung von drei Reglern für Leistung, Drehzahl und Druck gebildet. Jeweils der mittlere der drei Sollwert-Regler steuert über eine Auswahl schaltung die Öffnungs-Regelkreise an.

Die Verknüpfung der Regler für Leistung, Drehzahl und Druck erfolgt dabei jeweils so, daß Drehzahl und Leistungsregler miteinander über eine Max-Auswahl und zusätzlich der Ausgang dieser Max-Auswahl mit der Summe der beiden Regler über eine Min-Auswahl verknüpft sind. Der Druckregler wirkt mit dem Ausgang der Min-Auswahl auf eine zweite Min-Auswahl.

Die Regler für Leistung, Drehzahl und Druck besitzen Nachführeinrichtungen, die bewirken, daß der Übergang von einem auf einen anderen stoßfrei erfolgt. Der Leistungsregler enthält zusätzlich eine Einrichtung zur Frequenz-Leistungsregelung und wird bei Inselbetrieb als Frequenzregler geschaltet. Die Sollwertvorgabe für die Leistung erfolgt von Hand oder durch einen übergeordneten Netzregler. Der Sollwert wird in seiner absoluten Höhe durch Vorgabe und eine selbsttätige Schaltung (z. B. bei Ausfall einer Kühlmittelpumpe) begrenzt. Die Änderungsgeschwindigkeit der Sollwerte für Drehzahl und Leistung werden durch Vorgabe oder Einfluß des Turbinen-WT-Gerätes begrenzt.

Die Meßwertaufbereitung erfolgt für den Leistungsistwert vierkanalig, für den Drehzahlwert dreikanalig.

2.14.3.4.2 Frischdampf-Maximaldruckregelung

Die FD-Maximaldruckregelung sorgt bei Störungen mit steigendem Druck dafür, daß der Frischdampfdruck und damit die Kühlmitteltemperatur keine zu hohen Abweichungen nach oben von ihren Sollwerten haben. Zur sicheren Druckbegrenzung ist diese Regelung dreikanalig ausgeführt.

Der Ansprechdruck der Regelung wird etwa 3 bar oberhalb des Sollwertes des FD-Druckes geführt. Beim Ansprechen der Regelung wird über die FD-Umleitstation Dampf direkt in die Kondensatoren geleitet.

2.14.3.4.3 Dampferzeuger-Wasserstandsregelung

(Abb. 2.14.3.4/2 u. 3)

Aufgabe

Die Regelung hat die Aufgabe, auf der Frischdampf-Seite des Dampferzeugers über Regelventile soviel Speisewasser zuzuführen, wie an Dampf entnommen wird. Dies wird dadurch erreicht, daß der Wasserstand im Dampferzeuger innerhalb bestimmter Grenzen konstant gehalten wird. Hierfür stehen ein Vollast- und ein Schwachlastregelventil zur Verfügung. Die Regelung erfolgt unterhalb der maximalen Schwachlast mit dem Schwachlastregelventil, darüber mit dem Vollastregelventil. Der jeweilige Übergang auf das andere Regelventil ist selbsttätig und stoßfrei.

Bei Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung stehen zur Abfuhr der Nachwärme und zum Abfahren der Anlage noch die An- und Abfahrpumpen zur Verfügung sowie eine Notspeisung aus dem Notspeisesystem. Der Einspeisestrom der Notspeisepumpe in den zugehörigen DE wird durch das Schwachlastregelventil der mit der Zeit abnehmenden Nachwärmeleistung angepaßt. Dabei wird der Füllstand im DE konstant gehalten.

Ausführung

Schwach- und Vollastregelung sind als getrennte, selbständige Regelkreise aufgebaut, die Signalaufbereitung ist gemeinsam. Die Regeldifferenz wird aus den 3 Komponenten Speisewasserdurchfluß, Dampfdurchfluß, Wasserstand und einem konstanten Wert (Sollwert) gebildet. Alle drei Istwerte werden mit je drei Meßumformern erfaßt. Die dreikanaligen Istwerterfassungen werden verglichen, so daß Fehler in der Messung erkannt werden.

Die Meßumformer für Wasserstand und Speisewasserdurchfluß werden temperaturkorrigiert, die Meßumformer für Dampfdurchsatz druckkorrigiert. Die so erhaltenen Meßwerte werden dreikanalig je einer Maximalauswahl unterworfen, wobei immer das jeweilige zweite Maximalsignal ausgegeben wird.

Die Regelungen haben PI-Verhalten.

Die Drehstromantriebe der Regelventile werden auf unzulässige Erwärmung überwacht. Die Bedieneinrichtungen für Regler und Handsteuerung der Antriebe sowie Stellungs- und Regeldifferenzanzeiger befinden sich auf dem Wartenpult.

Funktion

Im stationären Zustand, solange Dampf- und Speisewasserdurchfluß gleich sind, ändert sich die Regelgröße „Wasserstand“ im Dampferzeuger nicht. Bei Störungen dieses Gleichgewichts ändert sich der Wasserstand proportional der Störungsdifferenz, wird jedoch durch den I-Anteil des Reglers wieder auf seinen am Regler eingestellten Sollwert zurückgeführt.

Die Ablösung von Schwach- und Vollastbetrieb wird durch eine Auswahl-schaltung erreicht. Über eine Maximalwertauswahl wird die oben gebildete Regeldifferenz mit der aus maximalem Schwachlast-Durchfluß-Sollwert und Speisewasser-Istwert gebildeten Differenz verglichen.

Im Schwachlastbereich wird dadurch die Regeldifferenz für den Vollastregler unterdrückt und der andere Wert bewirkt ein Schließen des Vollast-Regelventils. Beim Übergang in den Vollastbereich spielt sich der Vorgang umgekehrt ab, so

daß der Schwachlastregler gesperrt und das Schwachlast-Regelventil zugefahren wird. Da die Schließgeschwindigkeit für das jeweilige Ventil von der Größe der an der Auswahlhaltung anliegenden Differenz zwischen Schwachlast Ist- und Sollwert abhängt, erfolgt der Übergang der beiden Betriebsarten allmählich und völlig stoßfrei.

Die Zulaufregelung der Notspeisung entspricht der Normalausführung einer Füllstandsregelung. Die Regelgröße wird über Trennverstärker von den Meßumformern für DE-Füllstand des Reaktorschutzes abgenommen. Bei Absinken des Füllstandes unter einen vorgegebenen Min-Wert wird über den Reaktorschutz die Notspeisepumpe aktiviert und der Absperrschieber und das Schwachlastregelventil aufgefahren. Bei Erreichen des Regel-Füllstandes übernimmt die Regelung die Konstanthaltung des Füllstandes.

Bei der Notspeise-Wasserstandsregelung wird durch Aufschaltung der Stellgrößen ein P-Verhalten erreicht.

2.14.3.4.4 Kondensat-Ablaufregelung

(s. Abb. 2.14.3.4/4)

Der in den unter den Niederdruckturbinen befindlichen Kondensatoren anfallende Kondensatstrom muß mit Pumpen und Regelventilen so abgeführt werden, daß der Wasserstand in bestimmten Grenzen gehalten wird.

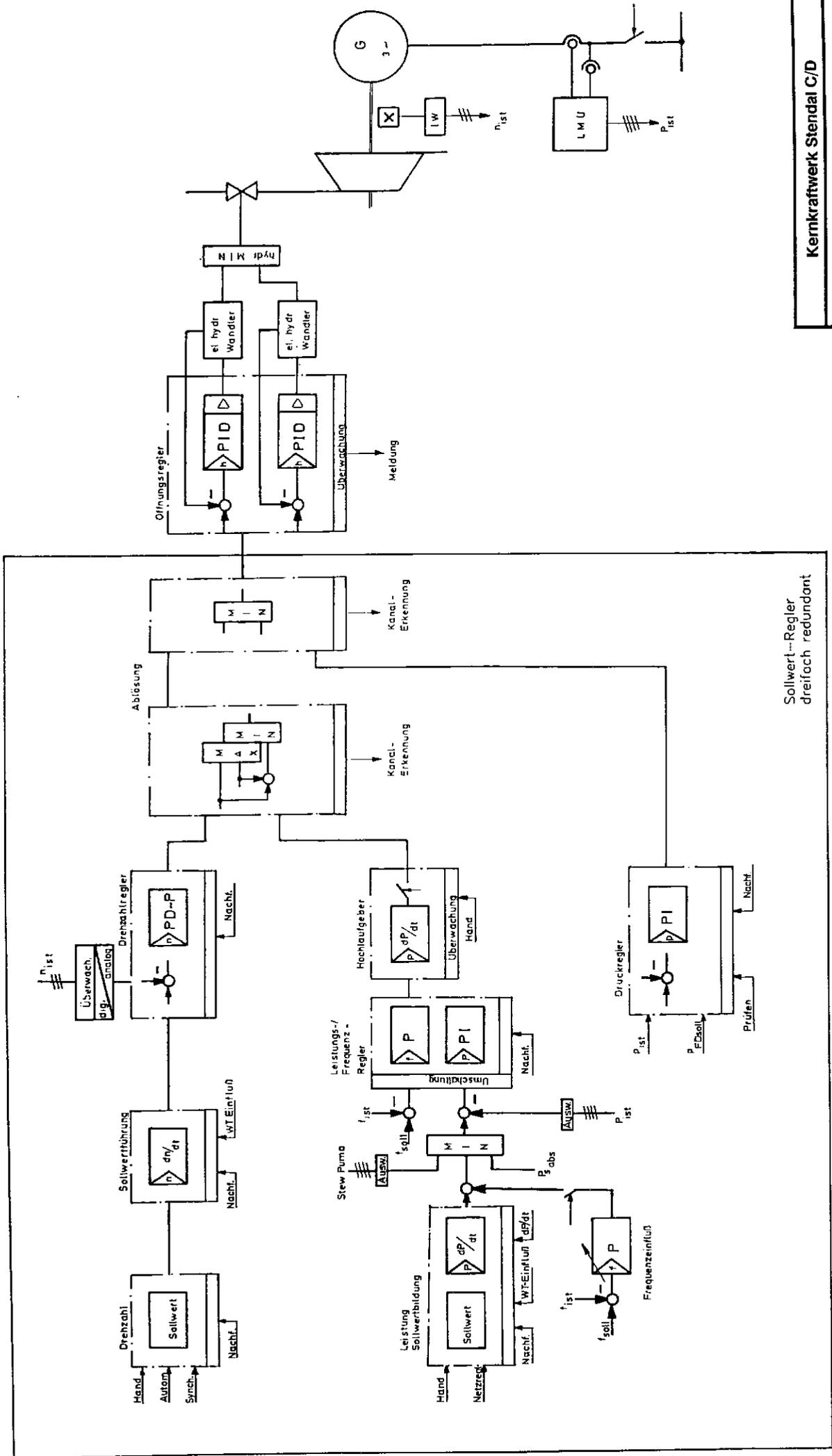
Regelgröße ist der Wasserstand in den parallel geschalteten Kondensatoren. Gemessen wird der Wasserstand in jedem Kondensator mit je einem elektrischen Meßumformer für Differenzdruck. Über eine Maximalwertauswahl wird der höchste Wert der Regelung aufgeschaltet. Stellgröße ist der Kondensatstrom. Als Stellglieder stehen 3 Regelventile, davon eins mit 30 % und zwei mit je 55 % des maximalen Durchsatzes zur Verfügung. Jedes Ventil wird von einem eigenen Regler angesteuert. Die Motoren werden auf unzulässige Erwärmung überwacht. Die Bedieneinrichtungen für Regler und Handsteuerung des Stellantriebes sowie Stellungs- und Regelabweichungsanzeige befinden sich auf dem Wartenpult.

