



**KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH**

Institut für Chemische Technologie

**Das Tritiumlager  
der KFA Jülich**

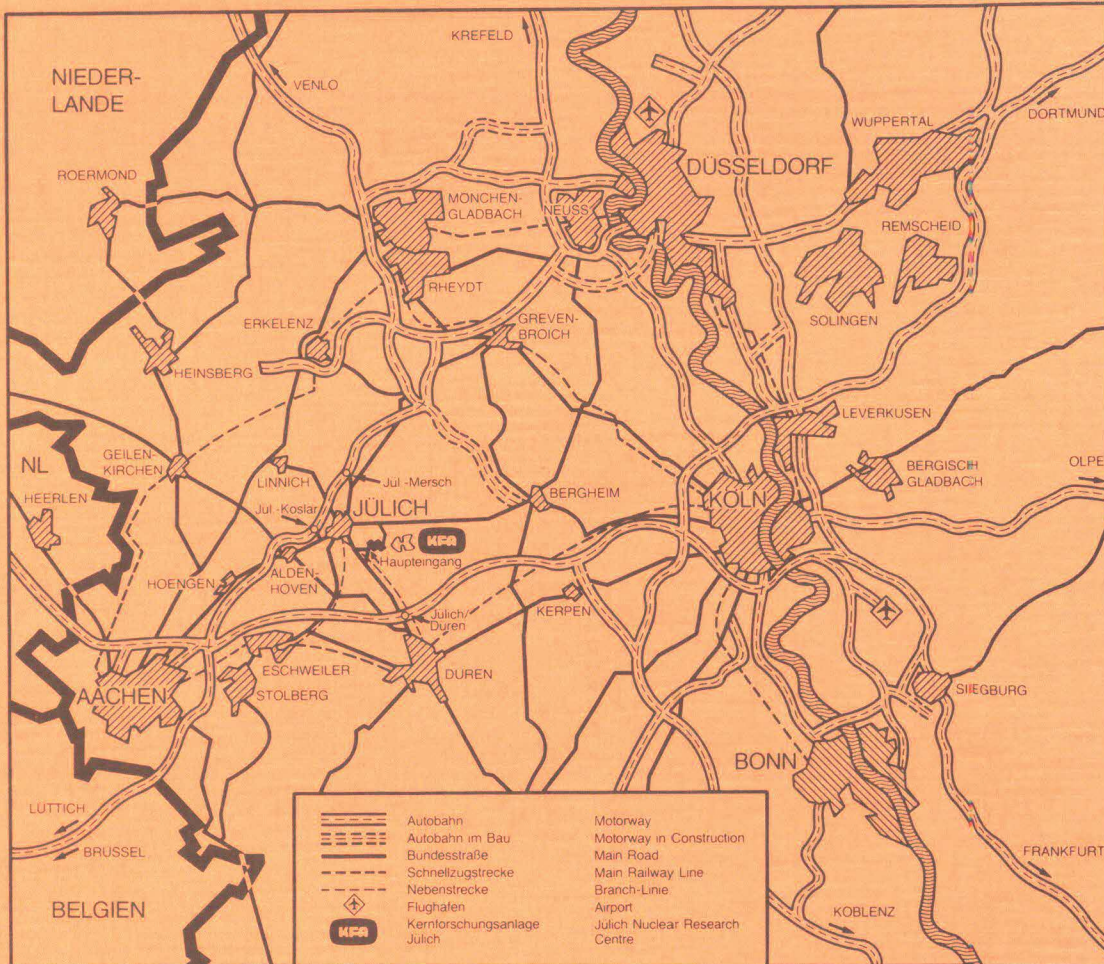
von

E. Barnert, K. Grawatsch, K. Matela

**Jül - Spez - 357**  
**Juni 1986**  
ISSN 0343-7639







Als Manuskript gedruckt

## Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 357

Institut für Chemische Technologie Jül - Spez - 357

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 024 61/610 · Telex: 833 556-0 kf d

# **Das Tritiumlager der KFA Jülich**

von

E. Barnert, K. Grawatsch, K. Matela



## DAS TRITIUMLAGER DER KFA JÜLICH

von

E. Barnert  
K. Grawatsch  
K. Matela

### KURZFASSUNG

Im Rahmen der Forschungsarbeiten zur kontrollierten Kernfusion wurde in der Kernforschungsanlage Jülich ein Tritiumlager für den Einschluß und die Handhabung von  $10^5$  Ci Tritium gebaut.

In dem hier vorliegenden Bericht wird der konstruktive Aufbau des Tritiumlagers beschrieben.



# THE TRITIUM STORAGE FACILITY OF THE KFA JÜLICH

by

E. Barnert

K. Grawatsch

K. Matela

## ABSTRACT

In connection with the research work done in the field of controlled fusion a facility for storing and handling of  $10^5$  Ci tritium has been built at the Kernforschungsanlage Jülich.

In this report the design of the tritium storage and handling facility is described.





An der Erstellung des Tritiumlagers waren beteiligt:

E. Barnert	Leitung Technische Überarbeitungen, Aufbau, Erprobung
W. Bertram <sup>1)</sup>	Konzepterarbeitung Instrumentierung
G. Degenkolbe <sup>1)</sup>	Konstruktion und Fertigung Tritium- Lagerbehälter
H.J. Fabian	Basiskonzept Tritiumlager
K. Grawatsch <sup>1)</sup>	Entwurf, Fertigung und Erprobung Instrumentierung
U. Kurz <sup>2)</sup>	Untersuchung Tritium-Lagerbehälter
H. Lang <sup>3)</sup>	Projektleitung
K. Matela <sup>3)</sup>	Konstruktion, Fertigung und Erpro- bung Primärcontainment und Hand- schuhbox
H.J. Riedel	Betreiber
H. Stechemesser <sup>1)</sup>	Konzeption und Konstruktion Interne und Externe Gasreinigung, Vakuum- system, Technische Koordination Projektierung

1) Zentralabteilung Allgemeine Technologie

2) Institut für Chemie

3) Anlagenplanung und Bautechnik



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. ENTWURFSPHILOSOPHIE	1
2.1 Anwendung des Prinzips des Mehrfachein- schlusses	2
2.2 Aufteilung der Gesamtritiummenge auf mehrere Lagerbehälter	2
2.3 Verwendung einer qualitativ hochwertigen Bedienungs-, Steuerungs- und Überwachungs- einrichtung	2
2.4 Einsatz von zwei Tritiumfilteranlagen	3
3. ANLAGENBESCHREIBUNG	3
3.1 Primärsystem	6
3.1.1 Tritium-Lagerbehälter	7
3.1.1.1 Getterbehälter	7
3.1.1.2 Außenbehälter	10
3.1.2 Gasmanipuliersystem	11
3.2 Interne Gasreinigung	12
3.2.1 Kupferoxidbett	12
3.2.2 Wärmetauscher	13
3.2.3 Molekularsiebbetten	14
3.3 Vakuumsystem	15
3.4 Druckhaltesystem für die Obere Hand- schuhbox	19
3.5 System zur Spülung der Handschuhdurch- führungen	20
3.6 System zur Spülung der Materialschleuse	21
3.7 Externe Gasreinigung	22
3.7.1 Pufferbehälter	25
3.7.2 Katalysatorbett	25
3.7.3 Wärmetauscher	26
3.7.4 Molekularsiebbetten	26
3.8 Handschuhbox	27
3.8.1 Obere Handschuhbox	27
3.8.1.1 Handschuhdurchführungen	30
3.8.1.2 Sichtfenster	34
3.8.1.3 Materialschleuse	35

3.8.2	Untere Handschuhbox	37
3.9	Leitstand	38
3.9.1	Leitstand-Fließbild	38
3.9.1.1.	Freigabetaste	39
3.9.1.2	Stellglieder	39
3.9.1.3	Leuchttasten und Meldeleuchten	41
3.9.1.4	Leuchttasten und Stellglieder	41
3.9.1.5	Signalgebung am Leitstand-Fließbild	42
3.9.2	Meßwertanzeige und Meßwertregistrierung	45
3.9.3	Sollwert- und Grenzwerteinstellungen	47
3.9.4	Verriegelungen und selbsttätige Schaltungen	47
3.10	Aufstellungsraum	48
4.	ZUSAMMENFASSUNG	50
5.	LITERATURVERZEICHNIS	51

## 1. EINLEITUNG

Aus dem Kühlwasser des Jülicher Schwerwasserreaktors FRJ-2 (DIDO) wurden bisher etwa 10 g ( $10^5$  Ci) Tritium extrahiert. Dieses Tritium muß zur Lagerung sicher eingeschlossen werden.

Zukünftige Arbeiten zur kontrollierten Kernfusion werden in steigendem Maße den Umgang mit großen Mengen von Tritium erforderlich machen.

Die beiden obigen Randbedingungen waren für die Entscheidung maßgebend, in der Kernforschungsanlage Jülich eine Anlage zu bauen, die einmal dem sicheren Einschluß großer Tritiummengen ( $10^5$  Ci) dient und zum anderen eine Handhabung des Tritiums gemäß der Strahlenschutzverordnung erlaubt.

Die Anlage (das Tritiumlager) wurde in den Chemiezellen des Institutes für Chemische Technologie der Nuklearen Entsorgung der Kernforschungsanlage Jülich installiert.

Die Arbeiten am Tritiumlager wurden während der Kalterprobungsphase im September 1985 eingestellt.

## 2. ENTWURFSPHILOSOPHIE

Die wichtigste vorgegebene Randbedingung für die Projektierung des Tritiumlagers ist die Sicherstellung des sicheren Einschlusses sowie die der sicheren Handhabung des Tritiums. Die Erfüllung dieser Vorgabe wird durch mehrere voneinander unabhängige Maßnahmen erreicht /1,2/:

- Anwendung des Prinzips des Mehrfacheinschlusses
- Aufteilung der Gesamtritiummenge auf mehrere Lagerbehälter
- Verwendung einer qualitativ hochwertigen Bedienungs- Steuerungs- und Überwachungseinrichtung
- Einsatz von zwei Tritiumfilteranlagen



## 2.1 Anwendung des Prinzips des Mehrfacheinschlusses

Lagerung und Handhabung des Tritiums erfolgen in einem aus Lagerbehältern und einem die Lagerbehälter verbindenden Leitungssystem bestehenden, hoch vakuumdichten Primärcontainment. Dieses Primärcontainment befindet sich in einer Handschuhbox, die bei geschlossenen Handschuhdurchführungen und geschlossenen Schleusen das vakuumdichte Sekundärcontainment bildet.

Die gesamte Anlage ist in einem besonders ausgerüstetem Raum installiert.

## 2.2 Aufteilung der Gesamtritiummenge auf mehrere Lagerbehälter

Zur Verminderung des bei allen durchzuführenden Manipulationen sowie bei einem eventuell auftretenden Störfall entstehenden Gefahrenpotentials wird die einzuschließende Gesamtritiummenge von ca.  $10^5$  Ci auf fünf Lagerbehälter verteilt, in denen sie an Uran gebunden als Urantritid ( $UT_3$ ) lagert. Die Lagerbehälter sind doppelwandig ausgeführt und redundant gegeneinander abgeschlossen. Von der Gesamtzahl von sieben Lagerbehältern stehen zwei für Manipulationen und als Reserve zur Verfügung.

## 2.3 Verwendung einer qualitativ hochwertigen Bedienungs- Steuerungs- und Überwachungseinrichtung

Die Bedienung des Tritiumlagers erfolgt während des Normalbetriebes, bei dem die Schleusen und Handschuhdurchführungen geschlossen sind, remote von einem Leitstand aus. Dabei werden alle Schalt- und Betriebszustände der einzelnen Geräte auf dem Leitstand optisch angezeigt. Bei eventuell auftretenden Störungen erfolgen eine akustische und eine optische Warnung. Das Überschreiten der Grenzwerte wichtiger Meßgrößen wird ebenfalls akustisch und optisch signalisiert.

Über eine programmierbare Steuerung wird nur eine ganz bestimmte Bedienungsreihenfolge zugelassen, so daß Fehlbedienungen durch das Personal ausgeschlossen sind.

#### 2.4 Einsatz von zwei Tritiumfilteranlagen

Wird aus irgend einem Grunde die druckgeregelte Inertgasatmosphäre des zweiten Containments mit Tritium kontaminiert, wird automatisch eine Tritiumfilteranlage in Betrieb gesetzt. Diese Filteranlage ist im zweiten Containment selbst installiert und arbeitet im Loopbetrieb.

Alle Abgase des Tritiumlagers werden über zwei parallel verrohrte Pufferbehälter geleitet. Diesen Pufferbehältern ist eine zweite Filteranlage nachgeschaltet, die bei Überschreiten eines Tritiumkonzentrationsgrenzwertes automatisch anspringt und das Abgas im Loopbetrieb reinigt, bevor es über einen Schornstein in die Atmosphäre abgegeben wird.

### 3. ANLAGENBESCHREIBUNG

Abbildung 3.1 zeigt ein Foto des Tritiumlagers zum Zeitpunkt des Beginns der Kalterprobung.

Die Gesamtanlage Tritiumlager kann nach verschiedenen Funktionen und vom mechanischen Aufbau her in einzelne Baugruppen unterteilt werden.

In Abbildung 3.2 ist das verfahrenstechnische Fließbild des Tritiumlagers gezeigt.

