

FZR-171  
März 1997

*M. Beyer, H. Carl, K. Nowak, P. Schumann,  
A. Seidel, F.-P. Weiß und J. Zschau*

**Ein Technisches System  
zur verbesserten betrieblichen Überwachung  
des Kernkraftwerkes Saporoshje/Ukraine**



**Forschungszentrum Rossendorf e.V.**

**Postfach 51 01 19 · D-01314 Dresden**

**Bundesrepublik Deutschland**

**Telefon (0351) 260 2492**

**Telefax (0351) 260 2818**

**E-Mail [carl@fz-rossendorf.de](mailto:carl@fz-rossendorf.de)**

**EIN TECHNISCHES SYSTEM  
ZUR VERBESSERTEN BETRIEBLICHEN ÜBERWACHUNG  
DES KERNKRAFTWERKES SAPOROSHJE/UKRAINE**

**M. Beyer, H. Carl, P. Schumann, A. Seidel, F.-P. Weiß, J. Zschau**  
Forschungszentrum Rossendorf, Institut für Sicherheitsforschung  
Postfach 510119, D - 10314 Dresden

**K. Nowak**  
Technischer Überwachungsverein Rheinland  
Institut für Kerntechnik und Strahlenschutz  
Postfach 91 09 501, D - 51101 Köln

Erweiterte Fassung des Vortrages für das  
International Topical Meeting on VVER Instrumentation and Control,  
Prag, Tschechische Republik, 21.-24. April 1997

## KURZFASSUNG

Es wird über ein Technisches System zur verbesserten betrieblichen Überwachung eines KKW mit unifiziertem WWER-1000/320-Reaktor berichtet, mit dessen Pilotprojekt 1992 im ukrainischen KKW Saporoshje begonnen worden war. Die Überwachung ist schwerpunktmäßig auf betriebliche Parameter ausgerichtet, umfaßt aber auch die international üblichen radiologischen und meteorologischen Aufgaben. Das Überwachungskonzept auf der Basis von Schutzziele und Kontrollaufgaben sowie die daraus folgende Auswahl der überwachten Parameter, die strukturelle Gestaltung des technischen Systems, die automatische Bewertung des Prozeß- und Anlagenzustandes durch Vergleich der betrieblichen und radiologischen Parameter mit überwachungsspezifischen Grenzwerten sowie die Klassierung des Bewertungsergebnisses in die Informationsstufen MELDUNG ☐, WARNUNG ☒ und ALARM ☔ werden erläutert. Der Testbetrieb des Systems unter industriellen Bedingungen hat im Sommer 1996 begonnen.

Der Anhang enthält eine Tabelle der überwachten Parameter, in der die Bewertungsalgorithmen von Einzelparametern und Parametergruppen skizziert und die daraus folgenden verbalen, an die Nutzer weitergeleiteten Mitteilungen angegeben sind.

## ABSTRACT

In the paper a Technical System is described to improve the operational monitoring of a nuclear power plant equipped with the standardised VVER-1000/320 reactor type is described. A pilot project of this system in the Zaporozh'ye NPP unit # 5 has been started in 1992. The monitoring tasks are mainly directed to operational parameters but include in accordance to international experiences the radiological parameters as well as the meteorological. The monitoring concept based on protection objectives and related control tasks, the resulting selection of monitored parameters, the structure of the monitoring system, the automatic evaluation of the process and of components by comparison of the actual values of the selected parameters with monitor-specific limit values as well as the classification of the evaluation results into the information levels NOTICE ☐, WARNING ☒ and ALARM ☔ are explained. The operational testing period of the system has been started in summer 1996.

In the appendix the monitored parameters, the evaluation algorithms of single parameters as well as of groups of parameters are roughly noted and the verbal information given to the users are shown.

## АННОТАЦИЯ

В данном отчете включается информацию о технической системе совершенствования технологического контроля АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000/320, по которой пилот-проект начался на Запорожской АЭС в 1992 г. В основном надзор направлен на технологические параметры, а также включает общепринятые в международном масштабе радиологические и метеорологические задачи. Объясняются как концепцию контроля на основе целей защиты и контрольных задач, так и следовавшие из них выбор контролируемых параметров, структуру технической системы, автоматическую оценку состояния процессов и установки сравнением технологических и радиологических параметров с установленными с целью дистанционного контроля пределами, а также классификацию уровней информации (т.е. объявление ☐, предупреждение ☒ и тревога ☔). Летом 1996 г. система была введена в опытную эксплуатацию.

В приложении изложена таблица контролируемых параметров, в которой показаны алгоритмы оценки отдельных параметров и групп параметров, а также следовавшие из этого текстовые сообщения, которые передаются пользователям.

## 1. EINLEITUNG

Im Rahmen des Programmes des Deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Zusammenarbeit mit mittel- und osteuropäischen Ländern und der Gemeinschaft unabhängiger Staaten auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit wurde seit 1992 als Pilotprojekt für das Kernkraftwerk Saporoshje/Ukraine<sup>1</sup> ein Technisches System zur verbesserten betrieblichen Überwachung in enger Zusammenarbeit von Forschungszentrum Rossendorf, Technischem Überwachungsverein Rheinland und unter maßgeblicher Mitwirkung des Wissenschaftlich-Technischen Zentrums der Ukrainischen Aufsichtsbehörde entworfen [1], spezifiziert [2] und eingerichtet [3].



Abbildung 1: Das Kernkraftwerk Saporoshje/Ukraine am Kachowskaer Stausee und sein 15km-Umkreis. Die radiologischen Meßstellen des Fernbereiches sind als Kreise markiert.

<sup>1</sup> Das KKW Saporoshje liegt etwa 500 km südöstlich der Hauptstadt Kiew am südlichen Ufer des Flusses Dnepr, der an dieser Stelle zum Kachowkaer Stausee aufgestaut ist. Es hat sechs Reaktorblöcke vom Typ WWER-1000/320. Mit einer installierten Leistung von 6 000 MWe ist dieses Kernkraftwerk derzeit der größte nukleare Energieerzeuger in Europa.

Das technische System ergänzt die bestehenden Prüf- und Überwachungsgeräte durch moderne informationstechnische Mittel und Verfahren. Es ermöglicht eine kontinuierliche betriebliche Überwachung des 5. Reaktorblockes sowohl während des Normalbetriebes und als auch bei Abweichungen und Störungen. Auf diese Weise kann die ukrainische Aufsichtsbehörde sofort durch Nachfrage oder Anordnung reagieren, sobald eindeutige Abweichungen von der regulären Betriebsweise auftreten. Außerdem werden die radiologischen und meteorologischen Parameter vom gesamten Kraftwerksstandort überwacht in der Absicht, die aktuelle radiologische Situation einzuschätzen und effektive Notfallschutzmaßnahmen jederzeit einleiten zu können.

## 2. PARAMETERAUSWAHL

Die zu überwachenden Parameter wurden auf der Grundlage deutscher und internationaler Erfahrungen nach dem Kriterium ausgewählt, die Einhaltung der folgenden vier Schutzziele aktuell zu beobachten und zu bewerten:

- S1 Gewährleistung der Reaktorabschaltung,
- S2 Gewährleistung der Kernkühlung,
- S3 Gewährleistung der Wärmeabfuhr aus dem 1. Kreislauf und Gewährleistung seiner Integrität und
- S4 Integrität des Containments.

Dabei sind neun Kontrollaufgaben zu erfüllen, die sich auf bestimmte Komponenten, Medien, Prozessen und Betriebsbedingungen beziehen. Diese Kontrollaufgaben stehen in Verbindung mit:

- K1 Allgemeinem Anlagenzustand,
- K2 Wirksamkeit der Barrieren,
- K3 radioaktivem Inventar,
- K4 Freisetzung radioaktiver Substanzen mit der Fortluft,
- K5 Immission in Gebäuden und Umgebung,
- K6 Erfassung der meteorologischen Parameter,
- K7 Freisetzung radioaktiver Substanzen mit dem Wasser,
- K8 Einhaltung überwachungsspezifischer Schwellwerte und
- K9 den Betriebsbedingungen im Falle außergewöhnlicher Ereignisse oder bei Störfällen/Unfällen.

Während die Schutzziele für die verschiedenen Druckwasserreaktoren gleichermaßen gültig sind, beziehen sich die Kontrollaufgaben auf den speziell betrachteten Reaktortyp WWER-1000/320 des KKW Saporoshje.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, daß die Überwachung von Schutzziele in Verbindung mit den genannten Kontrollaufgaben in gewissem Maße in sich selbst-redundant ist, aber gleichzeitig diversitär bezüglich der "Überwachung der Grenzwerte und Bedingungen des sicheren Betriebes", die der Betreiber laut Betriebshandbuch durchzuführen hat. Diese Diversität wird dadurch erreicht, daß im Technischen System die Parameter aus ganz unterschiedlichen Überwachungssystemen zusammengefaßt und daher nicht nur einzeln, sondern auch in Gruppen (Kombinationen) bewertet werden können.

Auf der Grundlage der Schutzziele und Kontrollaufgaben werden im Technischen System insgesamt

- 49 sicherheitsrelevante Betriebsparameter unterschiedlichen physikalischen Ursprungs,

18 unterschiedliche radiologische Parameter aus dem Reaktorblock und dem gesamten Standort und

6 unterschiedliche meteorologische Parameter

kontinuierlich erfaßt, überwacht und automatisch bewertet. Die ausgewählten Parameter und ihre Benutzung im Technischen System sind vollständig und die zugehörigen Bewertungen sind übersichtlich im Anhang aufgelistet.

