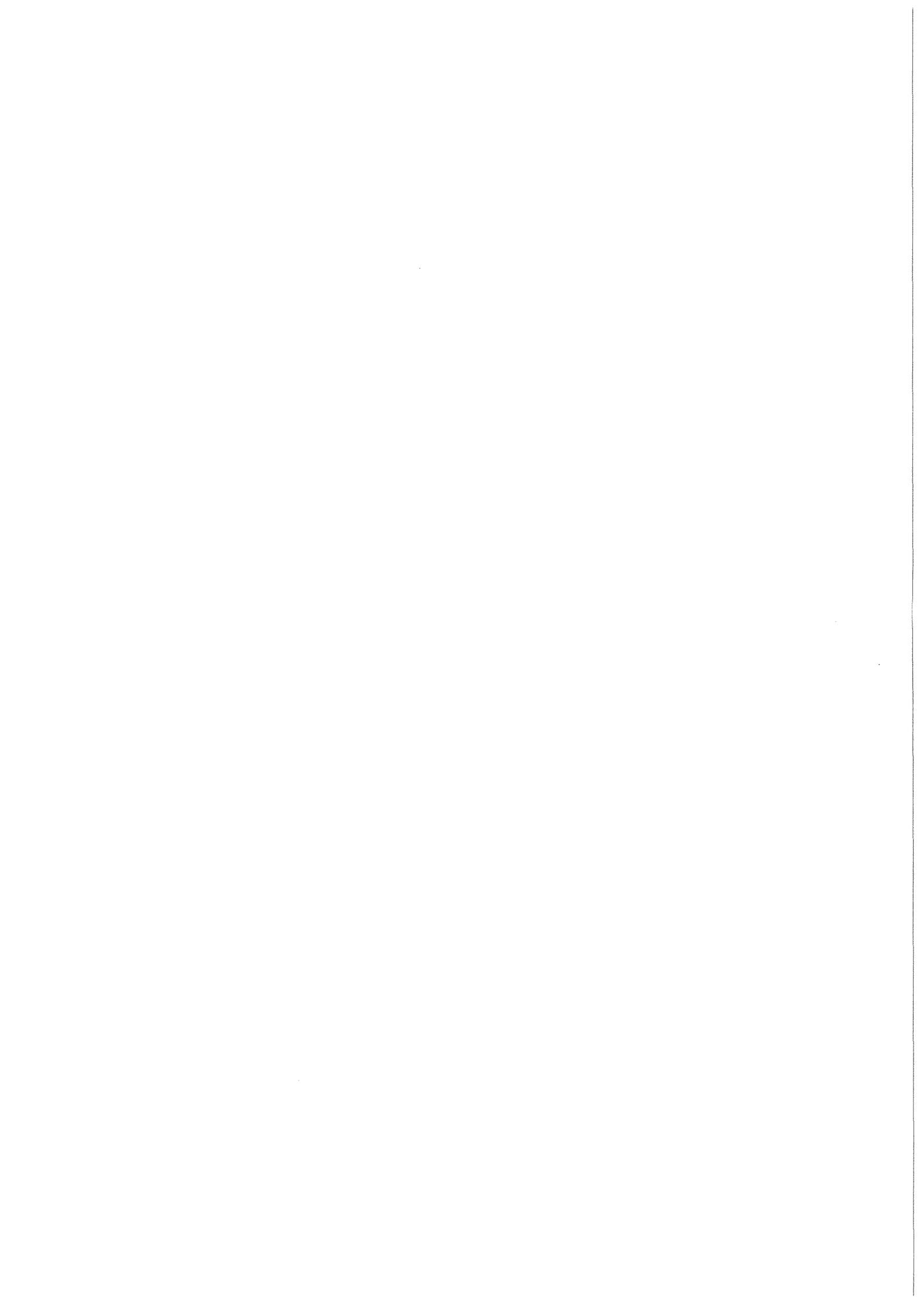


KfK 3393
September 1982

Lokales rechnergestütztes Überwachungssystem für den THTR-300

F. Arning, H. Reuters, H. Büker, St. Nicolai
Projekt Kernmaterialüberwachung

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Projekt Kernmaterialüberwachung

KfK 3393

Lokales rechnergestütztes Überwachungssystem
für den THTR-300

F. Arning⁺⁾ , H. Reuters⁺⁾
mit Beiträgen von H. Bükler⁺⁺⁾ und St. Nicolai⁺⁺⁾

⁺⁾ ProCom, Ingenieur-Unternehmen für
Computergestützte Produkte, Aachen

⁺⁺⁾ Kernforschungsanlage Jülich

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wird untersucht, wie das Safeguards-Konzept für den Kugelhaufenreaktor THTR-300 durch den Einsatz eines rechnergestützten Überwachungssystems realisiert werden kann. Neben der Darstellung des Systemaufbaus wird die Überwachungsinstrumentierung beschrieben, die mit dem Rechnersystem kompatibel ist. Die Konzeption des Überwachungssystems beruht auf einer zentralen Steuerung und Überwachung der gesamten Safeguards-Instrumentierung der Anlage. Dazu sind alle Safeguards-Geräte (Siegel, Kameras, Kugelnähler usw.) mit einer anlageninternen Überwachungszentrale verbunden, die alle Zustandsänderungen erkennt und verarbeitet. Dieser Aufbau gestattet eine zentrale Verifikation der gesamten Überwachungsinstrumentierung sowie eine zentrale Erfassung der für eine Inventarverifizierung notwendigen Informationen. Auf der Grundlage der dargestellten Ergebnisse erfolgt eine Bewertung des Systems hinsichtlich des Inspektionsaufwands, der Effektivität der Überwachung und der Funktions- und Verfälschungssicherheit.

A Local Computerized Safeguards System for THTR-300

Abstract

The paper describes a possible way of realizing the safeguards approach for the THTR-300 pebble bed reactor by means of a computerized monitoring system. The system structure is presented and also the appropriate safeguards instrumentation. The concept of the system relies on the central control and monitoring of all safeguards components. The latter are connected with a central on-site monitoring unit which recognizes and processes all changes of status. This arrangement allows a central verification of the whole instrumentation and the acquisition of all necessary data for inventory verification. Finally, an evaluation is given with respect to the inspection effort, efficiency of monitoring, reliability and tamper-proof.

In den Jahren 1980/81 wurde von der Firma ProCom - Ingenieurunternehmen für computergestützte Produkte, Aachen, im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie ein Fernüberwachungssystem für Zustandsinformationen von Geräten für die Kernmaterialüberwachung (LOVER) entwickelt.

Aufgabe der hier vorgelegten, vom Projekt Kernmaterialüberwachung in der KfK in Auftrag gegebenen Studie war es, die Einsatzmöglichkeiten des LOVER-Systems im Rahmen des Kernmaterialüberwachungskonzeptes für eine neuartige kerntechnische Anlage - in diesem Fall den Hochtemperaturreaktor-Prototyp THTR - exemplarisch aufzuzeigen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß aus dieser Studie weder Rückschlüsse über den möglichen Einsatz des LOVER-Systems für die THTR-Kernmaterialüberwachung abzuleiten noch Einzelheiten über das zugrundeliegende, zum Fertigstellungszeitpunkt der Studie noch nicht abgeschlossene THTR-Überwachungskonzept verbindlich zu entnehmen sind.

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	5
2. Konzeption eines rechnergestützten Überwachungssystems	6
2.1 Gesamtsicherung für den THTR-300	6
2.1.1 Vorbemerkung	6
2.1.2 Spaltstoffbilanzierung mit Inventarverifizierung	6
2.1.3 Inventarbestimmung	8
2.1.4 c/s-Überwachung	9
2.1.5 Überwachungsmaßnahmen für den THTR-300	9
2.2 Anforderung an ein rechnergestütztes Gesamtsicherungs- system	13
2.2.1 Zusammenstellung der Überwachungsmaßnahmen	13
2.2.2 Anforderungen für die c/s-Überwachung	14
2.2.3 Anforderungen für die Materialbilanzierung	15
2.2.4 Anforderungen für die Inspektionsunterstützung	15
2.3 Konzeptioneller Aufbau des Überwachungssystems	16
3. c/s-Überwachung	19
3.1 Versiegelung von Räumen und Behältern	19
3.1.1 Ankopplung von Siegeln an ein rechnerüberwachtes System	19
3.1.2 Versiegelung des antransportierten Brennstoffes	22
3.1.3 Versiegelung des Lagers für frische Brennelemente	23
3.1.4 Versiegelung von Rohrleitungen	24
3.1.5 Versiegelung des Beschickungsraums und der Kugel- unterscheidungsanlage	25
3.1.6 Versiegelung von Räumen, die zu Wartungszwecken be- gangen werden müssen	25
3.1.7 Versiegelung von Funktionsteilen	26

	<u>Seite</u>	
3.1.8	Siegel im Lager für abgebrannte Brennelemente	27
3.2	Instrumentelle Beobachtung	27
3.2.1	Methoden zur instrumentellen Beobachtung	27
3.2.2	Zentrale Überwachung und Steuerung von Kamerasystemen	28
3.2.3	Instrumentelle Beobachtung von Personenzugängen	32
3.2.4	Instrumentelle Beobachtung im Lager für abgebrannte Brennelemente	35
4.	Materialbilanzierung	37
4.1	Spaltstoffflußüberwachung	37
4.1.1	Maßnahmen zur Spaltstoffflußmessung	37
4.1.2	Funktionsweise des Kugelfühlers	38
4.1.3	Ankopplung von Kugelfühlern an das Rechnersystem	39
4.2	Verifizierung eingeschleuster Brennelemente	41
4.2.1	Maßnahmen zur Verifikation eingeschleuster Brennelemente	41
4.2.2	Steuerung der Stichprobenentnahme	42
4.3	Verifizierung des abgebrannten Brennstoffs	44
4.4	Verifizierung des frischen Brennstoffs	45
5.	Unterstützung bei der Bilanzierung	46
5.1	Maßnahmen zur Kernmaterialbilanzierung	46
5.2	Rechnergestützte Bilanzüberprüfung	48

	<u>Seite</u>
6. Aufbau des rechnergestützten Überwachungssystems	49
6.1 Geräteaufbau	49
6.1.1 Zentraler Überwachungsrechner	49
6.1.2 Universelles Interface	50
6.1.3 Party-Line	53
6.1.4 Zusammenstellung der Safeguards-Instrumentierung	54
6.2 Funktionsbeschreibung	56
6.2.1 Das Überwachungsprinzip	56
6.2.2 Universelles Interface	57
6.2.3 Zentraler Überwachungsrechner	58
6.2.4 Verfälschungssicherheit	60
7. Bewertung des Überwachungssystems	61
7.1 Inspektionsaufwand	61
7.2 Effektivität der Überwachung	62
7.3. Funktions- und Verfälschungssicherheit	63
7.4 Betriebliche Gesichtspunkte	64
Anhang Spaltstofffluß im THTR-300	65



1. Einleitung

Für den THTR-300 wurde von der Kernforschungsanlage Jülich, gemeinsam mit dem Reaktorhersteller und dem Betreiber, ein Kernmaterial-Überwachungssystem vorgeschlagen /1/, das, soweit möglich, das von den Kontrollbehörden anerkannte und erprobte Überwachungsverfahren übernimmt. Auf der Grundlage dieses Überwachungssystems soll in dieser Studie untersucht werden, wie sich durch den Einsatz eines Rechnersystems die Überwachung automatisieren läßt, und ob sich dadurch die Kontrolle kosteneffektiver, personalsparender und mit weniger Beeinträchtigung des Betriebes durchführen läßt als ohne Rechnereinsatz. Laut Aufgabenstellung sollen dabei keine Änderungen am vorgeschlagenen Überwachungskonzept vorgenommen werden.

Dazu werden als erstes die Vorschläge des Gesamtsicherungskonzepts für den THTR-300 zusammenfassend dargestellt und die daraus folgenden Anforderungen für ein zentrales rechnergestütztes Überwachungssystem ermittelt.

Danach wird die Überwachungsinstrumentierung beschrieben, die mit dem Rechnersystem kompatibel ist, und untersucht, wie die Überwachungsmaßnahmen der Kontrollbehörde durch einen Rechnereinsatz unterstützt werden können.

Auf Grund dieser Überlegungen wird dann ein Vorschlag für den konkreten Aufbau des rechnergestützten Überwachungssystems erarbeitet, wobei im besonderen auf die Gewährleistung der Funktions- und Verfälschungssicherheit des Gesamtsystems geachtet wird.

2. Konzeption eines rechnergestützten Überwachungssystems

2.1 Gesamtsicherung für den THTR-300

2.1.1 Vorbemerkung

Für den Kugelhaufenreaktor THTR-300 wurde im Rahmen des IAEA-Unterstützungsprogramms der Bundesrepublik Deutschland unter Mitwirkung der KFA-Jülich, des Reaktorherstellers, des Betreibers und des Forschungszentrums ISPRA ein Safeguards-Konzept entwickelt /1/, das auf den folgenden von den Kontrollbehörden praktizierten Überwachungsmaßnahmen beruht:

- Kernmaterialbilanzierung
- Räumliche Einschließung und Beobachtung (c/s-Maßnahmen)
- Inspektion durch die Kontrollbehörde

Die Materialbilanzierung als Maßnahme von grundlegender Bedeutung wird vom Betreiber durchgeführt und dient der Kontrollbehörde als Grundlage für die Verifizierung des Kernmaterialinventars. Sie wird unterstützt durch ergänzende c/s-Maßnahmen. Die Inspektionen durch die Kontrollbehörde dienen dazu, die ständige Anwesenheit deklarierten Kernmaterials nachzuweisen. Art und Zeit dieser Inspektionen werden anlagenspezifisch festgelegt.

2.1.2 Spaltstoffbilanzierung mit Inventarverifizierung

Im vorgeschlagenen Bilanzierungsverfahren wurde für den THTR-300 die Notwendigkeit einer glaubwürdigen Inventarverifizierung berücksichtigt. Bei diesem Verfahren wird das Kraftwerk als Materialbilanzzone angesehen und in regelmäßigen Abständen eine Bilanzierung des Kernmaterialbestandes durchgeführt. Dazu werden alle Eingänge und alle Ausgänge an spaltbarem Material (F_1 bzw. F_2) erfaßt und regelmäßig das Brennstoffinventar I bestimmt.

Aus einer Bilanzgleichung läßt sich dann nicht nachgewiesenes Material (material unaccounted for = MUF) für den Bilanzierungszeitraum t_0 bis t_1 ermitteln:

$$\text{MUF} = I(t_0) - I(t_1) + F_1 - F_2$$

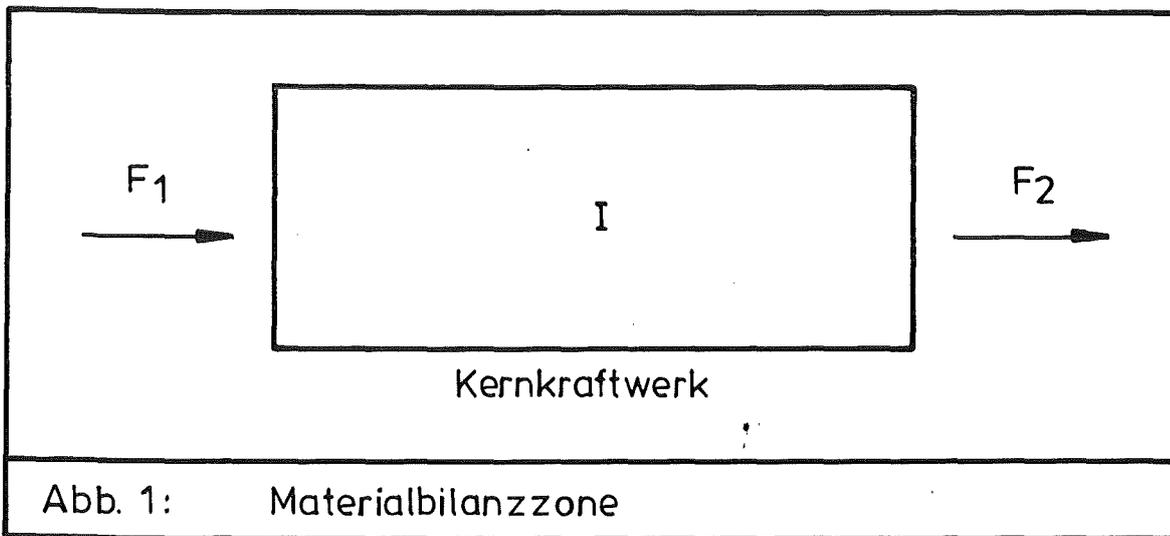
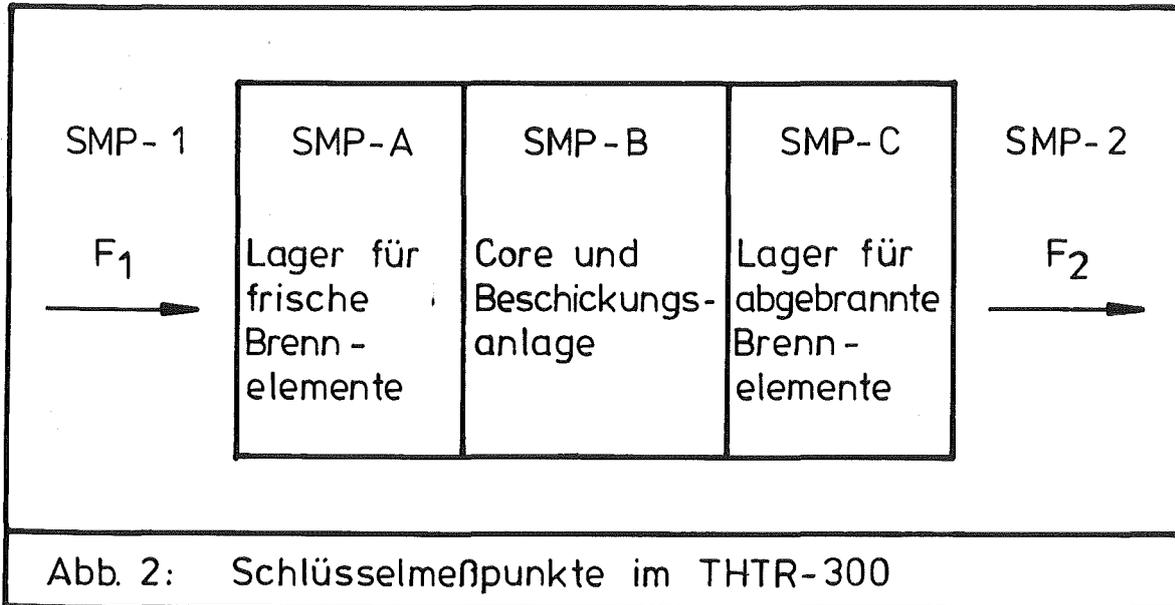


Abb. 1: Materialbilanzzone

Zur Bestimmung des Inventars I in der Bilanzzone werden Schlüsselmeßpunkte definiert, an denen der Kernmaterialbestand für bestimmte Bereiche des Kraftwerks erfaßt wird. Um eine safeguards-effektive Bilanzierung zu gewährleisten, müssen Maßnahmen zur Verifizierung der Spaltstoffflußbilanzierung durchgeführt werden. Dies bedeutet, daß alle Maßnahmen zur Ermittlung der Kernmaterialein- und -ausgänge und des Kernmaterialinventars verfälschungssicher überprüfbar sein müssen. Diese Verifizierung kann entweder durch Anwesenheit eines Inspektors der Kontrollbehörde bei diesen Maßnahmen oder durch den Einsatz verfälschungssicherer Meß-Instrumentierung erreicht werden.

2.1.3 Inventarbestimmung

Für den THTR-300 wurden 3 Schlüsselmeßpunkte (SMP) zur Ermittlung des Brennstoffinventars definiert. Dies sind das Lager für frische Brennelemente (SMP-A), Reaktorcore und Beschickungsanlage (SMP-B) und das Lager für abgebrannte Brennelemente (SMP-C). Zwei zusätzliche Schlüsselmeßpunkte (SMP-1, SMP-2) dienen zur Bestimmung der Ein- und Ausgänge an spaltbarem Material.



Während die Zahl der Brennelemente im Lager für frische Brennelemente und im Lager für abgebrannte Brennelemente über eine Zählung der Fässer bzw. Kannen ermittelt werden kann, ist eine direkte Bestandsaufnahme im Core und innerhalb der Beschickungsanlage auf Grund baulicher Gegebenheiten nicht möglich. Das Inventar wird daher aus dem Brennstofffluß F_3 und F_4 an Zu- und Abgabe der Beschickungsanlage berechnet, wobei Kugelzähler zur Messung der Flüsse benutzt werden.

2.1.4 c/s-Überwachung

Zusätzlich zu den routinemäßigen Inventaraufnahmen werden von den Kontrollbehörden Inspektionen durchgeführt, um eine Abzweigung von spaltbarem Material rechtzeitig entdecken zu können. Zu diesem Zweck werden c/s-Instrumentierungen (Siegel, Kameras) eingesetzt. Die Zeitabstände, in denen die c/s-Einheiten kontrolliert werden, richten sich nach den Konversionszeiten. Diese gibt an, wie lange man braucht, um aus dem Kernbrennstoff Kernwaffenmaterial herzustellen. Für den THTR-300 ist die rechtzeitige Entdeckung mit ca. 20 Inspektorkontrollen der c/s-Geräte pro Jahr gewährleistet.

2.1.5 Überwachungsmaßnahmen für den THTR-300

Im folgenden sind die Überwachungsmaßnahmen, die im Gesamtsicherungskonzept für den THTR-300 vorgeschlagen wurden, zusammengestellt. Dabei sind für jeden Kontrollbereich die Maßnahmen, die zur Inventarverifizierung und zur rechtzeitigen Entdeckung von abgezweigtem Material dienen, getrennt aufgeführt.

Anlieferung frischer Brennelemente (SMP-1)

- Zählung der angelieferten Fässer durch einen Inspektor
- Überprüfung der beim Brennelementehersteller angebrachten Faßsiegel

Lager für frische Brennelemente (SMP-A)

- a) Inventarverifizierung
- Zählung der in den Lagerräumen 351 und 353 abgestellten Fässer mit frischen Brennelementen
 - Überprüfung der Faßsiegel, u.U. stichprobenweise

- b) Maßnahmen zur rechtzeitigen Entdeckung
- Versiegelung der Tür von R355 zum Lagerraum R353, durch die frische Brennelemente in Fässern antransportiert werden.
 - Überwachung des Personenzugangs von Raum 356 in den Raum 351 mit Hilfe einer TV-Kamera mit Bewegungsdetektor. Dieser Zugang wird alle 1,5 Tage benutzt, um ein Fass mit frischen Brennelementen an die Beschickungsanlage anzuschließen.