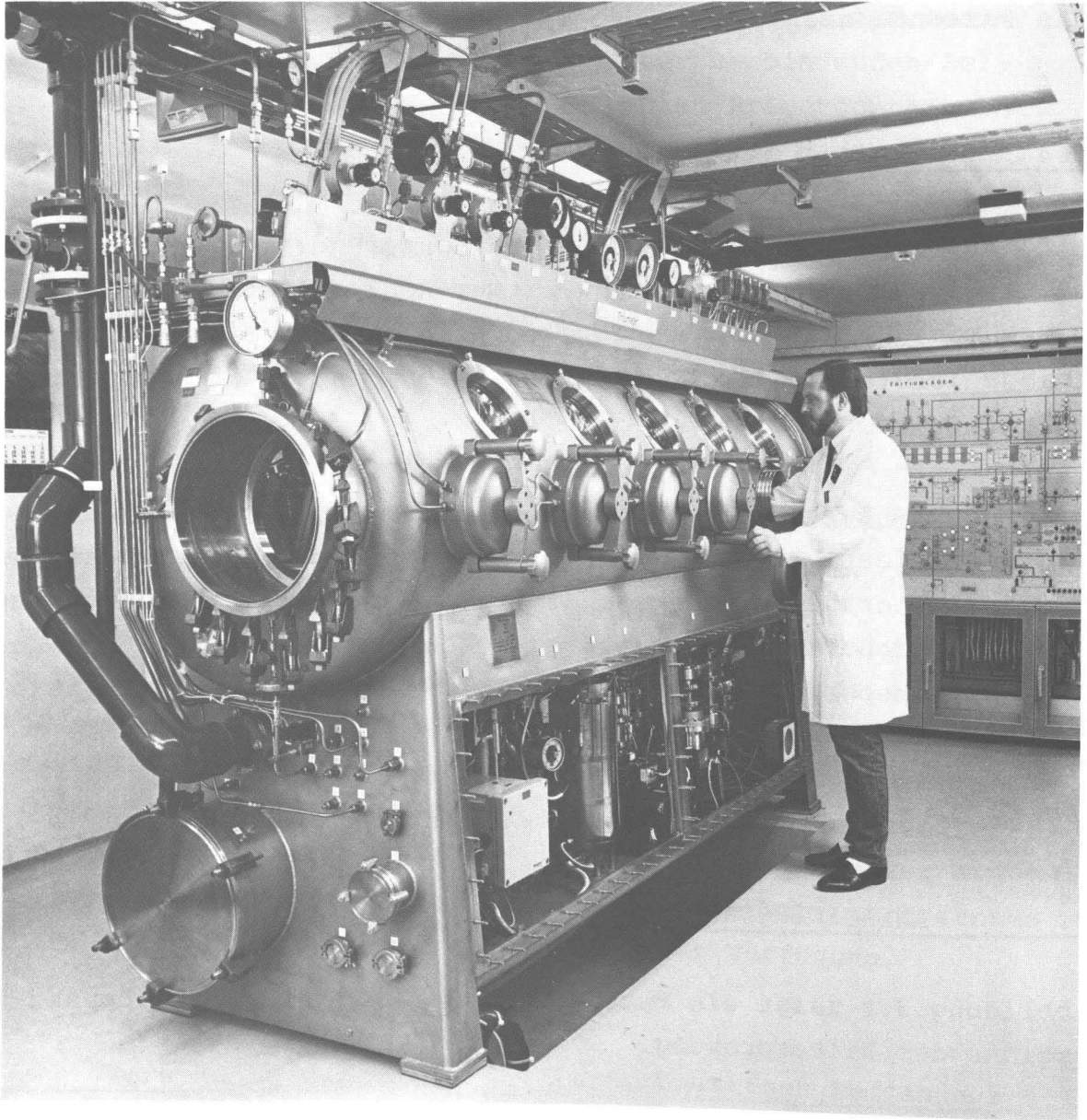
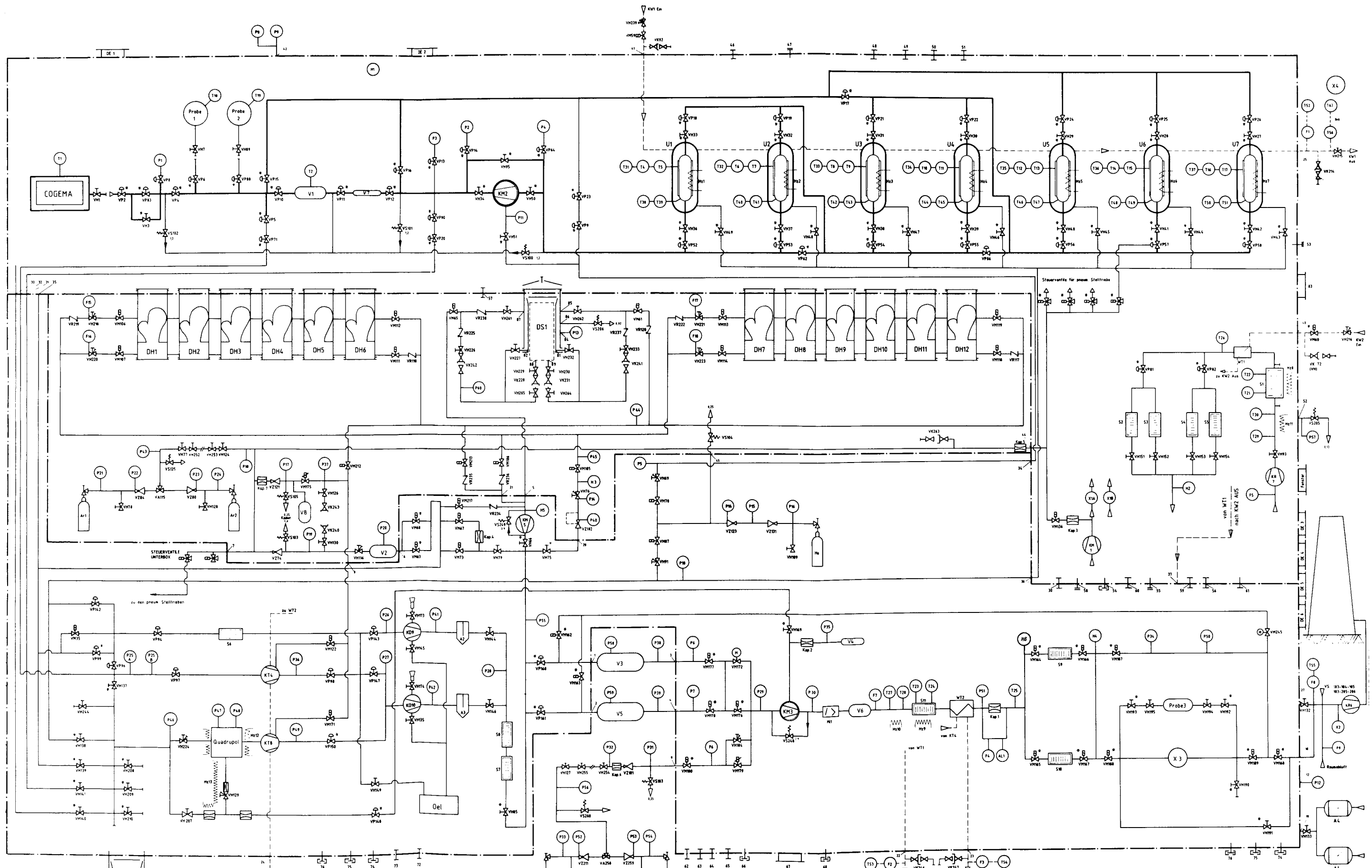


Abb. 3.1: Das Tritiumlager zum Zeitpunkt des Beginns der Kalterprobung



Abblsedrucke angegeben in : bar Überdruck

- I DIL0-Schott-Verschraubung
- II DIL0-Verschraubung
- III Kleinflansch-Verbindung KF
- IV CF-Flanschverbindung
- V LF-Flanschverbindung
- DE = Elektrodurchführung
- DS = Schließendurchführung

Scharfe Kanten 0,4 gebrochen		Auftrags Nr.		1984		Tag		Name		Benennung		Menge/Std.	
Angaben zur Oberflächenschaffenheit nach DIN 50 120/2						13.09.		[Signature]		Tritiumlager			
Flammleitfähigkeit DIN 7168 m/s										Fließschema			
Nennmaßbereich in mm		über über über über über über								ZAT		Formel	
05 6 30 120 400 1000 2000										PA 14 0 22/0 A		0	
06 06 06 06 06 06 06										Ersetzt für		Paßgröße	
6 30 120 400 1000 2000 <math>0,001 \pm 0,1 \pm 0,2 \pm 0,5 \pm 0,8 \pm 1,2 \pm 2</math>										PA 14 0 21/0			
Anfertigung in mm										Ersetzt durch			
0008 002 004 008 015 02 03													

Abb. 3,2

### 3.1 Primärsystem

Das Primärsystem des Tritiumlagers bildet beim Einschluß des Tritiums das erste Containment. Es besteht aus

- den Tritium-Lagerbehältern und
- dem Gasmanipuliersystem.

Das Primärsystem ist in der Oberen Handschuhbox installiert.

Abbildung 3.3 zeigt das Primärsystem vor dem Einbau in die Obere Handschuhbox.

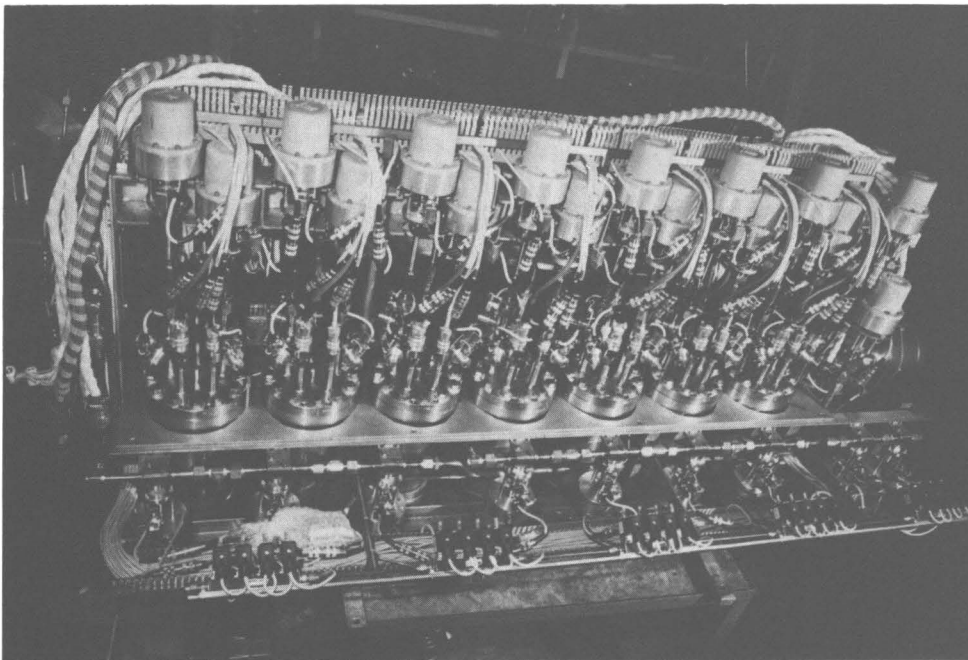


Abb. 3.3: Primärsystem des Tritiumlagers vor Einbau in die Obere Handschuhbox



### 3.1.1 Tritium-Lagerbehälter

Das Primärsystem beinhaltet sieben baugleiche Tritium-Lagerbehälter, die über das Primär-Rohrleitungssystem untereinander verbindbar sind.

Abbildung 3.4 zeigt die schematische Darstellung eines Tritium-Lagerbehälters.

Der Lagerbehälter besteht aus einem Innen- oder Getterbehälter und dem Außenbehälter. Siehe hierzu auch Abbildung 3.5.

In dem Bericht Jül-Spez-258 /3/ berichtet H. Kurz über Untersuchungen an einem Prototyp des Tritium-Lagerbehälters.

#### **3.1.1.1 Getterbehälter**

Der Getterbehälter ist ein mit zwei Anschlußrohren versehener Druckbehälter mit den folgenden Auslegungsdaten /2/:

Inhalt	[l]	0,43
zul. Betriebsdruck	[bar]	+ 71/-1
zul. Betriebstemperatur	[°C]	550
zul. Gesamtleckrate	[mbar·l·s <sup>-1</sup> ]	≤ 10 <sup>-1</sup> (He-Leckrate)

Der Getterbehälter ist aus kohlenstoffarmem, austenitischem Edelstahl (1.4404) gefertigt.

Als Gettermaterial enthält der Behälter 150 g Uranmetall. Das Uran liegt in Stück- bzw. Pulverform vor /3/. Es lagert gleichmäßig verteilt in drei durch Metall-Sinterkörper begrenzten, etagenförmig angeordneten Räumen. Die Sinterkörper bestehen aus Edelstahl (1.4435). Mit einer offenen Porenweite von 10 µm bzw. 20 µm /3/ sorgen sie für eine über ihre gesamte Querschnittsfläche gleichmäßig verteilte Anströmung und verhindern gleichzeitig den Austrag von Uran bzw. Urantritid aus dem Getterbehälter.

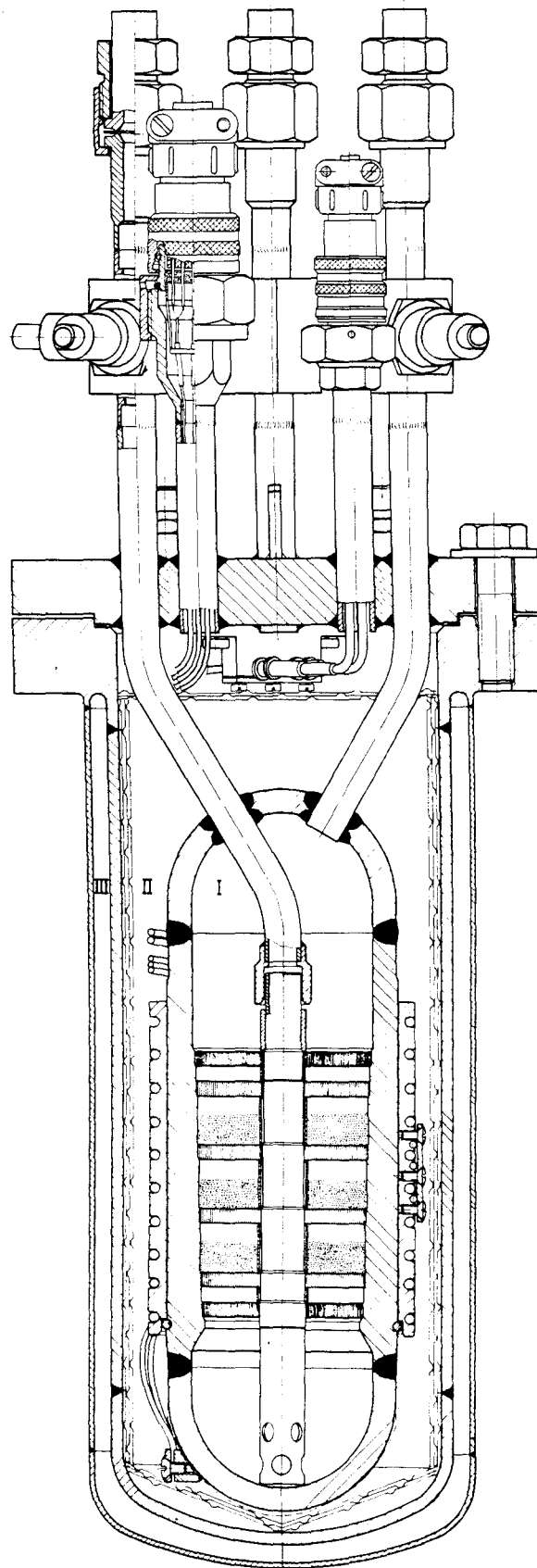


Abb. 3.4: Tritium-Lagerbehälter



Abb. 3.5: Getterbehälter, Außenbehälter und Strahlungsschild des Tritium-Lagerbehälters

Von den zwei Gasanschlußrohren führt eines vom Kopfende zentrisch durch die Sinterkörper hindurch zum Boden des Behälters. Das zweite mündet am Kopf des Behälters, so daß der Gasfluß im Behälter vom Boden durch das Uran hindurch zum Kopf hin erfolgt. Mit den Gasanschlußrohren ist der Getterbehälter über Ventile mit dem Gasmanipuliersystem verbunden.

Der Getterbehälter ist von einem Heizelement umgeben, das zur Erzielung eines guten Wärmeüberganges zwischen Heizelement und Behälteroberfläche in Form einer Manschette kraftschlüssig auf die zylindrische Oberfläche des Behälters aufgespannt ist. Das Element ist für eine maximale Heizleistung von  $P = 400 \text{ W}$  ausgelegt.