Die große Anzahl der ausgewählten Parameter macht es unumgänglich, den Überwachungsvorgang und insbesondere die Bewertung soweit wie möglich zu automatisieren. Diese Automatisierung ist auch im Sinne einer Objektivierung wünschenswert. Dadurch wird das Aufsichtspersonal von relativ uninteressanter Routinearbeit befreit und kann sich vollständig auf die verantwortungsvollen Aufgaben vorbereiten bzw. konzentrieren, die im Falle von außergewöhnlichen Ereignissen bewältigt werden müssen.

In Abbildung 2 sind die zur Überwachung ausgewählten Parameter schematisch dargestellt und den verschiedenen Anlagenteilen des Reaktorblockes und des gesamten Standortes zugeordnet. Die verwendeten Farbtöne markieren mehr die Kontrollaufgaben und nicht so sehr die Schutzziele. So charakterisieren z.B. die Parameter im rot markierten Druckgefäß die Zustände des nuklearen Prozesses und des Primärkreislaufes (Teile des allgemeinen Anlagenzustandes K1). Zusätzlich dienen sie der Bewertung dreier Schutzziele: Der Reaktorabschaltung (S1), der Kernkühlung (S2) und der Wärmeabfuhr (Teil von S3). Daran wird erkennbar, daß die Überwachungsprozeduren recht komplex sein müssen: Die aktuellen Werte eines einzelnen Parameters müssen für unterschiedliche Kontrollaufgaben mit Grenzwerten verglichen werden, die wiederum für jede Kontrollaufgabe anders sein können.

Erst danach werden die Ergebnisse solcher Vergleiche zu einer logischen Information zusammengefaßt, mit deren Hilfe abschließend festgestellt wird, ob ein Schutzziel verletzt worden ist oder nicht.

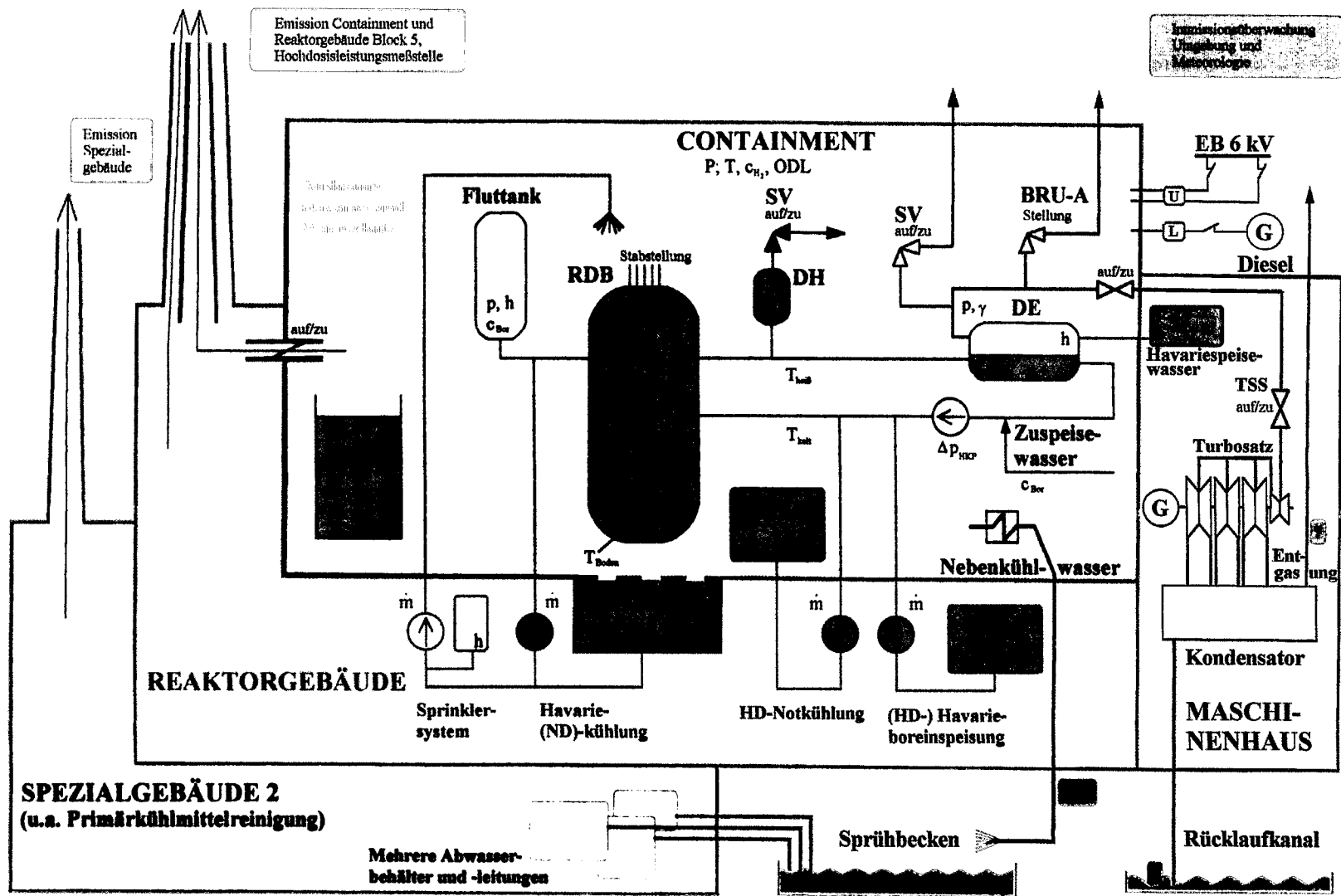


Abbildung 2: Parameter, die für die Überwachung ausgewählt wurden, und ihre Zuordnung zu Komponenten und Systemen



### 3. STRUKTUR UND AUFGABENVERTEILUNG IM TECHNISCHEN SYSTEM

Das Technische System am Kraftwerksstandort ist hierarchisch aufgebaut, wie in Abbildung 3 angegeben. Das System ist kraftwerksseitig als Lokales Netzwerk LAN auf Lichtwellenleiter-Basis ausgebildet, das alle sechs Reaktorblöcke, zwei Spezialgebäude, das Laborgebäude, das Verwaltungsgebäude und auch die sogenannte SAPOROGER ZENTRALE, die in einem geschützten Raum errichtet werden soll, umfaßt und verbindet.

Die betrieblichen Parameter werden alle 4 Sekunden in den ÜBERTRAGUNGSRECHNER BLOCK # 5 übertragen, während die standortbezogenen meteorologischen Parameter, die über den Betriebsrechner im Spezialgebäude # 2 erfaßt werden, zusammen mit den radiologischen des Blockes 5 etwa alle 5 Sekunden an den ÜBERTRAGUNGSRECHNER SPEZIALGEBÄUDE # 2 übergeben werden. Für die Übernahme der Datenmasse aus den Betriebsrechnern vom Typ SM-2M in einen VIOP-Baustein des VME-Bus-Rechners wurde eigens ein ausreichend schneller Treiber geschaffen [2].

In den ÜBERTRAGUNGSRECHNERN werden die aktuellen Daten sortiert, geprüft, dimensioniert, komprimiert, einzeln oder in überwachungsspezifischen Verknüpfungen in repräsentative logische Datenkanäle umgewandelt und als Datenpakete in Intervallen von einer Minute an den SERVER und den STANDORTRECHNER im Laborgebäude weitergeleitet. Die verschiedenen Schritte des Datentransfers und der Datenverarbeitung sowie die Verteilung dieser Schritte auf die verschiedenen Workstations am Kraftwerksstandort sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

Rechnertyp	Einsatzort im Kraftwerk	Aufgaben
ÜBER- TRAGUNGS- RECHNER  (VME-BUS Rechner)	Reaktorblock und Hilfsge- bäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragung der Primärdaten aus den Betriebsrechner-systemen SM-2M, Eingangsprüfung,</li> <li>• Auswahl der zu überwachenden Parameter,</li> <li>• Umwandlung in dimensionierte Meßkanäle,</li> <li>• Plausibilitäts- und Glaubwürdigkeitstest,</li> <li>• Umwandlung in temporäre Datenkanäle,</li> <li>• Zusammenfassung und Umwandlung in repräsentative lo-gische Datenkanäle, Trendanalyse über eine Minute.</li> </ul>
SERVER (SUN SPARC- station 20)	Labor- gebäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeiner Informations- und Datenaustausch zwischen ÜBERTRAGUNGSRECHNERN, STANDORTRECHNER, TERMINAL-RECHNER und X-TERMINAL.</li> </ul>
STANDORT RECHNER  (SUN SPARC- station 5)	Labor- gebäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der logischen Datenkanäle durch Vergleich mit überwachungsspezifischen Grenzwerten,</li> <li>• Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse,</li> <li>• Informationsdienste für die Nutzer,</li> <li>• allgemeine System- und Zustandssteuerung des Techni-schen Systems,</li> <li>• Informationsspeicherung und Back-up.</li> </ul>
X-TERMINAL (SUN SPARC classic)	Verwaltungs- gebäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisierung und Nutzung aller Informationen des Tech-nischen Systems durch den VOR-ORT-INSPEKTOR der Auf-sichtsbehörde.</li> </ul>
TERMINAL- RECHNER (SUN SPARC- station 20)	SAPOROGER ZENTRALE (geschützter Raum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisierung und Nutzung aller Informationen des Tech-nischen Systems durch den VOR-ORT-INSPEKTOR der Auf-sichtsbehörde und den Betreiber,</li> <li>• Datenaufbereitung und Datentransfer in die KIEWER ZEN-TRALE der Aufsichtsbehörde (nächster Realisierungsschritt).</li> </ul>