Beschickungsanlage und Core (SMP-B)

- a) Inventarverifizierung
- Die in die Beschickungsanlage eingeschleusten Brennelemente werden über einen versiegelten Kugelzähler, der nur für Safeguardszwecke eingesetzt wird, gezählt.
 - Über eine versiegelte automatische Stichprobenentnahme werden Kugeln abgezweigt, die daraufhin untersucht werden, ob wirklich Brennelemente der Beschickungsanlage zugeführt werden.
 - Zählung der aus der Beschickungsanlage ausgeschleusten abgebrannten Brennelemente mit Hilfe betrieblicher Kugelzähler, wobei die Auswerteeinheit der Kugelzähler versiegelt ist.
 - Die bei der Auswechslung von Funktionsteilen aus den Förderstrecken abgesaugten Brennelemente werden von einem Safeguardskugelzähler an der Absaugvorrichtung gezählt.

- b) Maßnahmen zur rechtzeitigen Entdeckung
- Falls von der Kontrollbehörde Maßnahmen verlangt werden, wird vorgeschlagen, die Schweißnähte der Kugelförderstrecken in den Räumen zu versiegeln, die frei zugänglich sind
(Reaktorhallen R202, R302, Schleusenflur R103 und Hilfsgebläseraum R105)
 - Versiegelung der Funktionsteile in der Brennelement-Zulaßschleuse R110
 - Versiegelung der Abschirmtür vom Ausbauraum R028 zum Beschickungsraum R121
 - Versiegelung des Abschirmstopfens zum Raum mit der Kugelunterscheidungsanlage R177/178
 - Versiegelung der Funktionsteile im Ausbauraum R028
Alternativ können die Zugänge zum Ausbauraum (Personenzugang und Materialtor) mit TV-Kameras kontrolliert werden.
 - Versiegelung der Funktionsteile im Ausbauraum des Brennelement-Auslaßblocks R020

Brennelemententnahme und Lager für abgebrannte Brennelemente (SMP-C)

- a) Maßnahmen zur Inventarverifizierung
- Zählung der Kannen im Lager für abgebrannte Brennelemente R075
 - Bestimmung des Inhalts der Kannen durch γ -Spektroskopie oder Dosisleistungsmessung
Alternativ: Versiegelung der Kannen für abgebrannte Brennelemente durch Ultraschall-Siegel.

b) Maßnahmen zur rechtzeitigen Entdeckung

- Überwachung des Zugangs zum Kugelentnahmeraum R023 mit einem TV-Kamera-System
- Versiegelung oder Kameraüberwachung der Zugangstür zur Kranhalle über dem Brennelementlager R276
- Versiegelung der Einschleusöffnung der Schrott-Kannen in der Kranhalle R276
- TV-Kamera-Überwachung der Einschleusöffnung von leeren Brennelement-Kannen und der Ausschleusöffnung von vollen Brennelement-Kannen (R276).

Abtransport abgebrannter Brennelemente (SMP-2)

- Zählung der abtransportierten Kannen bei Anwesenheit eines Inspektors der Kontrollbehörde
- Bestimmung des Kanneninhalts durch Messungen
- Versiegelung der Transportbehälter durch den Inspektor.

2.2 Anforderungen an ein rechnergestütztes Gesamtsicherungssystem

2.2.1 Zusammenstellung der Überwachungsmaßnahmen

Aus dem Sicherungskonzept für den THTR geht hervor, daß folgende Überwachungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen:

- a) c/s-Überwachung
 - Versiegelung von Räumen, Behältern und Rohrleitungen
 - Instrumentelle Beobachtung von Ein- und Ausschleusen sowie Personenzugängen mit Kameras

- b) Inventarverifizierung
 - Inspektorpräsenz bei An- und Abtransport des Kernbrennstoffs
 - Bestandsüberprüfung in den Lagern für frische und abgebrannte Brennelemente
 - Zählung der in die bzw. aus der Beschickungsanlage zugeführten und ausgeschleusten Brennelemente
 - Stichprobenentnahme der der Beschickungsanlage zugeführten Brennelemente
 - Messungen zur Bestimmung des Kanneninhalts für abgebrannte Brennelemente

- c) Inspektion durch die Kontrollbehörde
 - Überprüfung der Siegel
 - Durchsicht der aufgenommenen Kamerabilder
 - Aufnahme der Zählerstände von Kugelfühlern
 - Durchführung von Messungen
 - Ergebnisauswertung bei der Inventarverifizierung

Die Aufgabe eines rechnergestützten Überwachungssystems wäre eine Automatisierung dieser Überwachungsmaßnahmen mit dem Ziel, den Kontrollaufwand zu reduzieren.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen für die einzelnen Maßnahmen unterschiedliche Anforderungen vom Rechnersystem erfüllt werden.

2.2.2 Anforderungen für die c/s-Überwachung

Für den Bereich der c/s-Überwachung ist zu berücksichtigen, daß nur elektronische c/s-Einheiten für die rechnergestützte Überwachung geeignet sind. Dazu eignen sich elektronische Siegel, die einen Lichtleiter als Siegeldraht benutzen und Öffnungen und Schließungen des Lichtleiters erkennen und melden. TV-Kameras eignen sich ebenfalls für den Einsatz, wobei neben der Überwachung der Funktionsfähigkeit bei Systemen mit Bewegungsdetektor Informationen über die Bildaufnahme gemeldet werden können. Die Aufgabe eines Überwachungssystems besteht darin, die Zustandsdaten aller c/s-Einheiten von einer Zentrale aus kontinuierlich abzufragen und Zustandsänderungen zu erkennen, abzuspeichern und zu melden. Damit läßt sich die Verifikation der c/s-Einheiten zentral durchführen, wenn eine verfälschungssichere Informationsübertragung zwischen den c/s-Einheiten und dem zentralen Überwachungsrechner und eine verfälschungssichere Speicherung dieser Informationen gewährleistet ist. Das Überwachungssystem muß in der Lage sein, aus den gespeicherten Informationen Aussagen über das Auftreten von Alarmen, Funktionsausfällen und Manipulationsversuchen zu liefern. Für die Fernabfrage von c/s-Einheiten existiert bereits das Überwachungssystem LOVER (Lokales Verifikation System) /2/, das zur Zeit in einem Demonstrationsaufbau zusammen mit dem Siegelsystem VACOSS 3 (Variable Coding Seal System) /3/ in der KFA-Jülich erprobt wird.

2.2.3 Anforderungen für die Materialbilanzierung

Der Einsatz eines rechnergestützten Systems kommt für die instrumentelle Durchführung der Inventarverifizierung in Betracht. Die Aufgaben, die ein rechnergestütztes Überwachungssystem durchführen könnte, sind die Überwachung der eingesetzten Instrumentierung auf Funktionsfähigkeit und Unversehrtheit analog zu der c/s-Überwachung. Zusätzlich können Meßwerte aufgenommen und verarbeitet und Steuerungsaufgaben durchgeführt werden. Zu diesen Aufgaben zählen die Erfassung der Zählerstände zur Bestimmung der ein- und ausgeschleusten Brennelemente und der damit durchzuführenden Inventarverifizierung für den Bereich der Beschickungsanlage und des Reaktorcores. Die Steuerung der Stichprobenentnahme eingeschleuster Brennelemente fällt ebenfalls in den Aufgabenbereich des Rechnersystems.

2.2.4 Anforderung für die Inspektionsunterstützung

Die Aufgaben, die ein automatisiertes Überwachungssystem zur Unterstützung bei Inspektionsgängen durchführen kann, betreffen die Überprüfung von c/s- Einheiten, die Zählwerterfassung, die Ergebnisauswertung der Inventarverifizierung und die Unterstützung bei der Bilanzierung. Vom Überwachungssystem ist zu fordern, daß die Zustandsinformationen aller überwachten c/s-Einheiten in einer Überwachungszentrale innerhalb des Werksgeländes verfälschungssicher kontrolliert werden können. Kugelzählerstände sollten in dieser Zentrale vorliegen, um die Inventarverifizierung im Reaktorcore durchführen zu können.

2.3 Konzeptioneller Aufbau des Überwachungssystems

Die genannten Aufgaben für das rechnergestützte Überwachungssystem können durch einen Systemaufbau erfüllt werden, der im folgenden schematisch dargestellt ist.

In einer Überwachungszentrale innerhalb des Reaktorgebäudes befindet sich ein Rechner, der mit der gesamten Safeguardsinstrumentierung der Anlage verbunden ist (siehe Abb. 3). Die Kopplung der einzelnen Safeguards-Überwachungsgeräte (Siegel, Kameras, Zähler, Stichprobenentnahme) an das Überwachungssystem geschieht über ein einheitliches Universelles Interface (UIF).

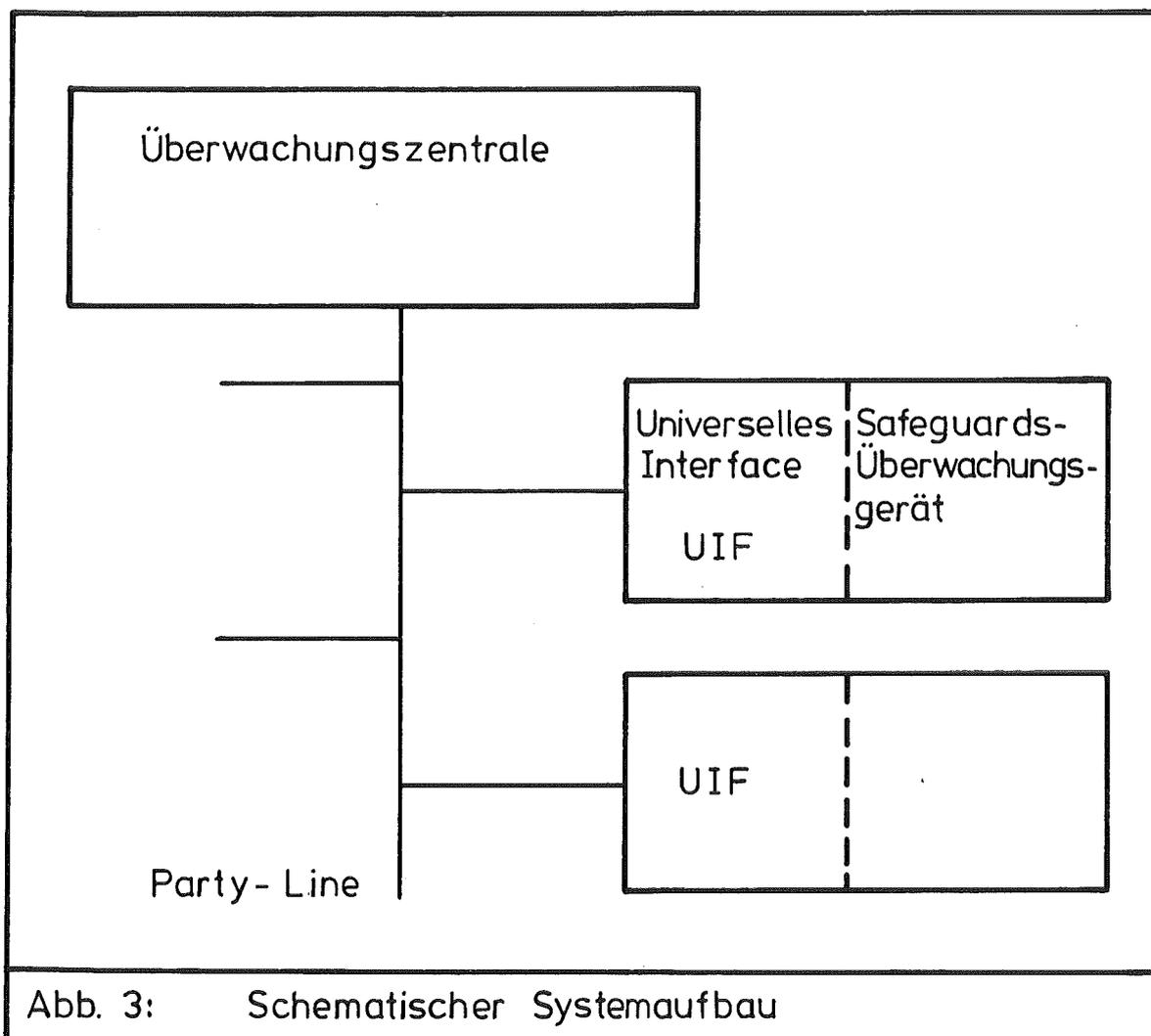


Abb. 3: Schematischer Systemaufbau

Der Überwachungsrechner besitzt ein Bildschirmterminal zur Systembedienung, einen Drucker für Protokollierungsvorgänge und einen Massenspeicher zur Aufnahme und Sicherung der erfaßten Daten. Die Verbindung zu der Safeguards-Instrumentierung erfolgt über eine serielle Schnittstelle und ist als Party-Line realisiert.

Die Universellen Interfaces sind zusammen mit den jeweiligen Safeguards-Geräten in einem vor unerlaubten Zugriffen geschützten Gehäuse (Tampersicherung) untergebracht. Sie sind in der Lage eigenständig die geforderten Überwachungsfunktionen auszuführen und können auf Anforderung ihre gespeicherten Informationen verfälschungssicher zur Überwachungszentrale übermitteln.

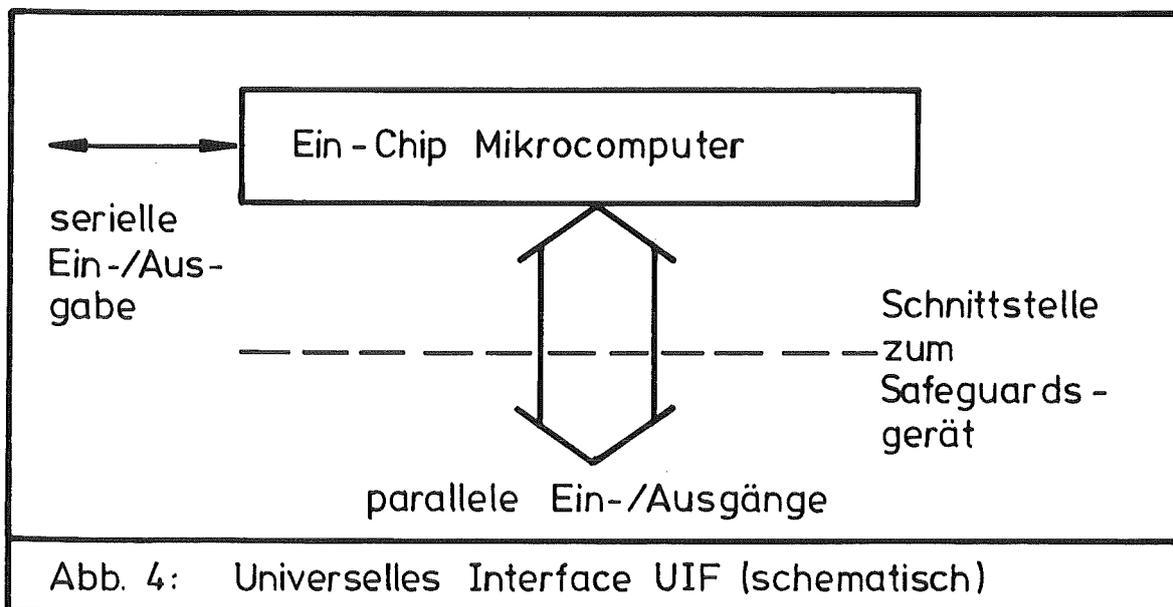
Im einzelnen erfüllen die Universellen Interfaces folgende Aufgaben:

- Kontinuierliche Überprüfung der jeweiligen Safeguardsgeräte auf Funktionssicherheit und Unversehrtheit der Tampersicherung. Bei c/s-Einheiten zusätzliche Überwachung der Sensorinformationen.
- Abspeicherung von Änderungen im Überwachungszustand zusammen mit dem Zeitpunkt der festgestellten Zustandsänderung.
- Durchführung von Zählvorgängen und Aufnahme von Meßwerten.
- Durchführung von Steuerungsaufgaben.
- Übermittlung der abgespeicherten Überwachungsdaten in verschlüsselter Form an die Überwachungszentrale.

Das Universelle Interface besteht aus einem Ein-Chip-Mikrocomputer, der in der Lage ist, die genannten Funktionen durchzuführen. Zur Ankopplung an das jeweilige Safeguards-Überwachungsgerät dienen:

- Eingabeleitungen zur Aufnahme von Statusinformationen
- Zählereingänge
- Eingänge zur Aufnahme von Meßdaten
- Ein-/Ausgabeleitungen zur Durchführung von Steuerungsaufgaben

Zur Ankopplung an die Überwachungszentrale ist eine serielle Schnittstelle vorhanden. Zur Speicherung der erfaßten Daten dienen die im Mikrocomputer integrierten Halbleiterspeicher. Neben den allgemeinen Funktionen des Universellen Interfaces, die für alle angeschlossenen Safeguards-Überwachungsgeräte gültig sind, sind durchzuführende Steuerungsfunktionen abhängig vom jeweiligen Gerät, deren Steuerung durchgeführt werden soll. Zu diesem Zweck existiert neben dem im Ein-Chip-Mikrocomputer integrierten Programmspeicher für universielle Funktionen ein externer, austauschbarer Speicher für das jeweilige Steuerungsprogramm. Der schematische Aufbau des Universellen Interfaces ist in Abb. 4 dargestellt.



3. c/s-Überwachung

3.1 Versiegelung von Räumen und Behältern

3.1.1 Ankopplung von Siegeln an ein rechnerüberwachtes System

Für das Gesamtsicherungssystem des THTR-300 wird der Einsatz von Siegeln für verschiedene Anwendungsfälle vorgeschlagen:

- Versiegelung des an- und abtransportierten Brennstoffs
- Versiegelung der Zugangstüren, Ein- und Ausschleusöffnungen
- Versiegelung von Kugelförderleitungen
- Versiegelung von Funktionsteilen
- Versiegelung der Kannen mit abgebranntem Brennstoff

Es soll hier untersucht werden, für welche Anwendungsfälle eine rechnergestützte Siegelüberwachung im einzelnen durchgeführt werden kann.

Für den Einsatz in einem rechnerüberwachten System kommen nur elektronische Siegel in Betracht, die ihre Information über den Zustand des Siegeldrahtes als elektrische Signale zur Verfügung stellen können.

Von den zur Zeit existierenden Siegeln wird diese Bedingung nur vom Siegelssystem VACOSS 3 /3/ erfüllt.

Bei VACOSS 3 dient ein Lichtwellenleiter als Siegeldraht. Eine Öffnung bzw. Verletzung des Lichtwellenleiters wird erkannt und der Zeitpunkt einer Öffnung bzw. Schließung des Lichtwellenleiters wird abgespeichert.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Siegeleigenschaften zeigt die folgende Tabelle:

Abmessung: 10,5 cm x 6 cm x 2,5 cm
Temperatur: - 10 C bis 50 C
Strahlung : 10^4 Rad integral
Technologie: Ein-Chip-Mikrocomputer
Lichtleiterkabel: \varnothing 6 mm (3 mm in Vorbereitung)
Lichtleiterlänge: bis zu 100 m (austauschbar)
Stromversorgung: Lithium Batterie und extern
Batterielebensdauer: 1,5 Jahre
Interface: serielle Schnittstelle

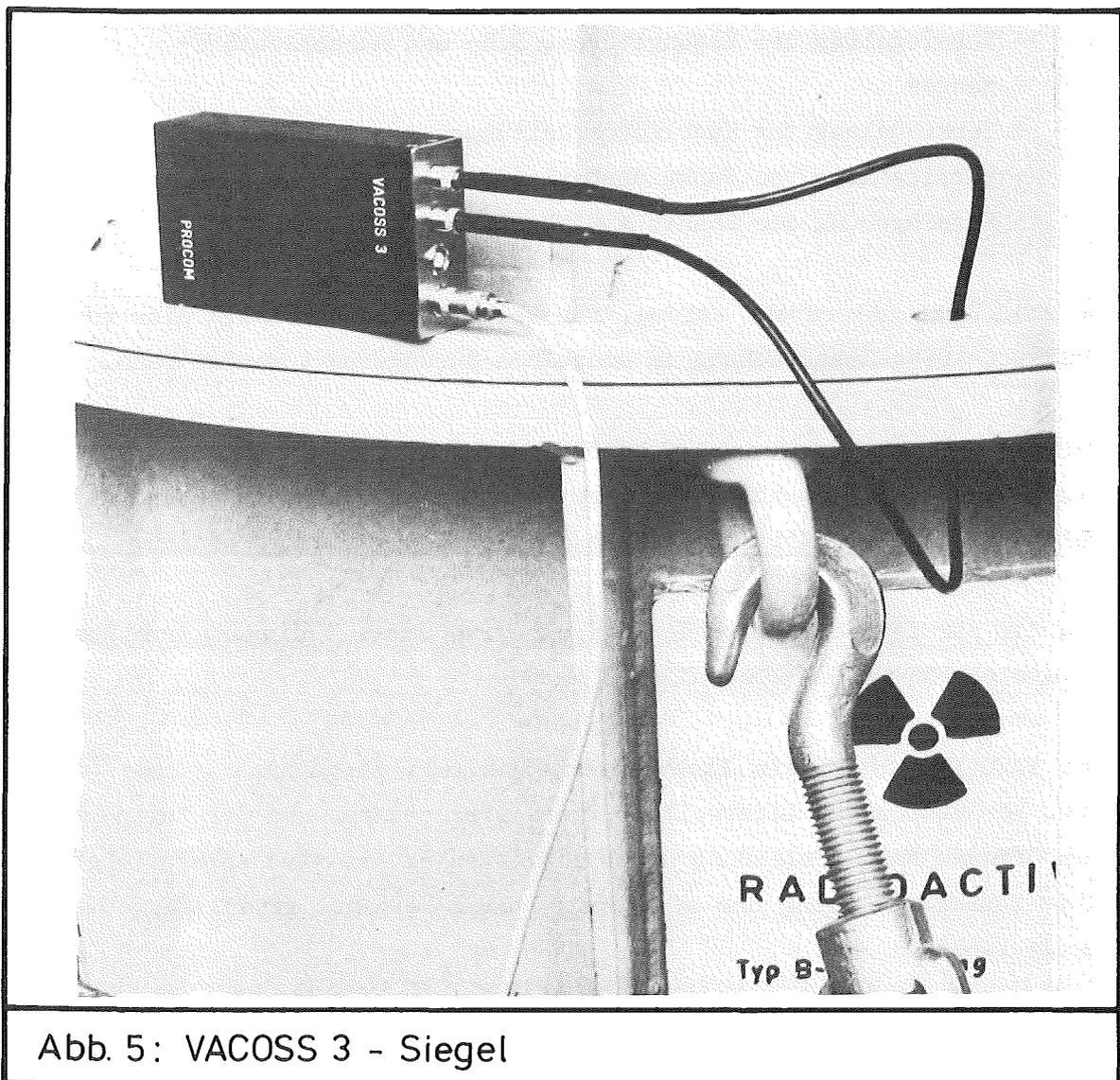


Abb. 5: VACOSS 3 - Siegel

Das Siegelssystem VACOSS 3 besteht aus 3 Komponenten

- Elektronisches Siegel
- Adapterbox I zur Initialisierung und zur Überprüfung des Siegels durch einen Inspektor
- Adapterbox II zur fernmündlichen Überprüfung mit Hilfe des Betreibers der zu überwachenden Anlage.