Als Ablaufregler wird ein PI-Regler mit Impulsausgang verwendet. Die Regelabweichung wird gebildet aus der Regelgröße (Maximalwert aus 2 Wasserstandsmessungen), der Ventilstellungsrückmeldung und einem konstanten Wert (An-

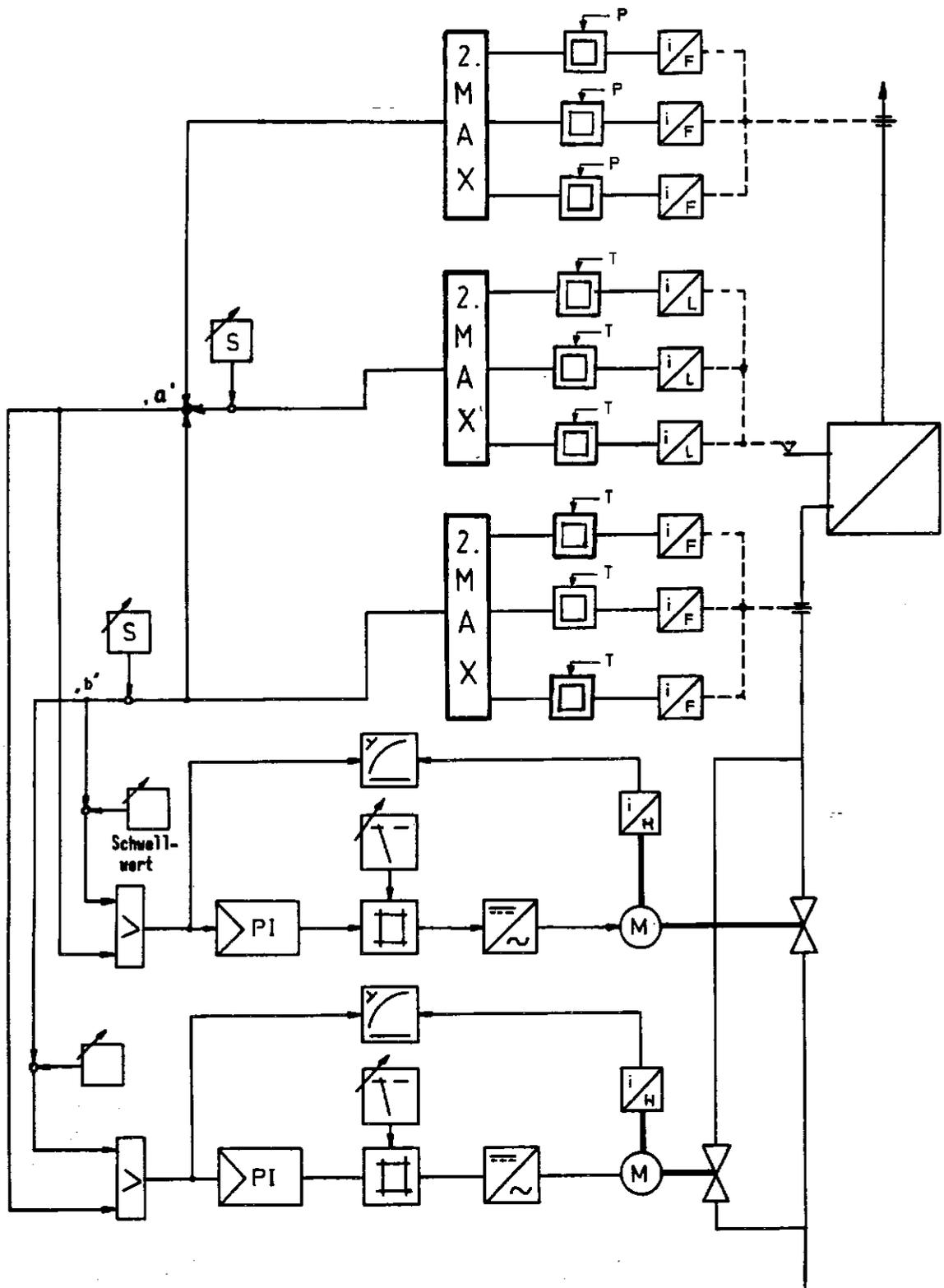
fangswert des P-Bereiches). Durch die Aufschaltung der Stellgröße wird ein proportionales Verhalten des Regelkreises erreicht.

Jedes Ventil hat seinen eigenen Regelkreis. Bei Schwachlastbetrieb bis ca. 25 % des maximalen Kondensatstromes ist nur der Regler für das Schwachlastventil in Betrieb. Wird dieser Strom überschritten, so übernehmen die beiden anderen Ventile die Regelung und das Schwachlastventil wird zugefahren. Die Umschaltung wird durchsatzabhängig von der Funktionsgruppenautomatik vorgenommen.

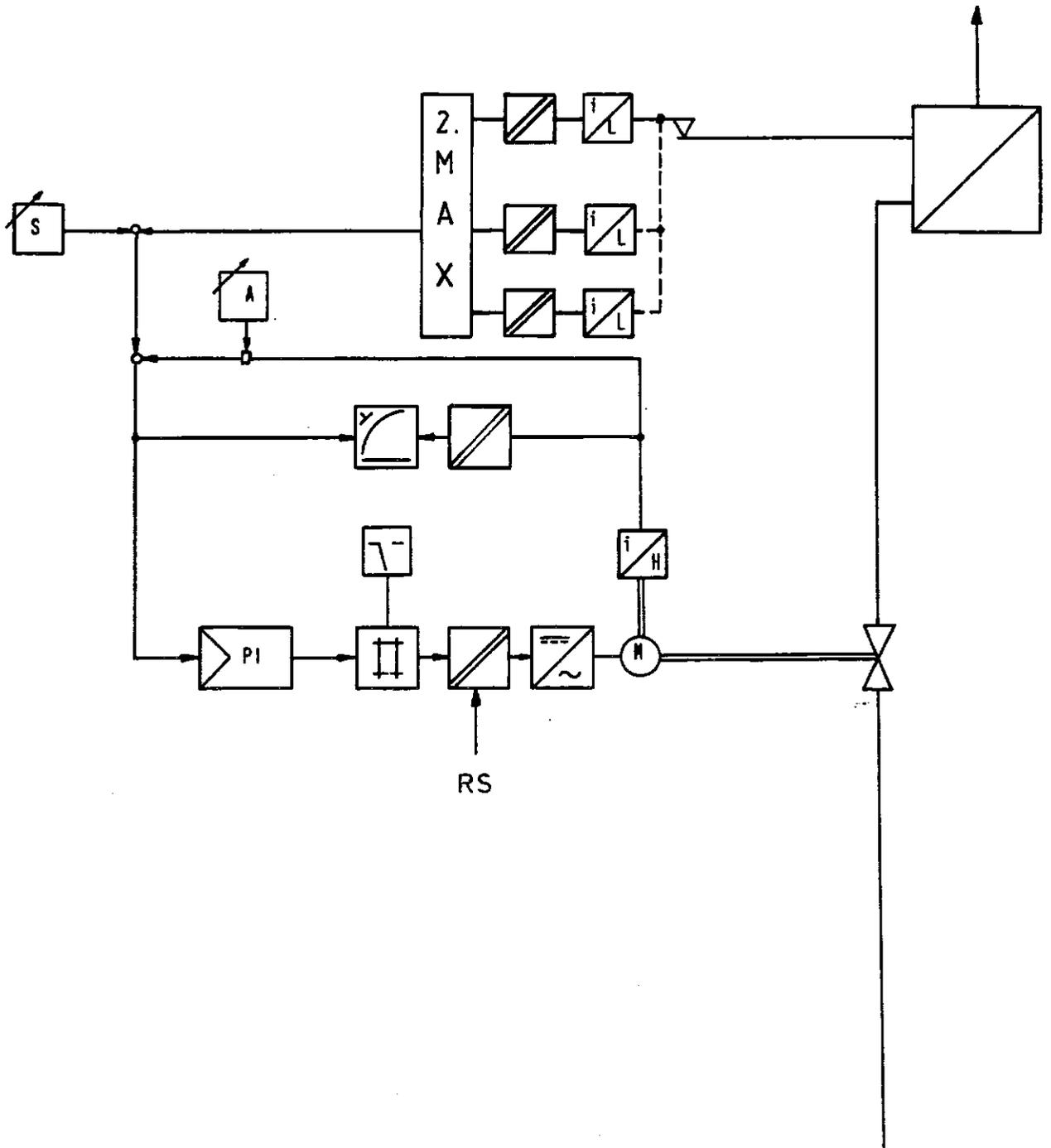
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Dampfmaschinenregler Prinzipdarstellung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.4/1	DWR 1300 08.90