**Tabelle 1: Rechner im Technischen System und ihre Aufgaben**

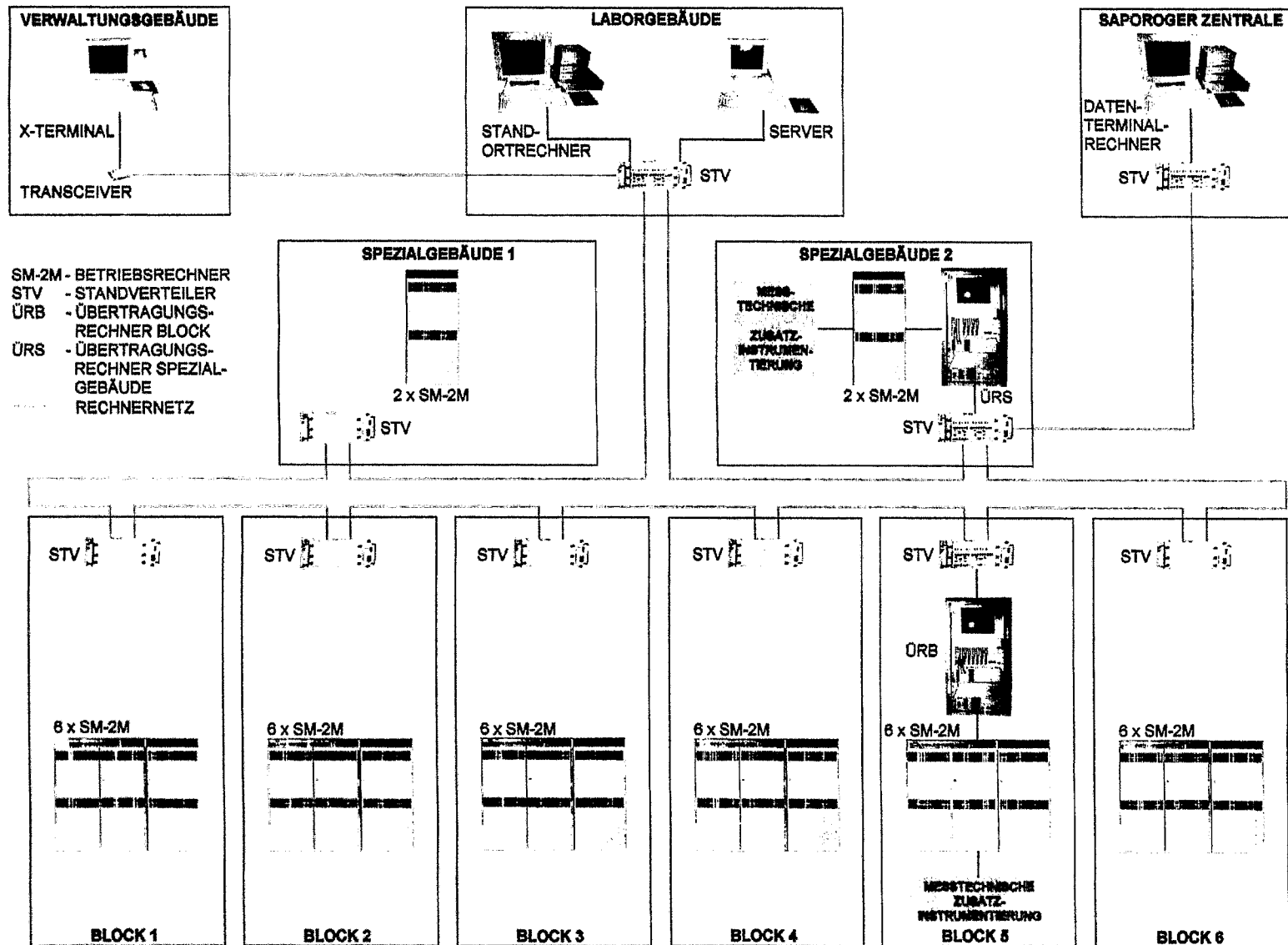


Abbildung 3: Struktur des Technischen Systems am Standort des KKW Saporoshje und die Zuordnung der Rechner zu Gebäuden

Die Ergebnisse der automatischen Bewertung werden im STANDORTRECHNER ermittelt und den Nutzern zur Verfügung gestellt:



- auf dem X-TERMINAL im Verwaltungsgebäude für den Vor-Ort-Inspektor der Aufsichtsbehörde,
- auf dem TERMINALRECHNER in der SAPOROGER ZENTRALE für den Vor-Ort-Inspektor und den Betreiber.

Die Weiterleitung der Bewertungsergebnisse in die KIEWER ZENTRALE der Staatlichen Aufsicht soll über den TERMINALRECHNER der SAPOROGER ZENTRALE im nächsten Realisierungsschritt eingerichtet werden.

Die drei Workstations (SERVER, STANDORTRECHNER und TERMINALRECHNER) sind so konzipiert und ausgerüstet, daß bei Ausfall eines dieser Rechner dessen Aufgaben im wesentlichen von den beiden anderen übernommen werden können.

#### 4. AUTOMATISCHE BEWERTUNG AM STANDORT

Im STANDORTRECHNER wird der Prozeß- und Anlagenzustand durch Vergleich der repräsentativen logischen Datenkanäle mit überwachungsspezifischen Grenzwerten abschließend bewertet, wobei sowohl Grenzwertverletzungen einzelner Parameter als auch besonders die Kombinationen von Grenzwertverletzungen mehrerer Parameter in Betracht gezogen werden [4]. Die dabei verwendeten überwachungsspezifischen Grenzwerte müssen speziell zwischen Betreiber und Behörde vereinbart werden. Sie liegen unterhalb der Genehmigungsgrenzwerte der Behörde (bzw. unterhalb der zulässigen Belastungsgrenzwerte der Komponentenhersteller), aber oberhalb der betrieblichen Überwachungsgrenzwerte. Damit ist gewährleistet, daß der Betreiber seinen Handlungsspielraum für die Steuerung der Anlage auch voll nutzen kann<sup>2</sup>.

Solange keine Verletzung von Schutzziele vorliegt, erhalten die Nutzer lediglich alle zehn Minuten einen Datenblock mit betrieblichen Daten (bzw. alle 60 Minuten einen Datenblock mit radiologischen und meteorologischen Meßwerten) zur bloßen Information. Die Überschreitung eines Schwellwertes erzeugt dagegen eine Mitteilung an die Nutzer in der SAPOROGER ZENTRALE (Aufsicht) und an den Vor-Ort-Inspektor und den Betreiber im Verwaltungsgebäude. Bezüglich der Bedeutung und der möglichen Auswirkungen einer solchen Überschreitung werden die drei Informationszustände MELDUNG , WARNUNG  und ALARM  unterschieden<sup>3</sup>.

- Eine MELDUNG  wird an die Aufsicht und den Betreiber weitergegeben im Falle des Ausfalls einer redundant ausgelegten Meßkette oder eines redundant ausgelegten Sicherheitssystems, sofern die Sicherheitsreserven durch diesen Ausfall nicht mehr einschätzbar oder gemindert sind. Die MELDUNG  besteht in einer kurzen verbalen Mitteilung auf Display und Drucker mit Angabe des fehlerhaften Systems und der vorgeschriebenen zulässigen Instandsetzungsfrist.

Der Informationszustand MELDUNG  wird durch eine Meldung über die Wiederherstellung des normalen Zustandes automatisch aufgehoben, sobald ihre Ursache beseitigt ist.

<sup>2</sup> Die einvernehmliche Festlegung der überwachungsspezifischen Grenzwerte durch Betreiber und Aufsichtsbehörde wird sich in der Praxis als ein langwieriger Prozeß gestalten, der jedoch eine Optimierung der Überwachungsempfindlichkeit bei gleichzeitiger Minimierung der Fehlalarmrate erlaubt.

<sup>3</sup> Die Informationsstufen des Technischen Systems sind nicht identisch mit eventuell ähnlich bezeichneten Stufen des Notfallschutzes.

- Eine WARNUNG ☹ wird bei Verletzung mindestens eines Schutzzieles an die Nutzer übermittelt. Sie besteht in einer verbalen Mitteilung und Signalisierung auf dem Bildschirm, Eintragung in ein Warnjournal und Druckerausgabe des aktuellen Wertes und des zugehörigen Grenzwertes derjenigen überwachten Parameter, die mit der Schutzzielverletzung in Verbindung stehen können. Diese Informationen sollen dem geübten Spezialisten einen Überblick über den eingetretenen Prozeß- und Anlagenzustand geben.

Die Auslösung einer Warnung muß von den Nutzern durch Quittung bestätigt werden.

Der Informationszustand WARNUNG ☹ kann erst aufgehoben werden, wenn über eine ausreichend lange Zeitspanne eine Schutzzielverletzung nicht mehr vorliegt und wenn die Aufsicht zugestimmt hat.

- Ein ALARM ☹ wird im Technischen System ausgelöst, wenn auf Grund einer Schutzzielverletzung ein Prozeß- oder Anlagenzustand erreicht wird, der aus Sicherheitsgründen eine genauere Beobachtung erfordert. Das ist immer der Fall, wenn ein Störfall oder Unfall im Sinne der Internationalen Bewertungsskala für außergewöhnliche Ereignisse in Kernanlagen (INES) vorliegt. Während bei allen Prozeß- und Anlagenzuständen von Normalbetrieb bis WARNUNG ☹ die betrieblichen Daten in Zeitabständen von zehn Minuten und die radiologischen und meteorologischen Daten in Zeitabständen von 60 Minuten an die Nutzer übertragen werden, werden im Informationszustand ALARM ☹ diese Zeitabstände auf eine bzw. zehn Minuten verkürzt.

Bezüglich der Eintragung in ein Alarmjournal, Signalisation auf dem Bildschirm, Notwendigkeit der Quittierung und der Bedingungen für eine Beendigung des Alarmzustandes unterscheiden sich die Zustände WARNUNG ☹ und ALARM ☹ nicht.