Die Adapterboxen dienen zum Auslesen der Siegel­daten und zur Initialisierung des Siegels. Die Adapterboxen besitzen eine Tastatur und eine Anzeige zur Kommunikation mit dem Benutzer.

Eine Initialisierung ist mit der Adapterbox I möglich. Bei der Initialisierung wird ein Codewort definiert, das zur Verschlüsselung der Siegel­daten benutzt wird. Die Kontrolle des Siegelzustandes wird mit der Adapterbox I oder II vorgenommen, wobei bei einer Kontrolle mit der Adapterbox II eine verschlüsselte Information des Siegelzustandes angezeigt wird. Die Entschlüsselung dieser Daten ist bei VACOSS 3 mit der Adapterbox I möglich. Bei einer Siegelkontrolle mit der Adapterbox I erfolgt die Anzeige des Siegelzustandes im Klartext.

Folgende Siegel­daten können überprüft werden

- Die Anzahl der Lichtleiteröffnungen
- Der Zeitpunkt einer Öffnung und Schließung des Lichtleiters (10 Zeiten)
- Eine Information, ob das Siegelgehäuse geöffnet wurde
- Eine Information über den Batteriezustand
- Die Anzahl der Adapterboxzugriffe zum Siegel

Die Anwendung des Siegel­systems läuft folgendermaßen ab:

Mit der Adapterbox I wird bei der Kontrollbehörde das Siegel initialisiert und von einem Inspektor am zu versiegelnden Objekt angebracht. Die Initialisierung kann aber auch durch einen Inspektor am zu versiegelnden Objekt erfolgen. Bei einer lokalen Überprüfung des Siegelzustandes verbindet ein Inspektor der Kontrollbehörde das Siegel mit der Adapterbox I und erhält den Siegelzustand auf der Adapterbox-Anzeige. Bei einer fernmündlichen Kontrolle verbindet der Betreiber der Anlage, in der das Siegel installiert ist, auf Anforderung der Kontrollbehörde die Adapterbox II mit dem Siegel und erhält die verschlüsselte Information auf der Adapterbox-Anzeige. Diese Daten teilt er der Kontrollbehörde mit, die die Entschlüsselung mit der Adapterbox I vornimmt.

Neben dem beschriebenen Einsatz als Stand-Alone-System ist das VACOSS 3 Siegel für den direkten Anschluß an ein Rechnersystem geeignet, da die in Kapitel 2.3 genannten Funktionen des Universellen Interfaces hinsichtlich der c/s-Überwachung im Siegel integriert sind.

Die Schnittstelle, die für das Stand-Alone-System zur Verbindung mit einer Adapterbox benutzt wird, wird dazu an die Party-Line des Überwachungsrechners angeschlossen.

Für eine automatisierte Überwachung der Siegel werden kontinuierlich die Siegelzustandsdaten vom Überwachungsrechner abgefragt und überprüft, ob seit der letzten Abfrage eine Zustandsänderung stattgefunden hat. Ist dies der Fall, wird die Art der festgestellten Zustandsänderung und die Uhrzeit abgespeichert. Die Verifikation der Siegelzustände erfolgt vom Inspektor per Dialog mit dem Überwachungsrechner.

3.1.2 Versiegelung des antransportierten Brennstoffes

Alle angelieferten Fässer mit frischen Brennelementen sind mit einem von Euratom-Inspektoren beim Brennelementhersteller angebrachten Siegel versehen. Diese Siegel werden dann gebrochen, wenn die Brennelemente

eines Fasses der Beschickungsanlage zugeführt werden (alle 1,5 Tage ein Faß). Die Faßsiegel dienen der Bilanzüberprüfung bei der Anlieferung und der Inventarverifizierung im Lager für frische Brennelemente. Im Gesamtsicherungssystem wird die Verwendung von IAEA-Drahtsiegel angenommen. Die Überprüfung der Siegel durch einen Inspektor geschieht stichprobenartig.

Der Einsatz von VACOSS-Siegeln und eine automatisierte Verifikation der Siegel ist durchführbar. Dazu müssen die Siegel nach der Aufstellung der Fässer im Lager für frische Brennelemente an den Überwachungsrechner angeschlossen werden. Der Rechner kann selbständig registrieren, wenn neue Siegel angeschlossen werden, und überprüft die Siegelintegrität. Neben der Verifikation der Faßinhalte ist damit gleichzeitig eine Inventurmessung und eine Verifikation des Materialeingangs durchgeführt. Da zwischen zwei Inspektionen durch die Kontrollbehörde Brennelemente aus ca. 10 Fässern zur Energieerzeugung benötigt werden, besteht auch die Möglichkeit, jeweils 10 Fässer mit einem VACOSS-Siegel zu sichern.

3.1.3 Versiegelung des Lagers für frische Brennelemente

Es wird die Versiegelung der Zugangstür von Raum 355 nach 353 vorgeschlagen, die nur bei der Anlieferung von frischem Brennstoff benutzt wird. Diese Versiegelung ist eine Maßnahme zur rechtzeitigen Entdeckung. Das Siegel wird von einem Inspektor bei der Anlieferung von frischem Brennstoff gebrochen und danach wieder installiert.

Die automatisierte Überwachung mit einem VACOSS-Siegel an dieser Stelle ist durchführbar. Die Verifikation des Siegelzustandes erfolgt über das Dialogsystem des Überwachungsrechners. Da alle Öffnungs- und Schließzeiten des Lichtwellenleiters abgespeichert sind, kann das Siegel nach der Öffnung durch den Inspektor bei Abschluß der Anlieferung der frischen Brennelemente ohne weitere Maßnahmen direkt wieder verwendet werden.

3.1.4 Versiegelung von Rohrleitungen

In den frei zugänglichen Räumen R 302, R 202, R 103 und R 105 befindet sich der drucklose Teil der Beschickungsanlage. Die Länge der Förderrohre in den einzelnen Räumen liegt zwischen ca 6 m und 13 m. Durch die Versiegelung der Rohrleitungen soll erkannt werden, ob durch Auftrennung der Schweißverbindungen Kernmaterial abgezweigt wurde. Diese Siegel dürfen zu keiner Zeit gebrochen werden. Im THTR-Sicherungskonzept wurde die Versiegelung der einzelnen Schweißnähte durch IAEA-Drahtsiegel vorgeschlagen.

Da die Siegel zum Teil an schwerzugänglichen Stellen angebracht werden müssen und deshalb die Inspektorkontrolle von Drahtsiegeln schwierig durchzuführen ist, bringt eine automatisierte Überwachung hier große Vorteile. Soll das VACOSS-Siegel zum Einsatz kommen, muß eine verfälschungssichere Anbringung des Lichtwellenleiters an eine Rohrleitung durchgeführt werden können. Hier besteht die Möglichkeit, den Lichtleiter an die Rohrleitung so anzukleben, daß Versuche zum Auftrennen des Rohres zu einer Verletzung des Lichtleiters führen. Dazu kann die Ummantelung und die Zugentlastung, die normalerweise zum Schutz des Lichtleiters vorhanden ist, entfernt werden, um eine größere Empfindlichkeit gegen äußere Verletzungen zu erreichen.

Versuche zur chemischen Entfernung des Klebers, mit dem der Lichtleiter an das Rohr befestigt ist, werden verhindert, wenn das Lösungsmittel zur Entfernung des Klebers den Lichtleiter ebenfalls zerstört. Dazu eignet sich ein Lichtleiter aus Kunststoff, der mit einem Zwei-Komponenten-Kleber am Rohr befestigt wird.

Die Anordnung des Lichtleiters auf dem Förderrohr muß so gewählt werden, das ein Auftrennen des Rohres zur Abzweigung von Kugeln in jedem Fall eine Verletzung des Lichtwellenleiters zur Folge hat. Bild 6 veranschaulicht eine mögliche Art einer solchen Befestigung. Die Verwendung von Lichtleitern mit einer zur Versiegelung erforderlichen maximalen Lichtleiterlänge von ca 60 m ist im VACOSS-Siegel ohne weiteres möglich.

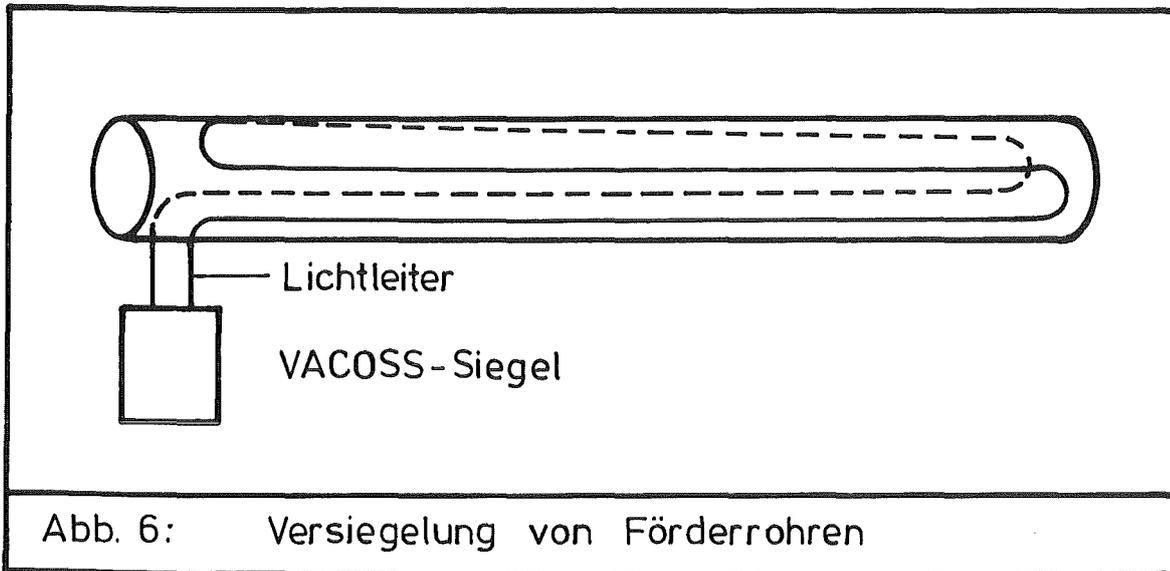


Abb. 6: Versiegelung von Förderrohren

3.1.5 Versiegelung des Beschickungsraums und der Kugelunterscheidungsanlage

Der Beschickungsraum (R 121) und der Raum mit der Kugelunterscheidungsanlage (R 177/178) sind während des Betriebs wegen der hohen Strahlung nicht begehbar. Die Abschirmtür bzw. der Verschlussstopfen zu diesen Räumen im Ausbauraum 028 lassen sich fernabfragbar durch je ein VACOSS-Siegel zur Langzeitversiegelung sichern.

3.1.6 Versiegelung von Räumen, die zu Wartungszwecken begangen werden müssen

Für Räume, die relativ selten (bis zu 5h/a) für Wartungs- und Reparaturzwecke begangen werden müssen, wird eine Versiegelung der Zugangstüren zu diesen Räumen vorgeschlagen (R 020, R 110, R 276). Wird ein Raum betreten, so wird das Siegel gebrochen, und dieser Vorgang der Kontrollbehörde mitgeteilt.

Durch den Einsatz von fernabfragbaren VACOSS-Siegeln wird der Zeitpunkt dieses Vorgangs registriert und kann somit überprüft werden. Da auch eine Schließung des Lichtleiters vom System erkannt wird, kann die Zeitdauer der Wartungsarbeiten von der Kontrollbehörde festgestellt werden.

Eine eindeutige Überprüfung dieses Vorgangs ist aber nur bei einem einmaligen Öffnen und Schließen des Siegels möglich, da nur durch eine persönliche Inspektion festgestellt werden kann, daß durch die Schließung des Lichtleiters die betreffende Tür wieder versiegelt wurde. Bei einer Wartungszeit von 5h/a kann aber davon ausgegangen werden, daß eine Öffnung des betreffenden Raums höchstens einmal zwischen 2 Inspektorbesuchen notwendig ist. Es wird also immer dann eine direkte Inspektion des Siegels notwendig, wenn der Raum begangen wurde. Dabei ist lediglich zu kontrollieren, ob der Lichtleiter wieder ordnungsgemäß angebracht wurde.

3.1.7 Versiegelung von Funktionsteilen

Zur Steuerung der Beschickungsanlage werden Funktionsteile eingesetzt. Dazu zählen Weichen, Sammler, Dosierer, Drucksperrren usw.. Diese Funktionsteile haben die Aufgabe, die Brennelemente durch das Rohrsystem zu leiten. Mehrere Funktionsteile sind zu Blöcken zusammengefaßt und so angeordnet, daß sie von begehbaren Räumen aus gewartet und ausgebaut werden können. Funktionsteile befinden sich in den Räumen 110, 028 und 020. Da durch ein Entfernen von Funktionsteilen Kugeln aus der Beschickungsanlage abgezweigt werden können, ist eine Versiegelung der Funktionsteile vorgesehen. Im THTR-Sicherungskonzept wird die Sicherung aller Funktionsteile jeweils eines Beschickungsblocks durch ein IAEA-Drahtsiegel vorgeschlagen. Dabei wird je eine Flanschschraube der Antriebe für die Funktionsteile mit einer Bohrung versehen, durch die der Draht hindurchgeführt wird.

Beim Einsatz eines VACOSS-Siegels anstelle des Drahtsiegels ist zu berücksichtigen, daß die Temperatur an der Oberfläche der Funktionsteile 260°C - 280°C und die Strahlung bis zu 30 mrem/h betragen kann. Während

der Lichtwellenleiter bei dieser Bedingung einsetzbar ist, ist dies für das Siegel selbst nicht mehr der Fall. Es ist aber durch eine Verlängerung des Lichtleiters möglich, das Siegel in Bereiche zu verlagern, in denen normale Umgebungsbedingungen herrschen.

3.1.8 Siegel im Lager für abgebrannte Brennelemente

Im Lager für abgebrannte Brennelemente wird die Versiegelung der Einschleusöffnung für Bruchkannen und Staubsammelbehälter mit einem IAEA-Drahtsiegel vorgeschlagen.

Ein Einsatz eines VACOSS-Siegel ist wegen der hohen Strahlungsbelastung nicht möglich.

3.2 Instrumentelle Beobachtung

3.2.1 Methoden zur instrumentellen Beobachtung

Für den Einsatz zur instrumentellen Beobachtung eignen sich Film- und Video-Kamera-Systeme. Die instrumentelle Beobachtung ist eine Maßnahme zur rechtzeitigen Entdeckung einer Abzweigung. Die Auswertung des Bildmaterials dient der Kontrollbehörde als Nachweis, daß kein Kernmaterial unerlaubt abgezweigt wurde, bzw. daß das Material legal abtransportiert wurde.

Für den THTR wird der Einsatz von Kameras vorgeschlagen, um einmal den Transport von Brennelementen an Öffnungen zum Ein- und Ausschleusen, an denen ein stetiger Brennstofffluß stattfindet, zu überwachen. Zum anderen werden Kameras zur sicheren räumlichen Einschließung von Kernmaterial eingesetzt, in dem die Zugangstüren, aus denen Kernmaterial unerlaubt

abtransportiert werden kann, beobachtet werden.

In beiden Fällen ist eine Bildaufnahme nur dann notwendig, wenn eine Bewegung im überwachten Bereich stattfindet. Im Gesamtsicherungskonzept werden dazu Video-Kamerasysteme mit Bewegungsdetektoren vorgeschlagen.

Im einzelnen ist eine instrumentelle Beobachtung mit Video-Kamera-Systemen für folgende Zwecke vorgesehen:

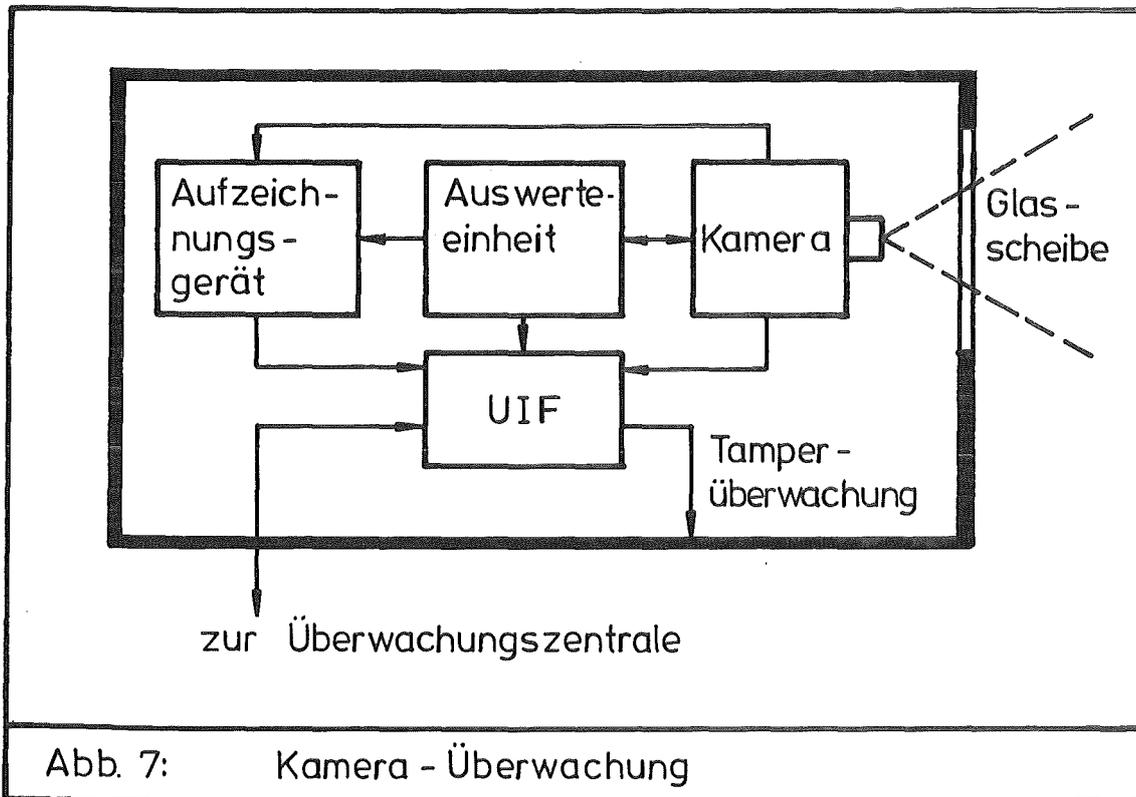
- Überwachung der Zugangstür zum Lager für frische Brennelemente
- Überwachung der Zugangstür zur Brennelemententnahmestation
- Beobachtung der Einschleusöffnung für leere Brennelement-Kannen und der Ausschleusöffnung für volle Brennelement-Kannen im Lager für abgebrannte Brennelemente.

Während durch die beiden Zugangstüren in keinem Fall Brennelemente abtransportiert werden dürfen, dient die Beobachtung der Ein-Ausschleuse dazu, den erlaubten Fluß von Brennelement-Kannen zu überprüfen.

3.2.2 Zentrale Überwachung und Steuerung von Kamera-Systemen

Bei einer automatisierten Überwachung von Kamera-Systemen können verschiedene Aufgaben vom Rechnersystem durchgeführt werden:

- Funktionsüberwachung des Kamera-Systems
- Überwachung auf Unversehrtheit der Tampersicherung
- Registrieren und Abspeichern von Alarmen, die durch Bildveränderungen ausgelöst werden
- Steuerung der Bildaufnahme



Die ersten drei Aufgabenbereiche werden durchgeführt, indem die vom Kamerasystem zur Verfügung stehenden Zustandsdaten vom Universellen Interface zyklisch abgefragt und auf Zustandsänderungen überprüft werden. Festgestellte Zustandsänderungen werden abgespeichert und auf Anforderung in verschlüsselter Form zur Überwachungszentrale übermittelt.

Die Tamper-sicherheit des Systems ist gewährleistet, wenn Kamera, Auswerteelektronik und Video-Aufzeichnungsgerät zusammen mit dem Universellen Interface in einem Gehäuse untergebracht sind (Abb. 7).

Folgende Daten werden vom Universellen Interface überwacht:

- Zustand des Gehäuses
- Spannungsversorgung für Kamera und Video-Gerät
- Funktionsfähigkeit von Kamera, Auswerteelektronik und Videogerät

- Verbleibende Bandkapazität des Videobandes
- Alarme durch eine Bewegungserkennung

Wenn die Unterbringung der Kamera in ein tampergeschütztes Gehäuse nicht möglich ist, muß für eine verfälschungssichere Übertragung der Kamerabilder gesorgt werden. Dazu bieten sich folgende Möglichkeiten an (siehe Abb. 8):

- Verwendung von Lichtleitern zur analogen Übertragung der Kamerabilder.

Zur Einkopplung von vorgetäuschten Bildern müßte der Lichtleiter aufgetrennt werden. Dies würde von der Steuerungselektronik erkannt werden.