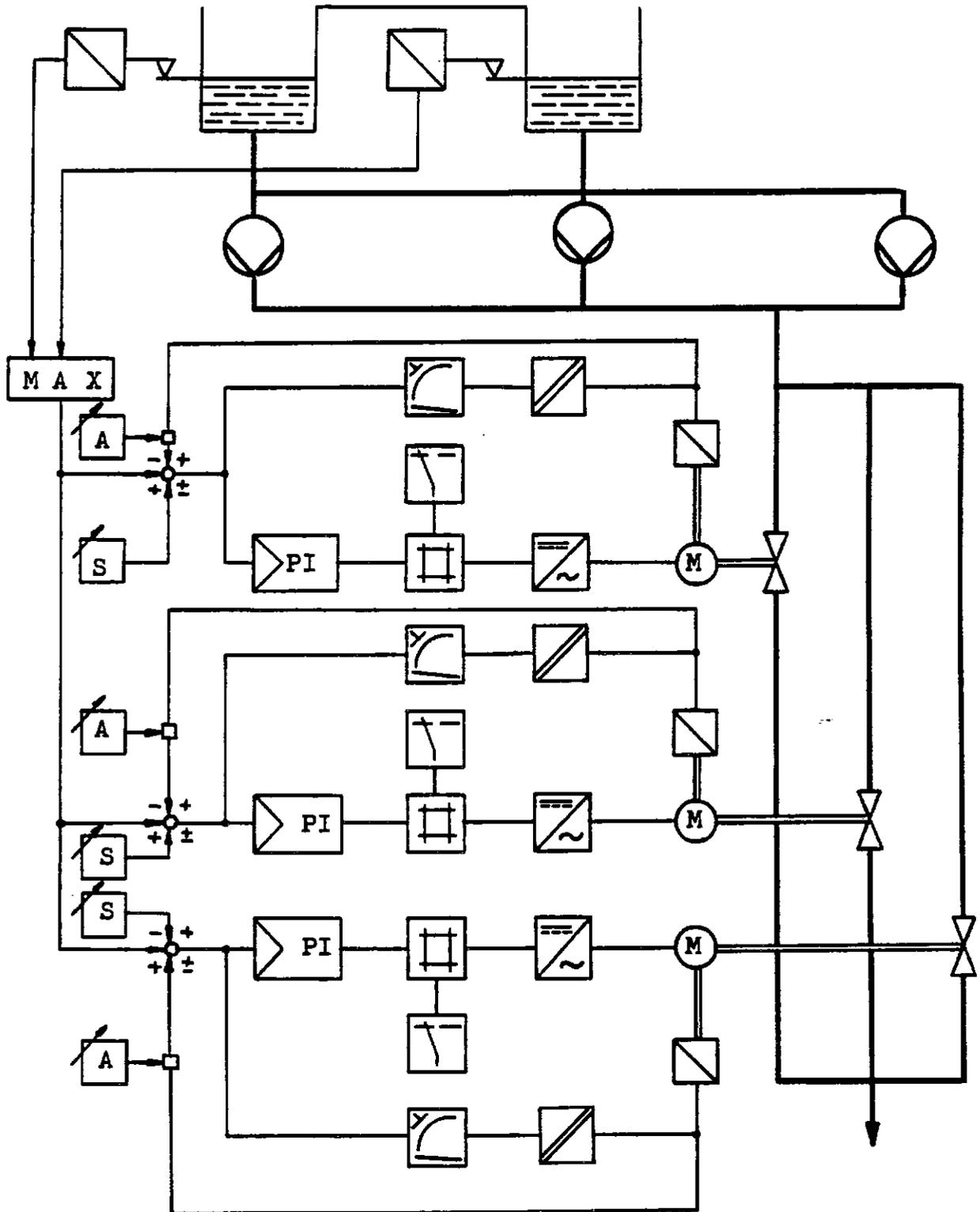
Sollwert-Regler dreifach redundant



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Dampferzeuger Wasserstandsregelung Prinzipdarstellung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.:2.14.3.4/2	DWR 1300 08.90



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Dampferzeuger Notspeise-Wasserstandsregelung Prinzipdarstellung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.4/3	DWR 1300 . 08.90



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Kondensator-Ablaufregelung Prinzipdarstellung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.3.4/4	DWR 1300 08.90

2.14.3.5 Aggregateschutz

Transformatoren, Pumpen und Stellventile sind Kraftwerkskomponenten, die sowohl einen hohen Anlagewert haben als auch die Verfügbarkeit beeinflussen. Bei gefährlichen Betriebszuständen werden solche Anlagenteile sicher abgeschaltet, damit sie nicht beschädigt oder zerstört werden und auch keine Gefahr für Menschen entsteht.

Der Aggregateschutz ist die logische Verknüpfung von Kriterien mit dem Ziel, die Auswirkung von Fehlern zu erfassen und Gegenmaßnahmen zum Schutz von Aggregaten einzuleiten.

Der Aggregateschutz besteht aus passiven Verriegelungen (Freigaben), die das Ein- und Ausschalten bei Fehlen eines Anfahr- bzw. Abfahrkriteriums verhindern, und aus aktiven Verriegelungen (Schutzverriegelungen), die den Antrieb im Fehlerfall ein- bzw. ausschalten.

Die Signale des Aggregateschutzes wirken direkt und unabhängig von automatischen Steuerungen auf die Antriebssteuerung und haben in der Antriebssteuerungsbaugruppe höhere Priorität als Befehle von Hand bzw. Automatik.

Der Redundanzgrad der Signalerfassung 1 v 1 oder 1 v 2 oder 2 v 3 richtet sich nach der Wichtigkeit des Aggregates für den Anlagenbetrieb bzw. die Anlagensicherheit. Die zugehörigen Verknüpfungen werden in der Koppellebene mit (2 v 2) mal 1 v 2 Wertung ausgeführt.

2.14.4 Störfallinstrumentierung

(Tab. 2.14.4/1 und 2)

Die im Kernkraftwerk vorhandenen Meßstellen für die Störfallinstrumentierung dienen dazu, vor, während und nach einem Störfall, auch bei erhöhten Freisetzungen

- einen Überblick über die Wirksamkeit der automatisch eingeleiteten Schutzaktionen zu geben,
- ausreichend Information über den Zustand der Anlage zu liefern, um gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen ergreifen zu können,
- Auswirkungen auf die Umgebung frühzeitig zu erkennen,
- Hinweise auf den Verlauf des Störfalls zu geben und eine zeitgerechte Dokumentation zu ermöglichen.

Die Ausführung der Störfallinstrumentierung erfolgt nach KTA 3502.

Die Störfallinstrumentierung teilt sich auf in die Störfallanzeige und die Störfallaufzeichnung.

Die Störfallanzeige ist unterteilt in die

- Störfallübersichtsanzeige
- Störfalldetailanzeige
- Weitbereichsanzeige

2.14.4.1 Störfallübersichtsanzeige

Die Störfallübersichtsanzeige zeigt die wesentlichen, den Zustand der Anlage bei Störfällen beschreibenden Meßgrößen an und erlaubt somit nach Eintritt eines Störfalles eine Beurteilung des Anlagenzustandes hinsichtlich nachfolgend aufgeführter Kriterien

- a) Wirksamkeit der Reaktorabschaltung
- b) Wirksamkeit der Nachwärmeabfuhr
- c) Wirksamkeit der primärseitigen und sekundärseitigen Druckbegrenzungs- und Druckreduzierungsmaßnahmen
- d) Wirksamkeit des Aktivitätseinschlusses
- e) Umgebungsbedingungen innerhalb des Sicherheitsbehälter.

Die Meßgrößen sind so ausgewählt, daß mittels dieser eine Abschätzung der radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung möglich ist (s. Tabelle 2.14.4/1).

Die Meßwerte der Störfallübersichtsanzeige werden grundsätzlich in der Warte und die wesentlichsten zusätzlich in der Notsteuerstelle angezeigt und registriert.

Die Einrichtungen der Störfallübersichtsanzeige sind so angeordnet bzw. ausgeführt, daß sie bei Störfällen und deren Folgen den an ihrem jeweiligen Einbauort auftretenden Umgebungsbedingungen widerstehen und funktionsfähig bleiben. Können Messungen gegen Einwirkungen von außen nicht ausgelegt werden, so ist sichergestellt, daß Mindestinformationen über andere Meßeinrichtungen bereitgestellt werden.

2.14.4.2 Störfalldetailanzeige

Die Störfalldetailanzeige ist Teil der verfahrenstechnischen Betriebsinstrumentierung und ist so ausgelegt, daß sie unter Berücksichtigung ihres Einbauortes hinsichtlich der vorkommenden Umgebungsbedingungen die gleichen Anforderungen erfüllt wie das System selbst, für dessen Überwachung sie vorgesehen ist.

2.14.4.3 Weitbereichsanzeige

Die Weitbereichsanzeige liefert Informationen über die Annäherung von Anlagenparametern an die Auslegungswerte der Aktivitätsbarrieren und bei Überschreitung der Auslegungswerte durch unvorhersehbare Ereignisabläufe zeigt diese den weiteren Verlauf der Anlagenparameter an (s. Tabelle 2.14.4/2).

Die Einrichtungen sind gegen die an ihrem jeweiligen Einbauort auftretenden Umgebungsbedingungen ausgelegt.

Anzeige und Aufzeichnung erfolgen in der Warte und in der Notsteuerstelle.

2.14.4.4 Störfallaufzeichnung

Es werden diejenigen Informationen aufgezeichnet, die eine nachträgliche Erkennung

- a) des Zeitpunktes und der Art der Störungen an Komponenten und Systemen, die zur Auslösung des Störfalls geführt haben
- b) des Einsatzzeitpunktes, der Einsatzursache und der Wirksamkeit automatisch oder von Hand ausgelöster Gegenmaßnahmen
- c) der Amplitude und der Zeitdauer störfallbedingter Umgebungsbedingungen auf sicherheitstechnisch wichtige Komponenten und Einrichtungen
- d) der Art und Menge der freigesetzten radioaktiven Stoffe ermöglichen.