Auf Grund dieser unterschiedlichen Informationszustände und der bereits erwähnten Vielfalt der überwachungsspezifischen und kontrollaufgabenbezogenen Grenzwerte sind die Algorithmen für die automatische Bewertung relativ komplex.

In der Tabelle im ANHANG sind die Bewertungen grob skizziert und die Ergebnisse aller Bewertungen angegeben.

## 5. BEWERTUNGsalgorithmen

Die Leistungsfähigkeit der automatischen Überwachung, hängt wie bereits erwähnt, von der sorgfältigen Justierung der überwachungsspezifischen Grenzwerte und zusätzlich wesentlich von der Vollständigkeit und der sorgfältigen Gestaltung der Überwachungsalgorithmen ab.

Der Verwendungszweck der einzelnen Parameter resultiert aus der Gewährleistung der Schutzziele und der Wahrnehmung der Kontrollaufgaben. Er war folglich bereits bei der Auswahl der Parameter bedacht worden, wobei allerdings auch praktische Gegebenheiten wie Empfindlichkeit, Robustheit, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit der Geber, die Eignung ihres Nachweisprinzips und ihrer Meßposition sowie wünschenswerte Redundanz und Diversität zu berücksichtigen waren.

In Verbindung mit der Erarbeitung der Algorithmen ist neben den obigen Überlegung zur Gestaltung der Grenzwerte zu entscheiden, in welcher Weise

- der Ausfall einer oder mehrerer Meßlinien,
- der Ausfall eines oder mehrerer Sicherheitssysteme oder
- der Ausfall einer oder mehrerer die Schutzziele tangierenden Komponenten

bei gegebener Redundanz oder Diversität zu bewerten ist [5]. Überlegungen dieser Art erfordern genaue Kenntnisse der Anlage, ihrer technologischen Komponenten und Prozesse, ihrer Einbindung in Regelungs- und Steuerungsmechanismen und der Vorschriften der Betriebshandbücher. In jedem Falle ist hier die Mitwirkung des Betreibers erforderlich.

Es wurden zwei grundlegende Festlegungen getroffen:

- Der Ausfall einer Meßlinie, die die Verfügbarkeit oder Funktionsfähigkeit eines Sicherheitssystems anzeigt, wird vorsorglich wie der Ausfall dieses Sicherheitssystems selbst bewertet.
- Ein ALARM  $\triangle$  wird nur dann gebildet, wenn eine Freisetzung radioaktiver Substanzen bereits eingetreten ist oder auf Grund der von den betrieblichen Parametern ausgelösten Meldungen und Warnungen zu besorgen ist.

Abbildung 4 illustriert beispielhaft die Bildung der Bewertungsalgorithmen für den Parameter FST7SAOS<sub>i</sub>, Füllstand der (i = vier) Kernflutbehälter (Datenkanal-Nummer 39 im ANHANG), wobei die links niedergeschriebenen Zustandsbedingungen des Meßwertes als Prüfkriterien in den rechts angegebenen Algorithmen verwendet werden. Der Vollständigkeit halber sind die Algorithmen zur Auslösung der MELDUNG  $\square$  als auch zur Rücknahme der Meldung  $\square$  angegeben sowie die zugehörigen verbalen Mitteilungen. - Obwohl die Kernflutbehälter ein wesentlicher Bestandteil der Sicherheitssysteme sind, werden bei Unterschreitung auch des unteren Grenzwertes (FST7 < uG2) oder bei Ausfall der Meßlinie (ERROR) lediglich Meldungen  $\square$  erzeugt. Die Begründung dafür ist rein praktischer Natur: Eine Unterschreitung des Parameters FST7SAOS<sub>i</sub> ist nur zu Beginn der Kernflutung unmittelbar gefährlich. Zu diesem Zeitpunkt besteht aber schon der Informationszustand ALARM  $\triangle$ . Eine nochmalige Auslösung dieses Zustandes ist weder nötig noch zweckdienlich.

Das Beispiel der Abbildung 4 macht deutlich, daß beim Entwurf der Bewertungsalgorithmen eines Parameters stets nicht nur die Einbindung der zugehörigen Komponenten in das technologische System der gesamten Anlage, sondern auch die Einbindung in das Gesamtsystem der automatischen Bewertung berücksichtigt werden muß.

Im ANHANG ist eine vollständige Auflistung aller überwachten Parameter und ihrer Bewertung dargestellt. Die Tabelle enthält die Kontrollaufgabe, bei deren Prüfung die angegebene Schutzzielverletzung festgestellt wurde, die Art des aus der Bewertung resultierenden Informationszustandes ( $\square$ ,  $\blacksquare$ ,  $\triangle$ ) und die kausale Ursache in Form der verbalen Mitteilungen, die an die Nutzer gegeben werden, sowie die Bewertungsalgorithmen einschließlich ihres Bezuges zu anderen Parametern in grob skizzierter Darstellung. Detaillierte Angaben dazu enthalten die Algorithmenblätter [4], die als Grundlage für den Entwurf der gesamten Bewertungssoftware zusammengestellt worden sind.

## 6. ERREICHTER STAND DES TECHNISCHEN SYSTEMS

Der Probetrieb des Technischen Systems zur verbesserten betrieblichen Überwachung wurde nach der Installation des Netzes und der drei Workstations Ende 1995 begonnen. Seitdem erhalten der Vor-Ort-Inspektor der Behörde und das Management die aktuellen Zustandswerte des 5. Blockes nicht mehr per telefonischer Nachfrage, sondern on-line an ihren Arbeitsplätzen angezeigt. Abbildung 5 zeigt das technologische Schema, in dem die aktuellen Meßwerte präsentiert werden. Weitere Schemata, die vom Staatlichen Wissenschaftlich-Technischen Zentrum (SWTZ) der ukrainischen Aufsichtsbehörde entworfen und implementiert wurden, dienen der An-

Zustand von FST7	Schwellwertüberschreitung/-unterschreitung			Die Algorithmen erzeugen unterschiedliche Meldungen, wenn der aktuelle repräsentative Wert den Grenzwert unterschreitet oder überschreitet.
	① ⇄ ②	② ⇄ ③	① ⇄ ③	
FST7 > uG1 AND NOT EQU ERROR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">NORMAL</div>				①⇄② [(FST7(t)<uG1) AND (FST7(t)>uG2 AND NOT EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute)>uG1 AND NOT EQU ERROR)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter NIEDRIG;</b> ①⇄③ [(FST7(t) > uG1 AND NOT EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute) < uG1 AND NOT EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute)>uG2)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter NORMAL;</b>
FST7 < uG1 AND NOT EQU ERROR AND FST7 > uG2 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">NIEDRIG</div>				②⇄③ [(FST7(t) < uG2 OR EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute) > uG2 AND NOT EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute) < uG1)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter UNZUREICHEND;</b> ②⇄③ [(FST7(t) > uG2 and NOT EQU ERROR) AND (FST7(t) < uG1) AND (FST7(t-1Minute) < uG2 OR EQU ERROR)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter WIEDER NIEDRIG;</b>
FST7 < uG2 OR EQU ERROR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">UNZUREICHEND</div>				①⇄③ [(FST7(t) < uG2 OR EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute) > uG1 AND NOT EQU ERROR)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter UNZUREICHEND;</b> ①⇄③ [(FST7(t) < uG1 AND NOT EQU ERROR) AND (FST7(t-1Minute) < uG2 OR EQU ERROR)] EQU L; <i>output string</i> <b>Füllstand Kernflutbehälter WIEDER NORMAL;</b>

**Abbildung 4:** Bewertungsalgorithmen für den Parameter FST7, Füllstand Kernflutbehälter (FST7SAOSi)

Die Nutzer erhalten eine Meldung , wenn der aktuelle repräsentative Wert des Parameters FST7SAOSi (FST7) die überwachungsspezifischen Grenzwerte uG1 oder uG2 über- oder unterschreitet. Wegen der Sicherheitsrelevanz dieses Parameters wird ein Fehler im Meßkanal (ERROR) dem Unterschreiten des unteren Grenzwertes uG2, d.h. dem Ausfall des Kernflutbehälters, gleichgesetzt.

zeige und Signalisation von Grenzwertüberschreitungen und Schutzzielverletzungen.

Nach der erforderlichen Vervollständigung der Nutzersoftware durch das SWTZ und den Betreiber, bei der die deutsche Seite beratend mitgewirkt hat, und nachdem Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit unter Kraftwerksbedingungen nachgewiesen worden waren, hat Mitte 1996 die industrielle Testphase begonnen. Im laufenden Jahr soll das Technische System an die KIEWER ZENTRALE der Aufsichtsbehörde angeschlossen werden.

Das hier beschriebene Technische System ist bezüglich der effektiven betrieblichen Überwachung eines KKW mit WWER-1000-Reaktor unikal in Mittel- und Osteuropa und in den GUS-Ländern. Durch seine modulare und offene Struktur kann es jederzeit auf sechs Reaktorblöcke am Standort Saporoshje erweitert werden. Ebenso können weitere Nutzer angeschlossen werden.

### DANKSAGUNG

Die Autoren sind den Herren I. I. Iwanisow, A. O. Lebedew und V. I. Werpeta aus dem Kernkraftwerk Saporoshje außerordentlich dankbar für fruchtbare Diskussionen, für die Unterstützung bei der Bestandsaufnahme im KKW, für die konzeptionelle Mitwirkung und Mitwirkung bei der Realisierung. Die Autoren danken ferner den Herren V. M. Kwasow und V. I. Makarow aus dem Staatlichen Wissenschaftlich-Technischen Zentrum des Ukrainischen Ministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit für ihre Unterstützung bei der Spezifizierung aus der Sicht der Aufsicht und für die Entwicklung der Bewertungssoftware.