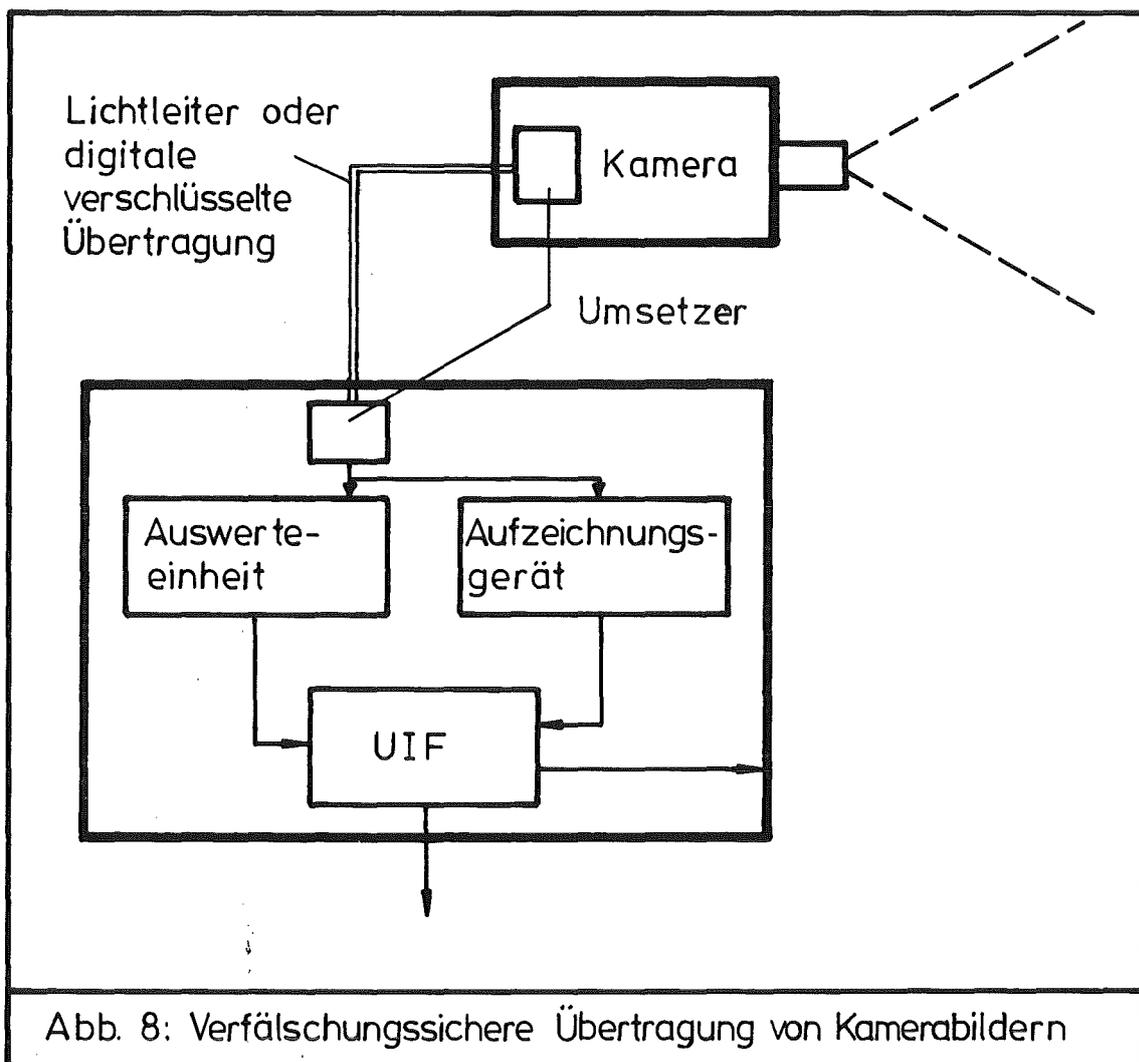


Abb. 8: Verfälschungssichere Übertragung von Kamerabildern

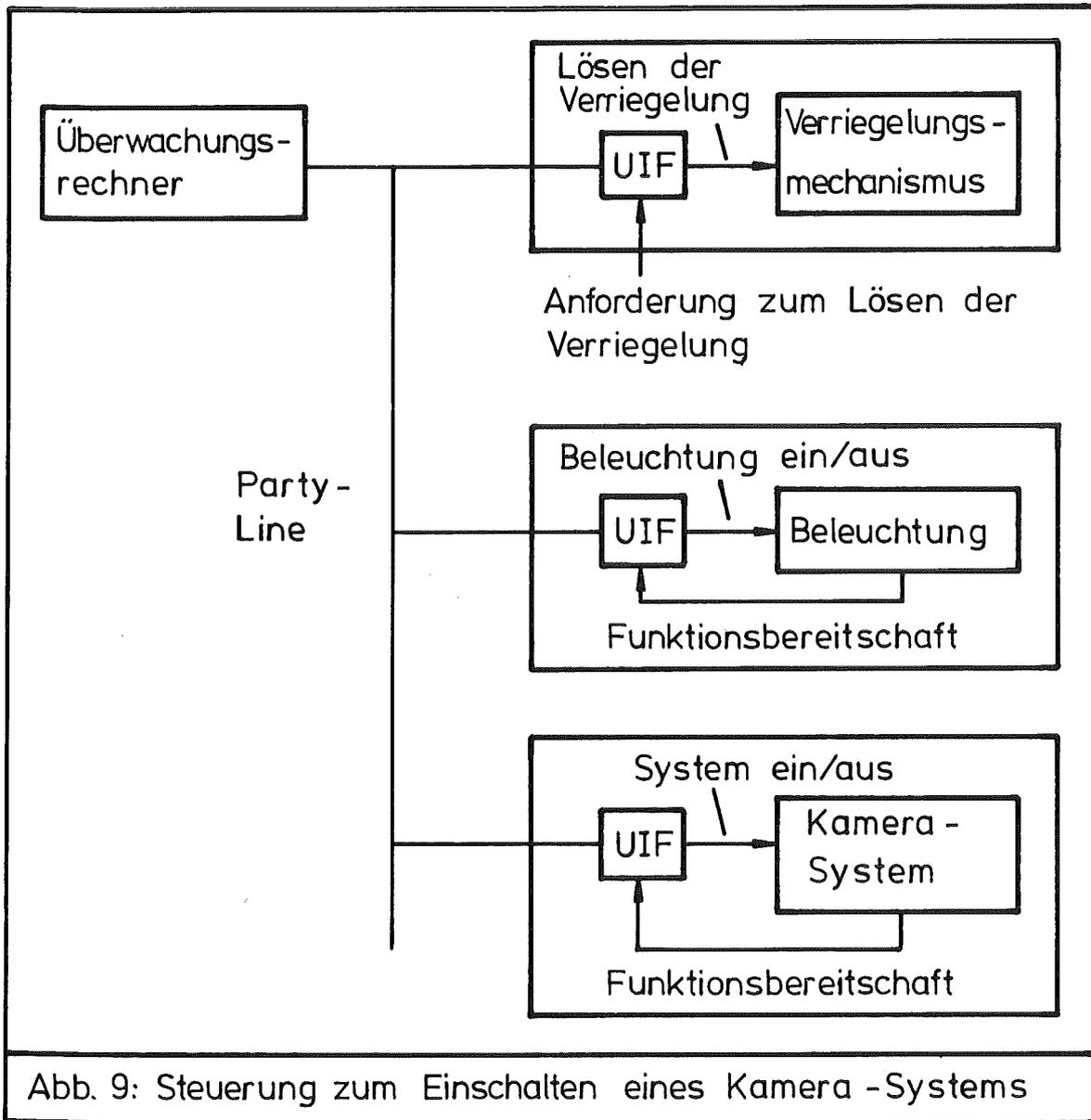
- Die Übertragung der Kamerabilder in digitaler Form.

Nach Digitalisierung und anschließender Verschlüsselung der Bildinformation innerhalb der Kamera erfolgt die Übertragung zur Auswerteelektronik. Hier kann nach entsprechender Entschlüsselung festgestellt werden, ob diese Bilder von der angeschlossenen Kamera übermittelt wurden.

Im THTR-Sicherungskonzept werden Video-Kamera-Systeme vorgeschlagen, bei denen Bildveränderungen im überwachten Bereich die Aufzeichnung von Kamerabildern auf einem Video-Band auslösen. Das gesamte Video-System wird nur dann eingeschaltet, wenn eine Bewegung im überwachten Bereich erwartet wird. Da die Anlaufzeit ca. 20 sec beträgt, muß durch eine zeitverzögerte Verriegelung dafür gesorgt werden, daß eine Bewegung im beobachteten Bereich erst dann möglich ist, wenn das Video-Kamera-System aufnahmebereit und die Beleuchtung eingeschaltet ist. Bei diesem Funktionsablauf muß eine verfälschungssichere Ablaufsteuerung und eine verfälschungssichere Informationsübermittlung gewährleistet sein.

Diese Steuerung läßt sich prinzipiell vom automatisierten Überwachungssystem wie folgt verfälschungssicher durchführen (siehe Abb. 9):

Der Verriegelungsmechanismus wird als eigenständiges Safeguards-Gerät angesehen, welches zusammen mit einem Universellen Interface tampergeschützt ausgelegt ist und auf Unversehrtheit der Tampericherung überwacht wird. Das gleiche gilt für die Beleuchtung des zu beobachtenden Bereichs. Da die Informationsübermittlung zwischen Verriegelungsmechanismus, Beleuchtung und Video-Kamera-System über die Party-Line des Überwachungsrechners in verschlüsselter Form erfolgt, ist die Verfälschungssicherheit gewährleistet. Eine Anforderung zum Lösen der Verriegelung wird vom Universellen Interface zum Überwachungsrechner übermittelt. Dieser veranlaßt die Einschaltung der Beleuchtung und des Video-Kamera-Systems und erwartet die Meldung der Funktionsbereitschaft. Erst wenn diese Meldung empfangen wird, wird das Lösen der Verriegelung veranlaßt. Ein für Störfälle vorhandener Mechanismus zum Lösen der Verriegelung von Hand wird von einem Siegel überwacht.



3.2.3 Instrumentelle Beobachtung von Personenzugängen

Die Beobachtung von Personenzugängen mit Kameras sind für das Lager für frische Brennelemente und für die Brennelementabfüllstation vorgesehen, aus denen Kernmaterial in größerer Menge abtransportiert werden kann.

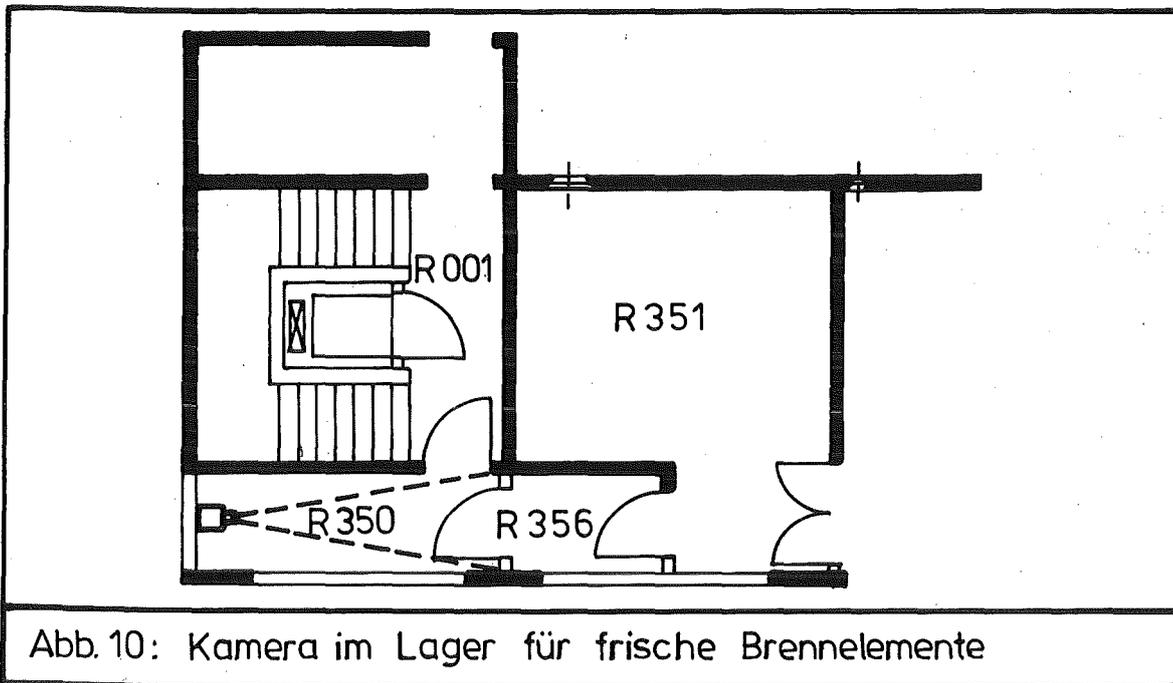


Abb. 10: Kamera im Lager für frische Brennelemente

Der Zugang zum Lager für frische Brennelemente erfolgt vom Treppenhaus R001 und wird alle 1,5 Tage zur Bedienung der Beschickungsanlage benutzt (siehe Abb. 10). Das Einschalten des Video-Kamera-Systems wird durch Öffnen der Türe von R001 und R350 ausgelöst und kann wie in 3.2.1 dargestellt vom Überwachungsrechner gesteuert werden. Dabei bleibt die Tür solange verriegelt bis das Kamera-System Funktionsbereitschaft meldet.

Im Bereich der Brennelement-Entnahmestation R023 wird die Tür zum Vorflur R022 mit einer Kamera beobachtet (siehe Abb. 11). Diese Tür wird etwa 6 mal pro Jahr für Wartungs- und Reparaturzwecke benutzt. Das Einschalten des Kamera-Video-Systems erfolgt durch Öffnen der Zugangstür zum Raum 022.

Bei beiden Kamera-Systemen sollten aus Gründen der Verfälschungssicherheit Kamera, Aufzeichnungsgerät und Universelles Interface in einem tampersicheren Gehäuse untergebracht sein.

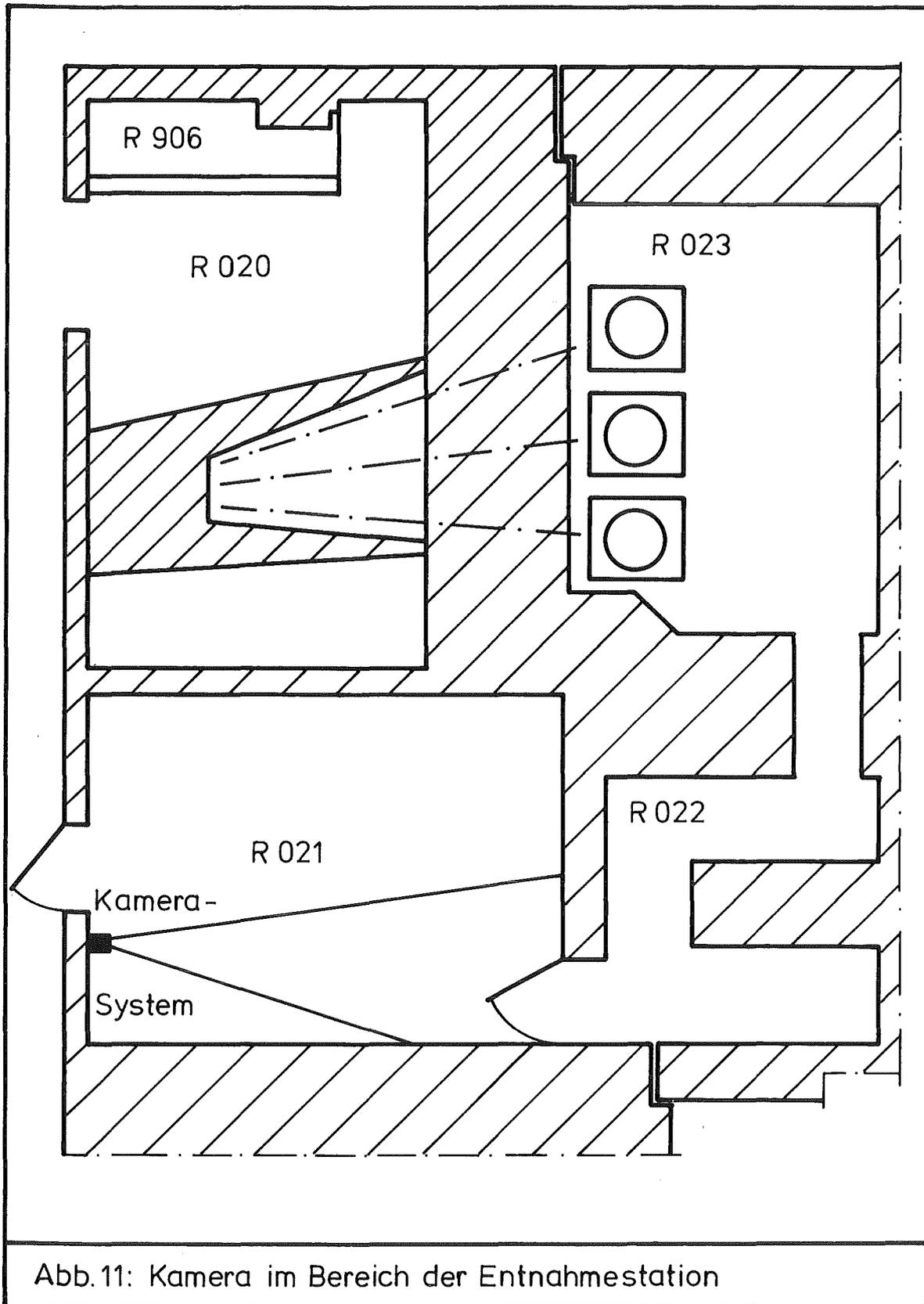
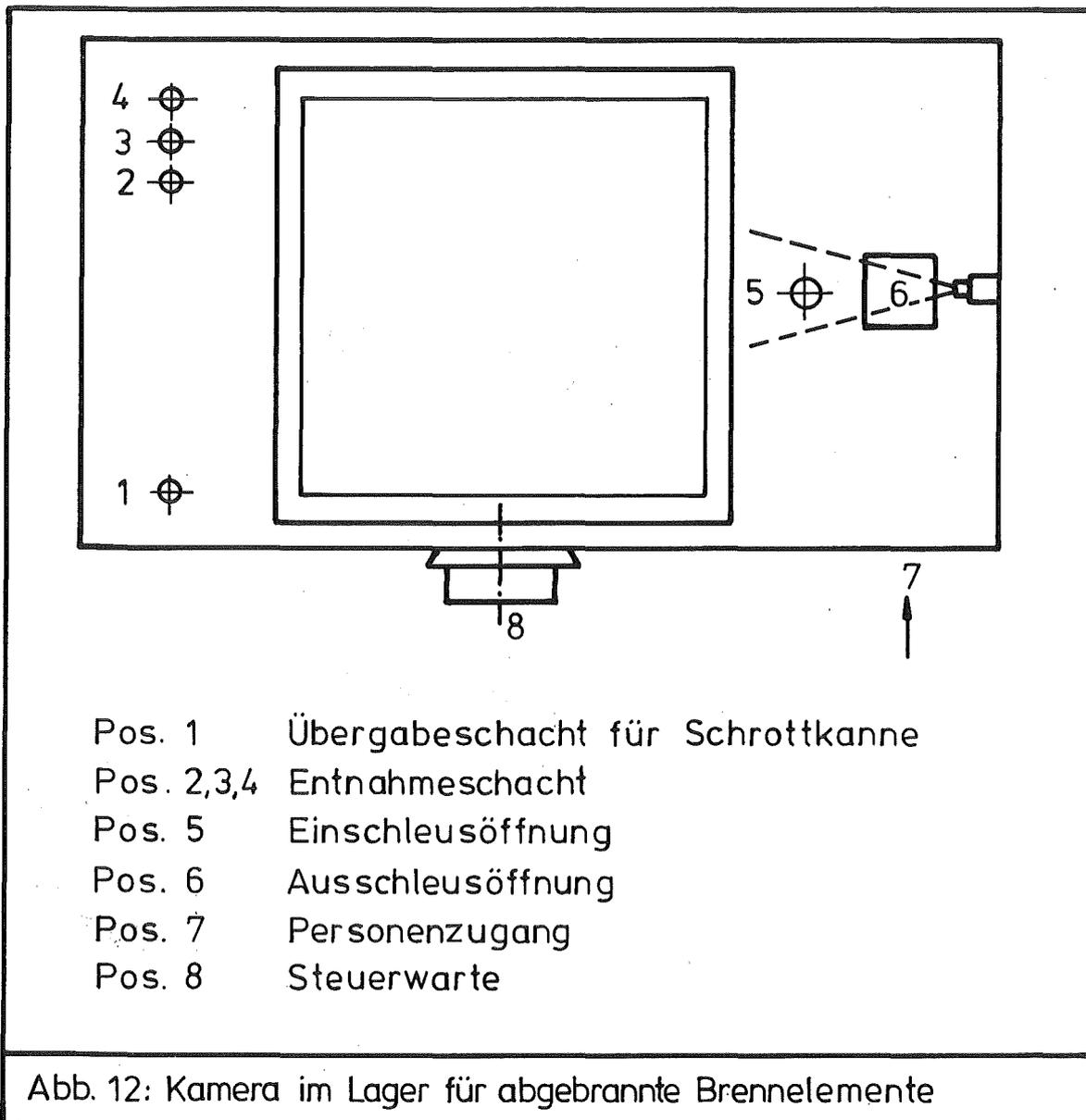


Abb.11: Kamera im Bereich der Entnahmestation

3.2.4 Instrumentelle Beobachtung im Lager für abgebrannte Brennelemente

Im Lager für abgebrannte Brennelemente existieren 6 Öffnungen zum Ein- und Ausschleusen leerer bzw. voller Brennelemente (Abb. 12)



Zur Überwachung der Einschleusöffnung für leere Brennelement-Kannen und der Ausschleusöffnung von Kannen mit abgebranntem Brennstoff wurde vorgeschlagen, TV-Kameras mit Bewegungsdetektor einzusetzen.

Während alle 3 Betriebstage eine leere Brennelement-Kanne eingeschleust wird, erfolgt der Abtransport von Kannen mit abgebrannten Brennelementen einmal im Monat, wobei 6 Kannen ausgeschleust werden.

Die Verifikation erfolgt anhand des aufgenommenen Bildmaterials durch Zählung der ausgeschleusten Fässer und durch Überprüfung, daß durch die Einschleusöffnung für leere Kannen keine gefüllten Kannen abtransportiert wurden.

Wegen der hohen Strahlenbelastung im Raum für abgebrannte Brennelemente (integrale Dosis von 10^8 Rad) muß Videogerät und Auswerteeinheit aus diesem Raum ausgelagert werden. Damit ergibt sich das Problem der verfälschungssicheren Bildübertragung von der Kamera zum Aufzeichnungsgerät, das durch die in 3.2.1 dargelegten Maßnahmen der verschlüsselten Bildübertragung oder der Bildübertragung über Lichtleiter gelöst werden kann.

Da die Brennelementkannen von einem Kran transportiert werden, muß das Video-Kamera-System und die Hallenbeleuchtung immer dann angeschaltet werden, wenn dieser Kran benutzt wird. Um die Verfälschungssicherheit dieser Kopplung zu erreichen, muß gewährleistet sein, daß jede Benutzung des Krans an ein Universelles Interface gemeldet wird. Die Steuerung zum Einschalten von Kamera-System und Beleuchtung kann dann wie in 3.2.2 vom Überwachungsrechner durchgeführt werden.