Die Temperatur des Heizelementes wird über zwei bruchssichere, voneinander unabhängige Thermoelemente geregelt und überwacht. Ein drittes Thermoelement dient der Erfassung der Zerfallswärme des Tritiums. Zur redundanten Überwachung der Temperaturen des Getterbehälters selbst sind an dessen Boden zwei weitere Thermo-elemente angebracht.

### 3.1.1.2 Außenbehälter

Der Außenbehälter dient der Rückhaltung des Tritiums, das vorwiegend während des Heizens des Getterbehälters durch dessen Wandungen permeiert.

Um den Wärmeübergang vom Getterbehälter auf die Wandungen des Außenbehälters zu minimieren, ist der Außenbehälter mit Strahlungsschutzschilden ausgekleidet. Außerdem wird der Außenbehälter während der Zeit des Aufheizens des Getterbehälters, des Manipulierens und des Abkühlens des Getterbehälters evakuiert.

Die Wandung des Außenbehälters ist zur Aufnahme von Kühlwasser doppelschalig ausgeführt. Der Behälterdeckel ist zum Schutz der Durchführungen und Armaturen ebenfalls wassergekühlt.

Der Außenbehälter ist über Ventile an die Heliumversorgung, an das Vakuumsystem oder an das Quadrupol-Massenspektrometer anschließbar.

Die Auslegungsdaten des Behälters sind:

Inhalt	[l]	2,3
zul. Betriebsdruck	[bar]	+ 50/-1
zul. Betriebstemperatur	[°C]	100
zul. Gesamtleckrate	[mbar·l·s <sup>-1</sup> ]	≤ ·10 <sup>-6</sup> (He-Leckrate)

Der Behälter ist aus kohlenstoffarmem, austenitischem Edelstahl (1.4404) gefertigt.

### 3.1.2 Gasmanipuliersystem

Das Gasmanipuliersystem dient der Handhabung des gasförmigen Tritiums. Die Handhabung beinhaltet das Einlagern, das Reinigen sowie das Bereitstellen bestimmter Tritiummengen.

Das Gasmanipuliersystem zerfällt in folgende Teilsysteme:

- das Gaseinlaßsystem  
mit dem Transportbehälter des Typs B(U) der Firma Cogema,  
zwei Expansions- bzw. Pufferbehältern der Volumina  
 $V = 5000 \text{ cm}^3$  und  $V = 100 \text{ cm}^3$ ,  
verschiedenen Probenahmebehältern der Volumina  
 $V = 100 \text{ cm}^3$  bis  $V = 1000 \text{ cm}^3$   
mit Vorrichtungen zur Druck- und Temperaturmessung  
sowie verschiedenen Metall-Faltenbalg-Ventilen aus  
Edelstahl, die teilweise von Hand und teilweise pneu-  
matisch betätigt werden.
- das Gasumwälzsystem  
mit einem Doppelmembran-Kompressor (Metallmembran)  
sowie Vorrichtungen zur Druckmessung und Ventilen.
- die Primärverrohrung  
mit pneumatisch betätigten Metallfaltenbalg-Ventilen. Die  
Primärverrohrung verbindet über Ventile alle Tritium-  
Lagerbehälter untereinander sowie die oben angegebenen  
Teilsysteme. Die Rohrleitungen bestehen aus sauerstoff-  
freiem Reinkupfer (2.0040). Verbindungen zwischen den  
Rohren und den Rohrverschraubungen sind durch hartge-  
lötete Edelstahl-fittings hergestellt.

Das Gasmanipuliersystem ist ausgelegt für folgende Werte:

zul. Betriebsdruck	[bar]	+ 71/-1
zul. Gesamtleckrate	[mbar · l · s <sup>-1</sup> ]	≤ 1 · 10 <sup>-7</sup> (He-Leckrate)



### 3.2 Interne Gasreinigung

Die Interne Gasreinigung dient der Reinigung der eventuell tritiumkontaminierten Argonatmosphäre der Oberen Handschuhbox. Neben dem Tritium entfernt sie aus dem Argon Wasserdampf und in begrenzter Menge Sauerstoff.

Die Interne Gasreinigung arbeitet auf der Basis der katalytischen Wasserstoffverbrennung mit anschließender Trocknung. Sie arbeitet im Loopbetrieb und ist so ausgelegt, daß ihre Oxidations- bzw. Speicherkapazität ausreicht, das gesamte Trituminventar des Lagers von etwa 10 g Tritium sicher aufzunehmen. Die Argonumwälzrate beträgt 6 - 8 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>.

Die Interne Gasreinigung ist vollständig in der Oberen Handschuhbox installiert. Ihre Hauptkomponenten sind neben dem Hochdruckgebläse

- das Kupferoxidbett
- der Wärmetauscher
- die Molekularsiebbetten.

#### 3.2.1 Kupferoxidbett

Bei der Dekontamination der Argonatmosphäre der Oberen Handschuhbox wird der für die Oxidation des Tritiums erforderliche Sauerstoff durch ein Kupferoxidbett zur Verfügung gestellt. Das Kupferoxid (Sikosit 50/50 der Fa. Siemens) liegt als Sinterkörper in Tablettenform von 4 mm Durchmesser und 4 mm Länge vor.

Das Kupferoxidbett hat bei einem Durchmesser von 90 mm ein Füllvolumen von 2100 cm<sup>3</sup>. Der zylindrische Bettbehälter aus Edelstahl ist von einem Widerstandsheizelement umgeben. Nach außen hin ist der Behälter mit Keramikwolle thermisch isoliert. Um die Wärmeabgabe an andere Komponenten und an die Atmosphäre der Handschuhbox möglichst gering zu halten, wird die Mantelfläche der Isolierung mittels einer Kühlschlange zusätzlich wassergekühlt.

Um das Kupferoxid bei Bedarf regenerieren zu können, befindet sich an beiden Enden des Bettbehälters je ein Anschlußrohr. Mittels dieser Rohre kann dem Bett in eingebautem Zustand Sauerstoff zur Aufoxidierung des Kupferoxides zugeführt werden.

Ein Austrag von Abrieb des Kupferoxids in Leitungen und weitere Komponenten der Internen Gasreinigung wird durch den Einschluß des Kupferoxids zwischen zwei Filter aus Keramikwolle verhindert.

Dem Kupferoxidbett vorgeschaltet ist eine Vorheizung, die das Argon beim Durchströmen derart erwärmt, daß im Kupferoxidbett eine axial gleichmäßige Temperaturverteilung ( $t = 250^{\circ}\text{C}$ ) erreicht wird.

Die Kupferoxidbettheizung und die Vorheizung werden automatisch geregelt, die Temperaturmessung erfolgt mittels Thermoelementen.

### 3.2.2 Wärmetauscher

Dem Kupferoxidbett nachgeschaltet ist ein Wärmetauscher, in dem das Argon und das tritierte Wasser auf etwa  $t = 25^{\circ}\text{C}$  gekühlt werden. Um den Wärmetauscher den in der Handschuhbox vorhandenen Platzverhältnissen anpassen zu können, wurde dieser speziell ausgelegt und gefertigt. Auf die Verwendung eines serienmäßigen Wärmetauschers wurde bewußt verzichtet.

Der Wärmetauscher besteht aus zwei coaxial angeordneten, handelsüblichen, hochflexiblen Metallwellschläuchen mit Flanschenden, in denen das Kühlwasser und das zu kühlende Gas im Gegenstrom geführt werden. Die Metallschläuche haben Durchmesser von  $d = 25\text{ mm}$  bzw.  $d = 16\text{ mm}$ . Ihre Länge beträgt  $L = 750\text{ mm}$ .

Die Verwendung der flexiblen Wellschläuche als Tauscherrohre hat gegenüber der Verwendung glatter starrer Rohre drei wichtige Vorteile. Einmal erlaubt die Flexibilität der Schläuche eine gute Nutzung des vorhandenen Platzes in der Handschuhbox. Die Form des Wärmetauschers kann den gegebenen Verhältnissen leicht angepaßt werden. Weiterhin wird durch die Wellenform der

Schlauchwandungen die Wärmeaustauschfläche gegenüber einem glatten Rohr gleicher Länge um mindestens das Dreifache erhöht und nicht zuletzt erzeugt die Wellenform selbst bei geringen Fluiddurchsätzen eine Turbulenz in der Strömung, die den Wärmeübergang erhöht.

### 3.2.3 Molekularsiebbetten

Zur Aufnahme des den Wärmetauscher verlassenden tritierten Wassers sind dem Wärmetauscher zwei parallelgeschaltete Paare von Molekularsiebbetten nachgeschaltet.

Ein Molekularsiebbett besteht aus einem zylindrischen Behälter aus Edelstahl mit einem Durchmesser von  $D = 110$  mm und einem Füllvolumen von etwa  $V = 600$  cm<sup>3</sup>, der mit einem Molekularsieb (Typ 4A der Fa. Grace) gefüllt ist. Um den Austrag von Abrieb des Molekularsiebes zu vermeiden, ist die Molekularsiebschüttung zwischen zwei Filtern aus Keramikwolle eingeschlossen.

Die Bettbehälter werden mittels Flanschen in die Rohrleitungen der Internen Gasreinigung eingesetzt. Der Argonfluß wird über Ventile gesteuert, die teils pneumatisch und teils von Hand betätigt werden.

Der Aufbau aller vier Molekularsiebbetten ist identisch, so daß sie untereinander austauschbar sind.

Bei Trocknung des Molekularsiebes auf eine Restfeuchte von 1 ppm hat jedes Molekularsiebbett eine Wasserdampf-Sättigungskapazität von 90 g H<sub>2</sub>O bei einer Temperatur von  $\vartheta = 25^\circ\text{C}$  und einem H<sub>2</sub>O-Eintrittsdampfdruck von  $p = 1,3 \cdot 10^{-3}$  Pa.

### 3.3 Vakuumsystem

Das Vakuumsystem dient dem Evakuieren des Primärsystems, der Zwischenräume zwischen Getter- und Außenbehältern und der Oberen Handschuhbox sowie der Herstellung der für Gasanalysen und Lecksuche erforderlichen Bedingungen.

Das Vakuumsystem ist in der Unteren Handschuhbox installiert.

Um die zwei oben erwähnten Aufgaben, Versorgung des Gasanalysegerätes und Evakuieren der Anlagensysteme gleichzeitig erfüllen zu können, besitzt das Vakuumsystem zwei Pumpeneinheiten mit je einer Vor- und einer Turbomolekularpumpe.

Die Vorpumpen sind mechanische Feinvakuumpumpen mit folgenden Hauptdaten:

- Neunsaugleistung  $V = 15,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Enddruck (ohne Gasballast)  $p \leq 1 \cdot 10^{-4} \text{ mbar}$

Aufgabe der Vorpumpen ist die Erzeugung eines Vorvakuums für die Turbomolekularpumpen. Über entsprechende Ventile können die Vorpumpen aber auch so geschaltet werden, daß das Vakuumsystem auf der Saugseite der Turbomolekularpumpen evakuiert werden kann. Hierdurch werden günstige Anfangsbedingungen für die Turbomolekularpumpen geschaffen.

Bei letztgenannter Schaltung befindet sich auf der Saugseite der Vorpumpen ein Ölnebelfilter, das eine Verschmutzung der stromaufwärts liegenden Leitungen verhindert.

Stromabwärts verhindern je ein Ölabscheider und zwei zusätzlich in Reihe geschaltete Filter den Austritt von Öl aus den Pumpen bzw. die Verschmutzung der nachfolgenden Verrohrung.

Der Druck in den Leitungen vor und hinter den Vorpumpen wird durch Druckaufnehmer kontrolliert.

Eine der zwei Turbomolekularpumpen, die parallel geschaltet werden können, wird zur allgemeinen Hochvakuumherzeugung eingesetzt, die zweite erzeugt das Hochvakuum für das Quadrupol-Massenspektrometer.

Die Pumpen haben folgende Hauptauslegungsdaten:

Pumpe zur Erzeugung des allgemeinen Hochvakuums

- Saugvermögen
  - für  $N_2$   $V = 140 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $He$   $V = 130 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $H_2$   $V = 120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  
- Kompressionsverhältnis
  - für  $N_2$   $\Delta p = 7 \cdot 10^8$
  - $He$   $\Delta p = 1,2 \cdot 10^4$
  - $H_2$   $\Delta p = 800$
  
- Enddruck mit zweistufiger Drehschieberpumpe und Metall-dichtung  $p = 1 \cdot 10^{-9} \text{ mbar}$

Pumpe für das Quadrupol-Massenspektrometer

- Saugvermögen
  - für  $N_2$   $V = 110 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $He$   $V = 120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $H_2$   $V = 110 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
  
- Kompressionsverhältnis
  - für  $N_2$   $\Delta p = 3 \cdot 10^8$
  - $He$   $\Delta p = 7 \cdot 10^3$
  - $H_2$   $\Delta p = 500$
  
- Enddruck  $p = 1 \cdot 10^{-11} \text{ mbar}$



Beide Turbomolekularpumpen werden wassergekühlt.

Der Druck vor und hinter den Turbomolekularpumpen wird durch Druckaufnehmer kontrolliert.

Für die Gasanalyse ist in das Vakuumsystem ein magnetfeldfreies Hochfrequenzmassenspektrometer eingebaut ( Quadrupol-Massenspektrometer). Bei diesem System dienen die Schwingungseigenschaften der positiv oder negativ geladenen Ionen in einem elektrischen Quadrupolfeld zu deren Trennung nach Masse und Ladung.

Der gemessene Ionenstrom ermöglicht eine Analyse der Zusammensetzung eines Dampf- oder Gasgemisches, dessen einzelne Komponenten mit ihren Partialdrücken den Totaldruck in einem gegebenen Volumen bilden. Voraussetzung für die Durchführung der Gasanalyse mit dem Quadrupol-Massenspektrometer ist, daß der totale Gasdruck hinreichend klein ist. Gegebenenfalls müssen die Gasproben über ein geeignetes Gaseinlaßsystem in den Meßrezipienten eingelassen werden.

Das Quadrupol-Massenspektrometer des Tritiumlagers besitzt zwei Gaseinlaßsysteme, ein UHV-Gasdosierventil und ein entmischungsfreies Gaseinlaßsystem, das aus drei Strömungswiderständen (Fritte, Drossel, Kapillare) sowie zwei Handventilen aufgebaut ist.

Das UHV-Gasdosierventil wird eingesetzt, wenn das zu untersuchende Gas bei geringem Druck, d. h. Vakuum vorliegt. Der Druck wird vor dem Einlaß in das Massenspektrometer mit einem Vakuummeßgerät gemessen.