Tabelle 2.14.4/1**Meßgrößen der Störfallübersichtsanzeige:**

1	Neutronenfluß
2	Borsäurekonzentration des Wassers im Sicherheitsbehältersumpf
3	Kühlmittelein- und -austrittstemperatur je Loop
4	Kernaustrittstemperatur
5	Füllstand im Druckhalter
6	Sekundärseitiger Füllstand je Dampferzeuger
7	Temperatur des Wassers im Sicherheitsbehältersumpf
8	Füllstand im Sicherheitsbehälter
9	Siedeabstand
10	Temperatur des Wassers im Brennelementbecken
11	Druck im Reaktorkühlsystem
12	Sekundärseitiger Druck je Dampferzeuger
13	Druck Sicherheitsbehälter (Differenzdruckmessung)
14	Druck Ringraum (Differenzdruckmessung)
15	Wasserstoffkonzentration im Sicherheitsbehälter
16	Lufttemperatur im oberen Bereich des Sicherheitsbehälters
17	Dosisleistung im Sicherheitsbehälter
18	Emission radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
19	Emission radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
20	Meteorologische Messungen

Meßbereiche sind entsprechend KTA 3502 festgelegt.

Tabelle 2.14.4/2Meßgrößen der Weitbereichsanzeige:

1	Kernaustrittstemperatur
2	Druck im Reaktorkühlsystem
3	Druck Sicherheitsbehälter (Differenzdruckmessung)
4	Füllstand im Brennelementbecken
5	Füllstand im Sicherheitsbehälter
6	Wasserstoffkonzentration im Sicherheitsbehälter
7	Emission von Radioaktivität über die Fortluft
8	Ionendosisleistung im Sicherheitbehälter

Die Meßbereiche sind entsprechend KTA 3502 festgelegt.

2.14.5 Begrenzungseinrichtungen

(Abb. 2.14.5/1 bis 7)

2.14.5.1 Übersicht

Die Begrenzungen sind Einrichtungen, die verhindern, daß einige ausgewählte Prozeßvariablen ihre vorgegebenen Grenzwerte überschreiten. Bei Erreichen solcher Grenzwerte führen die Begrenzungseinrichtungen die Anlage automatisch zum normalen Betriebszustand zurück, dabei kann die Leistung reduziert werden. Die Begrenzungen sind nach KTA 3501 ausgelegt.

Die Begrenzungseinrichtungen haben folgende Eigenschaften:

- Analoge Signale, die zur Anregung von Schutzaktionen benutzt werden, werden aufbereitet, verarbeitet und analog überwacht.
- Die Begrenzungen haben Vorrang vor betrieblichen Systemen.
- Die Begrenzungen sind gegen Fremdspannungen entkoppelt.
- Die Funktionsfähigkeit und Störungen in den Begrenzungen werden angezeigt.
- Prüfeinrichtungen zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit sind vorhanden.

Die Leittechnik der Steuerelementsteuerung ist den Begrenzungen zugeordnet und daher auf 4 Scheiben des Schaltanlagegebäudes aufgeteilt. Der Leistungsteil zur Steuerelementsteuerung ist in 2 Scheiben des Schaltanlagegebäudes aufgestellt.

Ein Teil der Begrenzungen reduziert die Reaktorleistung, wobei das Verhältnis zwischen erzeugter Leistung und abgenommener Leistung vorübergehend verändert werden kann. Hierzu zählen die Reaktor-Leistungs-Begrenzung, Reaktor-Leistungsdichte-Begrenzung und die Steuerelementfahr-Begrenzung. Der andere Teil begrenzt Zustandsvariable. Es wird auf die erhöhende bzw. absenkende Maßnahme Einfluß genommen. Zu der zweiten Gruppe zählen die Kühlmitteldruck-Begrenzung und die Kühlmittelmassen-Begrenzung.

2.14.5.2 Reaktor-Leistungs-Begrenzung

(s. Abb. 2.14.5/1 und 2)

Im Leistungsbetrieb wird die Reaktorleistung der Generatorleistung so nachgeführt, daß immer Frischdampf ausreichender Qualität zur Verfügung steht. Diese Aufgabe löst die Kühlmitteltemperaturregelung. Diese Regelung kann jedoch nicht feststellen, wann eine zu große Reaktorleistung verlangt wird; es spricht dann die Reaktorleistungsbegrenzung an, deren Ansprechkriterien in festen Abständen unter der vom Reaktorschutzsystem vorgegebenen Schnellabschaltgrenze für die Reaktorleistung geführt werden.

Nach dem Ansprechen der Reaktorleistungsbegrenzung werden alle Ausfahrbefehle für die Steuerelemente und die Einspeisung von Deionat zum Herabsetzen der Borkonzentration des Kühlmittels gesperrt. Die Reaktorleistung wird, sofern die erlaubte Reaktorleistung tiefer als der Istwert der Reaktorleistung liegt, durch vorrangige Einfahr- bzw. Einwurfbefehle an Steuerelemente reduziert.

Die Reaktorleistungsbegrenzung vermeidet auch zu schnelle Leistungssteigerungen. Entfernt sich die Generatorleistung zu sehr von der augenblicklichen Reaktorleistung nach oben, so folgt der Reaktor mit seiner Leistungsänderung auch nur gemäß der begrenzten gleitenden Führung des Ansprechwertes der Reaktorleistungsbegrenzung. Durch das Wirksamwerden der Frischdampf-Minimaldruckregelung wird dann wieder dafür gesorgt, daß auch die Generatorleistung nicht schneller als mit der zulässigen Änderungsgeschwindigkeit ansteigt.

Bei schnellen und großen Leistungsänderungen am Turbogenerator - wie Turbinenschnellschluß oder Lastabwurf - leitet die Frischdampf-Maximaldruck-Regelung den zuviel erzeugten Frischdampf direkt in den Kondensator. Je nach Größe der Leistungsminderung erfolgt zusätzlich zu dieser Regelung eine schnelle Leistungsreduzierung durch Einwurf von Steuerelementen. Ist die Reaktorleistung um einen bestimmten Betrag größer als die Generatorleistung, so werden Steuerelemente eingeworfen, bis die Reaktorleistung angepaßt ist.

Die Reaktorleistung wird in wenigen Sekunden auf einen zulässigen Wert herabgesetzt, wenn eine Kühlmittelpumpe ausfällt oder eine Speisewasserpumpe ohne Zuschalten der Reservepumpe ausfällt. Dabei werden automatisch so viele Steu-

erelemente gleichzeitig in den Reaktorkern eingeworfen, wie zur Erreichung des zulässigen Zustandes notwendig ist. Gleichzeitig wird die Begrenzung des Sollwertes der Generatorleistung, „erlaubte Generatorleistung“, vermindert.

Wenn die Kühlmitteltemperatur oder der Druckhalterfüllstand einen festgesetzten Wert überschreiten, wird über eine entsprechende Begrenzungseinrichtung durch Ausfahrsperrung, Einfahrbefehle und, wenn erforderlich, Einwurf von Steuerelementen das Ungleichgewicht zwischen Reaktorleistung und Dampfleistung reduziert.

2.14.5.3 Begrenzung der Reaktor-Leistungsdichte

(s. Abb. 2.14.5/1)

Die lokale Reaktorleistung (Leistungsdichte) in der oberen bzw. unteren Kernhälfte wird über Leistungsverteilungsdetektoren erfaßt, deren Meßwerte durch additive Terme korrigiert werden können. Die Weiterverarbeitung der Meßwerte scheidet einen fehlerhaften Meßwert aus.

Die Ansprechwerte der Begrenzungen für die untere bzw. obere Kernhälfte begrenzen den Ausgangszustand für die Leistungsdichte bei Störfällen wie „Ausfall aller Kühlmittelpumpen“ bzw. „Bruch einer Kühlmittelleitung“. Die Ansprechwerte der beiden Begrenzungen können durch weitere Kriterien herabgesetzt werden. Der Ansprechwert für die obere Kernhälfte wird z. B. als Funktion der Kühlmitteltemperaturen am Reaktoreintritt, des Kühlmitteldruckes und der Kühlmittelpumpendrehzahl herabgesetzt. Dadurch wird der Abstand zum Filmsieden (DNB) berücksichtigt.

Die Leistungsdichtebegrenzung der oberen Kernhälfte (Peak-Oben-RELEB) löst gestaffelt L-Bank-Hochhalt und Einfahrbefehle für die L-Bank aus, solange das Meßsignal aus der oberen Kernhälfte größer ist als der vorgegebene Ansprechwert.

Ein Anstieg der Leistungsdichte in der unteren Kernhälfte kann zum Ansprechen der entsprechenden Begrenzung (Peak-Unten-RELEB) führen. Die Einrichtung sperrt zunächst die Einfahrbefehle der L-Bank und reduziert bei weiterem Ansteigen des Abstandes zum ersten Ansprechwert sowohl die Reaktorleistung durch

Einfahren der D-Steuerstab-Gruppen, als auch die Begrenzung des Sollwertes der Generatorleistung, die „erlaubte Generatorleistung“.

2.14.5.4 Steuerelementfahrbegrenzung und -einwurf **(Abb. 2.14.5/3 bis 5)**

In der SE-Steuerung werden Befehle in folgender Rangfolge ausgeführt (s. Abb. 2.14.5/3)

- Befehle des Reaktorschutzsystems zum Einwurf der Steuerelemente
- Befehle der Begrenzungen, die zum Einwurf der Steuerelemente führen
- Befehle der Begrenzungen, die Ein- bzw. Ausfahren sperren
- Befehle der Begrenzungen, die die Steuerelemente einfahren
- Befehle zum Fahren der Steuerelemente von Hand
- Befehle zum Fahren der Steuerelemente von den Regelungen
- Befehle zum Ausfahren eines Steuerelements in seine Gruppen- bzw. Bankstellung

Die Stellung eines jeden Steuerelements wird digital durch Zählen der Fahrbefehle und analog mit einer Stellungsspule und zusätzlichen Endstellungsspulen erfaßt und überwacht. Die Stellungen können in der Warte angezeigt werden.

Für die Steuerelementfahrbegrenzung wird sowohl die analoge als auch die digitale Elementstellung verwendet.