4. Materialbilanzierung

4.1 Spaltstoffflußüberwachung

4.1.1 Maßnahmen zur Spaltstoffflußmessung

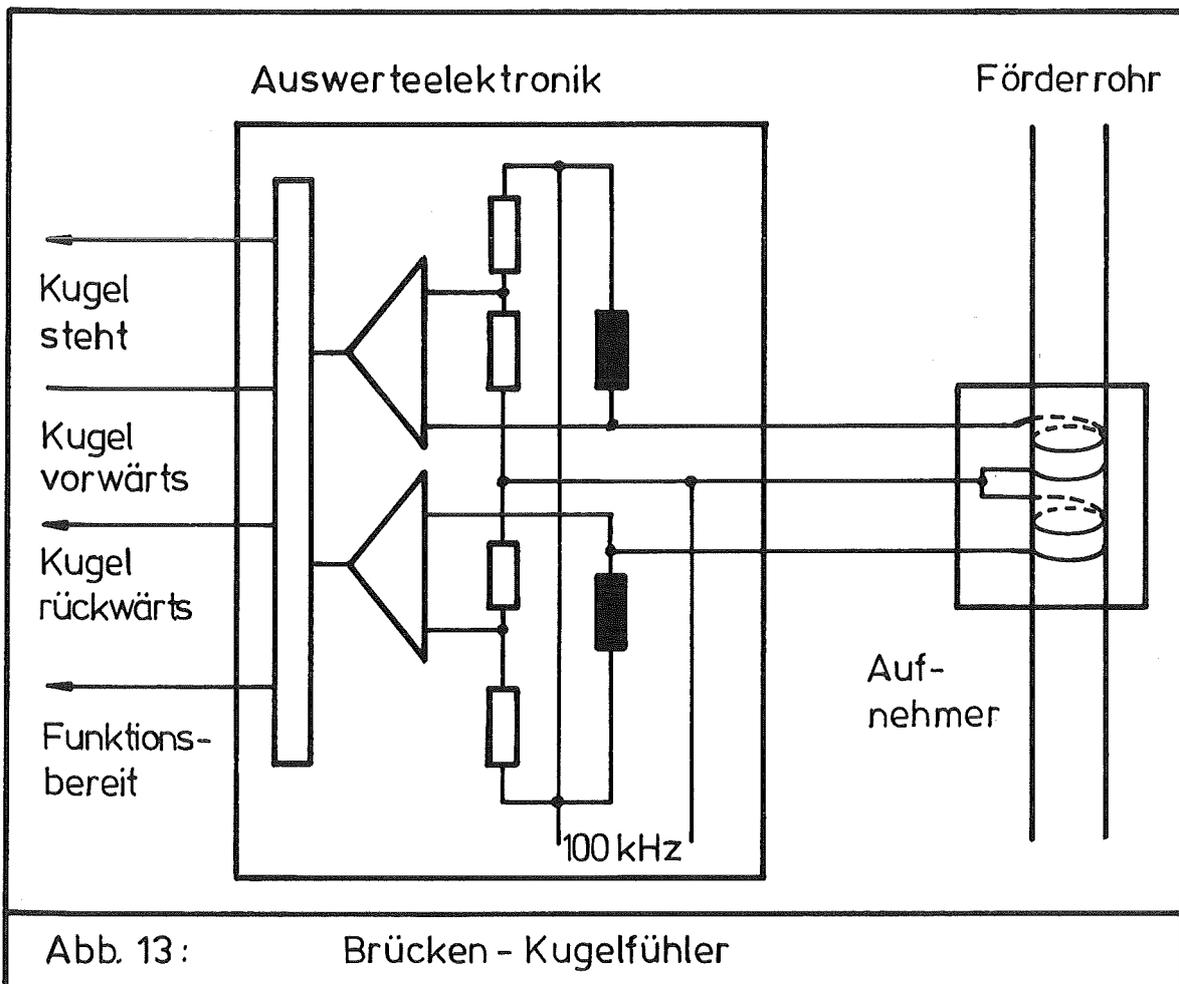
Das Kernmaterialinventar der Beschickungsanlage und des Reaktorcores kann auf Grund baulicher Gegebenheiten nicht direkt bestimmt werden. Eine indirekte Ermittlung dieses Inventars kann aber über eine kontinuierliche Messung des zu- und abgeführten Brennstoffs für diesen Bereich durchgeführt werden. Diese Messung geschieht mittels Kugelfühler, die alle Brennelemente registrieren, die der Beschickungsanlage zugeführt werden und die Beschickungsanlage verlassen. Diese Kugelfühler werden für die betriebliche Steuerung des Brennstoffflusses im THTR eingesetzt.

Die Zuführung von Brennelementen geschieht in der Zugabestation R352. Hinter dieser Zugabestation ist in der Reaktorhalle R302 der Einbau eines zusätzlichen Kugelzählers (Safeguardszähler) für die Spaltstofffluß-Überwachung vorgesehen. Abgebrannte Brennelemente verlassen die Beschickungsanlage über drei Abzugsrohre in der Entnahmestation R023, in der sie in je drei Kannen abgefüllt und ins Lager für abgebrannte Brennelemente transportiert werden. Da im Bereich der Abfüllstation keine zusätzlichen Kugelfühler installiert werden können, müssen die betrieblichen Kugelzähler der drei Abzugsrohre für die Überwachung des ausgeschleusten Brennstoffs mit benutzt werden.

Eine weitere Ausschleusung von Brennelementen ist beim Auswechseln defekter Funktionsteile möglich. Dabei werden die Brennelemente, die sich in den Rohrleitungen befinden mit einer Absaugvorrichtung entnommen, bevor das neue Funktionsteil eingesetzt wird. Die ausgeschleusten Kugeln werden in eine Entnahmekanne abgefüllt und im Lager für abgebrannte Brennelemente abgestellt. Zur Bestimmung der hier aus der Beschickungsanlage abgeführten Brennelemente wird ein zusätzlicher Safeguardszähler an der Absaugvorrichtung vorgeschlagen.

4.1.2 Funktionsweise des Kugelfühlers

Die für die Zählung von Brennelementen eingesetzten Brücken-Kugelfühler bestehen aus einem Aufnehmer und einer Auswerteeinheit /4/.



Der Aufnehmer des Kugelfühlers besteht aus einem zylindrischen Gehäuse, in dem sich hintereinander zwei Spulen als Kugelsensoren befinden. Zur Erfassung der Laufrichtung und einer ruhenden Kugel sind zwei Meßkanäle vorhanden, die zeitlich nacheinander eine Kugel erkennen. Die Signalerkennung erfolgt über je eine Brückenschaltung, die mit einer Hochfrequenzspannung von 100 KHz eingespeist wird. Eine Spule ist Teil der Brückenschaltung, so daß eine durchlaufende Kugel eine Verstimmung der Brücke bewirkt, die

von einer Analog- mit nachfolgender Logikschaltung ausgewertet wird. Es werden folgende Signale vom Kugelfühler gemeldet:

- Kugel vorwärts
- Kugel rückwärts
- Kugel steht

Zusätzlich werden noch Gerätefehler und äußere Störungen von einer Überwachungslogik gemeldet.

4.1.3 Ankopplung von Kugelfühlern an das Rechnersystem

Die Ankopplung von Kugelfühlern an das rechnergestützte Überwachungssystem geschieht über das Universelle Interface. Dazu müssen die Auswerteeinheit des Kugelfühlers und das Universelle Interface in einem tampergeschützten Gehäuse untergebracht sein.

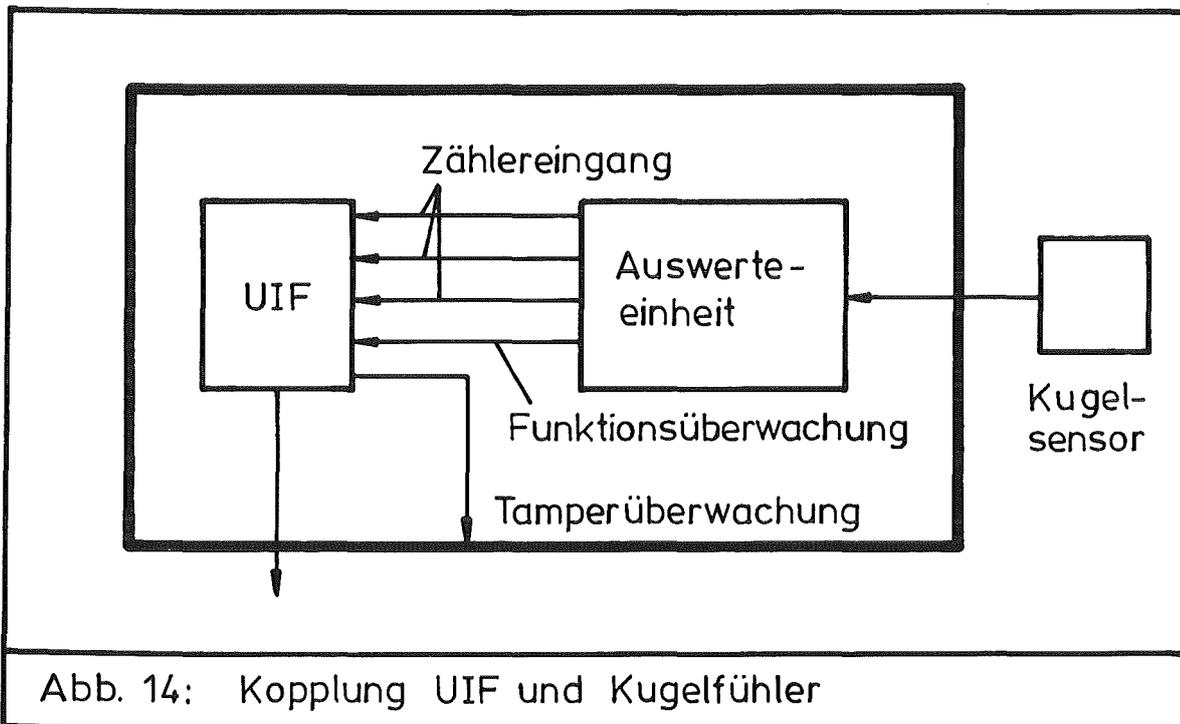


Abb. 14: Kopplung UIF und Kugelfühler

Analog zur c/s-Überwachung werden die Überwachungszustandsdaten (Unversehrtheit der Tampericherung und Funktionszustand des Kugelfühlers) vom Universellen Interface stetig abgefragt und Zustandsänderungen abgespeichert und zur Überwachungszentrale übermittelt.

Die Zählpulse des Kugelfühlers werden ebenfalls vom Universellen Interface aufgenommen und verarbeitet. Die daraus ermittelten aktuellen Zählerstände werden auf Anforderungen in verschlüsselter Form zum Überwachungsrechner übertragen. Dieser ist in der Lage aus der Gesamtheit aller angeschlossenen Kugelfühler das Inventar des überwachten Bereiches durch Bilanzierung des diesem Bereich zu- und abgeführten Brennstoffs zu ermitteln.

Wie erwähnt, müssen Kugelfühler und Universelles Interface tampergesichert verschlossen sein. Die Auswerteeinheit der betrieblichen Zähler befinden sich in Schränken, in denen jeweils die Signale von 6 Kugelaufnehmern zusammen verarbeitet werden. Während für die safeguardeigenen Zähler ein tampergeschütztes Gehäuse angefertigt werden kann, ist bei den für Safeguardszwecke eingesetzten betrieblichen Zählern eine Versiegelung des Auswerteschanks mit einem VACOSS-Siegel notwendig.

Manipulationsversuche am Verbindungskabel zwischen Aufnehmerspulen und Auswerteeinheit würden zu einer Verstimmung der Meßbrücken führen, die von der Überwachungslogik erkannt wird und einen Alarm auslöst, der vom Universellen Interface abgespeichert und gemeldet wird.

4.2 Verifizierung eingeschleuster Brennelemente

4.2.1 Maßnahmen zur Verifikation eingeschleuster Brennelemente

Um zu verifizieren, daß der Beschickungsanlage ausschließlich Brennelemente zugeführt werden, wird im THTR-Sicherungskonzept vorgeschlagen, eine stichprobenartige Überprüfung der zugeführten Brennelemente durchzuführen. Die dazu benötigte Anlage soll in der Reaktorhalle R302 aufgebaut werden und besteht aus einer Entnahmevorrichtung, die über einen Kugelabzweiger zufallsgesteuert ca. 0,5 Kugeln pro Brennelementfaß (1.000 Kugeln) in einen Vorratsbehälter abdosiert. Dieser Behälter wird am Ende eines Bilanzierungszeitraums von der Kontrollbehörde auf seinen Inhalt hin überprüft.

Die Stichprobenentnahme besteht aus einem Kugelfühler K3, einem Dosierer D51 und einer Weiche D52. Für die betriebliche Steuerung und Bilanzierung des Kugelflusses befinden sich hinter der Stichprobenentnahme zwei zusätzliche Kugelfühler, um die Anzahl der abgezweigten Kugeln feststellen zu können. Die Stichprobenentnahme ist in einem tampergeschützten Gehäuse untergebracht und der Vorratsbehälter ist versiegelt.

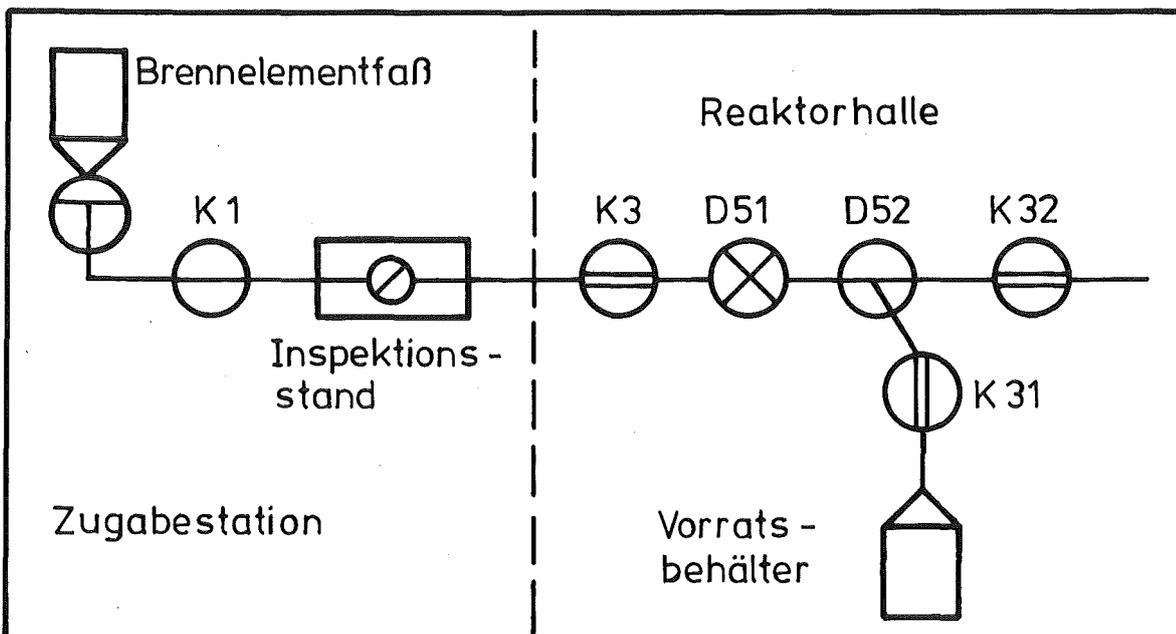
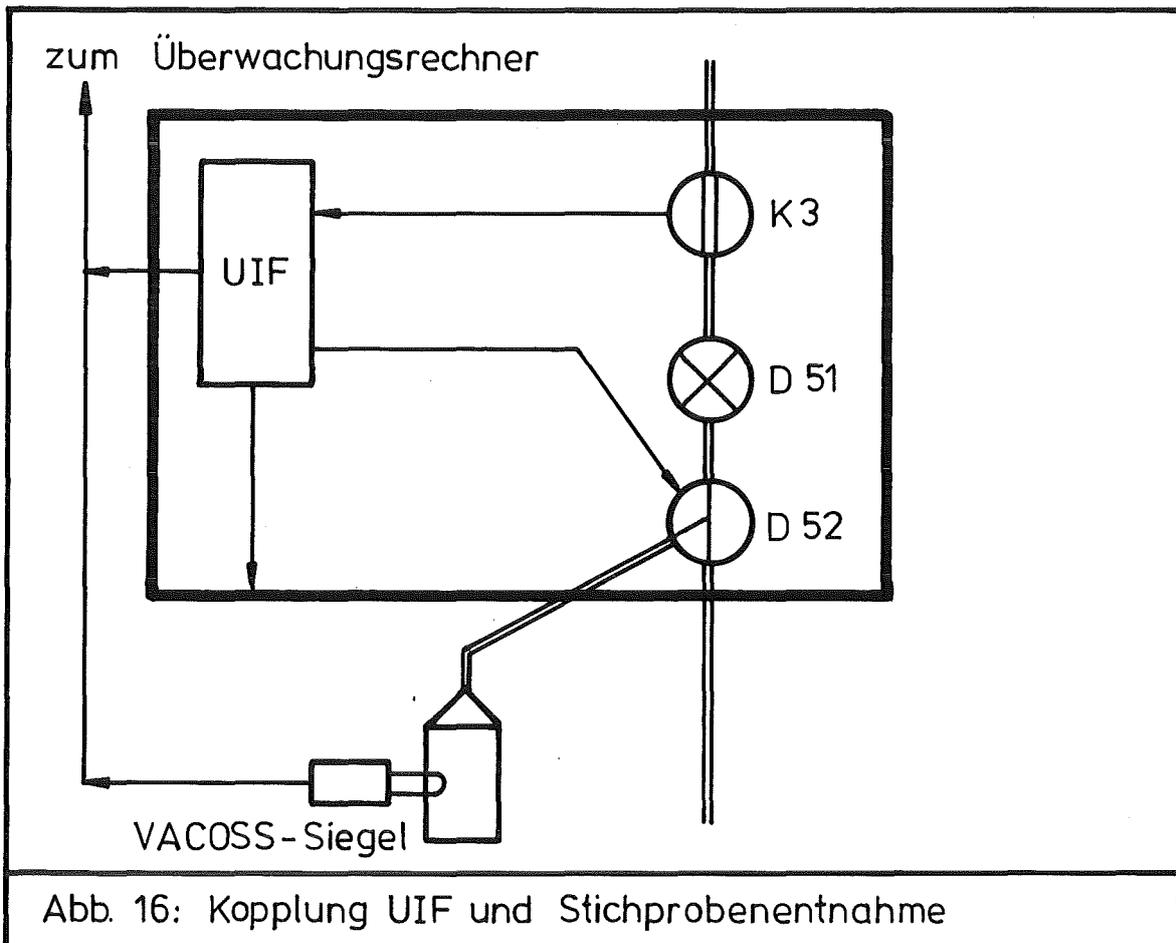


Abb. 15: Aufbau der Stichprobenentnahme

4.2.2 Steuerung der Stichprobenentnahme

Beim Einsatz des rechnergestützten Überwachungssystems fällt die Steuerung und Überwachung der Stichprobenentnahme in den Aufgabenbereich des Universellen Interfaces. Dazu ist das Universelle Interface mit dem Kugelfühler K3 und der Weiche D52 verbunden.



Die Steuerung wird vom Mikroprozessor des Universellen Interfaces über ein spezielles Programm durchgeführt. Da im Mittel von 2.000 durchgelaufenen Kugeln 1 Kugel abgezweigt werden soll, wird beim Start der Steuerung und nach jeder Abzweigung einer Kugel eine Zufallszahl zwischen 1 und 4.000 erzeugt. Die eingeschleusten Brennelemente werden mit Hilfe des Kugelfühlers K3 gezählt.

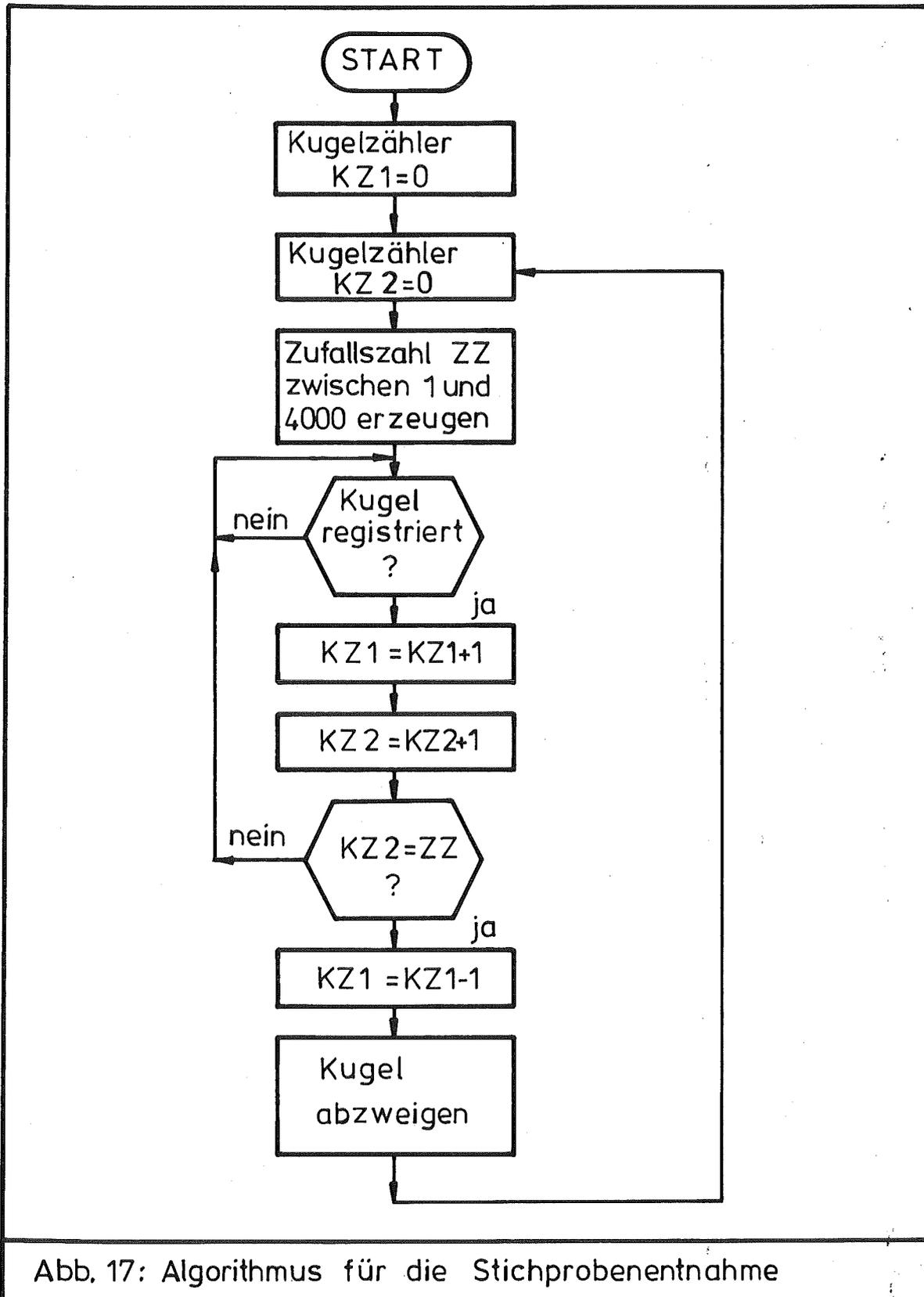


Abb. 17: Algorithmus für die Stichprobenentnahme

Da dieser Kugelfühler gleichzeitig zur Spaltstoffflußmessung der eingeschleusten Brennelemente benutzt wird (siehe 4.1), besitzt das Universelle Interface 2 Zähler KZ1 und KZ2. KZ1 zählt alle Brennelemente, die innerhalb einer Bilanzierungsperiode der Beschickungsanlage zugeführt werden. KZ2 wird nach jeder Abzweigung einer Kugel zu Null gesetzt und beim Durchlauf einer Kugel um 1 erhöht. Dies geschieht solange, bis der Zählerstand mit der erzeugten Zufallszahl übereinstimmt. Ist dies der Fall, wird über einen Steuerimpuls auf die Weiche D52 die Abzweigung einer Kugel veranlaßt. Gleichzeitig wird der Zähler KZ1 um eins erniedrigt, da diese Kugel der Beschickungsanlage nicht zugeführt wird.

Zur Erzeugung der Zufallszahlen kann der im Universellen Interface bereits vorhandene Verschlüsselungsalgorithmus eingesetzt werden. Dieser liefert gleichverteilte Pseudozufallszahlen und besitzt eine Periode von ca. 10^{19} , so daß die Folge der Pseudozufallszahlen nicht ermittelt werden kann.