Das entmischungsfreie Gaseinlaßsystem wird bei Vorliegen eines hohen Druckes, z. B. Atmosphärendruck, eingesetzt. Das Gasgemisch strömt dabei über ein Handventil und eine Kapillare in das Gaseinlaßsystem. An einer Verzweigungsstelle wird ein Teil der Gasmenge über einen Strömungswiderstand (Drossel) und ein pneumatisch betätigtes Ventil von der Vorpumpe abgesaugt. Der Rest des zu analysierenden Gases wird über ein Handventil und

eine Fritte einer unter Hochvakuum stehenden Ionenquelle des Massenspektrometers entmischungsfrei zugeführt.

Zur Messung kondensierbarer Gase und zur Reinigung der inneren Behälteroberflächen des Massenspektrometers und des Gaseinlaßsystems sind am Massenspektrometer zwei Heizungen installiert. Eine Temperaturmessung oder Temperaturregelung der Heizungen ist nicht vorgesehen.

Die Vakuumleitung zur Evakuierung des Primärsystems ist mit zwei in Reihe liegenden und mit Schlüsselschaltern gesicherten pneumatischen Ventilen in der Oberen Handschuhbox verschlossen. Sie kann über entsprechende pneumatische Ventile an die mechanischen Vorpumpen, an eine Turbomolekularpumpe und über ein Handventil an das Quadrupol-Massenspektrometer angeschlossen werden.

Die Gasanalyseleitung für das Primärsystem ist in der Oberen Handschuhbox über zwei mit Schlüsselschaltern verriegelten pneumatischen Ventilen verschlossen. Die Leitung ist über Ventile an die mechanischen Vorpumpen, an eine Turbomolekularpumpe sowie an das Massenspektrometer anschließbar.

Die Leitung zur Evakuierung der Zwischenräume von Getter- und Außenbehältern des Primärsystems ist über hand- und pneumatisch betätigte Ventile an beide mechanischen Vorpumpen, an eine Turbomolekularpumpe und an das Massenspektrometer anschließbar.

Für die Lecksuche am Primärsystem führt aus der Oberen Handschuhbox eine Leitung mit Flanschanschluß und Handventil zum Quadrupol-Massenspektrometer.

Über Flanschanschlüsse und Handventile können Eichgase und Eichlecks an das Massenspektrometer angeschlossen werden.

Die Abgase des Vakuumsystems werden über Ölfilter in die Externe Gasreinigung geleitet.

Die Abbildung 3.6 zeigt eine Fotografie des Vakuumsystems.

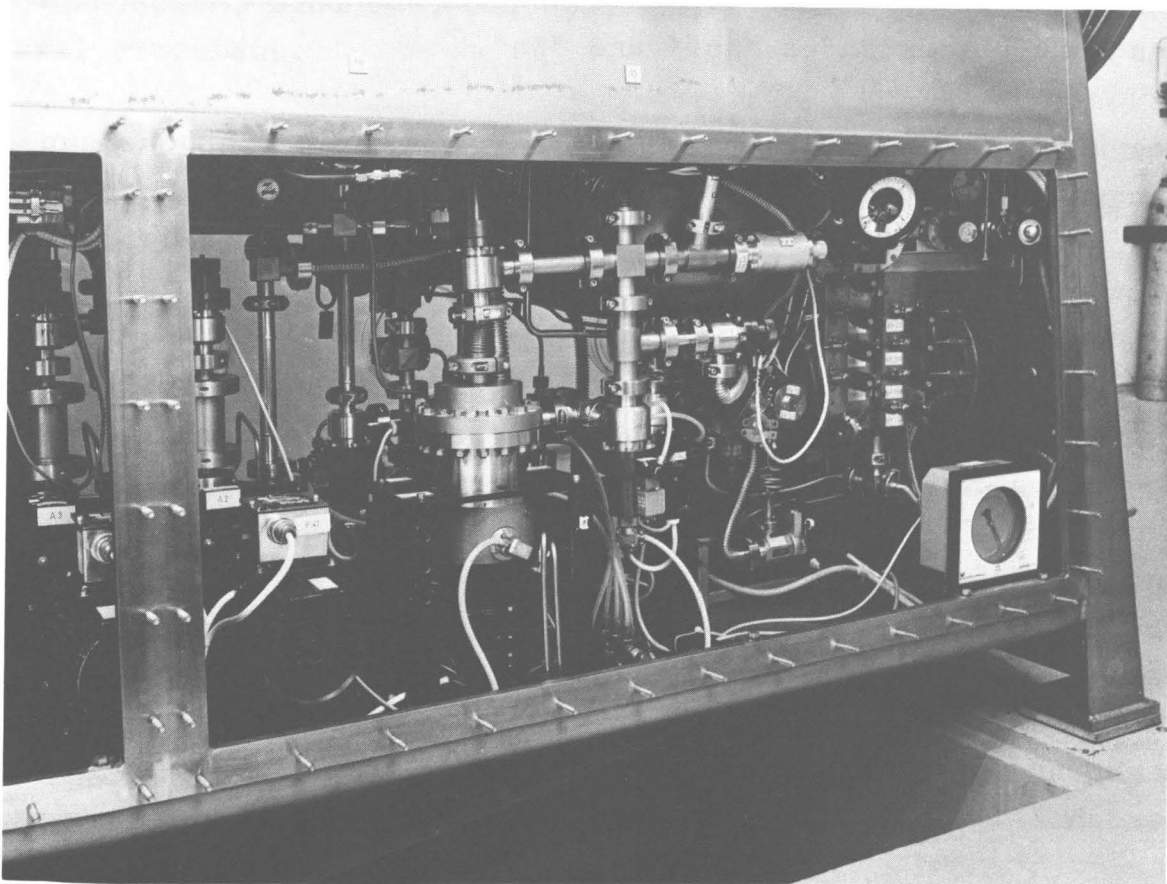


Abb. 3.6: Vakuumsystem des Tritiumlagers

### 3.4 Druckhaltesystem für die Obere Handschuhbox

Die Atmosphäre der Oberen Handschuhbox besteht aus Argon. Ihr Druck wird um 5 mbar niedriger gehalten als der Umgebungsdruck des Raumes, in dem die Obere Handschuhbox installiert ist. Hierdurch wird vermieden, daß bei geringer Undichtigkeit der Handschuhbox eventuell mit Tritium kontaminiertes Argon aus der Handschuhbox austritt.

Störgrößen der Druckregelung sind Volumenänderungen durch Handschuhbewegungen, Temperatur- und Luftdruckschwankungen sowie das Abgas der pneumatischen Steuerventile.

Die Stellglieder für die Druckregelung sind je zwei für die Argoneinspeisung und für die Argonabsaugung parallel verrohrte Magnetventile mit unterschiedlichen Strömungswiderständen und den Betriebszuständen "Auf" und "Zu".

Bei kleinen Regelabweichungen wird z. B. für die Argoneinspeisung ein Ventil geöffnet. Bei größeren Regelabweichungen wird das zweite, parallel verrohrte Ventil hinzugeschaltet. Gleiches gilt entsprechend für die Argonabsaugung.

Für die Ausregelung kurzzeitiger Störgrößen (Handschuhbewegungen) ist in der Argonzuleitung ein Pufferbehälter eingebaut, aus dem das Argon ohne größere Verzögerung in die Handschuhbox einströmen kann.

Über eine Leitung mit Magnetventil und Rückschlagventil, die parallel zu der Argonabsaugung für die Regelung installiert ist, kann die Obere Handschuhbox bei Bedarf mittels einer Doppelmembranpumpe (siehe Kapitel 3.5) auf ca. 0,1 bar abs. abgepumpt werden.

Das Argon wird von der Argonversorgung bereitgestellt.

Das Abgas aus der Oberen Handschuhbox wird von der Externen Gasreinigung aufgenommen.

### 3.5 System zur Spülung der Handschuhdurchführungen

Die Handschuhdurchführungen der Oberen Handschuhbox sind gegen den Innenraum der Box und gegen den umgebenden Aufstellungsraum durch Deckel verschließbar (siehe hierzu Kapitel 3.8.1.1). Sie können zu beiden Seiten des Handschuhes gespült werden.

Das Spülargon wird von der Argonversorgung zur Verfügung gestellt. Der Durchfluß je Spülstrang von  $\dot{V} = 1000 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  wird mit Handventilen eingestellt und von Durchflußmessern angezeigt. Zur Kontrolle des Gesamtdurchflusses befindet sich in der Abgasleitung des Spülsystems ein weiteres Durchflußmeßgerät.

Um bei geöffneten Deckeln der Handschuhdurchführungen das Eindringen von Luft über die Spülgasleitungen in die Handschuhbox zu verhindern, sind in jeden Spülstrang je ein Rückschlagventil eingebaut.

Zur Überwachung der Dichtigkeit der Außendeckel der Durchführungen während des Spülvorganges befindet sich in der Abgasleitung für die Handschuhdurchführungen ein Feuchtemeßgerät.

Um Druckschwankungen der Pufferbehälter der Externen Gasreinigung, die das Abgas des Spülsystems für die Handschuhdurchführungen aufnimmt, auszuschalten, ist in die Abgasleitung der Handschuhdurchführungen eine Vordruckregelung bestehend aus Druckanzeige und Regelventil installiert.

Über zwei parallel angeordnete Leitungen, die an die Spülgasstränge der Handschuhdurchführungen angeschlossen sind, können die Durchführungen von der Einspeisseite und der Abgasseite der Spülgasstränge her mit einem Doppelmembrankompressor (siehe Kapitel 3.6) evakuiert werden.

Zwei in die parallel angeordneten Leitungen installierte Rückschlagventile verhindern einen Gasaustausch zwischen den zwei Handschuhspülstrangpaaren.

### 3.6 System zur Spülung der Materialschleuse

Über die Materialschleuse werden Gegenstände wie die Tritiumtransportflasche, Probengefäße, Ersatzteile und Werkzeuge in die Obere Handschuhbox ein- bzw. ausgeschleust.

Die Materialschleuse ist zum Innenraum der Oberen Handschuhbox hin und zum Außenraum hin vakuumdicht verschließbar.

Für einen Schleusvorgang ist sie mittels eines Doppelmembrankompressors (max. Förderleistung  $26 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , Endvakuum 13 mbar) evakuierbar und wird vor dem Schleusvorgang mit Argon gespült.

Der auspuffseitige Druck des Kompressors wird über ein parallel zum Kompressor installiertes Überströmventil begrenzt.

Der Druck des Spülgases in der Materialschleuse wird über einen zweistufigen Regler auf etwa 2 mbar Unterdruck geregelt und von einem Druckmeßgerät angezeigt. Bei Überdruck in der Materialschleuse wird über ein Sicherheitsventil in den Kamin abgelassen.

Zwei Rückschlagventile in den Spülgasleitungen für die Materialschleuse verhindern einen Gasaustausch zwischen Materialschleuse und den Handschuhschleusen. Über Kupplungen können Zusatzgeräte der Materialschleuse an die Spüleleitungen angeschlossen werden. Die zu diesen Kupplungen führenden Leitungen sind mit Rückschlagventilen gegen Lufteinbruch geschützt.

### 3.7 Externe Gasreinigung

Die Abgase aller Systeme und Komponenten des Tritiumlagers passieren, bevor sie über einen Schornstein an die freie Umgebung abgegeben werden, die Externe Gasreinigung des Tritiumlagers. Hier wird das in den Abgasen vorhandene Tritium auf katalytischem Wege verbrannt und an Molekularsieben gebunden.

Die Externe Gasreinigung kann je nach vorliegenden Bedingungen im Einmaldurchgang oder im Kreislauf, automatisch oder von Hand betrieben werden.

Die Abgase der Systeme des Tritiumlagers strömen in einen von zwei parallel verrohrten Pufferbehältern, während der Inhalt des anderen, vorher gefüllten Behälters, gereinigt wird.

Das zu reinigende Gas wird dabei mittels einer Membran-Vakuumpumpe (max. Förderleistung  $Q = 26 \text{ l/min}$  bei  $p = 1 \text{ atm}$ , Endvakuum  $p = 13 \text{ mbar}$ ) aus dem Pufferbehälter abgesaugt. Die geförderte Gasmenge wird mittels eines Durchflußmessers gemessen und über ein Magnetventil geregelt. Der Auslegungsdurchsatz bewegt sich im Bereich  $Q = 0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  bis  $Q = 0,55 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Noch vor Eintritt in die Doppelmembranpumpe wird dem Abgas der zur katalytischen Verbrennung erforderliche Sauerstoff zugeführt. Der vorgesehene Sauerstoffanteil beträgt ca.  $10^4$  ppm, was bezogen auf den maximalen Gasdurchsatz etwa  $1,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  Sauerstoff ausmacht.

Nach Verlassen der Vakuumpumpe wird das Gasgemisch in einem Vorheizer auf  $\vartheta = 500^\circ\text{C}$  aufgeheizt und durchströmt einen ebenfalls auf  $\vartheta = 500^\circ\text{C}$  gehaltenen Katalysator, an dem u. a. das im Abgas enthaltene Tritium zu tritiiertem Wasser oxidiert wird. Hinter dem Katalysator wird das Abgas in einem Wärmetauscher auf  $\vartheta = 20^\circ\text{C}$  abgekühlt.

Ein hinter dem Wärmetauscher parallel zum Hauptabgasstrom, der durch den Einbau einer Kapillare definiert geteilt wird, angeordnetes Meßgerät (Magnox 3) mißt den Restsauerstoff des Gases. Ist dieser größer als  $10^4$  ppm, d. h. ist ein vorgegebener Sauerstoffüberschuß überschritten, erfolgt eine Meldung und entsprechende Begrenzung der Sauerstoffzufuhr.

Anschließend an die Sauerstoffmessung passiert der Gasstrom zur Rückhaltung des tritiierten Wassers eines von zwei parallelgeschalteten Molekularsiebbetten. Ist die Kapazität eines der Betten erschöpft, wird auf das zweite umgeschaltet. Das gefüllte Bett wird entweder extern regeneriert oder durch ein neues ersetzt.

Um den Wirkungsgrad des jeweils durchströmten Molekularsiebbettes abschätzen zu können, ist vor und hinter den Betten je ein Feuchtemeßgerät installiert.

Zur Bestimmung des Kontaminationsgrades des Abgases mit Tritium ist hinter die Molekularsiebbetten eine Ionisationskammer installiert, die je nach Betriebszustand der Externen Gasreinigung, entweder in den geschlossenen Kreislauf geschaltet wird, oder die Aktivität des Gases mißt, das an den Kamin abgegeben wird. Durch entsprechende Schaltung kann die Ionisationskammer bei geschlossenem Gasreinigungskreislauf umgangen werden.



Parallel zur Ionisationskammer können mit einem Probennahmegefäß Proben aus dem Abgasstrom entnommen werden.

Nach Passieren der Ionisationskammer wird das Abgas je nach Ergebnis der Aktivitätsmessung entweder über den Kamin in die freie Umgebung abgelassen oder zur weiteren Reinigung im Kreislauf in den entsprechenden Pufferbehälter zurückgeführt.

Die Externe Gasreinigung ist bis auf die Pufferbehälter in der Unteren Handschuhbox untergebracht. Die Abgasführung wird durch remote oder von Hand zu bedienende Ventile bestimmt.

Die Abbildung 3.7 zeigt ein Foto der Externen Gasreinigung.