### LITERATUR

- [1] Beyer, M., H. Carl, L. Langer, K. Nowak, P. Schumann, A. Seidel, P. Tolksdorf und J. Zschau.: Aufbau eines technischen Systems zur Verbesserung der betrieblichen Überwachung der KKW durch die staatlichen Aufsichtsbehörden (Saporoshje), Forschungszentrum Rossendorf e.V., FZR-44, Juni 1994
- [2] Beyer, M., H. Carl, B. Schikora, P. Schumann, A. Seidel und J. Zschau.: Aufbau eines behördlichen Fernüberwachungssystems zur betrieblichen Überwachung des KKW Saporoshje (Block 5), - 1. Realisierungsstufe, Forschungszentrum Rossendorf e.V., FZR-88, Mai 1995
- [3] Beyer, M., H. Carl, B. Schikora, P. Schumann, A. Seidel und J. Zschau.: Lieferung von Investitionsgütern zur Erhöhung der Betriebssicherheit des Kernkraftwerkes Saporoshje, Betriebliche Überwachung, - 2. Realisierungsstufe, Forschungszentrum Rossendorf e.V., FZR-135, April 1996
- [4] Beyer, M., H. Carl, L. Langer, K. Nowak, P. Schumann, A. Seidel, P. Tolksdorf and J. Zschau, Specification of a Technical System to improve the Operational Monitoring of the Zaporozhýe NPP by the State Supervisory Authority of the Ukraine, Paper No. 14.3 at 7-th Symposium on Nuclear Surveillance and Diagnostics, SMORN VII, France, 19-th - 21-th June 1995, Proceedings pp. 472
- [5] Beyer, M., H. Carl, K. Nowak, P. Schumann, A. Seidel, F.-P. Weiß, J. Zschau, A Technical System to improve the operational monitoring of the Ukrainian Nuclear Power Plant Zaporozhýe (unit5), Poster on the OECD/NEA NSC Specialist's Meeting on In-core Instrumentation and reactor core assessment, Mito-shi, Japan, October 14-th to 17-th, 1996

*Dieses Projekt wurde durch das Deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert. Für den wissenschaftlichen Gehalt dieses Berichtes sind jedoch die Autoren verantwortlich.*

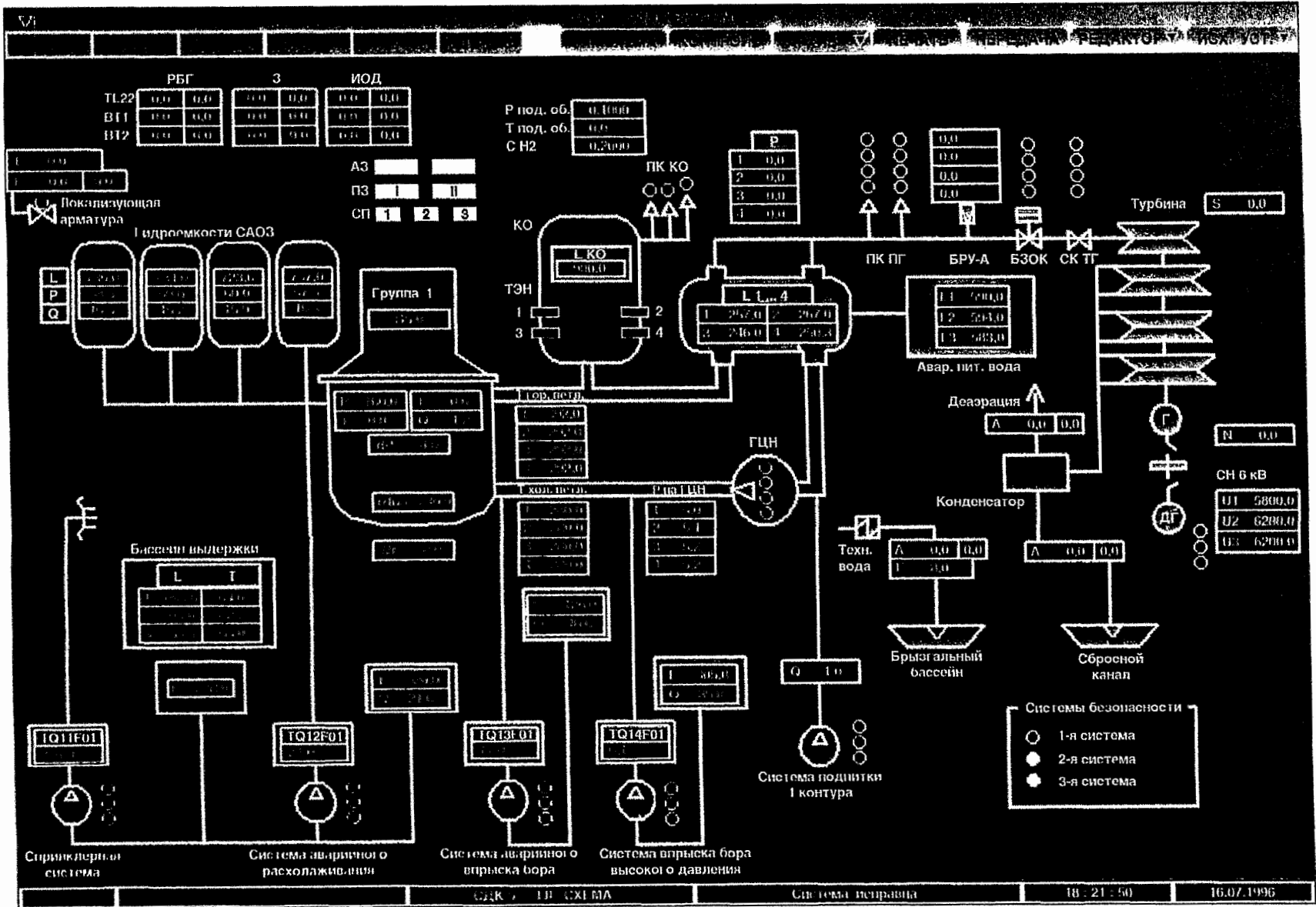


Abbildung 5: Technologisches Schema für die Darstellung der aktuellen betrieblichen Meßwerte von Block 5 des KKW Saporozhje



## ANHANG

### Zur Überwachung ausgewählte betriebliche und radiologische Parameter und ihre Bewertung im Technischen System.

Die folgende Tabelle skizziert den Überwachungsumfang bezüglich

- der Art und Menge der aus den Parametern abgeleiteten Datenkanäle,
- des Vergleiches mit oberen und unteren Grenzwerten (oG und uG),
- der Zuordnung zu Schutzzielen (S1...S4) und Kontrollaufgaben (K1...K9),
- der aus der Bewertung folgenden Informationszustände (□, ⊠, ⊕) und
- der verbalen Mitteilungen an die Nutzer.

In der Tabelle nicht enthalten sind die meteorologischen Parameter. Sie werden im Technischen System nicht bewertet, sondern dienen ausschließlich dazu, die Bedingungen für die Ausbreitung von Schadstoffen über den atmosphärischen Luftpfad zu quantifizieren, so daß lokale Ausbreitungsrechnungen nach anerkannten Verfahren jederzeit am Standort durchgeführt werden können.

Zum Verständnis der Tabelle sind folgende Erläuterungen nötig:

**1. Kennzeichnung:** Die rote laufende Nummer in der ersten Spalte dient der allgemeinen Orientierung innerhalb der Tabelle und ist dem zu überwachenden Datenkanal zugeordnet. In der zweiten Spalte ist eine Referenz zu früheren tabellarischen Darstellungen angegeben, gefolgt von einer mnemonischen Kurzbezeichnung in Spalte drei und der ausführlichen Bezeichnung in Spalte vier.

- Sofern von einer einzelnen Meßgröße mehrere Datenkanäle abgeleitet werden, ist die rote laufende Nummer in der ersten Spalte durch Dezimalpunkt und weitere Ziffern erweitert. Beispiel: Laufende Nummern 3 und 3.1, Stellung der Regelgruppen K8, K9 und K10, Datenkanäle STAB0i und TRANSIENT1: Wenn die aktuelle Regelstabstellung sich von dem Wert, der eine Minute zuvor ermittelt wurde, unterscheidet, wird der Datenkanal TRANSIENT1 mit der laufenden Nummer 3.1 auf den logischen Wert L gesetzt. TRANSIENT1 ist ein Steuerparameter, der dafür sorgt, daß bei Leistungsänderungen gewisse Grenzwertüberwachungen zeitweilig ausgesetzt werden.
- Sofern eine physikalische Meßgröße in mehrfacher Ausführung im technischen System verwendet wird, ist die Kurzbezeichnung des Datenkanals durch den Buchstaben i ergänzt. Die Zeichenkombination i(3) bedeutet, daß drei Ausführungen derselben Meßgröße überwacht werden, z.B. die obigen drei zur Regelung verwendeten Regelstabgruppen.

Sofern ein in mehrfacher Ausführung vorhandenes System durch eine entsprechende Anzahl von Datenkanälen überwacht wird, ist zumeist ein zusätzlicher Datenkanal mit dem abschließenden Buchstaben G gebildet, an Hand dessen eine Gesamtbewertung des redundanten Systems durchgeführt wird. (Beispiel: Sicherheitssysteme, Datenkanal 6, BORF71i(3) und Datenkanal 6.1, BORF71G.)