Die im Universellen Interface gespeicherten Zahlenstände, wie Anzahl der Brennelemente im Vorratsbehälter werden laufend zum Zentralrechner übermittelt und können hier im Dialog abgefragt und protokolliert werden.

Neben den Steuerungsaufgaben wird gleichzeitig die Tamper- und Funktionsüberwachung der Stichprobenentnahme vom Universellen Interface durchgeführt.

4.3 Verifizierung des abgebrannten Brennstoffs

Im Lager für abgebrannte Brennelemente können bis zu 243 Kannen abgelagert werden. Das Lager ist in 81 Positionen aufgeteilt, in denen jeweils 3 Kannen übereinander abgestellt werden. Die Kannentemperatur beträgt max. 320°C und die Dosisleistung an der Kannenoberfläche nach 7 Tagen Abklingzeit $8 * 10^6$ Rad/h.

Zur Verifizierung des Kernmaterials im Lager müssen die Kannen gezählt und der Kanneninhalt bestimmt werden. Die Bestimmung des Inhalts einer Kanne ist z.B. indirekt durch eine γ -spektroskopische Messung oder qualitativ durch eine Dosisleistungsmessung möglich. Eine wiederholte Verifizierung des Kanneninhalts kann auch durch eine Versiegelung einer schon gemessenen Kanne ermöglicht werden. Für die Versiegelung eignen sich wegen der hohen Strahlungsbelastung nur Ultraschallsiegel. Bei beiden Maßnahmen müssen die Angaben der Kugelzähler in der Abfüllstation zur Bestimmung des Kanneninhalts herangezogen werden.

Beide Methoden eignen sich nicht für eine automatische Inventarbestimmung. Bei der Messung des Kanneninhalts oder der Integritätsüberprüfung des Kannensiegel muß die Kanne speziell für diesen Zweck von einem Kran zu einem entsprechenden Meßplatz transportiert werden. Dieser Kran kann nur manuell bedient werden.

4.4 Verifizierung des frischen Brennstoffs

Im Lager für frische Brennelemente können bis zu 168 Brennelementfässer gelagert werden. Die Inventarverifizierung in diesem Bereich erfolgt durch Zählung der Brennelementfässer und die Überprüfung der Faßsiegel. Eine automatisierte Durchführung dieser Verifikation kann mit Hilfe von VACOSS-Siegeln durchgeführt werden, indem ein Inspektor bei der Brennelementanlieferung die Faßsiegel an das Rechnersystem anschließt. Der Rechner zählt dabei die Anzahl der angeschlossenen Fässer und überprüft die Integrität der Siegel. Wird ein Brennelementfaß für die Zuführung von Brennstoff in die Beschickungsanlage benötigt (alle 1,5 Tage ein Faß), so muß das Siegel vom Faß entfernt werden. Dies wird vom Rechner erkannt, so daß das Inventar im Lager für frische Brennelemente jederzeit in der Überwachungszentrale verifiziert werden kann.

5. Unterstützung bei der Bilanzierung

5.1 Maßnahmen zur Kernmaterialbilanzierung

Am Ende eines Bilanzierungszeitraums wird der reale Bestand an Brennelementen durch Inspektoren nachgeprüft. Dies geschieht durch die Inventarverifizierung in den drei Schlüsselpunkten: Lager für frische Brennelemente, Reaktorcore und Lager für abgebrannte Brennelemente. Zusätzlich werden alle Ein- und Ausgänge an Brennelementen durch Inspektionen beim An- und Abtransport des Kernbrennstoffs erfaßt und überwacht. Aus dem verifizierten Inventar und den verifizierten Materialzu- und -abgängen läßt sich über die Bilanzierungsgleichung (siehe 2.1.2) die vom Betreiber vorgelegte Bilanz des Kernmaterials überprüfen und das nicht nachgewiesene Material berechnen. Im einzelnen sind für die Berechnung folgende Daten notwendig:

- Materialzufluß F_1

Beim Antransport frischer Brennelemente werden die Brennelementfässer von einem Inspektor gezählt. F_1 ist dabei gegeben durch den im Lieferschein des Brennelementherstellers ausgewiesenen Anzahl der frischen Brennelemente pro Faß. Die Lieferung erfolgt 9 mal pro Jahr mit jeweils 20 Fässer pro Lieferung.

- Inventar im Lager für frische Brennelemente I_A

Die Bestandsaufnahme erfolgt durch Zählung der Fässer im Lager für frische Brennelemente. Das Inventar I_A ist gleich der Gesamtzahl der Kugeln. Die Anzahl der Kugeln wird aus den Lieferscheinen entnommen.

- Inventar in Beschickungsanlage und Reaktorcore I_B

Die Bestimmung dieses Inventars erfolgt über die Messung der Anzahl der im Bilanzierungszeitraum t_0 bis t_1 eingeschleusten Kugeln N_3 und ausgeschleusten Kugeln N_4 . Das Inventar zum Bilanzierungszeitpunkt t_1 wird daraus folgendermaßen berechnet:

$$I_B(t_1) = N_3 - N_4 - N_B(t_0)$$

Dabei ist $N_B(t_0)$ die Zahl der Kugeln, die sich zum Zeitpunkt der letzten Bilanzüberprüfung in diesem Kontrollbereich befunden haben. N_3 und N_4 wird durch Kugelmähler gemessen.

- Inventar im Lager für abgebrannte Brennelemente I_C
Das Kernmaterial in diesem Bereich errechnet sich aus der Anzahl der aus der Beschickungsanlage ausgeschleusten Brennelemente. Die Anzahl der Kugeln ergibt sich durch Zählung der Fässer im Lager für abgebrannte Brennelemente und aus dem Zählerstand der Kugelmähler in der Abfüllstation.

- Materialabfluß F_2
Beim Abtransport des abgebrannten Brennstoffs zählt ein Inspektor die Anzahl der abtransportierten Brennelementekannen. Alle 4 Wochen werden je 6 Kannen abtransportiert.

Mit diesen Daten läßt sich nicht nachgewiesenes Material (MUF) aus folgender Bilanzgleichung ermitteln:

$$\text{MUF} = (I_A - I_B - I_C)_{t=0} - (I_A - I_B - I_C)_{t=1} - F_1 - F_2$$

5.2 Rechnergestützte Bilanzüberprüfung

Die Auswertung der Bilanzgleichung für den Bilanzierungszeitraum t_0 bis t_1 kann vom Rechner des Überwachungssystems durchgeführt werden, wenn ihm folgende Daten zur Verfügung stehen:

- 1) Die Anzahl der im Bilanzierungszeitraum angelieferten Fässer mit frischen Brennelementen
- 2) Die Anzahl der Brennelemente in den angelieferten Fässern
- 3) Die Anzahl der im Bilanzierungsraum abtransportierten Kannen
- 4) Die Anzahl der Brennelemente in den abtransportierten Kannen
- 5) Die Anzahl der Fässer im Lager für frische Brennelemente zu den Zeiten t_0 und t_1
- 6) Die Anzahl der der Beschickungsanlage während der Bilanzperiode zugeführten Brennelemente
- 7) Die Anzahl der aus der Beschickungsanlage ausgeschleusten Brennelemente
- 8) Die Anzahl der Brennelemente im Reaktorcore zum Anfang der Bilanzperiode
- 9) Anzahl der Kannen im Lager für abgebrannte Brennelemente zu den Zeiten t_0 und t_1

Von diesen Daten werden die Anzahl der dem Reaktorcore zu- und abgeführten Brennelemente vom Überwachungsrechner on-line erfaßt und stehen damit jederzeit für die Bilanzüberprüfung zur Verfügung. Falls die Fässer für frische Brennelemente mit VACOSS-Siegeln gesichert werden, kann auch die Anzahl der Fässer im Lager für frische Brennelemente on-line erfaßt werden. Die restlichen Daten müssen dem Überwachungsrechner über das Dialogterminal in der Überwachungszentrale mitgeteilt werden. Diese Eingaben werden beim An- und Abtransport des Kernmaterials und zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme durchgeführt. Beim Antransport werden die Anzahl der Fässer und die Anzahl der Brennelemente pro Faß laut Lieferschein vom Inspektor in den Rechner eingegeben, beim Abtransport die Anzahl der abtransportierten Fässer. Zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme erfolgt die Eingabe der restlichen Daten. Damit kann die Berechnung der Bilanzgleichung vom Rechner durchgeführt und protokolliert werden.

6. Aufbau des rechnergestützten Überwachungssystems

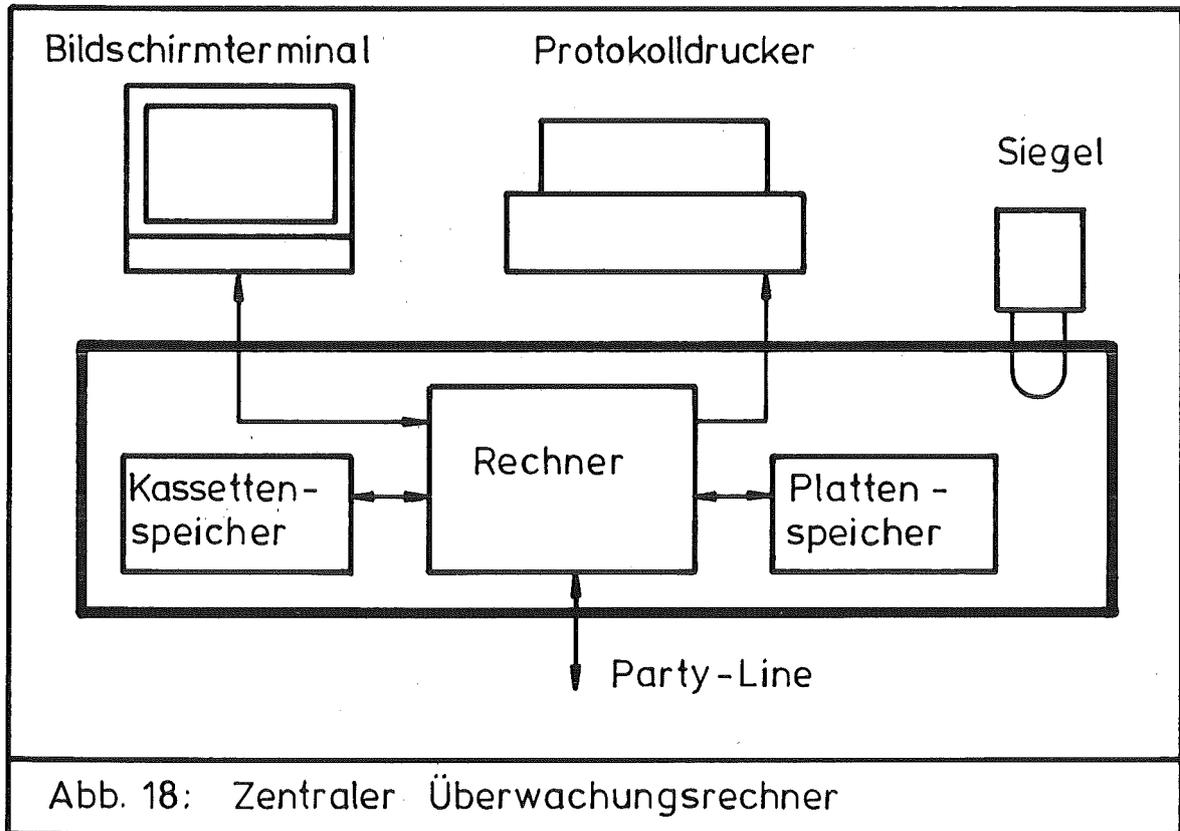
6.1 Geräteaufbau

6.1.1 Zentraler Überwachungsrechner

Zur Durchführung der vielfältigen Überwachungsaufgaben wird ein leistungsfähiges Rechnersystem benötigt, das aus folgenden Komponenten aufgebaut ist:

- Prozeßrechner mit Real-Time-Betriebssystem
- Plattenlaufwerk zur Datenspeicherung
- Magnetband-Kassettenlaufwerk zur Datensicherung
- Bildschirmterminal zur Rechnerbedienung
- Protokolldrucker
- Interface zum Anschluß der Überwachungsinstrumentierung

- Versiegelbares Gehäuse für den Rechner



6.1.2 Universelles Interface

Für die Steuerung und Überwachung eines Safeguardüberwachungsgerätes ist jeweils ein Universelles Interface notwendig, das selbständig die geforderten Aufgaben übernehmen kann. Jedes Universelle Interface ist mit dem Überwachungsrechner über eine serielle Schnittstelle verbunden. Da das Universelle Interface zusammen mit dem überwachten Safeguardsgerät in einem tampergeschützten Gehäuse untergebracht werden muß, muß seine Abmessung so gering wie möglich sein. Diese Miniaturisierung kann durch Verwendung hochintegrierter Bausteine erreicht werden. So ist es auf Grund neuester

Entwicklungen im Mikroprozessorbereich möglich, daß die gesamten Funktionen des Universellen Interfaces von einem Ein-Chip-Mikrocomputer mit der Abmessung 2,5cm x 2cm x 0,3 cm ausgeführt werden können. Diese Mikrocomputer sind in energiesparender CMOS-Technologie aufgebaut und enthalten:

- Programmspeicher
- Datenspeicher
- Serielle Schnittstelle
- Parallele Ein/Ausgänge
- Zählereingänge

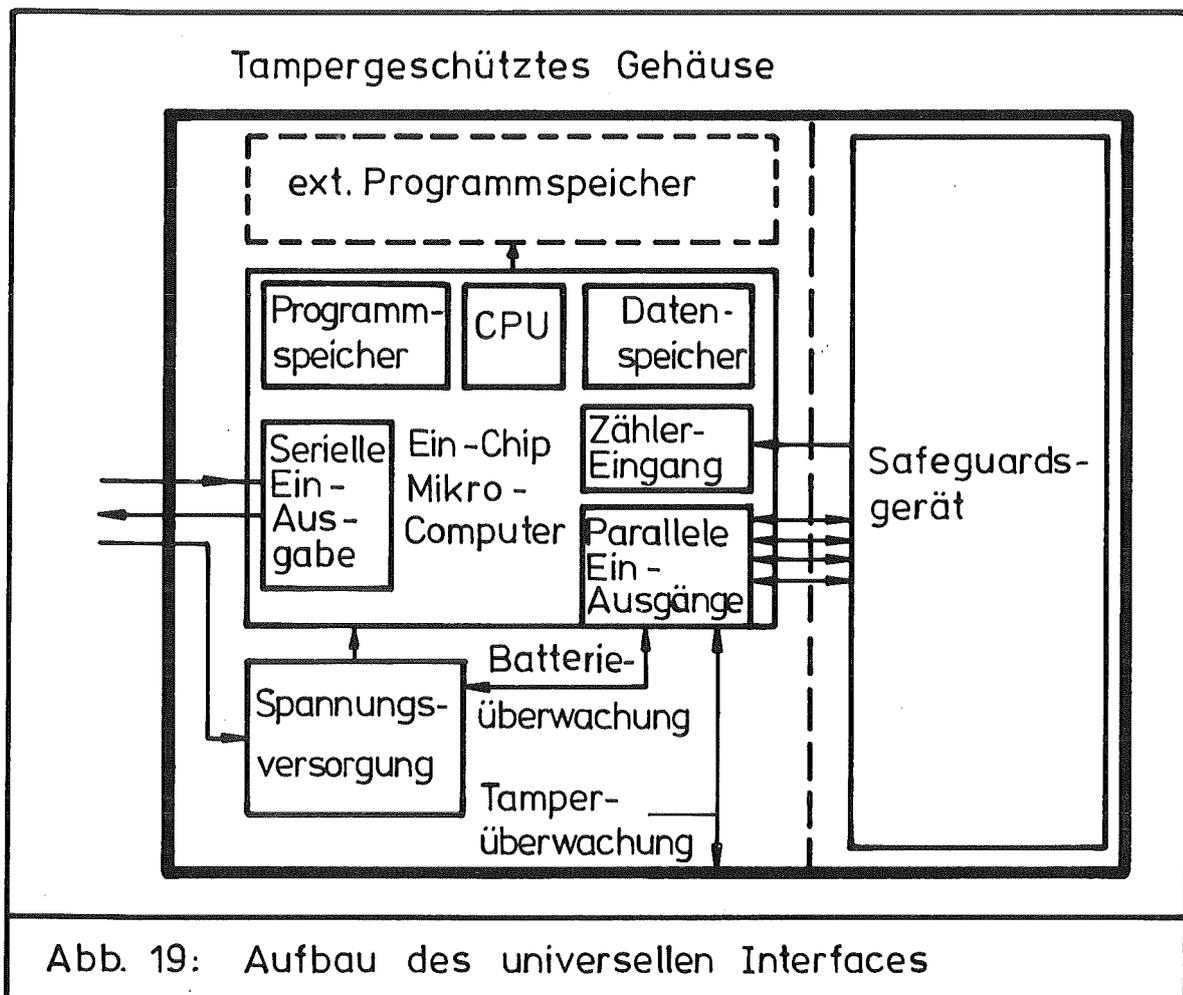


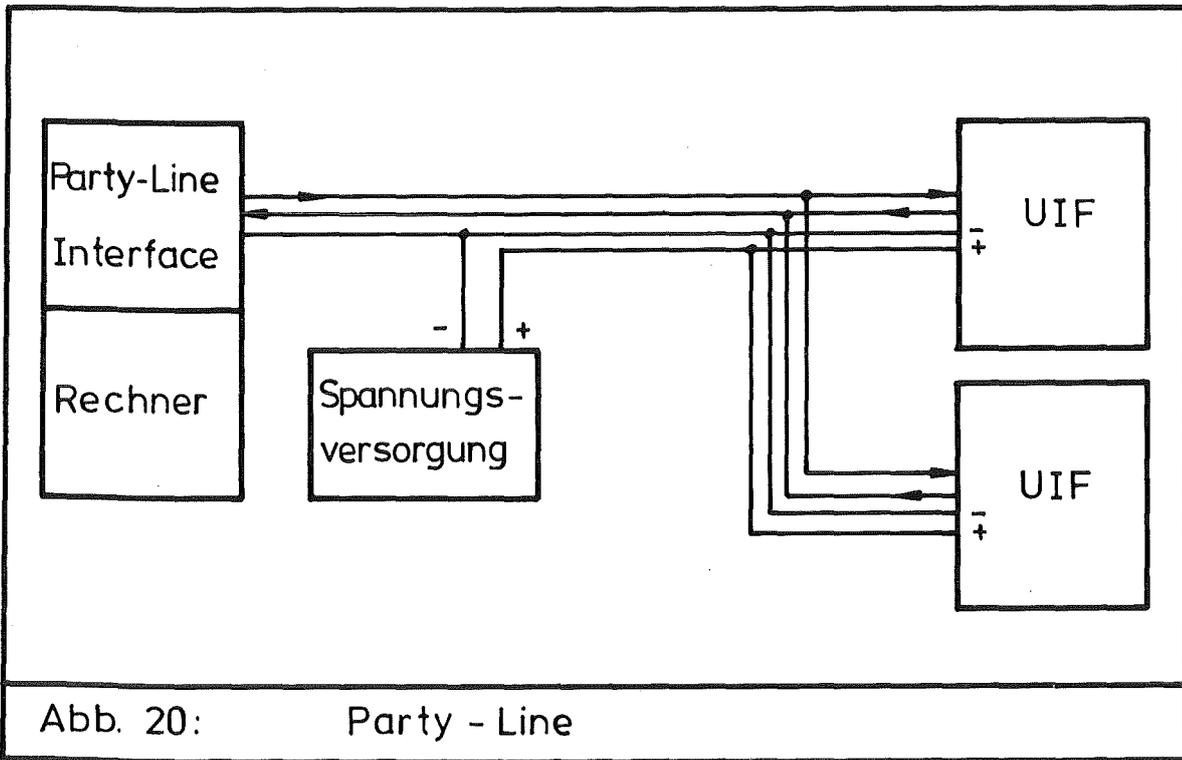
Abb. 19: Aufbau des universellen Interfaces

Zur Überwachung und Steuerung eines Safeguardsgerätes dienen die im Prozessor integrierten Ein/Ausgabeleitungen und Zählereingänge. Über diese Leitungen wird auch die Tampericherheit des Gehäuses überwacht. Die serielle Schnittstelle dient zur Ankopplung des Interfaces an den Überwachungsrechner über die Party-Line. Die Spannungsversorgung für das Universelle Interface erfolgt im Normalfall extern über die Party-Line. Zum Schutz gegen den Ausfall der externen Versorgung besitzt das Interface zusätzlich eine eigene Stromversorgung. Dazu dienen Batterien, deren Batteriezustand laufend überwacht und zur Überwachungszentrale gemeldet wird. Zur Ausführung von speziellen Steuerungsaufgaben können zusätzliche Programm- oder Datenspeicher an den Mikroprozessor angeschlossen werden.

Im VACOSS-Siegel sind Teilfunktionen des Universellen Interfaces bereits integriert, so daß ein Siegel direkt an die Party-Line des Überwachungssystems angeschlossen werden könnte. Zur Zeit existieren Prototypen des VACOSS-Siegelsystems.

6.1.3 Party-Line

Die Party-Line dient zur seriellen Datenübertragung zwischen den Universellen Interfaces und dem Überwachungsrechner. Gleichzeitig erfolgt die Spannungsversorgung für die Universellen Interfaces über diese Party-Line. Bei der Party-Line handelt es sich um ein 4-adriges Kabel, das maximal 1 Km lang sein kann. Die Party-Line läßt eine Übertragungsgeschwindigkeit von 300 baud zu. An eine Party-Line können bis zu 255 Universelle Interfaces angeschlossen werden.



6.1.4 Zusammenstellung der Safeguards-Instrumentierung

Da sich die Safeguards-Instrumentierung in verschiedenen Bereichen des Kraftwerks befindet, ist es zweckmäßig, zum Anschluß der einzelnen Geräte an den Überwachungsrechner für jeden Bereich je eine Party-Line einzusetzen. Der THTR-300 kann dazu in 4 Bereiche aufgeteilt werden.