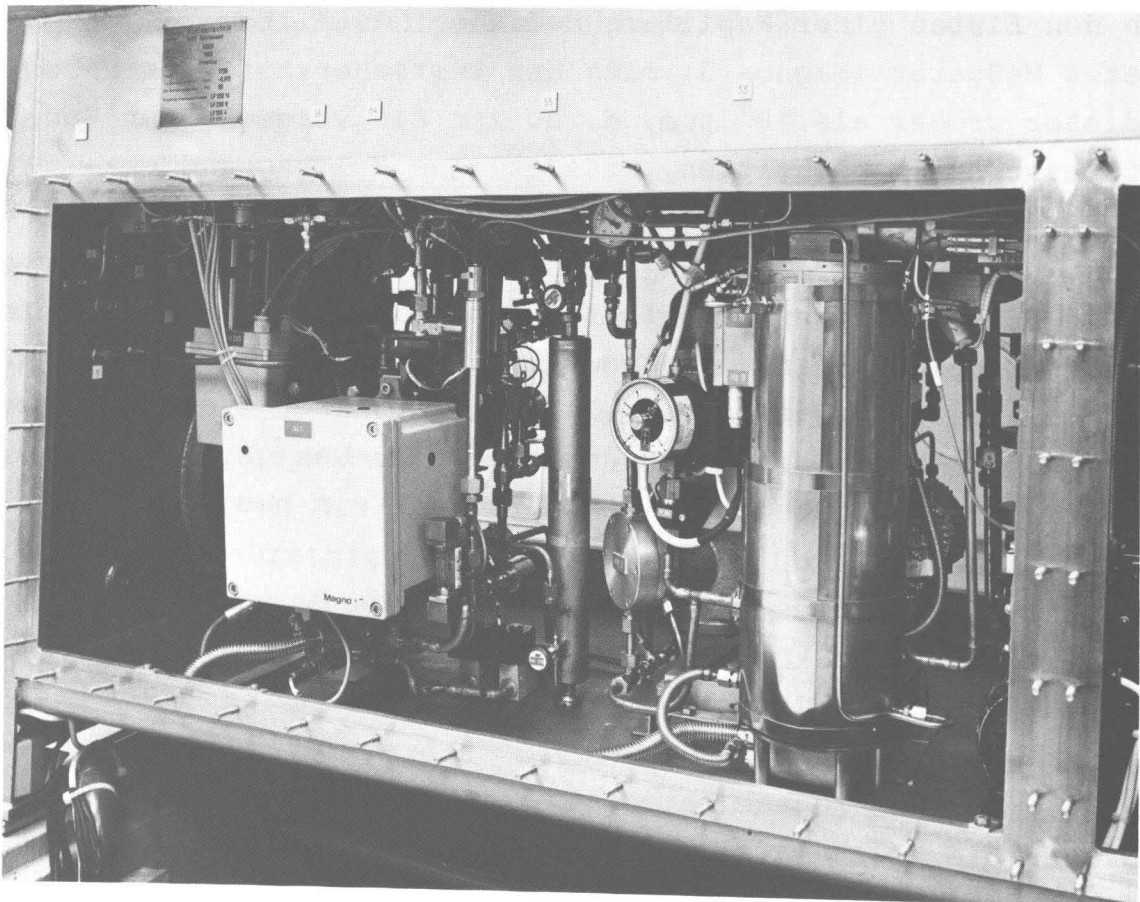


Abb. 3.7: Externe Gasreinigung des Tritiumlagers (ohne Pufferbehälter)

### 3.7.1 Pufferbehälter

Wie oben erwähnt, werden die Abgase aller Systeme des Tritiumlagers jeweils in einem der beiden Pufferbehälter gesammelt, während der Inhalt des anderen, vorher gefüllten Behälters, in der Externen Gasreinigung dekontaminiert wird.

Die Behälter haben einen Durchmesser von  $D = 800$  mm, ihre Gesamtlänge beträgt  $L = 2154$  mm. Boden und Deckel der Behälter sind Klöpperböden.

Die Auslegungsdaten der Pufferbehälter sind:

Medium		Argon bzw. Helium
Werkstoff		1.4541
Inhalt	[l]	1000
zul. Betriebsdruck	[bar]	+ 0,2/- 1
zul. Betriebstemperatur	[°C]	50
zul. Prüfüberdruck bei Raumtemperatur	[bar]	1,3 · 0,2
zul. Gesamtleckrate	[mbar·l·s <sup>-1</sup> ]	≤ 1·10 <sup>-9</sup> (He-Leckrate)

Der Druck in den Behältern wird redundant mittels je drei Druckaufnehmern überwacht.

### 3.7.2 Katalysatorbett

Der zur Oxidation des im Abgas des Tritiumlagers vorhandenen Tritiums verwendete Katalysator ist ein Edelmetallkatalysator, Typ A.16648, der Firma Engelhard.

Der Katalysator (Schüttvolumen  $V = 1295$  cm<sup>3</sup>) befindet sich in einem Bettbehälter aus Edelstahl von  $D = 70$  mm Durchmesser und einer Länge von  $L = 460$  mm. Um einen Austrag von Abrieb des Katalysators in die Leitungen der Externen Gasreinigung zu vermeiden, sind Ein- und Ausgang des Bettbehälters mit Filtern aus Keramikwolle versehen.

Der zylindrische Bettbehälter ist von einem Widerstandsheizelement umgeben und nach außen hin mit Keramikwolle thermisch isoliert. Zur Minimierung der Wärmeabgabe an die Atmosphäre der Unteren Handschuhbox sowie an andere Komponenten ist die Mantelfläche der thermischen Isolierung mit einer Doppelmantelkühlung umgeben. Kühlmittel ist Wasser.

Dem Katalysatorbett vorgeschaltet ist eine Vorheizung, die aus einer in einem Rohr befindlichen Heizpatrone besteht. Die Vorheizung heizt das sie durchströmende Abgas derart auf, daß im Katalysatorbett eine axial gleichmäßige Temperaturverteilung ( $\vartheta = 500^{\circ}\text{C}$ ) erreicht wird.

Die Katalysatorbettheizung und die Vorheizung werden automatisch geregelt, die Temperaturmessung erfolgt mittels Thermoelementen.

### 3.7.3 Wärmetauscher

Im an das Katalysatorbett anschließenden Wärmetauscher wird das Abgas, das einen bestimmten Anteil tritierten Wassers enthält, auf  $\vartheta = 25^{\circ}\text{C}$  abgekühlt.

Der Wärmetauscher ist wie der der Internen Gasreinigung (Kapitel 3.2.2) aus zwei coaxial angeordneten hochflexiblen Metallschläuchen als Gegenstromwärmetauscher aufgebaut. Er besitzt daher die in oben erwähntem Kapitel beschriebenen Vorteile. Kühlmedium ist Wasser.

Die hochflexiblen Metallschläuche haben Durchmesser von  $d = 25 \text{ mm}$  bzw.  $d = 16 \text{ mm}$  und eine Länge von  $L = 1000 \text{ mm}$ .

### 3.7.4 Molekularsiebbetten

Zur Aufnahme des im Abgas vorhandenen tritierten Wassers sind dem Wärmetauscher zwei parallel verrohrte Molekularsiebbetten nachgeschaltet.

Die Molekularsiebbetten bestehen aus zylindrischen Edelstahlbehältern von  $d = 55$  mm Durchmesser und  $L = 460$  mm Länge, die mit dem Molekularsieb Typ 4 A der Firma Grace gefüllt sind. Das Füllvolumen beträgt  $V = 800 \text{ cm}^3$ . Um den Austrag von Abrieb des Molekularsieves zu verhindern, ist die Molekularsiefschüttung zwischen zwei Filtern aus Keramikwolle eingeschlossen.

Die Bettbehälter sind mit Handventilen verschließbar. Sie werden mittels Flanschen in die Rohrleitungen der Externen Gasreinigung eingesetzt.

Bei Trocknung des Molekularsieves auf eine Restfeuchte von 1 ppm hat jedes Molekularsiebbett eine Wasserdampf-Sättigungskapazität von 13,5 g  $\text{H}_2\text{O}$  bei einer Temperatur von  $\vartheta = 25^\circ\text{C}$  und einem  $\text{H}_2\text{O}$ -Eintrittsdampfdruck von  $p = 1,3 \cdot 10^{-3}$  Pa. Das entspricht einer Menge tritiierten Wassers die entstehen würde, wenn 50 % des gesamten Tritiuminventars des Lagers oxidiert würde.

### 3.8 Handschuhbox

Die Handschuhbox des Tritiumlagers besteht aus zwei Teilboxen unterschiedlicher Auslegungsdaten und dementsprechend unterschiedlichen Aufbaus. Entsprechend der geometrischen Anordnung wird von einer Oberen und einer Unteren Handschuhbox gesprochen. Abbildung 3.8 zeigt ein Foto der Oberen und Unteren Handschuhbox.

#### 3.8.1 Obere Handschuhbox

In der Oberen Handschuhbox sind das tritiumführende Primärsystem mit den sieben Tritium-Lagerbehältern sowie die Interne Gasreinigung untergebracht. Sie bildet damit für den Einschluß des Tritiums das Sekundärcontainment.

Die Obere Handschuhbox ist ein vollständig geschweißter Druckbehälter, der aus einem von einem Rohr gebildeten zylindrischen Grundkörper besteht, der beidseitig mit Klöpperböden verschlossen ist.

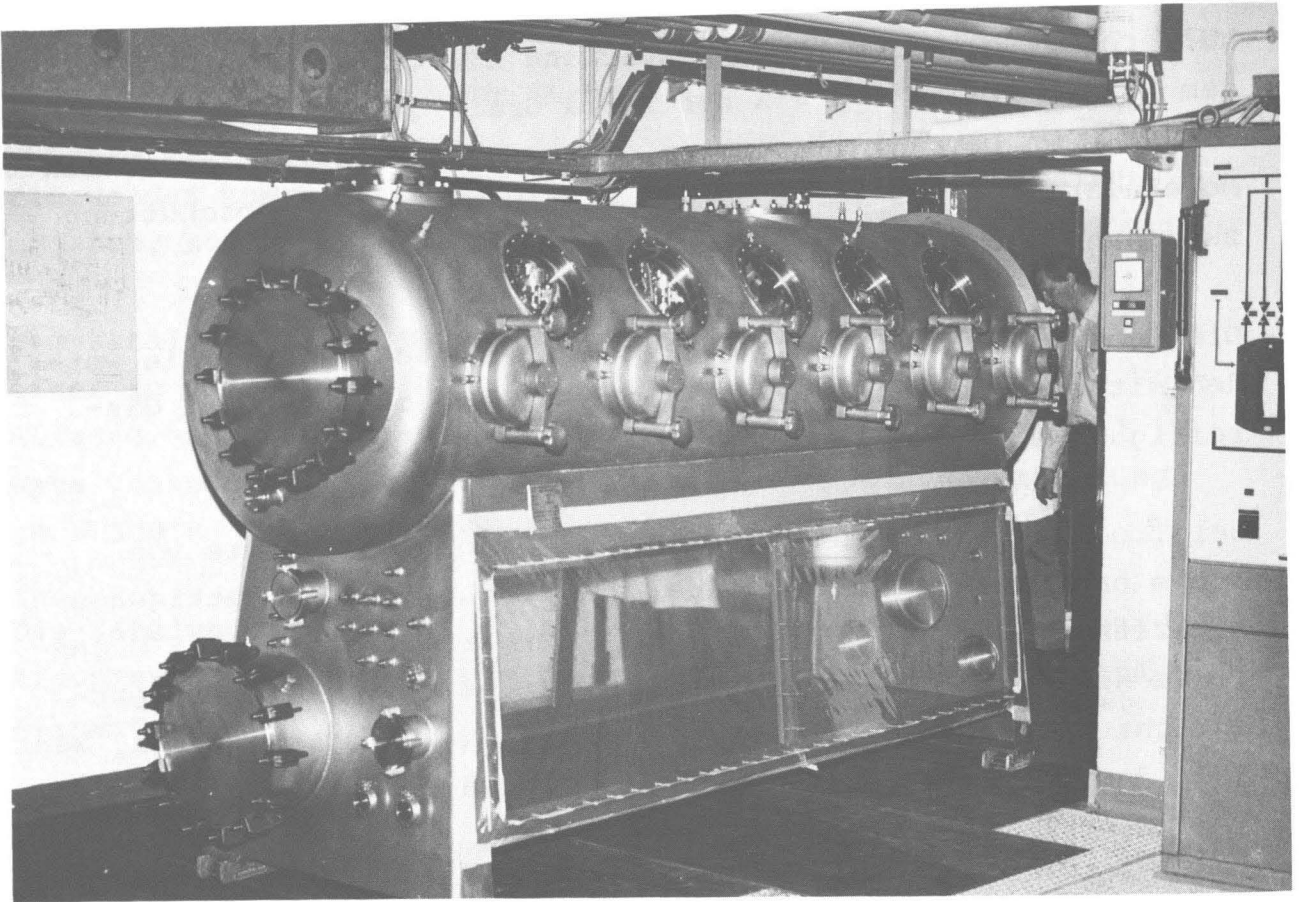


Abb. 3.8: Obere und Untere Handschuhbox des Tritiumlagers

Der Durchmesser des Druckbehälters beträgt  $D = 900$  mm. Dieses Maß stellt einen Kompromiß dar, der sich aus der Forderung nach einem möglichst großen Flächenquerschnitt des Behälters für eine optimale Anordnung der einzubauenden Systeme und Komponenten und der Forderung ergibt, jedes Teil dieser Systeme und Komponenten durch die Handschuhdurchführungen so erreichen zu können, daß es im Falle eines Versagens ausgebaut und ersetzt werden kann. Die Länge des Druckbehälters ergibt sich aus der Anordnung der Einbauten und beträgt  $L = 3276$  mm.

Um die vier Molekularsiebbetten der Internen Gasreinigung stehend in der Handschuhbox unterbringen zu können, ist der Druckbehälter durch ein auf etwa einem Viertel seiner Gesamtlänge radial angeschweißtes zylindrisches Stück, das in die Untere Handschuhbox hineinragt, erweitert worden.

In Höhe der größten Breite des Druckbehälters besitzt die Handschuhbox auf jeder Seite sechs in gleichmäßigen Abständen angeordnete, gasdicht verschließbare Handschuhdurchführungen, die eine manuelle Bedienung bestimmter Elemente sowie die Montage und Demontage von Komponenten in der Handschuhbox erlauben (siehe auch Kapitel 3.8.1.1).

Mittig zwischen jeweils zwei dieser Handschuhdurchführungen sowie an einer Stirnseite des Druckbehälters ist ein Sichtfenster angeordnet. Die Obere Handschuhbox ist somit mit insgesamt elf Sichtfenstern ausgestattet. Die Sichtfenster liegen in der oberen Hälfte des Behälters, ihre Symmetrieachsen bilden mit der horizontalen Mittellinie des Behälterquerschnittes einen Winkel von  $31,4^\circ$ .