**2. Bewertung:** In der fünften Spalte wird in überschlägiger Form der Bewertungsalgorithmus in Form einer logischen Bedingung angegeben. Ist die Bedingung erfüllt, so wird der in Spalte acht angegebene Informationszustand (□, ⊠, ⊕) hergestellt. Im Bewertungsalgorithmus werden

- die üblichen arithmetischen Zeichen +, −, / und
- die üblichen logischen Zeichen <, >, =, ≥, ≤, ≠, ∩ (UND), ∪ (ODER)

verwendet. Die Datenkanäle sind durchweg in der kürzestmöglichen Form der roten laufenden Nummern notiert. - Die unteren und oberen Grenzwerte uG und oG gehören selbstverständlich zu dem Datenkanal, dessen Nummer angegeben ist.

- Sofern aktuelle Werte eines Datenkanals mit vorangegangenen Werten verglichen werden, wird der aktuelle Wert in üblicher Weise durch (t) und der um einen Zeitschritt (eine Minute) zurückliegende durch (t-1) gekennzeichnet. Ausnahme: Laufende Nummer 13: Der um 5 Sekunden zurückliegende Wert ist durch (t-5s) gekennzeichnet.

### 3. Schutzziele und Kontrollaufgaben:

- Sofern die Bewertung in Spalte fünf das logische Resultat L und den Informationszustand WARNUNG ☹ oder ALARM ⚠ liefert, wird in der Spalte sechs vermerkt, welches der Schutzziele nicht mehr gewährleistet ist.
- Sofern eine Grenzwertverletzung festgestellt wurde, wird in Spalte sieben die Kontrollaufgabe, bei deren Überprüfung eine Grenzwertverletzung festgestellt wurde, eingetragen.
- Sofern der Informationszustand MELDUNG ☐ gebildet ist, wird in Spalte sechs keine Schutzzielverletzung eingetragen.

**4. Resultat:** Spalte acht enthält den resultierenden Informationszustand (☐, ☹, ⚠) des Technischen Systems bei erfüllter Prüfbedingung.

**5. Kurzinformation:** Spalte neun enthält die verbale Mitteilung, die als Folge der erfüllten Prüfbedingung (Spalte fünf) an die Nutzer gegeben wird.

Die Bewertungen in Spalte fünf beinhalten häufig Prüfungen der aktuellen Werte mehrerer Datenkanäle. Um Doppeldarstellungen gleicher Prüfinhalte zu vermeiden, enthalten die Spalten fünf bis acht daher oft nur den Hinweis auf den Datenkanal, in dem Prüfbedingung und Prüfergebnis notiert sind.

Die Schutzziele S1 bis S4 sind:

- S1 Gewährleistung der Reaktorabschaltung,
- S2 Gewährleistung der Kernkühlung,
- S3 Gewährleistung der Wärmeabfuhr aus dem Primärkreis und Gewährleistung seiner Integrität und
- S4 Integrität des Containments.

Die Kontrollaufgaben K1 bis K9 beziehen sich auf:

- K1 Allgemeinen Anlagenzustand,
- K2 Wirksamkeit der Barrieren,
- K3 radioaktives Inventar,
- K4 Freisetzung radioaktiver Substanzen mit der Fortluft,
- K5 Immission in Gebäuden und Umgebung,
- K6 Erfassung der meteorologischen Parameter,
- K7 Freisetzung radioaktiver Substanzen mit dem Wasser,
- K8 Einhaltung überwachungsspezifischer Schwellwerte und
- K9 die Betriebsbedingungen im Falle außergewöhnlicher Ereignisse oder bei Störfällen/Unfällen.

Die aus der Bewertung resultierenden Informationszustände des Technischen Systems sind: MELDUNG ☐, WARNUNG ☹ und ALARM ⚠. Sie sind nicht identisch mit eventuellen Stufen des Notfallschutzes.

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (1)

lfd. Nr.	Referenz	Mnemonik	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
1	T-01	BORK01	Borsäurekonzentration PKL	$1 < uG$	-	K1, K8	<input type="checkbox"/>	Borsäurekonzentration NIEDRIG
siehe 8								
2	T-02	W, W_ALT	Borsäurekonzentration(2) PKL	$2 > 0$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Borsäuremessung neu JUSTIERT
3	T-03	STAB0i(3)	Stellung Regelgrupp. K8,9,10	$3 < uG \cup 3 > oG$	-	K1, K8	<input type="checkbox"/>	Regelgruppe <i> NICHT OPTIMAL
3.1		TRANSIENT1	Leistungsänderung	$3(t) \neq 3(t-1)$	-	K1	<input type="checkbox"/>	LEISTUNG veränderlich
4	T-04	STAB0A	Stellung Regelgruppen K1 bis K7	$4 < oG$	S1	K1, K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Abschaltreaktivität <i> VERRINGERT
				$4 < oG \cap 5 > oG$	S1	K1, K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Abschaltreaktivität <i> NIEDRIG
				$4 < oG \cap 5 > oG \cap 6.1 < uG$	S1	K1, K8, K9	<input type="checkbox"/>	Abschaltreaktivität <i> NIEDRIG
4.1		TRANSIENT2	Leistungsänderung	$4.1(t) \neq 4.1(t-1)$	-	K1	<input type="checkbox"/>	LEISTUNG veränderlich
4.2		TRANSIENT	Leistungsänderung	$4.2(t) \neq 4.2(t-1)$	-	K1	<input type="checkbox"/>	LEISTUNG veränderlich
4.3		ABSCHALTUNG	Abschaltung	$4.3(t) \neq 4.3(t-1)$	-	K1	<input type="checkbox"/>	ABSCHALTUNG durchgeführt
5	T-05	BORK71	Konz. HD-Bors.-Einsp. ausr.	$5 > oG$	-	K8	<input type="checkbox"/>	HD-Borsäurekonzentration NIEDRIG
siehe 4								
6	T-06	BORF71i(3)	Füllst. HD-Bors.-Einsp. nicht ausr.	$6 = uG$	-	K8	<input type="checkbox"/>	Füllstand HD-Einspeisung <i> GERING
6.1		BORF71G	insgesamt	$6.1 < oG$	S1	K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Alle Füllstände HD-Einsp. GERING
siehe 4								
7	T-07	BORM71	Fördermenge HD-Bors.-Einsp.	$7 > uG$	-	K8	<input type="checkbox"/>	HD-Bors.-Einsp. IN BETRIEB
siehe 30.1								
8	T-08	BORK03	Bors.-konz. Zuspeisg. Reaktor	$(1-8) > uG$	-	K1, K8	<input type="checkbox"/>	Differenz Borsäurekonzentration GROS
9	T-09	NEFLU	Excore-Neutronenfluß	$9 > oG(13) \cap 31=0$	S1, S2	K9	<input type="checkbox"/>	Leistung HOCH / Warnschutz FEHLT
				$9 > oG$	S2	K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Leistung HOCH
				$9/oG > 1,04$	S1	K1	<input type="checkbox"/>	Leistung SEHR HOCH
9.1		LEISTUNG	Leistungsbetrieb	$9/NN > 5 \%$	-	K1	<input type="checkbox"/>	
siehe 20, 21								
9.2		UMLADUNG	Umladebetrieb	$9/NN < 5\% \cap 16=0$	-	K1	<input type="checkbox"/>	
siehe 20, 21, 30, 41, 41.1, 42, 42.1, 47, 47.1, 56, 57, 58, 61								
10	T-10	EB6kVi (3)	Spannung 6kV ausgefallen	$10 < uG$	S1-S3	K1	<input type="checkbox"/>	Spannung 6kV <i> FEHLT
siehe 43								
10.1		EB6kVG	Anzahl 6kV-Spanng. ausgefallen	$10.1 = 2$	S1-S3	K9	<input type="checkbox"/>	ZWEI Spannungen 6kV FEHLEN
				$10.2 = 3$	S1-S3	K9	<input type="checkbox"/>	DREI Spannungen 6kV FEHLEN

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (2)

lfd Nr.	Referenz	Mnemonic	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
11	T-11	FST0iDH (2)	Füllstand Druckhalter	11=L $\cap$ 14<uG	S3	K8		DH-Füllst. und Temp. kalter Strang <i>NIEDRIG
				11=L $\cap$ 15>oG	S3	K8		DH-Füllst. und Temp. heißer Strang <i>HOCH
				11=L $\cap$ 16 1=L	S3	K2		DH-Füllst. und PKL-Druck <i>NIEDRIG
				11=L $\cap$ 16 2=L	S3	K2		DH-Füllst. und PKL-Druck <i>HOCH
12	T-12	D-P0	Druckdifferenz Spaltzone	12 < uG(13)	S2	K1		Ausfall HKP, Kernkühlung GERING
13	T-13	D-P0HKPi (4)	Druckdifferenz Hauptkühlmp.	13 < uG(9)	-	K1		HKP <i> AUSGEFALLEN
				siehe 48				
14	T-14	TEM0Ki (4)	Temperatur kalter Strang	13(t)<uG $\cap$ 13(t-5s)>(uG+oG)/2	S2	K8		HKP<i> PLÖTZLICH AUSGEFALLEN
				14>oG $\cap$ 13>uG	-	K1		kalter Strang <i> HEIß
				siehe 11				
15	T-15	TEM0Hi (4)	Temperatur heißer Strang	15>oG $\cap$ 13>uG	-	K1		heißer Strang <i> HEIß
				siehe 11				
16	T-16	P0	Druck oberhalb Spaltzone		-	K1		PKL-Druck <16>
		P-KKRIT	kritischer Unterdruck	16 1 = L	S2	K8		PKL-Druck NIEDRIG
		P-GKRIT	kritischer Überdruck	16.2 = L	S2	K8		PKL-Druck HOCH
				siehe 11				
17	T-17	KATEM0i (95)	Kassettenaustrittstemperatur			K1		
		FEHLTEM	Anzahl ausgefallener Meßstell.	17.1 > 0	-	K1		<Anzahl> KA-Temperaturen AUSGEFALLEN
		ANZAHL	Anzahl heißer Meßstellen	17.2 > 1	-	K8		<ANZAHL> KA-Temperaturen HOCH
		KATEMj	Temperatur heiße Meßstelle j					<KATEMj>
17.3	POSKATEMj	Position von KATEMj					<POSKATEMj>	
18	T-18	TSSV3	Schnellschlußventil Turbine zu	18 = uG	-	K1		Schnellschlußventile OFFEN
				18 > uG	S3	K8		Wärmesenke FEHLT
19	T-19	P1i	Frischdampfdruck	19 < uG	-	K8		Frischdampfdruck <i> NIEDRIG
				19 > oG	S3	K8		Frischdampfdruck <i> GROSß
				19>oG $\cap$ 53>oG	S4	K2		Frischddr. GROSß/Aktivt. Kondens.-entgas. HOCH
				19>oG $\cap$ 52>oG	S4	K2		Frischddr. GROSß/Aktivt. Frischdampf HOCH
				19<oG $\cap$ 52>oG	S4	K2		Frischddr. GROSß/Aktivt. Frischdampf NIEDRIG
20	T-20	FST2BEG	Füllstd. BE-becken nicht ausr.	20=uG $\cap$ 9.1=L	-	K3		BE-Becken WASSERSTAND GERING bei Leistung
				20=uG $\cap$ 9.2=L	S2	K3		BE-Becken WASSERSTAND GERING bei Umladg.
21	T-21	TEM2BEG	Temp. BE-becken zu groß	21=oG $\cap$ 9.1=L	-	K3		BE-Becken Temperatur HOCH
				21=uG $\cap$ 9.2=L	S2	K3		BE-Becken Temperatur HOCH bei Leistung
22	T-22	DHSV7K	DH-Kontr.-Sich.-ventil offen	22 > uG	S3	K2		DH-Kontr.-Sich.-ventil OFFEN
				22>uG $\cap$ 54>oG	S4	K3		DH-Kontr.-Sich.-ventil OFFEN, ODL Cont. HOCH