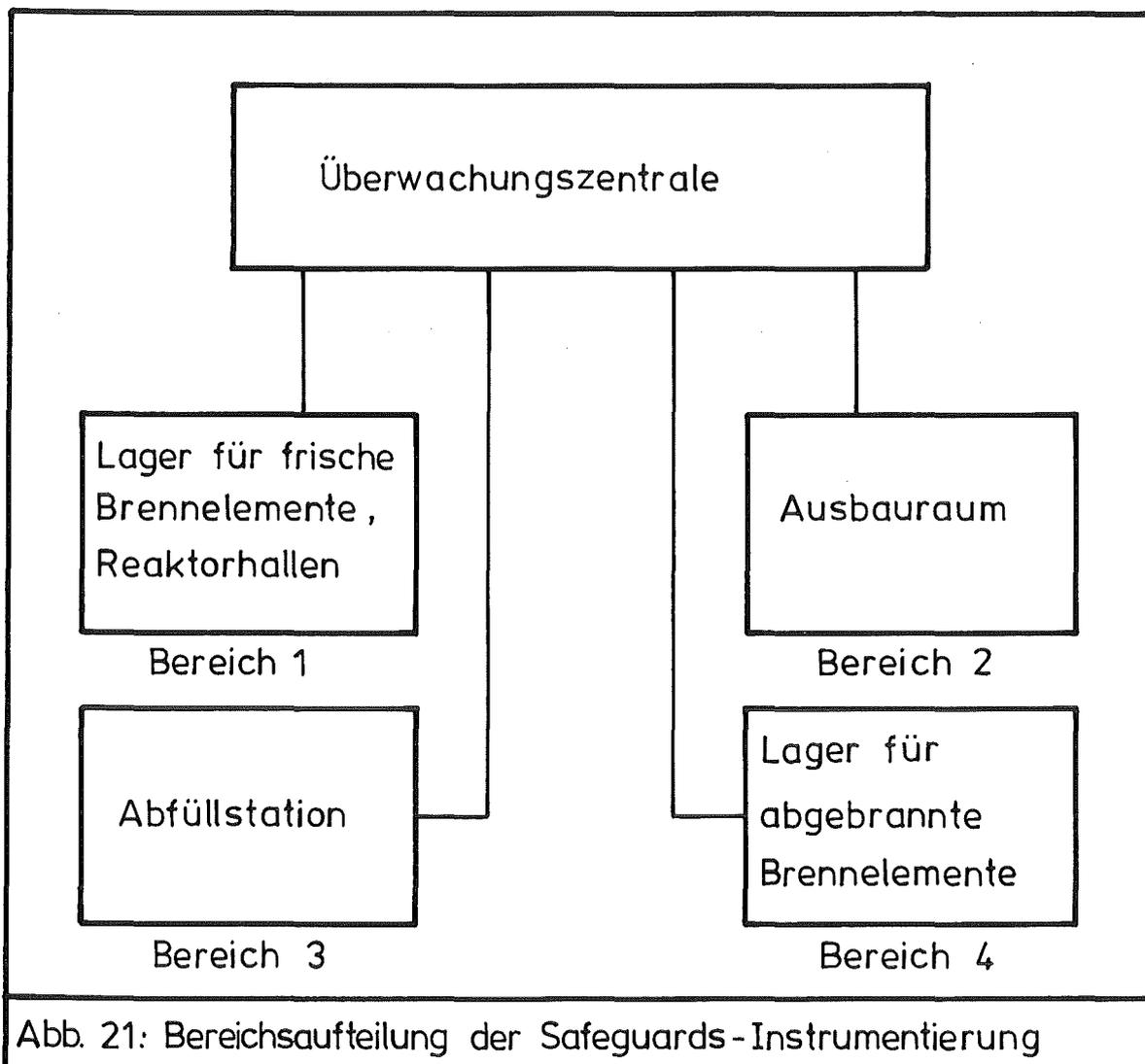


Abb. 21: Bereichsaufteilung der Safeguards-Instrumentierung

Im einzelnen sind folgende Safeguards-Geräte mit dem Überwachungsrechner verbunden:

1. Lager für frische Brennelemente und Reaktorhallen
 - Türsiegel R353
 - Kamerasystem, Beleuchtung, Türverriegelung R351
 - Kugelzähler und Stichprobenentnahme R302
 - Siegel Vorratsbehälter der Stichprobenentnahme R302
 - Siegel Förderrohre R302, R202, R103, R105 (4 Siegel)
 - Siegel Funktionsteile R110 (2 Siegel)
 - Faßsiegel R351, R353 (1 Siegel für 10 Fässer: 17 Siegel)

2. Bereich Ausbauraum
 - Siegel Funktionsteile R028 (5 Siegel)
 - Türsiegel R121
 - Stopfensiegel R177/178
 - Kugelzähler Absaugvorrichtung

3. Bereich Abfüllstation
 - Siegel Funktionsteil R020
 - Kugelzähler R020
 - Kamerasystem, Beleuchtung, Türverriegelung R023

4. Lager für abgebrannte Brennelemente
 - Kamerasystem, Beleuchtung, Kranverriegelung R276
 - Türsiegel R276

Insgesamt kommt für das rechnergestützte Überwachungssystem folgende Instrumentierung zum Einsatz:

- 35 VACOSS-Siegel
- 3 Kamerasysteme - Verriegelung und Beleuchtungsüberwachung
- 5 Kugelzähler
- 1 Stichprobenentnahme
- 14 Universelle Interfaces

6.2 Funktionsbeschreibung

6.2.1 Das Überwachungsprinzip

Bei den Überwachungsvorgängen, die das rechnergestützte Überwachungssystem durchführt, muß zwischen folgenden Aufgabenbereichen unterschieden werden:

- zyklische Überprüfung der einzelnen Safeguards-Geräte auf Zustandsänderungen
- Aufnahme und Verarbeitung von Meßdaten
- Durchführung von lokalen Steuerungsaufgaben innerhalb des Safeguards-Gerätes
- Steuerungsaufgaben, bei denen mehrere Safeguards-Geräte gekoppelt sind
- Dialogbedienung des Rechnersystems

Bei der Überprüfung von Zustandsdaten arbeiten Universelles Interface und zentraler Überwachungsrechner nach dem gleichen Überwachungsprinzip. Das Universelle Interface überwacht dabei die Zustandsdaten der angeschlossenen Safeguards-Geräte und der Zentralrechner die Zustandsdaten der Universellen Interfaces.

Die Zustandsdaten eines Safeguards-Gerätes sind:

- Funktionszustand
- Tamperzustand
- Sensorzustand bei c/s-Geräten

Diese Zustände werden vom Universellen Interface kontinuierlich abgefragt und daraufhin überprüft, ob seit der letzten Abfrage eine Änderung des Zustandes eingetreten ist.

Ist dies der Fall wird die Art und Zeitpunkt der Zustandsänderung im Universellen Interface abgespeichert.

Für die Überwachung der Universellen Interfaces vom Zentralrechner wird der gleiche Vorgang durchgeführt. Die dabei überprüften Zustandsdaten des Universellen Interface sind:

- Funktionszustand des UIF
- Tamperzustand des UIF
- Überwachungszustand

Eine Änderung im Überwachungszustand des UIF wird immer dann vorgenommen, wenn das UIF seinerseits eine Zustandsänderung erkannt und abgespeichert hat. Stellt der Überwachungsrechner eine Änderung im UIF-Überwachungszustand fest, so werden die entsprechenden Zustandsinformationen des Safeguards-Gerätes, die im Universellen Interface abgespeichert sind, zum Überwachungsrechner übertragen.

Ein Vorteil dieses Überwachungsprinzips liegt darin, daß die Überwachungsdaten sowohl im Universellen Interface als auch im Überwachungsrechner abgespeichert sind und damit eine Back-up Möglichkeit für diese Daten geschaffen ist. Ein anderer Vorteil ist, daß bei Ausfall des Überwachungsrechners oder bei einer Verbindungsunterbrechung zum UIF die Überwachung selbst und die Abspeicherung von Zustandsänderung vom UIF weiterhin selbständig durchgeführt werden kann.

6.2.2 Universelles Interface

Das Universelle Interface ist in der Lage, die geforderten Überwachungsaufgaben selbständig durchzuführen, nachdem es vom Überwachungsrechner initialisiert wurde. Spezielle Meßaufnahme- und Steuerungsprogramme werden bei der Initialisierung in den Speicher des Universellen Interfaces geladen. Die Zustandsüberwachung von Safeguards-Geräten erfolgt nach dem

in 6.2.1 beschriebenen Überwachungsprinzip durch eine Überprüfung auf Zustandsänderungen des Safeguards-Gerätes. Jede erkannte Zustandsänderung wird vom Universellen Interface gezählt und der Zeitpunkt und die Art der Änderung in eine Änderungstabelle abgespeichert. Dazu besitzt jedes Universelle Interface eine eigene Uhr. Meßvorgänge und Steuerungsaufgaben erfolgen durch Starten eines speziell dafür vorhandenen Programms durch den Überwachungsrechner.

Überwachungsdaten, Meßdaten und Informationsdaten über Steuerungsvorgänge werden auf Anforderung an den Überwachungsrechner übermittelt. Eine Anforderung besteht aus einem Telegramm, das die Adresse und einen Code für die Art der Anforderung enthält. Alle an eine Party-Line angeschlossenen Interfaces empfangen dieses Telegramm. Eine Antwort erfolgt nur vom adressierten Universellen Interface, indem es die angeforderten Daten in verschlüsselter Form an den Überwachungsrechner übermittelt. Dazu ist im UIF-Programm ein Verschlüsselungsalgorithmus vorhanden, der einen bei der Initialisierung definierten Schlüssel benutzt.

Die Tamperüberwachung des Universellen Interfaces geschieht mit Hilfe dieses Schlüssels. Jeder Versuch, das Gehäuse des Universellen Interfaces zu öffnen, führt zu einer Löschung des Schlüssels. Da jetzt eine Entschlüsselung von UIF-Daten im Überwachungsrechner nicht mehr möglich ist, wird erkannt, daß ein Tamperversuch stattgefunden hat.

6.2.3 Zentraler Überwachungsrechner

Die Aufgabe des zentralen Überwachungsrechners besteht in der Steuerung und Überwachung der angeschlossenen Universellen Interfaces und in der Dialogführung zur Bedienung des Überwachungssystems.

Bei der Überwachung werden zyklisch die aktuellen Zustandsdaten der angeschlossenen Universellen Interfaces angefordert und mit den Daten der letzten Abfrage verglichen. Dabei wird als erstes festgestellt, ob das

angewählte Universelle Interface noch am Überwachungssystem angeschlossen ist oder neu angeschlossen wurde. Danach erfolgt die Tamperüberprüfung über die Entschlüsselung der empfangenen Daten. Ist die Entschlüsselung erfolgreich, wird nachgeprüft, ob eine Änderung im gemeldeten Überwachungszustand des Universellen Interfaces stattgefunden hat. Ist dies der Fall, wird die im Universellen Interface gespeicherte Änderungstabelle angefordert und empfangen. Jede festgestellte Zustandsänderung erzeugt einen Alarm und wird auf dem Plattenspeicher des Überwachungsrechners abgelegt.

Werden Zählvorgänge vom Universellen Interface durchgeführt, werden die aktuellen Zählerstände über entsprechende Telegramme angefordert und abgespeichert.

Bei Steuerungsvorgängen, bei denen mehrere Universellen Interfaces miteinander gekoppelt sind, wird die Steuerung direkt vom Überwachungsrechner durchgeführt. Dabei werden über angeforderte Steuerungssignale eines Universellen Interfaces nach einem für den jeweiligen Prozeß festgelegten Algorithmus Telegramme zu anderen Universellen Interfaces übermittelt, die hier die vorgeschriebene Reaktion im Safeguards-Gerät auslösen. Dabei erfolgt die Übermittlung der Steuersignale wie bei allen Telegrammen in verschlüsselter Form.

Die Bedienung des gesamten Überwachungssystems erfolgt über das Dialogsystem des Überwachungsrechners. Dabei können folgende Funktionen mit Hilfe des Bildschirmterminals ausgeführt werden:

- Initialisierung und Eintragung von Universellen Interfaces
- Löschen von eingetragenen Universellen Interfaces
- Verifikation von Safeguards-Geräten
- Starten von Steuerungs- und Meßvorgängen
- Protokollierung von Meßdaten (Zählerstände)
- Erstellung von Übersichtsauskünften aller gespeicherten Daten
- Durchführung von Rechenvorgängen (Bilanzüberprüfung)

Die Archivierung aller gespeicherten Informationen geschieht durch Auslagerung der Daten des Plattenspeichers auf eine Magnetbandkassette. Alle Dialogvorgänge werden auf dem Protokolldrucker durchnummeriert festgehalten.

6.2.4 Verfälschungssicherheit

Zur Gewährleistung der Verfälschungssicherheit des Überwachungssystems muß jeder Manipulationsversuch an den Systemkomponenten erkannt werden.

In der Überwachungszentrale sind dazu Rechner und Speichereinheiten in einem versiegelten Schrank untergebracht. Beim Einsatz eines VACOSS-Siegels darf die Überwachung der Siegelintegrität nicht vom Rechner selbst erfolgen. Zur Siegelverifikation wird die Adapterbox des VACOSS-Systems eingesetzt.

Um unerlaubte Zugriffe zum Überwachungssystem über das Dialogsystem des Überwachungsrechners zu verhindern, ist jede Benutzung des Dialogsystem passwortgeschützt. Zusätzlich werden alle Dialogzugriffe auf das System auf dem versiegelten Plattenspeicher festgehalten.

Manipulationsversuche am Universellen Interface werden durch die Unterbringung des Interfaces in einem tampergeschützten Gehäuse verhindert. Das Universelle Interface erkennt Öffnungen des Gehäuses, die bei der Zustandsabfrage vom Überwachungsrechner über die Entschlüsselung der Zustandsdaten (siehe 6.2.1) erkannt und gemeldet werden.

Um zu verhindern, daß Manipulationen an den über die Party-Line übermittelten Daten vorgenommen werden, erfolgt jeder Datenaustausch in verschlüsselter Form. Dazu sind Überwachungsrechner und Universelles Interface in der Lage, eine Ver- und Entschlüsselung der übertragenen Daten über ein geheimes Schlüsselwort durchzuführen. Dieser Verschlüsselungsalgorithmus muß gewährleisten, daß das Schlüsselwort aus den übertragenen verschlüsselten Daten nicht ermittelt werden kann. Weiter-

hin darf kein Zusammenhang zwischen Klartext und verschlüsselter Text hergestellt werden können. Beide Bedingungen werden vom DES-Algorithmus /5/ erfüllt. Der DES-Algorithmus (DATA ENCRYPTION STANDARD) wird vom National Bureau of Standards als Standardverfahren für die Datenverschlüsselung vorgeschlagen und wird in modifizierter Form im VACOSS-Siegel-system eingesetzt.

7. Bewertung des Überwachungssystems

7.1 Inspektionsaufwand

Im Sicherungskonzept ohne Rechnerunterstützung werden für die Inspektor-kontrollen zur rechtzeitigen Entdeckung ca. 120 h/a benötigt (10 h/a zum Wechseln der Videobänder, der Rest zur Überprüfung der Siegel). Der Zeitaufwand für die Bilanzüberprüfung (ca. 250 h/a) wird sich durch den Einsatz eines rechnergestützten Überwachungssystems nicht wesentlich ändern, da diese Inspektionszeit hauptsächlich für die Messungen der Kannen mit abgebrannten Brennelementen benötigt wird und diese Messungen sich nicht ohne weiteres automatisieren lassen. Der Zeitaufwand zur Kontrolle der rechnerüberwachten Siegel wird sich jedoch wesentlich reduzieren, da die Verifikation der Siegelintegrität direkt in der Überwachungszentrale durchgeführt werden kann. Das gleiche gilt für die Tamper- und Funktionsüberwachung der übrigen Safeguards-Geräte. Für diese Maßnahmen wird etwa eine 1/2 Stunde pro Inspektorbesuch (insgesamt ca. 10 h/a) benötigt. Die Gesamtinspektionszeit würde sich mit Hilfe des rechnergestützten Überwachungssystem um ca. 50% reduzieren.

Die Durchführung der Verifikationsmaßnahmen wird durch den Einsatz des rechnergestützten Systems wesentlich vereinfacht. So ist es nicht mehr notwendig, die Überprüfung der Funktions- und Tamperzustände und die Verifikation der Siegelintegrität direkt an den Safeguards-Geräten durchzuführen, die sich zum Teil an schwer zugänglichen Stellen befinden. Dadurch reduzieren sich sowohl die Beeinträchtigung des Betriebsablaufs

durch die Inspektionsmaßnahmen als auch die Betreuungsaufwände seitens des Betreibers.

7.2 Effektivität der Überwachung

Der Einsatz des rechnergestützten Systems steigert die Effektivität der Überwachung in folgenden Punkten:

Bei den Maßnahmen zur rechtzeitigen Entdeckung erfolgt die Überprüfung der c/s-Geräte in der jetzigen Überwachungspraxis oft nur stichprobenartig. Für den THTR-300 gilt dies insbesondere für die Faßsiegel im Lager für frische Brennelemente. Im rechnergestützten System wird die Überwachung aller c/s-Einheiten kontinuierlich durchgeführt.

Durch den Einsatz des rechnergestützten System wird weiterhin erreicht, daß eine Verletzung der Tamper-Sicherheit direkt vom Universellen Interface erkannt und dem Überwachungsrechner gemeldet wird. Damit erübrigt sich eine zusätzliche Versiegelung von Safeguards-Geräten wie Kugeltähler, Kamerasysteme oder Stichprobenentnahme.

Eine weitere Steigerung der Überwachungseffektivität ergibt sich durch den Einsatz von rechnerüberwachten elektronischen Siegel. Bei der Verwendung von Drahtsiegeln kann eine verlässliche Aussage über den Siegelzustand erst nach aufwendigen Untersuchungen der Siegel in der Kontrollbehörde erfolgen, während die Verifikation der Siegelintegrität beim rechnergestützten System direkt an Ort und Stelle erfolgt.

Auf Grund der kontinuierlichen Überwachung ergibt sich beim rechnergestützten System ein weiterer Vorteil. Wird eine Zustandsänderung in einem Safeguards-Gerät erkannt, so wird neben der Art dieser Zustandsänderung auch der Zeitpunkt der Zustandsänderung abgespeichert. Da diese Zeiten bei der Kontrolle verifiziert werden können, kann der Betreiber Zeitpunkt und Zeitdauer nachweisen, wenn er aus betrieblichen Gesichts-

punkten bei Wartungs- und Reparaturarbeiten Vorgänge durchführen muß, die Zustandsänderungen im Safeguards-System auslösen. Dazu zählt z.B. das Betreten eines versiegelten Raumes oder das Auswechseln von defekten Funktionsteilen.

7.3 Funktions- und Verfälschungssicherheit

Die Verfälschungssicherheit des rechnergestützten Systems ist gewährleistet, da Safeguards-Geräte und Rechnersystem tamperüberwacht werden und die Datenübermittlung zwischen den Systemkomponenten in verschlüsselter Form erfolgt.

Die Funktionssicherheit des Systems wird durch verschiedene Maßnahmen erreicht. Um das System gegen Netzausfälle zu sichern, besitzt jedes Universelle Interface eine zusätzliche Stromversorgung über Batterien. Der Speicherbereich des Überwachungsrechners ist batteriegepuffert, so daß bei Netzausfall keine Daten verlorengehen. Netzausfälle werden erkannt und der Zeitpunkt des Auftretens abgespeichert. Bei Netzwiederkehr werden die Überwachungsfunktionen automatisch wieder gestartet. Falls der Überwachungsrechner ausfällt, wird die Überwachung selbst nicht unterbrochen, da die Universellen Interfaces autonom arbeiten und alle safeguardsrelevanten Daten solange zwischenspeichern bis sie in den Überwachungsrechner übertragen werden können. Das gleiche gilt für eine Verbindungsunterbrechung zwischen den Universellen Interfaces und dem Überwachungsrechner. Bei Funktionsausfällen von Safeguardsgeräten wird dies vom Universellen Interface erkannt und gemeldet, so daß Zeitpunkt und Zeitdauer des Funktionsausfalls immer bekannt sind.

7.4 Betriebliche Gesichtspunkte

Neben der Reduzierung der Betreiberaufwände aufgrund des geringeren Inspektionsaufwands ergeben sich beim rechnergestützten Überwachungssystem weitere Vorteile für den Betreiber.

Das System ist so ausgelegt, daß keine Betreiberbeeinträchtigung im Betrieb stattfindet. Es werden lediglich Betreiberaktivitäten registriert. Alle gespeicherten Informationen über den Überwachungszustand stehen grundsätzlich auch dem Betreiber zur Verfügung. Diese Information kann vom Betreiber in der Überwachungszentrale eingesehen und protokolliert werden. Hingegen können passwortgeschützte Zugriffe auf das Überwachungssystem (z.B. Initialisierungsvorgänge) nur von einem Inspektor der Kontrollbehörde durchgeführt werden. Der Betreiber ist also stets über den Überwachungszustand seiner Anlage informiert.

Anhang

Spaltstofffluß im THTR-300

1. Allgemeines

Der Spaltstofffluß aus der Sicht der Kernmaterialsicherung läßt sich schematisch in 3 Bereiche aufteilen.

Antransport frischer Brennelemente und Abtransport leerer Brennelemente- Fässer	vom Materialtor bis Eingang R352
---	-------------------------------------

Beschickung des Reaktors mit Brennelementen und Ausschleusung von Brennelementen ins Brennelemente-Lager	von R352 bis R276
--	-------------------

Abtransport abgebrannter Brennelemente	von R 276 bis zum Materialtor
--	----------------------------------

Die schematische Darstellung des Brennelemente-Flusses ist aus der Perspektive Abb. A1 und aus dem vereinfachten Beschickungssystem Abb. A2 zu ersehen.

2. Antransport frischer Brennelemente und Abtransport leerer Brennelemente-Fässer

Das mit 20 Brennelemente-Fässern beladene Transportfahrzeug fährt von der Werkseinfahrt zur Materialschleuse R173. Zu Beginn des Abladevorgangs wird die Verschraubung des Faß-Transportbehälters gelöst. Danach wird der Transportbehälterdeckel abgehoben und in der Schleuse abgesetzt.

Das Brennelemente-Faß wird aus dem Transportbehälter herausgehoben und

in den Lastenaufzugraum 034 gefahren. Befinden sich mehrere Brennelemente-Fässer im Lastenaufzug, so werden sie bis auf die 11,5 m Bühne im Reaktorhilfsgebäude gefahren, mit dem Gabelstapler in das Lager für frische Brennelemente Raum 353 gebracht und in Regalen abgestellt.

Die leeren Brennelemente-Fässer werden auf gleichem Weg zum Transportfahrzeug gebracht, dort in die Transportbehälter verladen und verlassen das Werksgelände.

3. Beschickung des Reaktors mit frischen Brennelementen und Ausschleusung von abgebrannten Brennelementen ins Lager für abgebrannte Brennelemente

3.1 Einschleusung frischer Brennelemente in die Zugabestation

Zur Beschickung der Zugabestation wird jeweils 1 Brennelemente-Faß per Hubstapler aus einem Lagerregal in R353 entnommen und zur Zugabestation R352 transportiert. Hier wird das Brennelemente-Faß auf einer drehbaren Plattform abgestellt.

Die Deckelverschraubung wird gelöst. Nachdem der Deckel des Brennelemente-Fasses abgehoben wurde, wird die Schwenkvorrichtung mit Schieber auf das Brennelemente-Faß geklappt und das Faß mit der Schwenkvorrichtung verriegelt. Das Faß wird unter 45° Neigung nach oben geschwenkt. Der Schieber wird geöffnet und die Brennelemente rollen bis an die Vereinzelnerscheibe.