Zum Ein- und Ausschleusen von z. B. Komponenten und Werkzeug ist die Handschuhbox mit einer Materialschleuse versehen. Die Schleuse befindet sich an der fensterlosen Stirnseite des Druckbehälters.

Zur Durchführung elektrischer Leitungen durch die Behälterwand dienen spezielle, vakuumdichte Stecker. Die Stecker sind auf drei Flanschen untergebracht, von denen zwei auf der Linie der größten Höhe des Behälters und einer auf der Stirnseite unterhalb des Sichtfensters positioniert ist. Die Durchführung von Rohrleitungen durch die Behälterwandung erfolgt mittels in die Wandung eingeschweißter Verschraubungen.

Die Auslegungsdaten für die Obere Handschuhbox sind wie folgt:

Medium		Argon bzw. Helium
Werkstoff		1.4541 (1.4301)
Inhalt	[l]	2100
zul. Betriebsdruck	[bar]	- 1/+ 1
zul. Betriebstemperatur	[°C]	50
zul. Prüfüberdruck bei Raumtemperatur	[bar]	1,1 ( $N_2$ )
zul. Gesamtleckrate	[mbar·l·s <sup>-1</sup> ]	$\leq 1 \cdot 10^{-3}$ (He-Leckrate)

### 3.8.1.1 Handschuhdurchführungen

Maßgebend für die konstruktive Gestaltung und Ausführung der Handschuhdurchführungen der Oberen Handschuhbox war neben der Erfüllung der Bedingung größtmöglicher Dichtigkeit die Forderung nach einem kontaminationsfreien Handschuhwechsel. Die Erfüllung dieser beiden Bedingungen wurde durch eine Ausführung erreicht, die durch die Verwendung eines Innen- und eines Außendeckels für die Handschuhdurchführungen und die Möglichkeit, den Raum zwischen Innendeckel und Handschuh und Außendeckel und Handschuh zu spülen, charakterisiert ist.

Abbildung 3.9 zeigt die schematische Darstellung des Längsschnittes einer Handschuhdurchführung.

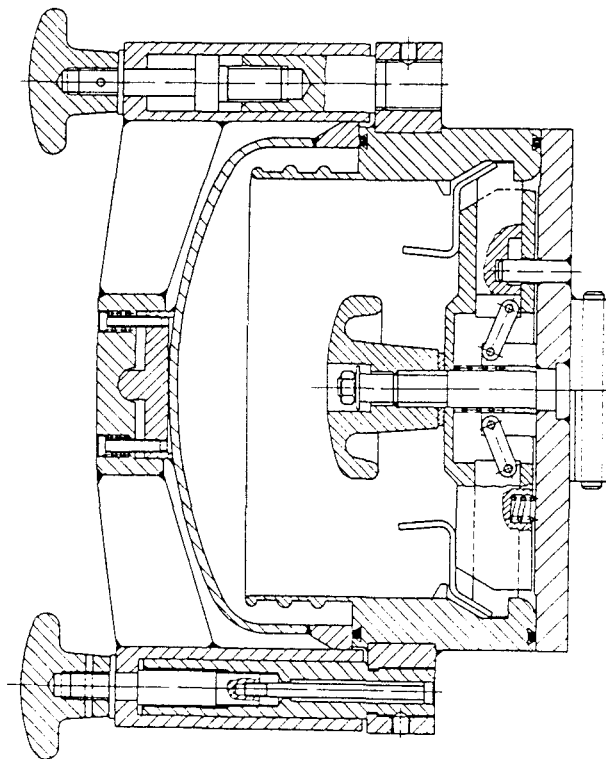


Abb. 3.9: Schnittzeichnung einer Handschuhdurchführung

Den Grundkörper der Handschuhdurchführung bildet ein Hohlzylinder (Innendurchmesser ca. 180 mm), der in die Wandung der Oberen Handschuhbox eingeschweißt ist. Der Hohlzylinder ist von der Innenseite der Handschuhbox her mit einem Innendeckel verschließbar. Das vordere Ende des Hohlzylinders ist zur Aufnahme der Manipulierhandschuhe radial abgesetzt. Die Umfangsfläche des Absatzes weist drei ausgearbeitete in Umfangsrichtung verlaufende Wülste auf, um den übergestülpten Handschuhen den erforderlichen Halt zu geben. Die Stirnfläche des Absatzes nimmt das Dichtungselement für den Außendeckel auf und dient als Anschlagfläche für den Deckel.

Der Innendeckel der Handschuhschleuse ist zum Öffnen über ein einseitig vertikal angebrachtes Scharnier um 180° in den Innenraum der Handschuhbox hinein schwenkbar. Er kann aus dem Scharnier ausgehängt und innerhalb der Handschuhbox abgelegt werden, wenn die Platzverhältnisse in der Handschuhbox bei Manipulationsarbeiten dies erforderlich machen.

Bei der konstruktiven Gestaltung des Schließ- bzw. Öffnungsmechanismus des Innendeckels war die Randbedingung zu erfüllen, nach der bei in der Handschuhbox herrschendem Unterdruck beim Öffnen des Innendeckels dieser dem Operateur nicht aus der Hand gerissen wird.

Erfüllt wird diese Randbedingung durch das Schließen bzw. Öffnen des Deckels in zwei hintereinander folgenden Einzelschritten.

Beim Schließen des Deckels wird dieser durch zwei Riegel, die in einer Traverse vertikal geführt werden, in Schließposition gehalten. Die Riegel greifen dabei in auf der Innenfläche des Hohlzylinders ausgearbeitete Nuten.

Anschließend wird der Deckel mittels einer Gewindespindel mit Sterngriff auf die in der Stirnfläche des Hohlzylinders befindliche Dichtring gepreßt.

Das Öffnen des Deckels erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Durch Verringern des Anpreßdruckes des Deckels auf die Dichtung



(Drehung der Gewindespindel über den Sterngriff) wird der Druckausgleich zwischen Raumatmosphäre und Innenatmosphäre der Handschuhbox gesteuert. Nach völliger Aufhebung des Anpreßdruckes kann der Deckel nach Entriegeln der Schließriegel geöffnet werden.

Das Öffnen und Schließen sowie ein eventuelles Aushängen des Deckels erfolgen mit einer Hand.

Abbildung 3.10 zeigt ein Foto der Handschuhdurchführung mit geschlossenem Innendeckel. Mittig auf dem Deckel die Traverse zur Führung der Schließriegel sowie der Sterngriff.

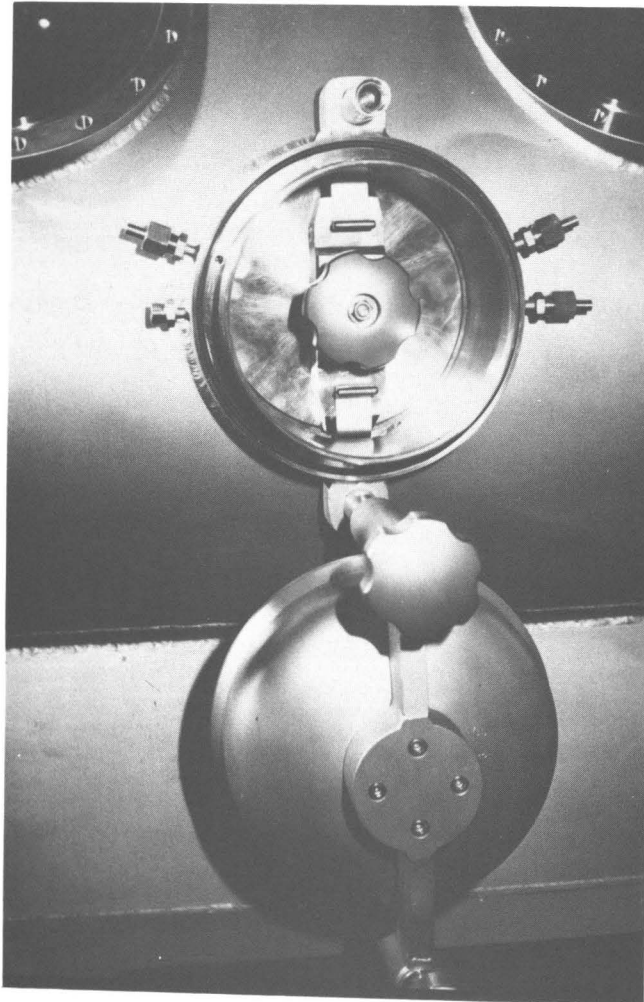


Abb. 3.10: Handschuhdurchführung mit geschlossenem Innendeckel

Das Grundelement des Außendeckels ist ein Klöpperboden. Die Dichtfläche bildet die Stirnseite eines an den Boden angeschweißten Ringes.

Der Deckel wird mittels einer quasi-kardanischen Lagerung in Position gehalten. Diese Lagerung garantiert eine gleichmäßige Druckverteilung auf das Dichtelement.

Der für die Dichtung erforderliche Anpreßdruck auf den Deckel erfolgt über eine Traverse. An die Traverse sind zwei Führungsrohre angeschweißt, in denen axial Gewindespindeln, die über Sterngriffe bewegt werden, laufen. Die Führungsrohre gleiten auf zylindrischen Führungsbolzen, die gleichzeitig die Spindelmuttern bilden. Die Führungsrohre werden von an den Hohlzylinder der Handschuhdurchführung angeschweißten Formstücken gehalten.

Der Deckel kann somit zum Öffnen nach Lösen des über die Spindeln aufgebrauchten Anpreßdruckes axial nach vorn gezogen und um den unteren Führungsbolzen geschwenkt werden, so daß die Handschuhdurchführung für Manipulationsarbeiten voll zugänglich ist (siehe hierzu Abbildung 3.10).

Beim Schließen wird der Deckel um den unteren Führungsbolzen vor die Durchführungsöffnung geschwenkt, das obere Führungsrohr auf den Führungsbolzen geschoben, der gesamte Deckel axial angedrückt, so daß die Gewindespindeln greifen, und durch Drehen der Sterngriffe über die Gewindespindeln angezogen.

Die Dichtungselemente für Innen- und Außendeckel der Handschuhdurchführung sind O-Ringe aus Perbunan, die bei Bedarf ausgewechselt werden.

Jeweils sechs der Handschuhdurchführungen (eine Reihe) sind in Reihe untereinander mit Spülleitungen verbunden. Über diese Spülleitungen kann bei geschlossenen Deckeln der Raum zwischen Innendeckel und Handschuh und Außendeckel und Handschuh ausgepumpt, gespült und damit dekontaminiert werden.

Die Auslegungsdaten für die Handschuhdurchführungen sind:

Druckraum		
Medium		Argon
Werkstoff		1.4541
Inhalt	[l]	4,5
zul. Betriebsdruck	[bar]	- 1/+ 1
zul. Betriebstemperatur	[°C]	50
zul. Prüfdruck bei Raumtemperatur	[bar]	1,1 (N <sub>2</sub> )
zul. Gesamtleckrate	[mbar·l·s <sup>-1</sup> ]	≤ 1·10 <sup>-7</sup> (He-Leckrate)

### 3.8.1.2 Sichtfenster

Die Sichtfenster der Oberen Handschuhbox des Tritiumlagers sind unter Beachtung zweier wichtiger Gesichtspunkte konstruiert worden. Einer der Gesichtspunkte ist, bei vorgegebener Fenstergröße (220 mm Durchmesser) einen möglichst großen Blickwinkel in das Innere der Handschuhbox zu erreichen. Der zweite beinhaltet, im Falle des Auftretens einer Undichtigkeit eines Fensters eine möglichst schnelle und einfache Reparatur zu gewährleisten. Die Fenster sind daher folgendermaßen aufgebaut.

Den Rahmen eines Sichtfensters bildet ein Flansch, der in die Wandung der Oberen Handschuhbox eingeschweißt ist. In den Flansch sind beidseitig Sichtscheiben einsetzbar, die mit verschraubbaren Flanschringen gehalten werden.

Die Dicke des Flansches ist so gering wie möglich gehalten. Sie wird bestimmt durch die Krümmung der Wandung der Handschuhbox, in die der Flansch eingeschweißt ist.

Die Sichtscheibe des Fensters ist auf der Innenseite der Handschuhbox in den Flansch eingesetzt. Hierdurch und durch die geringe Dicke des Flansches wird der gewünschte große Blickwinkel ins Innere der Handschuhbox erreicht. Die Dichtflächen auf der Außenseite des Flansches sind durch Abdeckringe geschützt.

Das Material des Dichtelementes zwischen Sichtscheibe und Flansch ist Indium.

Für den Fall, daß eines der Fenster undicht wird, kann von außen her eine zweite Sichtscheibe in den Flansch eingesetzt werden. Die zweite Scheibe bleibt solange montiert, bis der Schaden an der ersten Scheibe behoben ist.

Die Atmosphäre zwischen den beiden Scheiben ist über zwei Rohranschlüsse abpumpbar und der Zwischenraum kann gespült werden.

Das Material des Flansches und der Flanschringe ist 1.4541. Die Sichtfenster bestehen aus Borosilikatglas.

### 3.8.1.3 **Materialschleuse**

Zum Ein- und Ausschleusen von Transport- und Probenahmeflaschen, Ersatzteilen und Werkzeug ist die Obere Handschuhbox auf einer Stirnseite mit einer Materialschleuse versehen.

Die Grundversion der Materialschleuse besteht aus einem in die Stirnwand der Handschuhbox eingeschweißten Stutzen von etwa 400 mm Innendurchmesser, der beidseitig vakuumdicht verschlossen werden kann. Die Atmosphäre des Innenraumes des Stutzens ist über Rohrleitungen abpumpbar und der Innenraum kann mit Spülgas gespült werden.

Der Innendeckel der Materialschleuse ist zum Öffnen bzw. Schließen der Schleuse schwenkbar. Die Schwenkung erfolgt in einer Ebene parallel zu der der Stirnfläche (Dichtfläche) des Stutzens.

Beim Verschließen wird der Innendeckel vor die Öffnung des Stutzens geschwenkt. Ein Gegengewicht reduziert hierbei die erforderliche Schwenkkraft. Ein pneumatisch arbeitendes Dämpfungsglied dämpft die Schwenkbewegung. Durch eine Verriegelung wird der Deckel in Position gehalten. Der Anpreßdruck auf die Dichtung erfolgt über eine mittels Handrad betätigte Spindel, die sich über eine Spindelmutter auf einer Traverse abstützt.

Abbildung 3.11 zeigt einen Blick auf die Innenseite der Materialschleuse. Der Innendeckel ist halb weggeschwenkt. Der Außendeckel ist montiert.