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (3)

lfd. Nr	Referenz	Mnemonik	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
T-23	DHSV71	1. DH.-Sich.-ventil offen	23 > uG	S3	K2	⚠	1. DH-Sich.-ventil OFFEN	
			23 > uG $\cap$ 54 > oG	S4	K3	⚠	1. DH-Sich.-ventil OFFEN, ODL Cont. HOCH	
T-24	DHSV72	2. DH -Sich.-ventil offen	24 > uG	S3	K2	⚠	2. DH-Sich.-ventil OFFEN	
			24 > uG $\cap$ 54 > oG	S4	K3	⚠	2. DH-Sich.-ventil OFFEN, ODL Cont. HOCH	
T-25	P21	Druck im Containment	25 < uG2	-	K1	☐	Unterdruck Containment HOCH	
			25 = 0	-	K1	☐	Druck Containment NULL	
			25 > oG1	S3	K8	⚠	Druck Containment HOCH	
			25 > oG2	S3	K2	⚠	Druck Containment SEHR HOCH	
			25 > oG1 $\cap$ 54 > oG	S4	K2	⚠	Druck und ODL Containment HOCH	
			25 > oG1 $\cap$ 55 > oG	S4	K2	⚠	Druck Cont. und ODL Reaktorsaal HOCH	
T-26	TEM2	Temperatur im Containment	26 > oG	S3	K8	⚠	Temperatur Containment HOCH	
			26 > oG $\cap$ 54 > oG	S4	K2	⚠	Temperatur und ODL Containment HOCH	
			26 > oG $\cap$ 55 > oG	S4	K2	⚠	Temperatur Cont. und ODL Reaktorsaal HOCH	
T-27	H2KONZ2i (4)	H <sub>2</sub> -Konzentration Containment	27 > oG1	S3	K8	⚠	H <sub>2</sub> -Konzentration <i> HOCH	
			27 > oG2	S3	K8	⚠	H <sub>2</sub> -Konzentration <i> SEHR HOCH	
			27 > oG1 $\cap$ 54 > oG	S4	K2	⚠	H <sub>2</sub> -Konzentration <i> HOCH	
			27 > oG1 $\cap$ 55 > oG	S4	K2	⚠	H <sub>2</sub> -Konzentration <i> HOCH	
T-28	DESV7i (8)	1 od 2 DE-Sicherh -Ventil offen	28 = oG	S3	K8	⚠	1./2. Sicherheitsventil <i> OFFEN	
			28 = oG $\cap$ 52 = oG	S4	K2	⚠	Sich.-ventil DE1/4 OFFEN, Frischdampfakt. HOCH	
T-29	BRUA7i (4)	Offnungsgrad Sich -ventil BRU-A	29 > oG	S3	K8	⚠	BRU-A <i> OFFEN	
			29 > oG $\cap$ 52 > oG	S4	K2	⚠	BRU-A <i> OFFEN, Frischdampfaktivität HOCH	
T-30	SAOS7 GZ7	Havariekuhlig SAOS in Betrieb gestaffelt Zuschalten in Betrieb	30 = 30 1 = 0 $\cap$ 44 > uG3 $\cap$ 9 2 = 0	-	K1	☐	Havariekühlung AUS, HD-Notkühlg. <i> IN BETR.	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 44 > uG3 $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Notkühlg. fördert <44>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 7 < uG	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Einspeisung AUS	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 44 < uG3 $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Notkühlg. fördert <44>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ uG2 < 44 < uG3 $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Notk. förd. <44> bei <16>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ uG1 < 44 < uG2 $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Notk. förd. <44> bei <16>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 44 > uG1 $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, HD-Notk. förd. <44> bei <16>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 44 1(t) $\neq$ 44 1(t-1) $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Nur <3-44.1> HD-Meßlinien VERFÜGBAR	
			30 = 30 1 = 0 $\cap$ 45 > uG $\cap$ 9 2 = 0	-	K1	☐	Hav.-kühlg. AUS, ND-Notkühlg. IN BETRIEB	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 45 > uG $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, ND-Notk. förd. <45> bei <16>	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 45 1(t) $\neq$ 45 1(t-1) $\cap$ 9 2 = 0	-	K9	☐	Nur <3-45.1> ND-Meßlinien VERFÜGBAR	
			30 $\cup$ 30 1 = L $\cap$ 45 < uG2	-	K9	☐	Hav.-kühlg. EIN, Füllstand RDB NICHT AUSREICH.	

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (4)

lfd. Nr.	Referenz	Mnemonic	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
31	T-31	HS7	Havarieschutz	31 = L	S1-S3	K9	☒	HAVARIESCHUTZ!
31.1		PS7	Warnschutz	31.1 = L	S1-S3	K1	☒	WARNSCHUTZ!
siehe 9								
32	T-32	FST2M	Füllstand Hermetiksümpfe	$uG2 < 32 < uG1$	-	K8	☐	Füllstand Sumpf GERING
				$32 > oG1$	-	K8	☐	Füllstand Sumpf HOCH
				$32 < uG2$	S1	K1	☒	Füllstand Sumpf SEHR GERING
				$32 < uG1 \cap 37.1 > oG$	S1	K1	☒	Abschaltreaktivität ND-Notkühlg. GERING
33	T-33	SSFD1i (4)	Schnellschluß Frischdampf zu	33 = uG	S3	K8	☒	Schnellschlußarmatur <i> GESCHLOSSEN
34	T-34	TEM2RDB	Temperatur RDB-Boden	34 > oG	S1	K8, K9	☒	Temperatur RDB-Boden HOCH
35	T-35	BORK72i (3)	Bors.-konz. HD-Notklg. n. ausr.	$uG2 < 35 < uG1$	-	K1	☐	Bors.-konz. HD-Notklg. <i> NIEDRIG
				$35 < uG2$	-	K8	☐	Bors.-konz. HD-Notklg. <i> NICHT AUSREICHEND
35.1		BORK72G	Gesamtzahl nichtausr. Systeme	$35.1 = oG$	S1	K1	☒	2 Bors.-konz. HD-Notklg. NICHT AUSREICHEND
				$35.1 > oG$	S1	K8	☒	alle Bors.-konz. HD-Notklg. NICHT AUSREICHEND
				$35.1 \geq oG \cap 36.1 < oG$	S1	K9	☒	Abschaltreaktivität HD-Notkühlg. GERING
36	T-36	BORF72i (3)	Füllstd. Bors. HD-Notklg. n. ausr.	$uG2 < 36 < uG1$	-	K1	☐	Bors.-Vorrat HD-Notkühlg. <i> NIEDRIG
				$36 < uG2$	-	K1	☐	Bors.-Vorrat HD-Notkühlg. <i> NICHT AUSREICH.
36.1		BORF72G	Gesamtzahl nichtausr. Systeme	$36.1 = oG$	S1	K8	☒	2 Bors.-Vorräte NICHT AUSREICHEND
				$36.1 > oG$	S1	K9	☒	alle Bors.-Vorräte NICHT AUSREICHEND
siehe 35.1								
37	T-37	BORK73i (3)	Bors.-konz. ND-Notklg. n. ausr.	$uG2 < 37 < uG1$	-	K1	☐	Bors.-konz. ND-Notklg. <i> NIEDRIG
				$37 < uG2$	-	K8	☐	Bors.-konz. ND-Notklg. <i> NICHT AUSREICHEND
37.1		BORF73G	Gesamtzahl nichtausr. Systeme	$37.1 = oG$	S1	K1	☒	2 Bors.-konz. ND-Notklg. NICHT AUSREICHEND
				$37.1 > oG$	S1	K8	☒	alle Bors.-konz. ND-Notklg. NICHT AUSREICHEND
siehe 32								
38	T-38	BORK7SAOSi (4)	Bors.-konz. Kernflutbeh. n. ausr.	$uG2 < 38 < uG1$	-	K1	☐	Bors.-konz. Kernflutbeh. <i> NIEDRIG
				$38 < uG2$	-	K8	☐	Bors.-konz. Kernflutbeh. <i> NICHT AUSREICHEND
38.1		BORK7SAOSG	Gesamtzahl nichtausr. Systeme	$38.1 > oG$	S1	K8	☒	<BORK7SAOSG> Bors.-konz. NICHT AUSREICH.
				$38.1 > oG \cap 39.1 \geq oG$	S1	K9	☒	Abschaltreaktivität Kernflutbehälter GERING
39	T-39	FST7SAOSi (4)	Füllstand Kernflutbeh. nicht ausr.	$uG2 < 39 < uG1$	-	K1	☐	Füllstand Kernflutbehälter <i> NIEDRIG
				$39 < uG2$	-	K8	☐	Füllstand Kernflutbehälter <i> NICHT AUSREICH.
39.1		FST7SAOSG	Gesamtzahl nichtausr. Systeme	$39.1 > oG$	S2	K1	☒	<FST7SAOSG> KF-Beh. Füllstd. NICHT AUSR.
siehe 38.1								
40	T-40	P7SAOSi (4)	Druck Kernflutbeh. nicht ausr.	$40 < uG$	-	K1	☐	Druck Kernflutbehälter <i> GERING
40.1		P7SAOSG	Anzahl unzureichender Systeme	$40.1 \geq oG \cap 9.2 \neq L$	S2	K9	☒	Druck in <40.1> Kernflutbeh. NICHT AUSREICH.