Fahrgeschwindigkeitsbegrenzung der Steuerelemente

Die Ausfahrgeschwindigkeit der L-Bank ist von der Eintauchtiefe der L-Bank abhängig; es ist bei tiefer eingetauchten Steuerelementen nur ein Ausfahren mit etwa 1 Schritt in 4 Sekunden möglich.

Steuerelementeinfahrbegrenzung

Die einfallenden Steuerelemente müssen bei einer Reaktorschnellabschaltung die Reaktivität so stark vermindern können, daß der Kern sicher abgeschaltet wird

und ausreichend lange unterkritisch bleibt. Die notwendige Abschaltreaktivität ist abhängig von der Reaktorleistung. Im Leistungsbetrieb wird das Einfahren der Steuerelementbänke in den Kern begrenzt. Der Ansprechwert der L-Bank-Einfahrbegrenzung ist unabhängig von der Leistung, die gestaffelten Ansprechwerte der D-Bank-Einfahrbegrenzung werden leistungsabhängig gebildet.

Beim Ansprechen der L-Bank-Einfahrbegrenzung werden die Tiefer-Befehle für die L-Bank und die Deionateinspeisung zum Herabsetzen der Kühlmittelkonzentration gesperrt (Abb. 2.14.5/4).

Die D-Bank-Grenzwerte lösen folgende gestaffelte Maßnahmen aus (Abb. 2.14.5/5):

- Sperren der Deionateinspeisung
- Einspeisung von Bor über das Chemikalien-Einspeisesystem
- Einspeisung von Bor über das viersträngige Zusatzboriersystem.

Das unkontrollierte Einspeisen von Deionat zum Absenken der Kühlmittelkonzentration wird bei Einwirkung von außen verhindert. Dies wird durch einen schaltungstechnischen Aufbau mit fail-safe-Verhalten erreicht.

Steuerelement-Ausfahrbegrenzung

Die Ausfahrbegrenzung verhindert bei einem SE-Fehleinfall, daß die anderen SE zur Kompensation ausfahren.

Erfaßt wird ein Fehleinfall durch einen (negativen) Sprung in der kurzzeitkorrigierten thermischen Reaktorleistung.

Neben einer Ausfahrsperrung für die anderen SE wird die Generatorleistungs-Sollwertbegrenzung mit einer Zeitkonstanten abgesenkt, wenn bei Ansprechen der Ausfahrbegrenzung die Reaktorleistung über einem vorgegebenen Wert liegt.

Steuerelementeinwurf

Der Steuerelementeinwurf (STEW) dient dazu, die Reaktorleistung sehr schnell zu reduzieren, wenn

- bei einem Lastabwurf bis hin zum Turbinenschnellschluß die Wärmeabfuhr über die Sekundärseite schnell zurückgeht (STEW-LAW)
- bei einem Ausfall von einer Hauptkühlmittelpumpe der Siedeabstand (DNB-Verhältnis) sich schnell verringert (STEW-PUMA)

Außerdem kann bei Überschreiten von Grenzwerten für Kühlmitteltemperatur oder Druckhalterfüllstand SE-Einwurf ausgelöst werden.

(Neben den genannten automatischen Maßnahmen können einzelne SE's oder SE-Gruppen durch Handansteuerung eingeworfen werden.)

Nach Einwüfen fahren die SE geregelt in ihre Bankposition zurück, wenn keine entgegengesetzt gerichteten Fahrbefehle anstehen.

2.14.5.5 Kühlmitteldruck- und Kühlmittelmassenbegrenzung

Kühlmitteldruckbegrenzung

Die Kühlmitteldruckbegrenzung (Abb. 2.14.5/6) hat die Aufgabe, den Kühlmitteldruck auf unzulässige Abweichungen so zu überwachen und zu begrenzen, daß folgende Zielsetzungen erfüllt werden:

- Druckabsprühen beim Dampferzeuger-Heizrohrleck zur Minimierung der Lecküberströmrates
- Verminderung der Ansprechwahrscheinlichkeit der Druckhaltersicherheitsventile

- Absicherung des Reaktordruckbehälters gegen Spröbruch durch eine temperaturabhängige Begrenzung des Kühlmitteldruckes im spröbruchgefährdeten Bereich des Reaktordruckbehälters
- Begrenzung der Druckentlastung bei fehlerhaft gebliebenem Druckhalterabblaseventil

Von der Kühlmitteldruckbegrenzung werden dazu bei absinkendem Kühlmitteldruck die Druckhalterheizung eingeschaltet sowie Sprühventile und Abblaseeinrichtung bzw. bei ansteigendem Kühlmitteldruck Sprühventile und Abblaseeinrichtung geöffnet sowie die Druckhalterheizung ausgeschaltet.

Weiterhin werden von der Kühlmitteldruckbegrenzung im Druckbereich 30 - 130 bar im RKS die HD- Sicherheitseinspeisepumpen des Not- und Nachkühlsystems sowie die HD-Förderpumpen des Volumenregelsystems bei Temperaturen unter 150 °C ausgeschaltet (Spröbruchabsicherung des RDB).

Kühlmittelmassenbegrenzung

Die Kühlmittelmassenbegrenzung (Abb. 2.14.5/7) hat die Aufgabe, den Druckhalterfüllstand auf unzulässige Abweichungen so zu überwachen und zu begrenzen, daß folgende Zielsetzungen erfüllt werden:

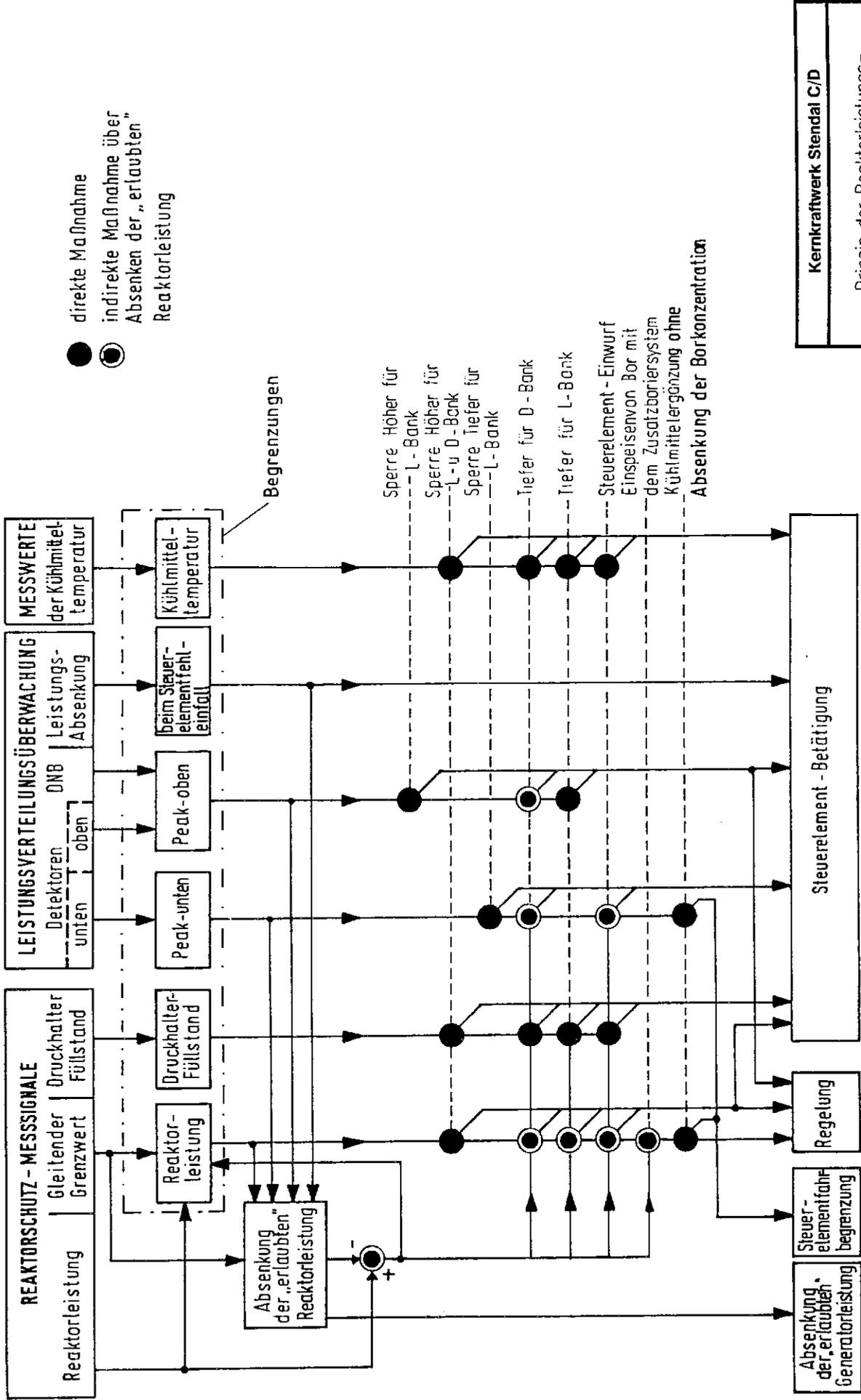
- Verhinderung einer Überspeisung und Entleerung des Druckhalters aufgrund von Störungen innerhalb des Volumenregelsystems bzw. Zusatzboriersystems
- Einleiten der Leckageergänzung bei Dampferzeuger-Heizrohrleck durch das Volumenregelsystem und Zusatzboriersystem

Darüber hinaus übernehmen die Kühlmitteldruck- und -massenbegrenzungen noch folgende Aufgaben:

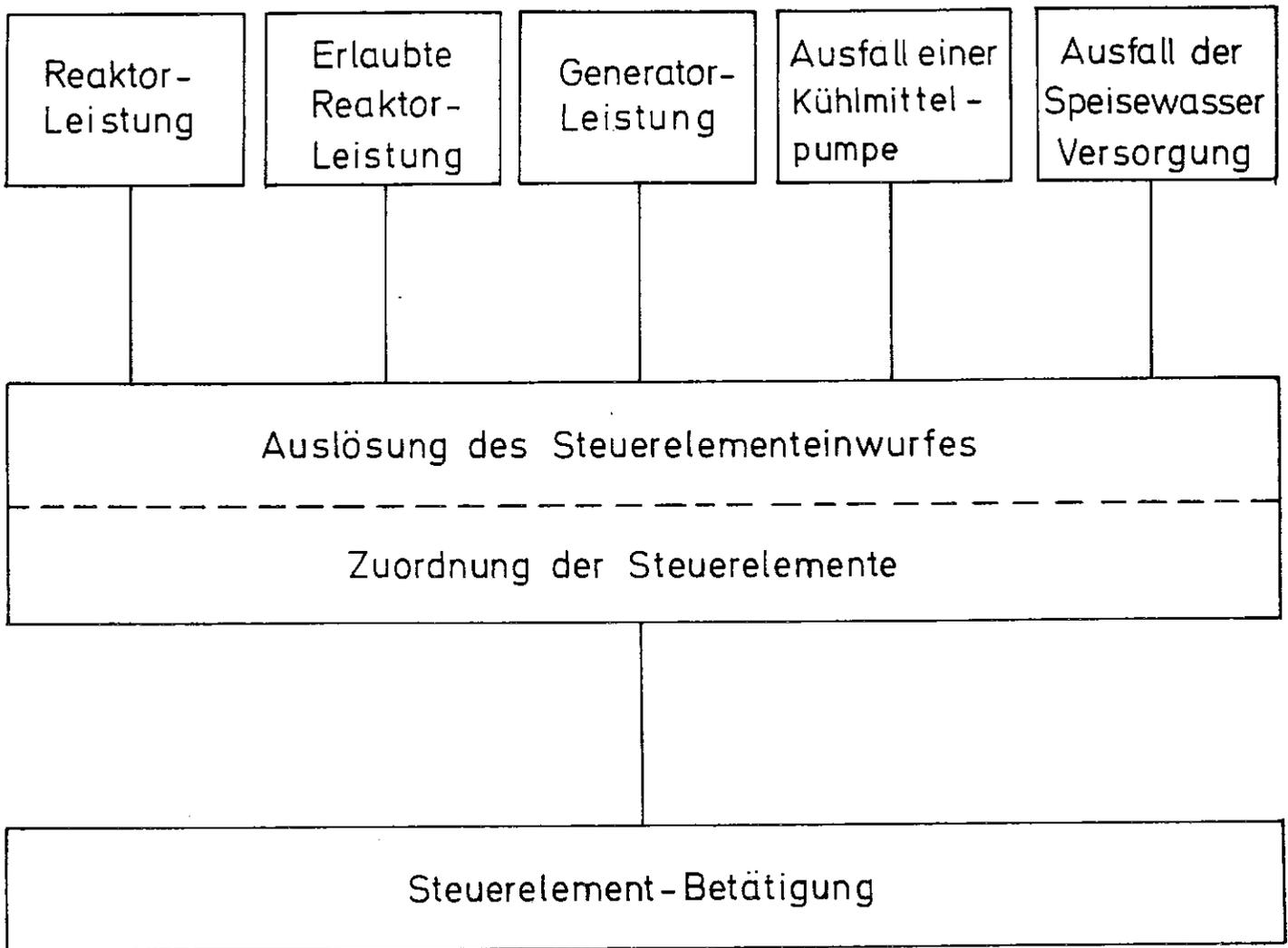
- Sicherung der Ausgangszustände für die Analyse relevanter Störfälle, entsprechend der Forderung der KTA-Regel 3501

- Sicherstellung der spezifizierten Fahrweise des Kühlmitteldruckes und des Druckhalterfüllstandes in Abhängigkeit von den Kühlmitteltemperaturen.

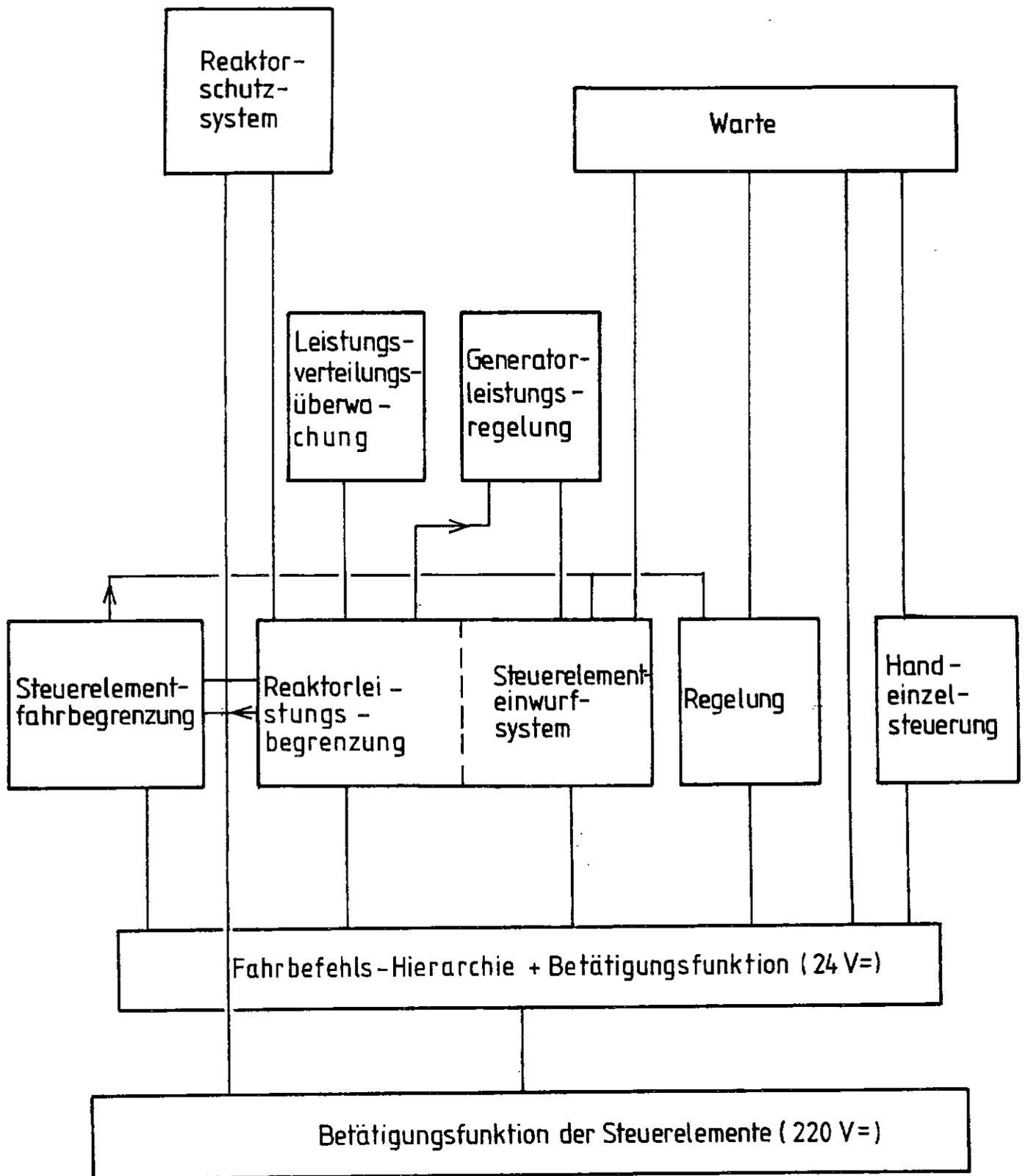
Die Begrenzungseinrichtung schaltet bei steigender Kühlmittelmasse die Hochdruckförderpumpe aus und schließt bei sinkender Kühlmittelmasse die Hochdruckreduzierstation.



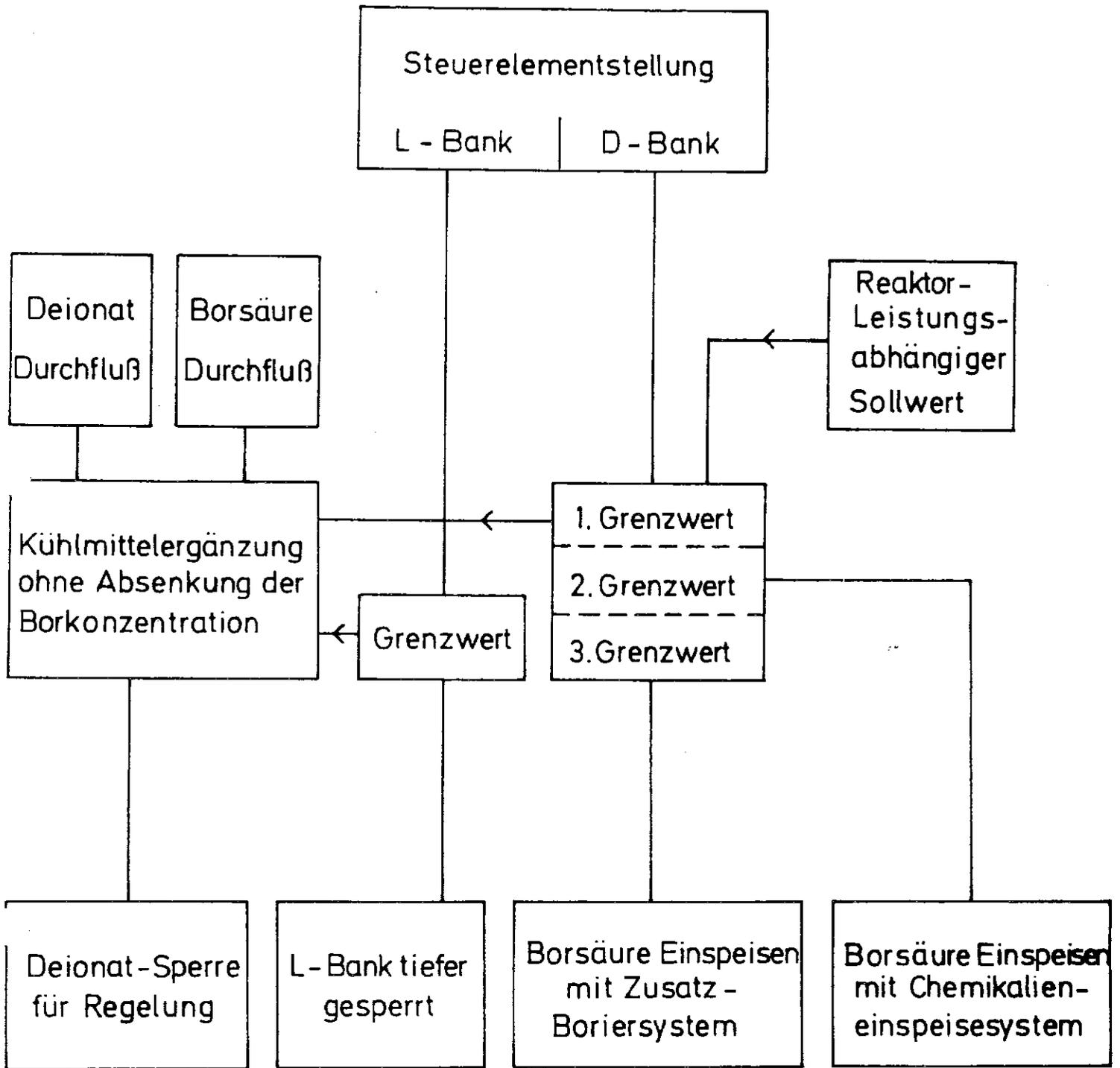
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Prinzip der Reaktorleistungs-Begrenzung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/1	DWR 1300 08.90