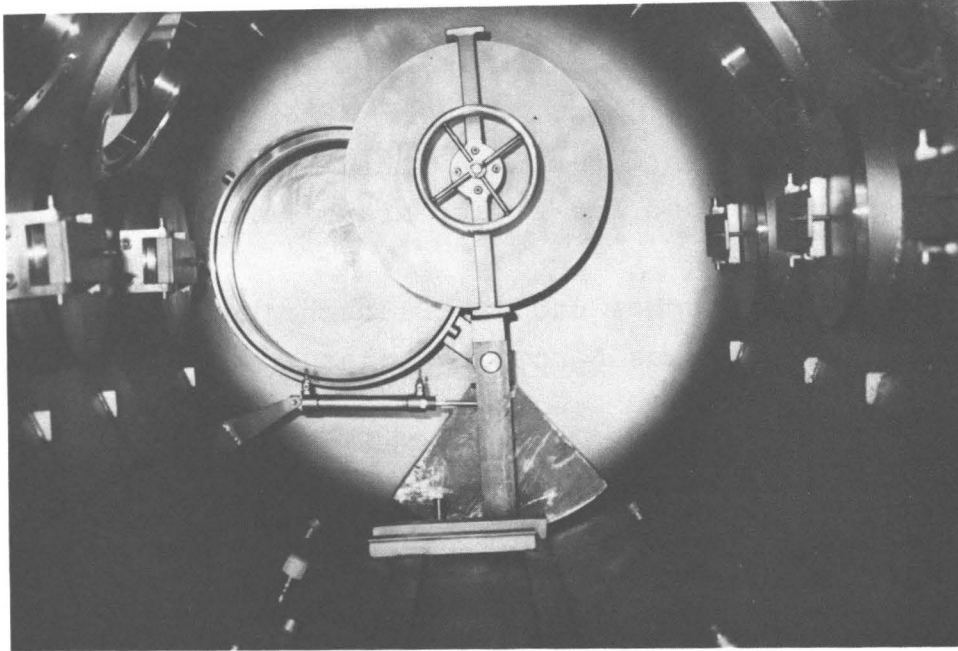


Abb. 3.11: Materialschleuse der Oberen Handschuhbox (Innenseite) mit geschwenktem Innendeckel

Der Außendeckel der Materialschleuse ist ein Blindflansch, der mit Spannpratzen in Position gehalten und angezogen wird. Siehe hierzu auch Abbildung 3.8.

Die Dichtelemente für Außen- und Innendeckel sind O-Ringe aus Perbunan.

An den Außenflansch der Materialschleuse können verschiedene Adapter angesetzt werden. So wurde z. B. für bestimmte Schleusvorgänge das System der Firma La Calhene vorgesehen.

### 3.8.2 Untere Handschuhbox

In der Unteren Handschuhbox sind die für den Betrieb der Oberen Handschuhbox erforderlichen Einrichtungen wie das Vakuumsystem mit Massenspektrometer und die Externe Gasreinigung untergebracht.

Die Untere Handschuhbox ist eine Stahlblechkonstruktion, deren Seitenwände aus vier Sichtscheiben aus Plexiglas bestehen. In den Sichtscheiben befinden sich je drei Handschuhdurchführungen, die im Normalbetrieb mit Standarddeckeln verschlossen sind. Wenn erforderlich, werden diese Deckel durch Manipulierhandschuhe ersetzt. Stirnseitig besitzt die Untere Handschuhbox eine Materialschleuse, die ähnlich aufgebaut ist und erweitert werden kann wie die der Oberen Handschuhbox.

Rohrdurchführungen in Form von Anschweißflanschen und Verschraubungselementen sowie Durchführungen für elektrische Leitungen sind ebenfalls an den Stirnseiten untergebracht.

Die Untere Handschuhbox wird wie eine übliche Handschuhbox mit Luftatmosphäre nach DIN 25412 betrieben. Zur Spülung und zur Wärmeabfuhr wird über zwei Absolutfilter Raumluft in die Box gesaugt, die nach Durchströmen der Box über das Raumabluftsystem und den Kamin ins Freie strömt. Die Luftspülung ist für einen fünfzigfachen Luftwechsel pro Stunde ausgelegt, wobei bei zwanzigfachem Luftwechsel ein Unterdruck in der Box von 2 mbar gehalten wird.

Die Gesamtleckrate der Unteren Handschuhbox ist in betriebsbereitem Zustand bei einem Unterdruck von 2 mbar  $\leq 0,25$  Vol-%/h.

Die Abbildungen 3.1 und 3.8 zeigen Photographien der Unteren Handschuhbox.

### 3.9 Leitstand

Der Leitstand des Tritiumlagers kann sowohl von seiner Aufgabenstellung als auch von seiner örtlichen Anordnung her in zwei Teilsysteme, nämlich das Leitstand-Fließbild und die Meßwert-anzeig - und Registriereinheit unterteilt werden.

#### 3.9.1 Leitstand-Fließbild

Im leittechnischen Konzept des Tritiumlagers nimmt das Leitstand-Fließbild eine zentrale Stellung ein. Das Leitstand-Fließbild ist ein schematisches Abbild des Tritiumlagers, das die Signalisierungs- und Bedienungselemente des Lagers enthält.

Die räumliche Anordnung der Bauteile des Tritiumlagers in der Oberen und Unteren Handschuhbox und in der Außenanlage ist durch einen farbigen Untergrund des Blindschaltbildes im Fließbild hervorgehoben.

Entsprechend der Funktion der Baugruppen ist das Leitstand-Fließbild in drei horizontale Bereiche gegliedert. Im oberen Bereich ist das Primärsystem, im mittleren Bereich die Versorgung des Primärsystemes und im unteren Bereich ist die Entsorgung des Tritiumlagers dargestellt. Die Medien, bzw. Baugruppen des Tritiumlagers sind farbige gekennzeichnet. Im Leitstand-Fließbild sind alle wesentlichen Bauteile des Tritiumlagers in Form eines Blindschaltbildes dargestellt.

Der außerordentliche Informationsbedarf über das Tritiumlager bedingt eine örtliche Trennung der analogen- und der binären Informationsdarstellung.

Die analogen Meßwerte werden mit den in den Schaltschränken eingebauten Meß-, Anzeige- und Registriergeräten angezeigt, bzw. registriert. Die binären Informationen über die Grenzwerte und über die Schaltzustände der Stellglieder werden mit den Leucht-tasten und Meldelampen des Fließbildes signalisiert.

Die Informationsdichte im Leitstand-Fließbild macht es außerdem erforderlich, daß die Bedienung der Stellglieder und die Signalisierung ihres Betriebszustandes mit platzsparenden Leuchttasten erfolgt.

Zur Sicherung des Informationsgehaltes der Signallampen wird ihre Funktion mit Lampenüberwachungsbausteinen überwacht. Die Stellglieder werden in beiden Endlagen überwacht und ihre Stellung mit dem am Fließbild angewählten Zustand verglichen.

Die binären Informationen aus dem Tritiumlager werden in der programmierbaren Steuerung des Lagers aufbereitet.

Die programmierbare Steuerung, PC, ist das zentrale Informations- und Sicherheitssystem des Lagers.

Die Abbildung 3.12 zeigt einen Ausschnitt des Leitstand-Fließbildes des Tritiumlagers.

#### 3.9.1.1 **Freigabetaste**

Die Freigabetaste sichert vor der Ausführung eines Befehles bei einer unbeabsichtigten Betätigung einer Leuchttaste. Zur Befehls-gabe an ein Stellglied muß gleichzeitig mit der Stelltaste eine Freigabetaste betätigt werden. Die Betätigung der Freigabetaste ist nicht erforderlich, wenn mit der Stelltaste ein Eingriff der Automatik auf das Stellglied quittiert wird, d. h. der Zustand der Stelltaste mit dem Zustand des Stellgliedes in Übereinstimmung gebracht wird.

#### 3.9.1.2 **Stellglieder**

Aus der Sicht der Leittechnik des Tritiumlagers sind Stellglieder alle Geräte, die vom Leitstand-Fließbild aus über Leuchttasten oder vorort betätigt werden, und deren Stellung am Fließbild signalisiert wird.



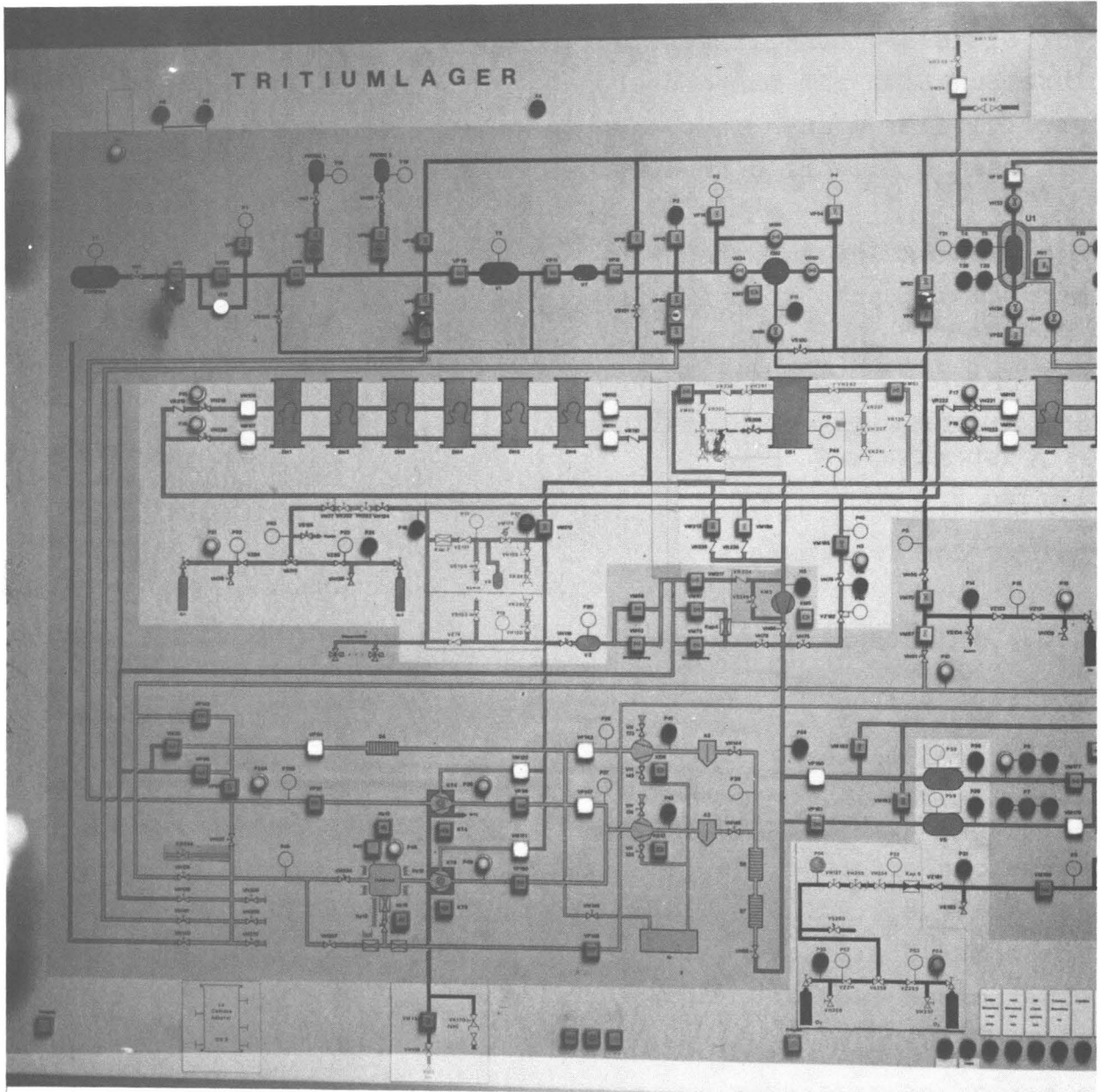


Abb. 3.12: Ausschnitt aus dem Leitstand-Fließbild des Tritiumlagers

Stellglieder ohne Rückmeldung, z. B. Montage- und Dosierventile, sind nur als Symbole im Fließbild eingezeichnet, sind nicht in die Leittechnik einbezogen und erfordern daher ganz besonders die Aufmerksamkeit des Bedienenden.

Stellglieder können über das Sicherheitssystem des Tritiumlagers als Verriegelung oder als automatische Ansteuerung auf andere Stellglieder einwirken.

#### **3.9.1.3 Leuchttasten und Meldeleuchten**

Jedem leittechnisch erfaßten Stellglied des Tritiumlagers ist eine Leuchttaste oder eine Meldeleuchte im Leitstand-Fließbild zugeordnet.

Die Leuchttasten des Fließbildes haben einen quadratischen Frontrahmen mit einer weißen Kalotte. Die Meldeleuchten für Stellglieder haben einen runden Frontrahmen mit einer farbigen Kalotte.

Die Farbe grün bedeutet einen unteren, gefahrlosen Grenzwert. Die Farbe gelb bedeutet einen mittleren Grenzwert, der einer Warnung entspricht.

Die Farbe rot bedeutet einen oberen oder unteren Grenzwert der als automatische Ansteuerung in das Sicherheitssystem eingreift.

Die Farbe blau bedeutet einen Betriebszustand.

#### **3.9.1.4 Leuchttasten und Stellglieder**

Ein Wechsel des Betriebszustandes eines Stellgliedes wird durch gleichzeitigen Druck auf die Leuchttaste und die Freigabetaste eingeleitet.

Der Betriebszustand "Auf" oder "Ein" des Stellgliedes wird mit einer beleuchteten Leuchttaste signalisiert.

Der Betriebszustand "Zu", oder "Aus", des Stellgliedes wird mit einer dunklen Leuchttaste signalisiert.

Eine Abweichung des am Fließbild angewählten Betriebszustandes vom Zustand des Stellgliedes in der Anlage wird an der Leuchttaste mit Blinklicht signalisiert.

#### 3.9.1.5 Signalgebung am Leitstand-Fließbild

Im leittechnischen Konzept des Tritiumlagers gibt es drei Ursachen für einen Unterschied zwischen dem angewählten und dem tatsächlichen Zustand eines Stellgliedes. Dementsprechend kommen auch drei Blinkfrequenzen, das Verriegelungsblinken, das Störungsblinken und das Übergangsblinken zur Anwendung.

##### Verriegelungsblinken

Die erste Ursache für Blinklicht ist ein automatischer Eingriff der Steuerung in Form einer Verriegelung oder einer Zwangsschaltung.

Die Automatik greift infolge eines Ereignisses selbsttätig nach Programm ein und informiert den Bedienenden durch langsames Verriegelungsblinken der Leuchttaste, daß der vom Bedienenden angewählte Zustand mit dem von der Steuerung automatisch hergestellten Zustand nicht übereinstimmt.

Im Programm für das Stellglied wird mit jeder gemeinsamen Bestätigung der Stelltaste und der Freigabetaste der "Null"- "Eins"-Signalzustand des Eingangsmerkers geändert.

Ohne Eingriff einer Verriegelung oder einer Zwangsschaltung wird der Signalzustand des Eingangsmerkers unverändert auf einen Ausgangsmarker übertragen. Verriegelungen greifen dominierend auf den "Null"-Signalzustand des Ausgangsmerkers ein, während automatische Ansteuerungen dominierend auf den "Eins"-Signalzustand des Ausgangsmerkers eingreifen.