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (5)

lfd. Nr.	Referenz	Mnemonic	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
41	T-41	FST7HSWi (3)	Füllst. Hav.-Sp.-Wass.-Beh. n. a.	$41 = oG \cap 9.2 \neq L$	-	K8	<input type="checkbox"/>	Hav.-Sp.-Wass.-Vorrat <i> GERING
41.1		FST7HSWG	2 Füllstände H.-S.-W.-B. n. ausr.	$41.1 = oG \cap 9.2 \neq L$	S2	K8	<input checked="" type="checkbox"/>	ZWEI H.-S.-W.-Füllstd. NICHT AUSREICHEND
			alle Füllstände H.-S.-W.-B. n. a.	$41.1 > oG \cap 9.2 \neq L$	S2	K9	<input checked="" type="checkbox"/>	GESAMTER H.-S.-W.-Vorrat NICHT AUSREICHEND
42	T-42	FST7SBi (3)	Füllstd. Sprinklerbeh. nicht ausr.	$42 < oG \cap 9.2 \neq L$	-	K8	<input type="checkbox"/>	Füllstd. Sprinklerbeh. <i> GERING
42.1		FST7SBG	Anzahl nicht ausr. Systeme	$42.1 = G \cap 9.2 \neq L$	S2	K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Füllstd. ALLER Sprinklerbeh. NICHT AUSREICHEND
43	T-43	DG7i (3)	Leistung Dieselgenerator	$43 > uG$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Dieselgenerator <i> mit <DG7i> MW IN BETRIEB
				$43 > uG \cap 43(t)-43(t-1) > 5MW$	-	K9	<input type="checkbox"/>	Gesamtleistung <DG7G>
				$10 > uG \cap 43 < uG$	S1,2,3	K9	<input checked="" type="checkbox"/>	Notstromversorgung VERSAGT
				$10 \geq oG \cap 43 < 5MW$	S1,2,3	K9	<input checked="" type="checkbox"/>	totaler Spannungsausfall DROHT
44	T-44	BORM72i (3)	Fördermenge HD-Notkühlung					siehe 30
44.1		BORM72G	Anzahl Systeme in Betrieb					siehe 30
45	T-45	BORM73i (3)	Fördermenge ND-Notkühlung					siehe 30
45.1		BORM73G	Anzahl ausgefallener Systeme					siehe 30
46	T-46	FST0RDB	Füllstand RDB	$9.1 < L \cap 46 < uG1$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Füllstand RDB GERING, Reaktor ohne Leistung
								siehe 30
47	T-47	SPM7i (3)	Fördermenge Sprinklerpumpe	$9.2 = L \cap 47 < uG$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Spr.-Pmp. <i> bei Leistung IN BETRIEB
				$(30 \wedge 30.1) = L \cap 47 < uG$	-	K9	<input type="checkbox"/>	Spr.-Pmp. <i> bei Notkühlung IN BETRIEB
47.1		SPM7G	Anzahl Sprinklersyst. in Betrieb	$(30 \wedge 30.1) = L \cap 47.1 = 0$	-	K9	<input type="checkbox"/>	bei Notkühlung <SPM7G> Spr.-Syst. AUSGEF.
48	T-48	FST1DEi (4)	Füllstand Dampferzeuger	$48 < uG1$	-	K8	<input type="checkbox"/>	Füllstand DE<i> NIEDRIG
				$13 \geq uG \cap 48 < uG2$	S3	K8	<input checked="" type="checkbox"/>	Schleife <i> in Betrieb, De-Füllstand NIEDRIG
49	T-49	DDAL2i (50)	Zu-/Ableitungen Contm. offen	$49 = oG$	S3	K1	<input checked="" type="checkbox"/>	Contm. in Position <i> OFFEN
49.1		DDAL2G	Anzahl offener Leitungen	$54 \geq oG \cap 49.1 < uG$	S4	K5	<input checked="" type="checkbox"/>	Containm. OFFEN und Ortsdosisleistung HOCH
				$55 \geq oG \cap 49.1 < uG$	S4	K5	<input checked="" type="checkbox"/>	Containm. OFFEN und ODL Reaktorsaal HOCH
50	R-01	AKT0	Aktivitätskonzentration PKL	$50 > oG$	-	K2	<input type="checkbox"/>	Primärkreisaktivität HOCH
51	R-02	-	Meßblendentemperatur	$51 < uG$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Meßblendentemperatur GERING
				$51 > oG$	-	K1	<input type="checkbox"/>	Meßblendentemperatur HOCH
52	R-03	ODL114, -123	Frischdampfaktivität 1/4, 2/3					siehe 19, 28, 29
53	R-04	EGA1i (3)	Akt.-Konz. Kondensatorentgsg.	$53 > oG$	S4	K2	<input checked="" type="checkbox"/>	Aktivität Ejektor <i> HOCH
								siehe 19, 28, 29
54	R-05	ODL21	Ortsdosisleistung Containment	$54 > 3 * oG$	S4	K3	<input checked="" type="checkbox"/>	ODL Containment SEHR HOCH
								siehe 22, 23, 24, 25, 26, 27, 49.1

## Bewertung der Datenkanäle im technischen System der betrieblichen Überwachung KKW Saporoshje (6)

lfd. Nr.	Referenz	Mnemonic	Bezeichnung	Bewertung	Schutzziel	Kontrollaufgabe	Resultat	Kurzmitteilung
55	R-06	ODL22	ODL Reaktorsaal	55 > oG	S4	K8		ODL Reaktorsaal HOCH, Strahlenunfall? siehe 25, 26, 27, 49.1
56	R-07	EGA41,-2,-S2	Edelgasaktivitätskonzentration	9.2=0 $\cap$ 56 > oG	S4	K4		Edelgasaktivitätskonzentration <i> HOCH
57	R-08	AE41,-2,-S2	Aerosolaktivitätskonzentration	9.2=0 $\cap$ 57 > oG	S4	K4		Aerosolaktivitätskonzentration <i> HOCH
58	R-09	J41,-2,-S2	Jodaktivitätskonzentration	9.2=0 $\cap$ 58 > oG	S4	K4		Jodaktivitätskonzentration <i> HOCH
59	R-10	-	Volumenstrom Probennahmeleitung	59 < uG 59 > oG	- -	K1 K1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Volumenstrom GERING Volumenstrom GROS
60	R-11	GAM41	I'-Hochdosisleistg. Kamin	60 > oG	S4	K4		Gamma-Hochdosisleistung Kamin 1/2 HOCH
61	R-12	VOL41,-2,-S2 (3)	Fortluftvolumenstrom	9.2=0 $\cap$ 61 < uG1	-	K9	<input type="checkbox"/>	Fortluftvolumenstrom <i> NIEDRIG
62	R-13	TEM41,-2,-S2	Fortlufttemperatur	bei Ausbreitungsrechnungen	-	K8	<input type="checkbox"/>	
63	R-14	AKT51	Akt.-Konz. Rücklaufkanal	63 > oG	S3, S4	K7		Akt -Konz Rücklaufkanal HOCH
64	R-15	AKT52	Akt.-Konz. Nebenkühlwasser	64 > oG	S3, S4	K7		Akt -Konz Nebenkühlwasser HOCH
65	R-16	-	Durchsatz Nebenkühlwasser	65 > oG	-	K7	<input type="checkbox"/>	Durchsatz Nebenkühlwasser HOCH
66	R-17	ODL6Ni (8)	Ortsdosisleistung Nahbereich	66 > oG	S4	K5		ODL Nahbereich Meßstelle <i> HOCH
67	R-18	ODL6Fi (10)	Ortsdosisleistung Fernbereich	67 > oG	S4	K5		ODL Fernbereich Meßstelle <i> HOCH
68	R-19	EGA4iRATE (3)	Edelgasakt.-Abgaberate	68 > oG	S4	K4		Edelgasabgaberate <i> HOCH
69	R-20	AE4iRATE	Aerosolabgaberate	69 > oG	S4	K4		Aerosolabgaberate <i> HOCH
70	R-21	J4iRATE	Jodabgaberate	70 > oG	S4	K4		Jodabgaberate <i> HOCH