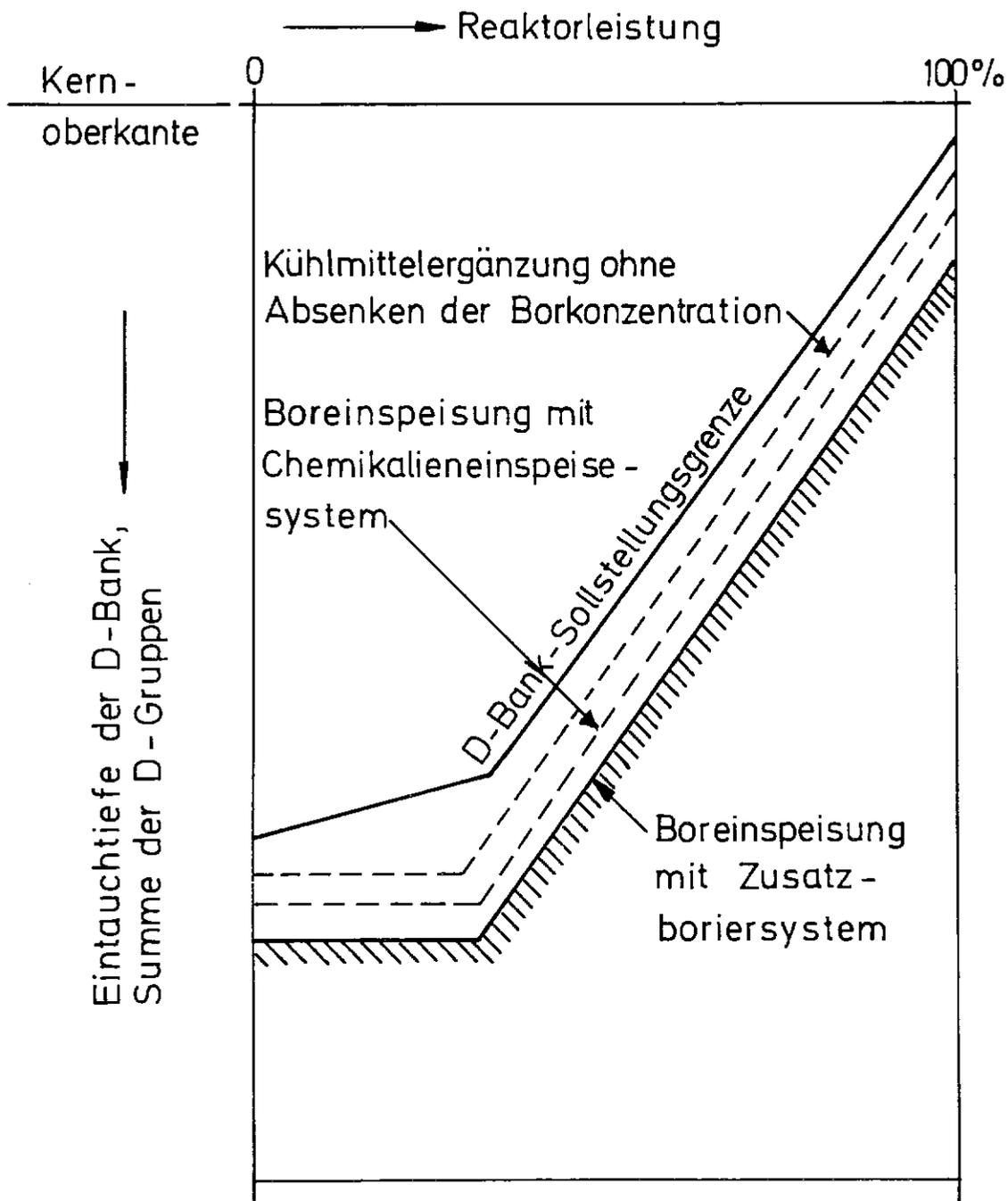
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Reaktorleistungs-Begrenzung: Steuerelementeinwurf-System	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/2	DWR 1300 08.90



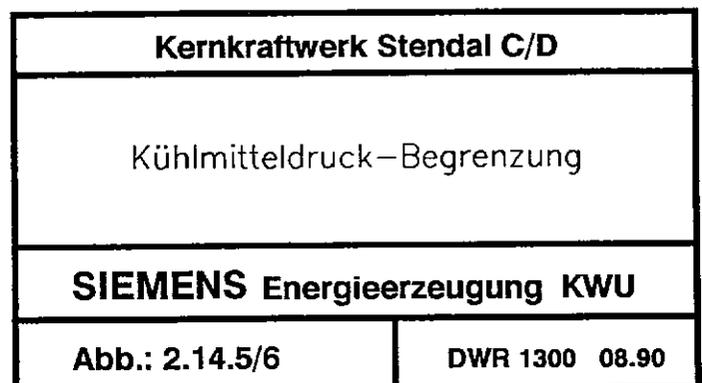
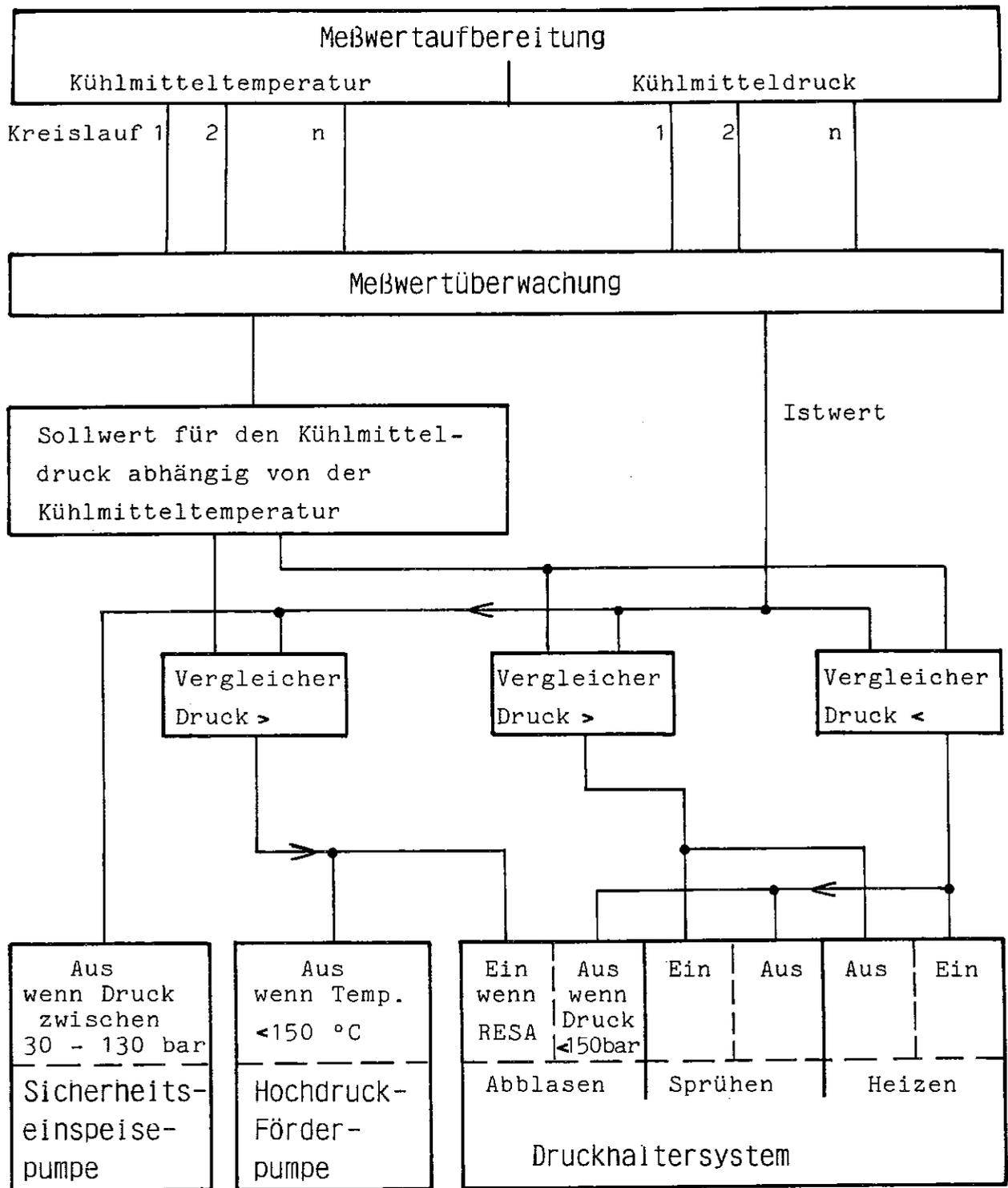
Kernkraftwerk Stendal C/D	
Steuerelement-Steuerung Blockschaltbild	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/3	DWR 1300 08.90