Im Programm für das Stellglied wird das Verriegelungsblinken aus einem Unterschied (einer Antivalenz) zwischen dem Signalzustand des Eingangsmerkers und dem Signalzustand des Ausgangsmarkers abgeleitet. Der Bedienende kann das Verriegelungsblin-

ken durch Betätigung der Stelltaste löschen, wobei damit der Signalzustand des Eingangsmerkers mit dem Signalzustand des Ausgangsmerkers in Übereinstimmung gebracht wird.

Das Verriegelungsblinken löst auch eine akustische Summenwarnung aus, die quittierbar ist.

Beim Quittieren oder Löschen des Verriegelungsblinkens ist die gleichzeitige Betätigung der Freigabetaste nicht erforderlich, weil die Freigabe des Stellsignals programmtechnisch aus der Antivalenz zwischen Eingangsmerker und Ausgangsmerker abgeleitet wird.

#### Störungsblinken und Übergangsblinken

Die zweite Ursache für Blinklicht ist eine fehlende, oder eine falsche Stellungs-Rückmeldung von einem Stellglied. Jedes leittechnisch erfaßte Stellglied meldet seine Stellung über Endschalter oder Relais-Hilfskontakte an die programmierbare Steuerung. Sofern es gerätetechnisch durchführbar ist, werden die "Auf"- oder "Ein"-Stellung und die "Zu"- oder "Aus"-Stellung über unabhängige Geber erfaßt.

In der programmierbaren Steuerung werden beide Gebersignale auf einen Unterschied (Exklusiv- ODER) überwacht und mit dem Signalzustand des Ausgangsmerkers verglichen.

Wenn die Automatik nach Ablauf einer Toleranzzeit eine fehlende oder eine falsche Stellungs-Rückmeldung eines Stellgliedes registriert, informiert sie den Bedienenden durch schnelles Störungsblinken, und eine akustische Warnung. Innerhalb der Toleranzzeit nach einem Stellbefehl wird die fehlende Stellungs-rückmeldung mit einem sehr schnellen Übergangsblinken (Lauf-lampe) signalisiert.

Bei Stellgliedern, die von Leuchttasten des Leitstand-Fließbildes aus betätigt werden, ist das Störungsblinken an den weißen, quadratischen Leuchttasten zu sehen. Bei Stellgliedern, die vorort betätigt werden, ist das Störungsblinken

an den weißen, runden, Meldeleuchten des Fließbildes zu sehen. Das Störungblinken ist an den Leuchttasten des Leitstand-Fließbildes nicht quittierbar oder löscherbar. Störungen müssen behoben werden.

Wenn die Störung behoben ist, kann das Störungsblinken mit der Taste "Meldung quittieren" quittiert werden.

#### Grenzwertsignalisierung, Meldungen und Betriebszustände

Grenzwerte werden mit Grenzwertmeldern aus Meßgrößen, wie z.B. Druck oder Temperatur gebildet.

Meldungen können aus den Grenzwerten der Meßgrößen, oder aus binären Ereignissen, wie z.B. "Lampe defekt", abgeleitet werden.

Betriebszustände, wie z.B. der Betriebszustand "Obere Handschuhbox evakuierbar", werden durch eine logische Verknüpfung von Grenzwerten und der Lage von Stellgliedern gebildet.

Grenzwerte, Meldungen und Betriebszustände werden an Leuchtmeldern des Fließbildes angezeigt und als zentrale Meldung akustisch und optisch signalisiert. Die Leuchtmelder für Grenzwerte sind im Blindschaltbild des Fließbildes, die Leuchtmelder für Meldungen und Betriebszustände am Fließbild in der Mitte unten angeordnet. Leittechnisch werden Grenzwerte, Meldungen und Betriebszustände gleich behandelt, sie können über das Sicherheitssystem des Tritiumlagers als Verriegelung oder automatische Ansteuerung auf Stellglieder eingreifen.

Die zentrale Störmeldung kann mit einer Taste "Hupe quittieren" quittiert werden.

Die Einzelmeldung, oder mehrere Meldungen, können mit einer Taste "Meldung quittieren" quittiert werden.

Beim Quittieren einer Meldung geht das Blinklicht des Leuchtmelders in Dauerlicht über, sofern der zu meldende Zustand nach dem Quittieren noch aktuell ist. Der Leuchtmelder wird

dunkel, wenn der zu meldende Zustand nach dem Quittieren nicht mehr aktuell ist.

Das Blinklicht des Leuchtmelders bleibt auch dann bis zum Quittieren der Meldung bestehen, wenn der zu meldende Zustand vor dem Quittieren nicht mehr aktuell war.

Der Eingriff einer Meldung in das Sicherheitssystem in Form einer Verriegelung oder automatische Ansteuerung bleibt solange erhalten, solange die Meldung aktuell ist, oder bis die nicht mehr aktuelle Meldung quittiert wurde. Das Quittieren einer Meldung entspricht einem Rücksetzen einer Meldung, bzw. einer Freigabe zum Rücksetzen einer noch aktuellen Meldung.

### 3.9.2 Meßwertanzeige und Meßwertregistrierung

Mechanische Meß- und Anzeigegeräte sind an der Außenanlage der Handschuhboxen und in der Unteren Handschuhbox des Tritiumlagers aufgebaut.

Elektrische Geräte zur analogen und digitalen Meßwertanzeige, sowie zur Meßwertregistrierung sind in den Schaltschränken des Tritiumlagers untergebracht.

In den Schaltschränken Nr. I und Nr. II sind die Stromversorgung des Tritiumlagers mit den Meßgeräten für elektrische Größen, wie z.B. die Leistungsmessung, installiert.

Im vierteiligen Schrank Nr. VI sind das Leitstand-Fließbild, die programmierbare Steuerung und die Lampenüberwachung untergebracht.

Im Schrank Nr. III befinden sich die Temperaturmeßgeräte und die Regler.

Der Schrank Nr. IV enthält die Durchfluß-Druck- und Feuchtmess-technik.

Der Schrank Nr. V enthält die Vakuummeßtechnik und die Versorgungseinheiten für die Turbo-Molekularpumpen und das Vakuumsystem.

Im Schrank Nr. VII werden an drei zwölfmal Punktdruckern Meßwerte registriert.

Im Schrank Nr. VIII ist die Aktivitäts-Meßtechnik untergebracht.

Abbildung 3.13 zeigt die Schränke mit den Meßwertanzeigen und der Meßwertregistrierung.



Abb. 3.13: Meßwertanzeige und Meßwertregistrierung für das Tritiumlager (ohne Strahlenschutzeinrichtung)

### 3.9.3 Sollwert- und Grenzwerteinstellungen

Sollwerte werden an den Reglern oder an einer externen Sollwert-einstellung der Regler eingestellt. Grenzwerte werden an den Grenzwertmeldern eingestellt. Sollwerte und Grenzwerte werden an Zeigern oder Skalen dargestellt.

### 3.9.4 Verriegelungen und selbsttätige Schaltungen

Verriegelungen und automatische Ansteuerungen werden vorwiegend vom zentralen Sicherheitssystem des Tritiumlagers, der programmierbaren Steuerung ausgeführt.

Für erhöhte sicherheitstechnische Anforderungen im Bereich der Uran-Tritidbehälterheizung ist der programmierbaren Steuerungen ein redundantes Sicherheitssystem in Relais-technik zugeordnet.

Im Programm der programmierbaren Steuerung ist jedem leittechnisch erfaßten Bauteil des Tritiumlagers ein Programmblock für die Bedienung, die Signalisierung, die Verriegelungen und die automatische Ansteuerung zugeordnet.

Die Verriegelungen wirken auf den Rücksetzeingang des Ausgangsmerkers für den Stellausgang.

Automatische Ansteuerungen, auch Zwangschaltungen genannt, wirken auf den Setzeingang des Ausgangsmerkers für den Stellenausgang.

Wenn mehrere Signale auf einen Setz- oder Rücksetzeingang des Ausgangsmerkers wirken sollen, werden diese Signale entsprechend den Anforderungen der Anlage logisch verknüpft auf den Ausgangsmerker geschaltet.



### 3.10 Aufstellungsraum

Der Aufstellungsraum des Tritiumlagers befindet sich im Keller der Chemie-Zellen des Instituts für Chemische Technologie der Nuklearen Entsorgung. Der Raum hat eine Grundfläche von etwa 45 m<sup>2</sup>.

Abbildung 3.12 zeigt den Grundriß des Aufstellungsraumes des Tritiumlagers.

Um das Eindringen von Feuchtigkeit (tritiertes Wasser) in das Mauerwerk der Chemiezellen auszuschalten, sind Wände, Decke und Boden des Aufstellungsraumes mit einer Spezialtapete aus Aluminiumfolie tapeziert. Als Schutz gegen mechanische Beschädigung ist die Tapete an den Wänden und an der Decke mit Latexfarbe überstrichen. Der Boden ist zusätzlich mit einem Kunststofflack beschichtet.

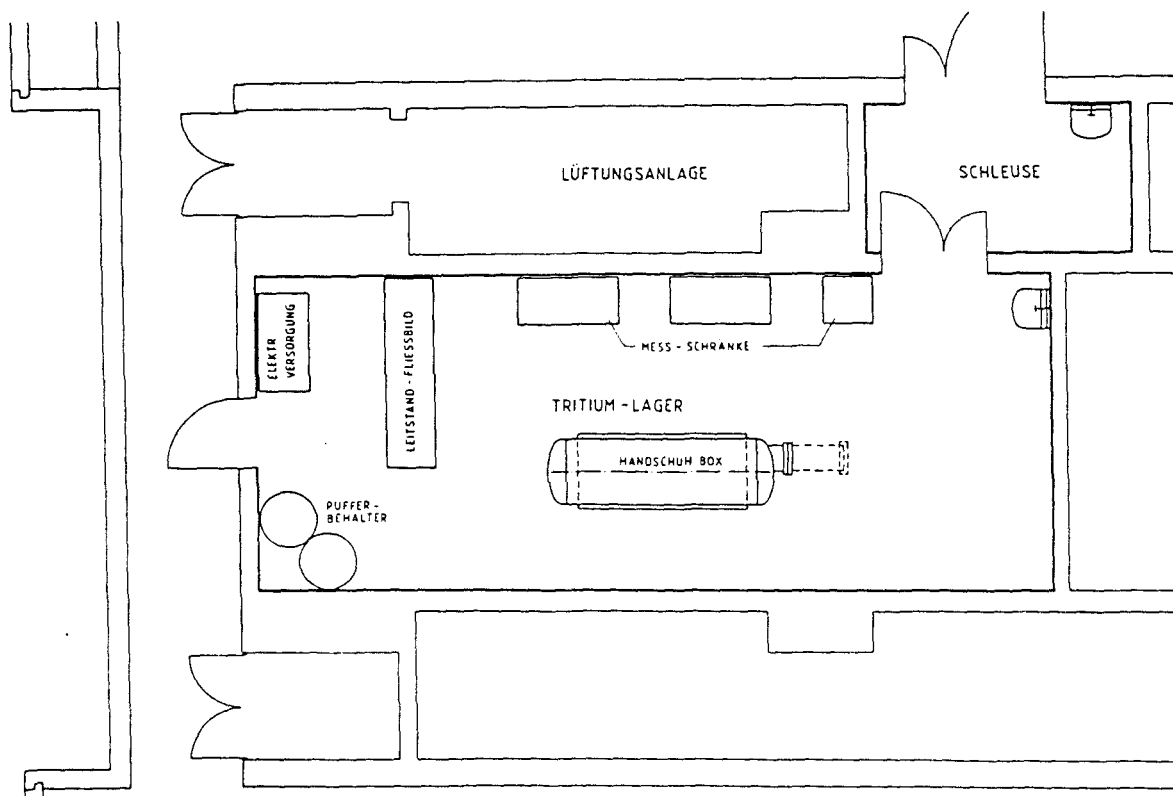


Abb. 3.12: Grundriß des Aufstellungsraumes des Tritiumlagers.

Der Aufstellungsraum des Tritiumlagers besitzt aus Sicherheitsgründen ein von den Chemie-Zellen unabhängiges, eigenes Lüftungssystem. Der Luftdruck im Aufstellungsraum wird auf einem niedrigeren Niveau gehalten als der der ihn umgebenden Räume der Chemie-Zellen. Hierdurch wird eine eventuelle Kontamination der Chemie-Zellenräume mit Tritium verhindert. Der Aufstellungsraum des Tritiumlagers wird über eine Schleuse betreten.

Die Versorgung des Tritiumlagers mit Wasser, wie z.B. Kühlwasser, erfolgt über die Zentral-Wasserversorgung der Chemie-Zellen. Für die Wasserentsorgung werden die Sammelbehälter der Chemie-Zellen benutzt.

Die strahlenschutztechnische Überwachung des Aufstellungsraumes des Tritiumlagers erfolgt durch zwei voneinander unabhängig arbeitende Tritiummonitore.

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Forschungsarbeiten zur kontrollierten Kernfusion wurde in der Kernforschungsanlage Jülich ein Tritiumlager für den Einschluß und die Handhabung von  $10^5$  Ci Tritium gebaut.

Die Entwurfsphilosophie zum Tritiumlager beinhaltet aus sicherheitstechnischen Gründen die Verwirklichung folgender voneinander unabhängiger Maßnahmen:

- Anwendung des Prinzips des Mehrfacheinschlusses
- Aufteilung des Gesamttritiuminventars auf mehrere Lagerbehälter
- Verwendung einer qualitativ hochwertigen Bedienungs- Steuerungs- und Überwachungseinrichtung
- Einsatz von zwei Tritiumfilteranlagen

Das Tritium lagert, gebunden an Uran, als Urantritid ( $UT_3$ ) gleichmäßig verteilt in mehreren Lagerbehältern, die mit sie verbindenden Leitungen das Primärsystem bilden. Das Primärsystem befindet sich in einer unter Argonatmosphäre betriebenen vakuumdichten Handschuhbox, die das Sekundärcontainment darstellt. Die Handschuhbox ist in einem speziell ausgestatteten Raum installiert.

Das Tritiumlager wird fernbedient von einem Leitstand aus betrieben. Eine programmierbare Computersteuerung läßt nur sinnvolle und die Sicherheit des Personals und der Umwelt nicht beeinträchtigende Bedienungsschritte und -folgen zu.

Abgase, die das Tritiumlager verlassen, werden vorher über Tritiumfilteranlagen geleitet und gereinigt.

Literaturverzeichnis

/1/ H.-J. Fabian, H. Lang, H.J. Riedel, H. Stechemesser  
Anlage zur Einschließung und Handhabung von  $10^5$  Ci  
Tritium.

Beitrag zur Jahrestagung Kerntechnik Berlin,  
14. - 16. Juni 1983.

/2/ D. Brock

Sicherheitsgutachten über die Lagerung von 100.000 Ci  
Tritium im Laborraum 3.116.1 im Obergeschoß des Alpha-  
Gamma-Labors im Institut für Chemie, Geb.-Nr. 05.2 W,  
der KFA Jülich GmbH, Jülich

TÜV Rheinland, 1982

/3/ U. Kurz

Der U/UT<sub>3</sub> - Laberbehälter im Tritium-Lager

Jül-Spez-258, Mai 1984