Der Vereinzelnere wird in Bewegung gesetzt und fördert jeweils eine Brennelement-Kugel in die Inspektionsstrecke. Hier können die Brennelemente auf Schäden inspiziert werden. Bevor die Brennelemente das Rohrsystem der Beschickungsanlage erreichen können, müssen diese noch eine Kalibriereinrichtung passieren. Zu große Brennelemente können die Kalibriereinrichtung nicht passieren und müssen von Hand entnommen werden. Hinter der

Kalibriereinrichtung beginnt das Rohrsystem der Beschickungsanlage.

3.2 Brennelemente-Transport innerhalb der Beschickungsanlage

Nachdem die Brennelemente die Kalibriereinrichtung passiert haben, gelangen diese in eine Pufferstrecke, die 300 Brennelemente aufnehmen kann. Diese Pufferstrecke verläuft von R302 über R202, R105, R103 bis zu R110. Diese Pufferstrecke steht unter Raumlufatmosphäre.

Von dieser Pufferstrecke gelangen die Brennelemente über den Zugabesammlerblock im R110 in die Zugabeschleuse. Von der Zugabeschleuse - Fassungsvermögen 60 Brennelemente - gelangen die Brennelemente nach entsprechenden Verfahrensschritten in die Primärgasatmosphäre (40 bar). Nach erfolgtem Druckausgleich werden die Brennelemente abdosiert und gelangen in den Zugabeverteilerblock. Der Zugabeverteilerblock enthält zwei Weichen, um die Kugeln einem der drei Zugabepuffern zuzuführen. Die Zugabepuffer sind notwendig, um jederzeit frische Brennelemente dem Core zuführen zu können.

Hinter dem Zugabepuffer befindet sich ein Sammlerblock im R121. Der Ausgang des Sammlerblockes ist über einen Dosierer verschlossen. Dieser Dosierer läßt die Brennelemente taktweise zur Kugelunterscheidungsanlage R177/178 rollen. Hinter der Kugelunterscheidungsanlage erfolgt die Aufteilung der Brennelemente auf die einzelnen Förderrohre. Über die Förderrohre kann das Zentrum des Core und die Randzone mit Brennelementen beschickt werden.

Über das Kugelabzugsrohr werden kontinuierlich Brennelemente abgezogen. Die abgezogenen Brennelemente durchlaufen den Vereinzeln- und Bruchabschneider. Mechanisch defekte Brennelemente werden am Bruchabschneider aussortiert und gelangen in die Bruchkanne. Intakte Brennelemente gelangen über ein Rohrsystem zur Kugelunterscheidungsanlage. Hier wird unterschieden, welche Brennelemente aufgrund der Verweilzeit dem Core

nochmals zugeführt werden können, und welche dem Core entzogen werden.

3.3 Ausschleusung von Brennelementen

Die Brennelemente gelangen über den oberen Ausschleuseblock in 3 Ausschleusstrecken. Jede Ausschleusstrecke faßt 300 Brennelemente. Befinden sich 300 Brennelemente in der Ausschleusstrecke, wird diese geschlossen, druckentlastet und gespült. Nachdem die Ausschleusstrecke gespült worden ist, wird die Absperrarmatur des unteren Ausschleuseblockes geöffnet und die Brennelemente gelangen in die Brennelemente-Kanne. Befinden sich 2100 Brennelemente in der Brennelemente-Kanne, wird diese verschlossen und ins 100-Tagelager des Brennelemente-Lagers transportiert. Nach einer Abklingzeit von ca. 100 Tagen erfolgt eine Umsetzung der Brennelemente-Kanne innerhalb des Lagers.

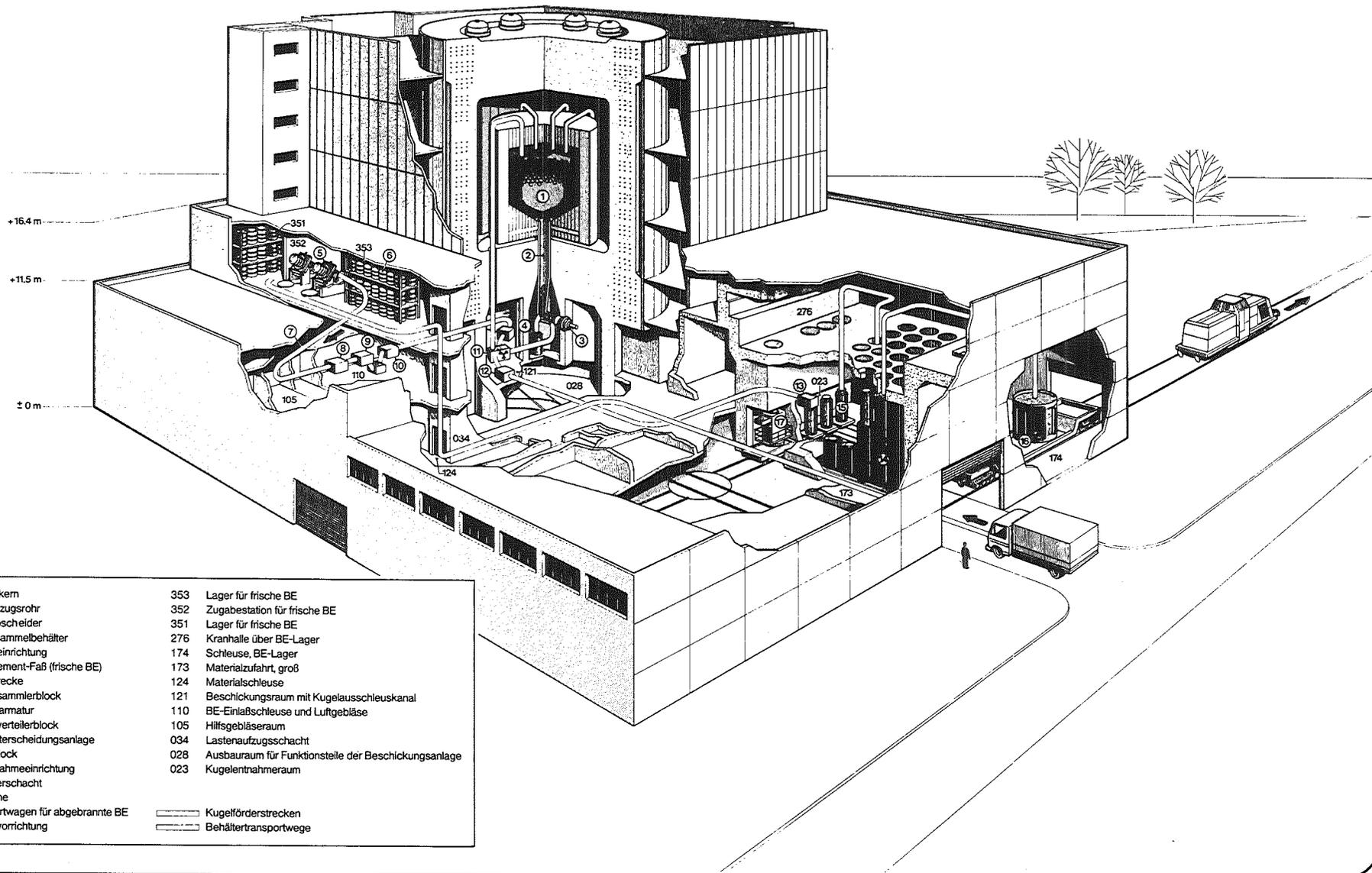
4. Abtransport von Brennelemente-Kannen aus dem Brennelemente-Lager

In die Brennelemente-Lagerschleuse im Raum 174 wird ein Transportbehälter in den Bereich der Ausschleusöffnung gefahren. Der Transportbehälter wird strahlensicher mit der Ausschleuse verbunden. Der Abschirmriegel der Ausschleusöffnung wird vom Brennelemente-Lager-Kran abgehoben und auf der Schleusendecke im Brennelemente-Lager abgesetzt. Nach dem Öffnen des Transportbehälters werden die Brennelemente-Kannen mit dem Kran aus den Lagerpositionen entnommen, zur Ausschleusöffnung transportiert und in den Transportbehälter abgesetzt. Nach dem Beladen des Transportbehälters werden die leeren Lagerpositionen wieder verschlossen und die Ausschleusöffnung abgedeckt.

Der Transportbehälter wird verschlossen und verläßt das Kraftwerkgelände.

5. Raumübersicht

<u>Raum-Nr.</u>	<u>Raum-Bezeichnung</u>
351	Lager für frische Brennelemente und Absorbererelemente
352	Zugabestation
353	Lager für frische Brennelemente und Absorbererelemente
302	Reaktorhalle Bühne 11,5 m
202	Reaktorhalle Bühne 6,0 m
103	Schleusenflur
105	Hilfsgebläseraum
110	Brennelemente-Einlaßschleuse und Luftgebläse
121	Beschickungsraum mit Kugelausschleus- kanal
177/178	Raum mit Kugelunterscheidungsanlage
028	Ausbauraum
020	Ausbauraum Brennelemente-Auslaßblock
023	Kugelentnahmeraum
276	Kranhalle über Brennelemente-Lager
173	Materialschleuse
174	Brennelemente-Lagerschleuse



Legende

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 Reaktorkern | 353 Lager für frische BE |
| 2 Kugelabzugsrohr | 352 Zugabestation für frische BE |
| 3 Bruchabschleider | 351 Lager für frische BE |
| 4 Schrottsammelbehälter | 276 Kranhalle über BE-Lager |
| 5 Zugabeeinrichtung | 174 Schleuse, BE-Lager |
| 6 Brennelement-Faß (frische BE) | 173 Materialzufahrt, groß |
| 7 Pufferstrecke | 124 Materialschleuse |
| 8 Zugabesammlerblock | 121 Beschickungsraum mit Kugelausschleuskanal |
| 9 Absperrarmatur | 110 BE-Einlaßschleuse und Luftgebläse |
| 10 Zugabeverteilerblock | 105 Hilfsgebläseraum |
| 11 Kugelunterscheidungsanlage | 034 Lastenaufzugsschacht |
| 12 Förderblock | 028 Ausbauraum für Funktionsteile der Beschickungsanlage |
| 13 BE-Entnahmeeinrichtung | 023 Kugellentnahmeraum |
| 14 BE-Lagerschacht | |
| 15 BE-Kanne | |
| 16 Transportwagen für abgebrannte BE | — Kugelförderstrecken |
| 17 Ausbauvorrichtung | — Behältertransportwege |

Abb. A1: Brennelementfluß am THTR - 300

- 1 ZUGABESTATION
- 2 INSPEKTIONSSTAND
- 3 PUFFERSTRECKE
- 4 ZUGABESCHLEUSE
- 5 ANTRIEBE F. FUNKTIONSEINHEITEN
- 6 PUFFERSTRECKE
- 7 SAMMLERBLOCK
- 8 KUGELABZUGSROHR
- 9 VEREINZELNER/SCHRÖTTABSCHEIDER
- 10 SCHRÖTTSAMMELBEHÄLTER

- 11 KUGELUNTERSCHIEDUNGSANLAGE
- 12 VERTEILER-UND FÖRDERBLOCK
- 13 AUSSCHLEUSSTRECKE
- 14 UNTERER AUSSCHLEUSBLOCK
- 15 FÜLL-UND SCHLIESS-STATION
- 16 ENTNAHMEBEHÄLTER
- 17 FÖRDERGEBLÄSE
- 18 KUGELFÖRDERLEITUNG
- 19 ANSAUGSTÜCK
- 20 BREMSSTRECKE 21 ANSAUGLEITUNG

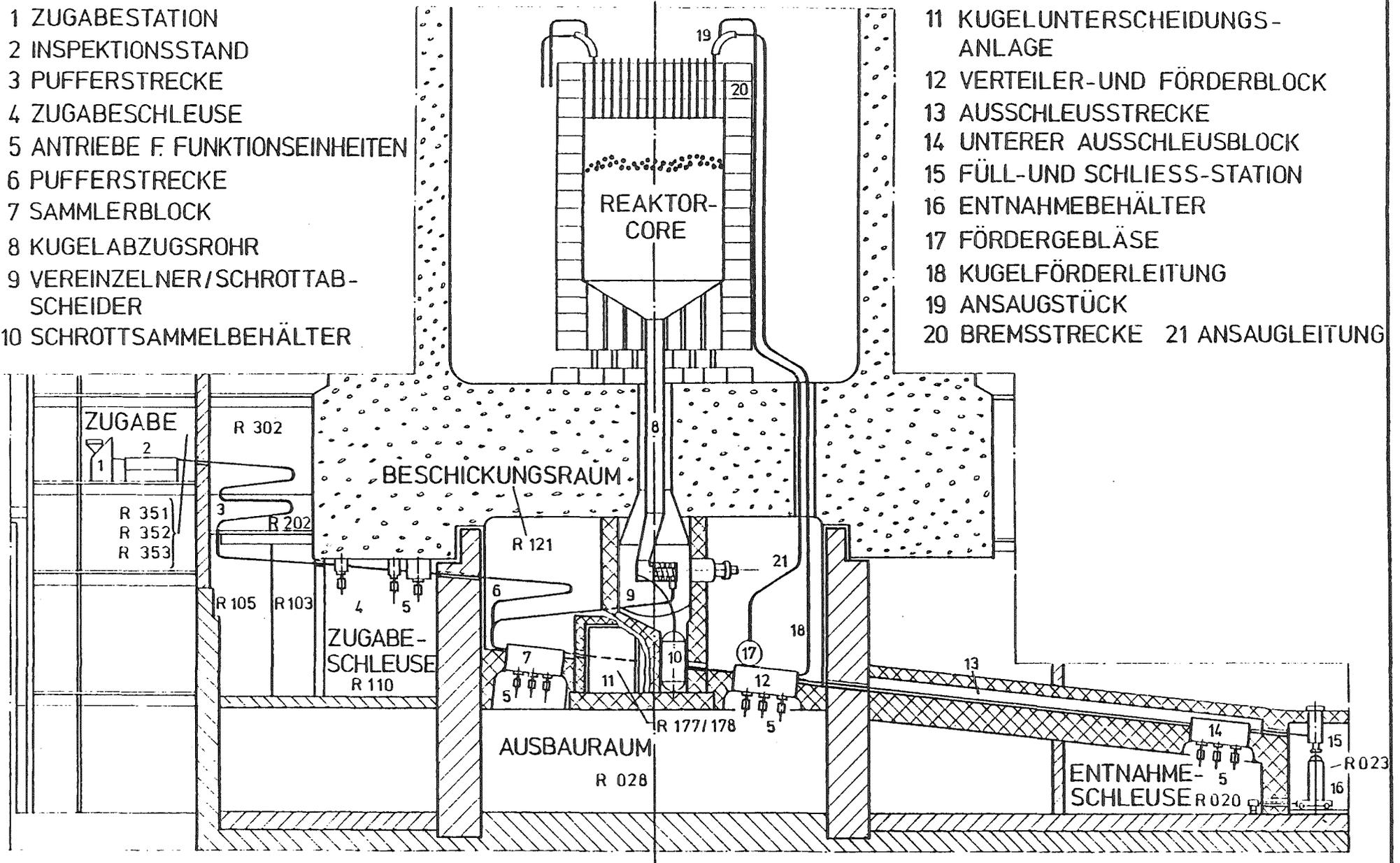


Abb. A2: Vereinfachtes Beschickungssystem am THTR-300 (nach HRB-Zeichung Nr. 750 - 270.201)

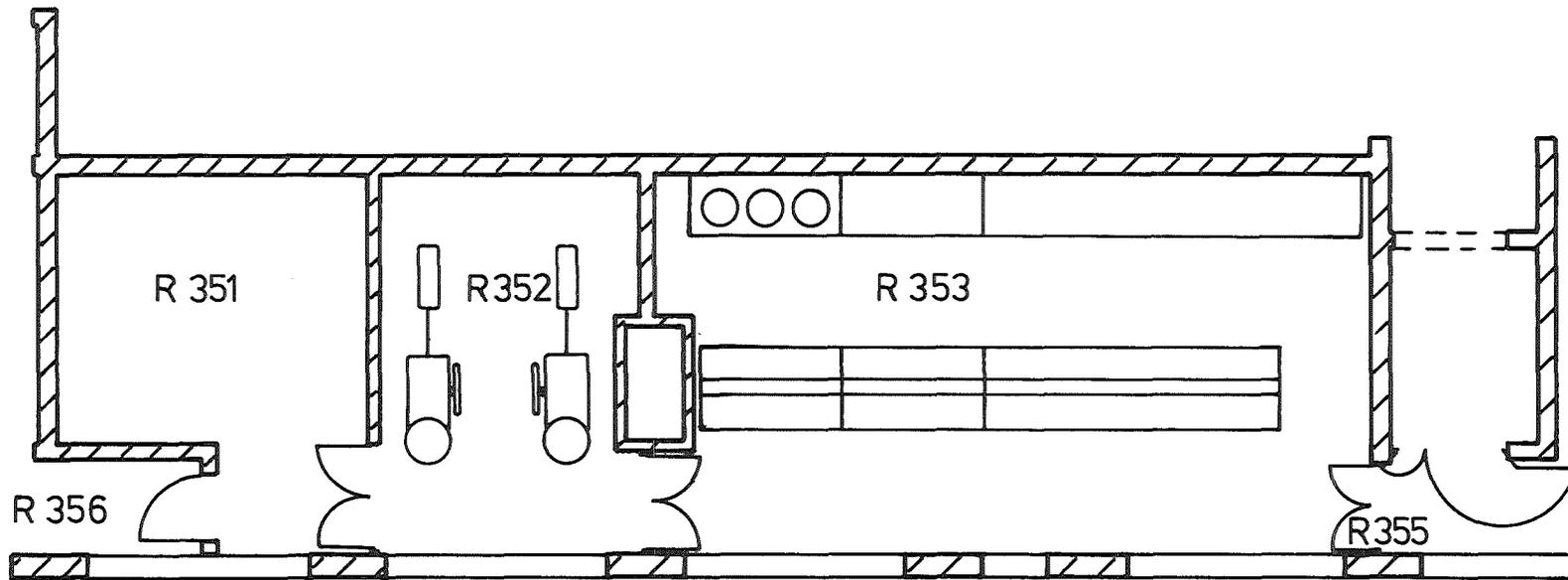


Abb. A3: Lager für frische Brennelemente (nach HRB-Zeichnung Nr. 750-274)

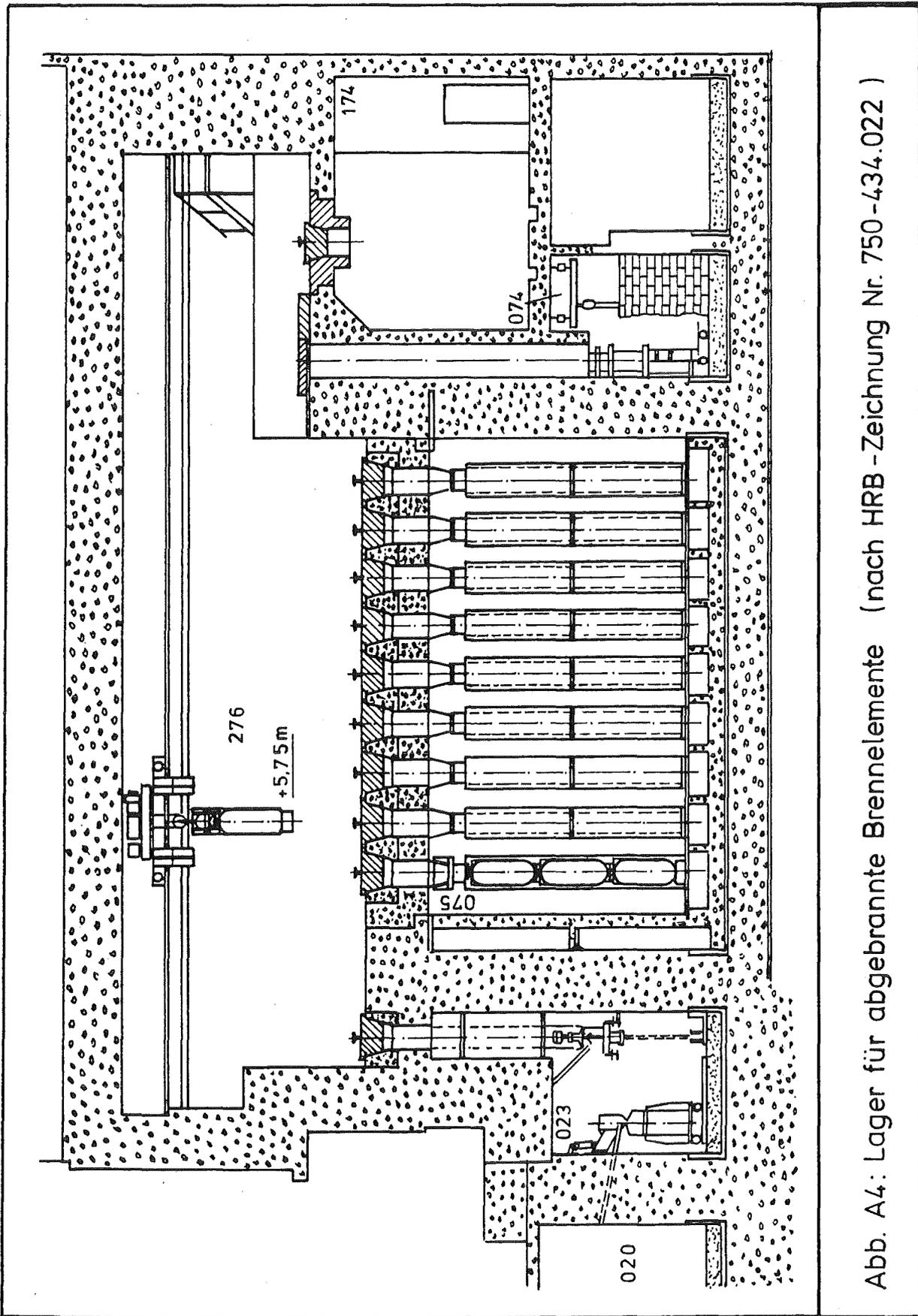


Abb. A4: Lager für abgebrante Brennelemente (nach HRB - Zeichnung Nr. 750 - 434.022)

Literaturverzeichnis

- /1/ M.J. Canty, S. Nicolai, R. Bäumer, S. Mika;
A Safeguards System for the THTR-300 and Optimization
of Data Verification;
Proceedings of the ESARDA Annual Meeting, May 1981, P. 17
- /2/ H. Reuters, M. Wolf;
Entwicklung eines Fernüberwachungssystems für Containment-
Surveillance-Instrumentierung zum Zwecke der internationalen
Spaltstoffflußkontrolle;
Forschungsbericht (KWA 2040/3) des Bundesministeriums für
Forschung und Technologie, Oktober 1981
- /3/ F. Arning, H. Reuters, H. Bükler;
VACOSS-3, A Versatile and Tamperresistent Electronic Sealing
System;
Proceedings of the INMM Annual Meeting, July 1981, P. 360
- /4/ Persönliche Mitteilung der Firma HRB vom 30.6.1981
- /5/ R. Ch. Ericksen, Datenschutz durch Datenverschlüsselung;
Elektronik 1979, Heft 19, S. 45