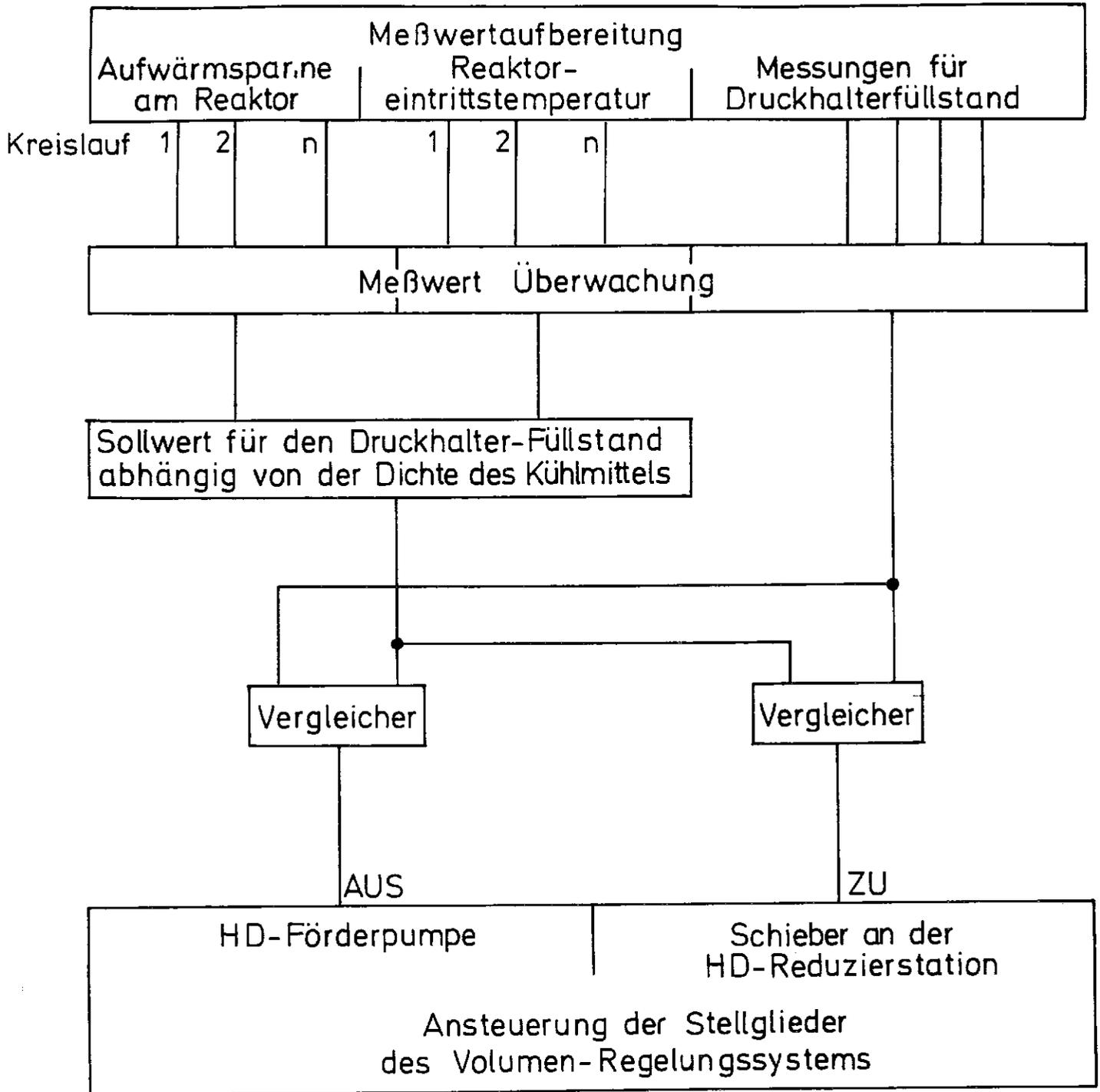


Kernkraftwerk Stendal C/D	
Prinzip der Steuerelement-einfahrbegrenzung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/4	DWR 1300 08.90



Kernkraftwerk Stendal C/D	
Steuerelementeinfahrbegrenzung der D-Bank	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/5	DWR 1300 08.90





Kernkraftwerk Stendal C/D	
Kühlmittelmassen-Begrenzung	
SIEMENS Energieerzeugung KWU	
Abb.: 2.14.5/7	DWR 1300 08.90

2.14.6 Prozeßinformationssystem (CQ)

Zusätzlich zu anderen Informationseinrichtungen in der Warte werden Informationen über den Kraftwerksprozeß von einem Prozeßrechnersystem (Überwachungsrechner) bereitgestellt, das binäre und analoge Meßdaten aus dem Kraftwerksbetrieb erfaßt und verarbeitet. Über die reine Dokumentation dieser Betriebsdaten hinaus sollen dem Betriebspersonal Informationen zum Erkennen von Störungen, deren Aufklärung sowie Entscheidungshilfen für die Fahrweise der Anlage zur Verfügung gestellt werden.

Der Überwachungsrechner übernimmt keine Steuerungs-, Regelungs- oder Schutzfunktionen. Diese werden von anderen Geräteeinrichtungen wahrgenommen. Sicherheitstechnisch wichtige Informationen werden vom Überwachungsrechner nur zusätzlich zu anderen Einrichtungen (z. B. Reaktorschutztafel, Störfallinstrumentierung) dargeboten.

2.14.61 Aufgaben

Störungsmeldung

Die erfaßten Störungsmeldungen werden auf Datensichtgeräten in der Warte zeitfolgerichtig angezeigt. Die Anzeige von Störungsmeldungen erfolgt zusammen mit Zustandsmeldungen wesentlicher Aggregate.

Dokumentation

Der Überwachungsrechner dokumentiert zeitfolgerichtig alle Daten, die über die Störmeldefunktion des Überwachungsrechners erfaßt werden einschließlich aller Störungsmeldungen der Klasse S und I nach KTA 3501 (s. Abschnitt 2.14.7) sowie der Schalt- und Zustandsmeldungen.

Störungsaufklärung

Der Überwachungsrechner speichert fortlaufend binäre und analoge Informationen aus dem Betriebsablauf. Im Falle einer wesentlichen Störung liefert der Überwachungsrechner automatisch Protokolle zur Störungsaufklärung, die die Vergangenheitswerte aus dem Speicher des Überwachungsrechners zusammen mit der Störungsnachgeschichte aufzeichnen und ein Zustandsbild vor, während und nach der Störung wiedergeben.

Meßwertverfolgung

Der Überwachungsrechner ermöglicht es dem Betriebspersonal, Meßwerte oder berechnete Analogwerte einzeln oder gruppenweise auf Datensichtgeräten in der Warte zu beobachten sowie auf Druckern deren Verlauf zu dokumentieren.

Referenz- und Richtwertermittlung

Zur Anlagenüberwachung werden aus Meßdaten der Anlageninstrumentierung jene Größen ermittelt, die z. B. die neutronenphysikalischen und thermodynamischen Verhältnisse des Reaktors kennzeichnen. Hierzu zählen z. B. die thermische Reaktorleistung, die Leistungsdichte und DNB-Richtwerte sowie die Kontrollwerte zum Überprüfen der Leistungsverteilungsdetektoren im Reaktorkern. Die genannten Werte werden bei der Kalibrierung der Instrumentierung verwendet.

2.14.6.2 Systemkonfiguration

Die Erfassung der Daten erfolgt scheibenorientiert. Zur Weiterverarbeitung werden die scheibenorientiert erfaßten Daten zentral zusammengeführt und zur Ausgabe aufbereitet.

Die Weiterverarbeitung ist so strukturiert, daß die Grundaufgaben Störungsmeldung, Dokumentation, Störungsaufklärung, Meßwertverfolgung zweifach redundant vorhanden und die anderen Aufgaben einfach, jedoch umschaltbar ausgelegt sind.

Die räumliche Anordnung erfolgt in der Weise, daß die Erfassung in den Räumen des Elektronikgeschosses, die Verarbeitung mit Speicherung im Rechnerraum neben der Warte, die Drucker zur Ausgabe der Dokumentation in einem davon abgeteilten Druckerraum sowie die Datensichtgeräte im Wartenraum angeordnet sind.

Der Überwachungsrechner wird unterbrechungslos über Wechselrichter versorgt, die aus der Notstromanlage 1 gespeist werden.

2.14.7 Meldeanlage

Die Störungsmeldungen sind unter Beachtung der KTA-Regel 3501 in drei Klassen eingeteilt:

Klasse S

Die Störungsmeldungen der Klasse S (Sicherheitsgefahrenmeldungen) werden vom Reaktorschutzsystem angeregt. Mit Hilfe einer Störungsmeldung der Klasse S wird dem zuständigen Betriebspersonal zwingend vorgeschrieben, eine Schutzaktion in einem vorgegebenen Zeitraum einzuleiten.

Diese sicherheitstechnisch relevanten Meldungen werden jeweils zusätzlich zur Bildschirm-Alarmanzeige (s. Abschnitt 2.14.6) als konventionelle Alarme in optisch hervorgehobener Form im Sicherheitsleitbereich angezeigt. Parallel erfolgt ein akustischer Hinweis.

Die Klasse S-Meldungen unterscheiden sich optisch von den Klasse I-Meldungen.

Klasse I

Die Störungsmeldung der Klasse I ist eine Meldung, die das Betriebspersonal auf eine Störung im Sicherheitssystem hinweist und damit die Beseitigung der Störung veranlaßt.

Diese Meldungen aus sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen werden zusätzlich zur Bildschirm-Alarmanzeige optisch im Sicherheitsleitbereich in geeigneter Form angezeigt. Parallel erfolgt ein akustischer Hinweis.

Klasse II

Die Störungsmeldung der Klasse II ist eine Meldung, die das Betriebspersonal auf eine Störung im Betriebssystem hinweist.

Die Anzeige dieser Meldung erfolgt über die Bildschirm-Alarmanzeige.

Alle Störungsmeldungen werden über die Bildschirm-Alarmanzeige mit Signalkennzeichen, Klassifizierung und Uhrzeit angezeigt. Die Quittierung erfolgt gekoppelt mit der Bildschirmanzeige. Alle Störungsmeldungen werden über den Überwachungsrechner protokolliert.