

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

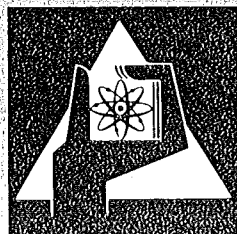
Mai 1975

KFK 2132

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Transferzelle und Kernelementelager für den SNR 2**

W. Zimmermann



**GESELLSCHAFT  
FÜR  
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

**KARLSRUHE**

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2132

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

Transferzelle und Kernelementelager für den SNR 2

von

W. Zimmermann

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe



### Kurzfassung

Nach einem kurzen Überblick über die Entwicklung und den heutigen Stand der Technik wird in der Studie das für den SNR 2 ausgewählte Handhabungskonzept für Kernelemente kurz vorgestellt.

Aus dem großen Bereich der Handhabung wird dann die der Verbindung zwischen Reaktor und mit Natrium gekühltem Kernelementelager dienende Transferzelle näher beschrieben und erste Konstruktionsmerkmale angegeben.

Im zweiten Teil der Studie wird das Kernelementelager näher untersucht. Den heute bekannten Daten für die Kernausslegung entsprechend werden erste Abschätzungen über die Größe und die benötigte Kühlkapazität vorgenommen.

Die Studie soll die Möglichkeit geben, bei der Planung von Reaktortank, -deckel und Gesamtanlage die Belange der Handhabung so frühzeitig wie möglich berücksichtigen zu können.

Transfer cell and Core-Element Storage-Facility for the SNR 2Abstract

Following a short survey of the development and state of the art the concept of fuel element handling chosen for SNR 2 is described briefly in this study.

Of the large field of handling facilities the transfer cell connecting the reactor with the sodium cooled fuel element storage is described in detail and first design features are given.

In the second part of the study the fuel element storage is examined more closely. In accordance with the data presently known of the core design preliminary estimates are made of the size and the required cooling capacity.

The study is to provide the possibility of taking into account as soon as possible the requirements of handling when designing the reactor vessel, the cover, and the whole plant.

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1. Vorbemerkung	5
2. Einleitung	5
3. Ausgewähltes Handhabungskonzept für den SNR 2	7
4. Transferzelle für den SNR 2	9
4.1 Zusammenfassung	9
4.2 Festlegungen für die Auslegung	10
4.3 Abschirmung	11
4.4 Berücksichtigung des Bethe-Tait-Störfalles	12
4.5 Fahrwerk und Endschalter	14
4.6 Antrieb des Fahrwerkes und Fahrgeschwindigkeit	16
4.7 Führungsrohr und Na-Auffangwanne	19
4.8 Hubwerke	21
4.9 Stopfen	22
4.10 Einfügen der Transferzelle in das Gesamtkonzept	25
4.11 Sicherheitsbetrachtung	26
4.12 Offene Probleme	28
5. Kernelementelager	29
5.1 Zusammenfassung	29
5.2 Festlegungen für die Auslegung	30
5.3 Berechnung der erforderlichen Lagerkapazität	30
5.4 Berechnung der Lager-Kühlkreis-Kapazität	30
5.5 Berechnung der Lagerabmessungen	31
5.6 Auswahl verschiedener Konstruktionen	32
5.7 Überprüfung des derzeitigen Referenzkonzeptes	33

Abbildungen

- Abb. 1 Handhabung im Reaktortank
- Abb. 2 Kernelemente-Transfersystem
- Abb. 3 Kernelemente-Lager
- Abb. 4 Querschnitt durch die Transferzelle mit Fahrwerk, Führungsrohr und Transferbüchse
- Abb. 5 Verbindungsrohr und Faltenbalg zwischen Transferzelle und Festdeckel des Reaktors
- Abb. 6 Fahrwerk in Reparaturposition
- Abb. 7 Fahrzeit in der Transferzelle
- Abb. 8 Fahrzeit in der Transferzelle
- Abb. 9 Na-Auffangwanne als Schiebewanne
- Abb. 10 Na-Auffangwanne als Drehwanne
- Abb. 11 Na-Auffangwanne als Klappwanne
- Abb. 12 Einplanung in das Gesamtkonzept, wie es im INTERATOM ITB 74.21 vorgestellt wird.



Literatur

1. Follow on Study GEAP-5618
2. Follow on Study AI-AEC-12765
3. Follow on Study WARD-2000-33
4. SNR 300 Sicherheitsbericht INTAT 84a
5. D.S. Lawson et.al.  
A Review of Available Fast Reactor Fuelling Methods and a Proposal for  
a Refuelling Scheme for Large Commercial Fast Reactors  
Vortrag gehalten auf der Nuclex 72, Technical Meeting No 7/9
6. Joe R. Davis  
EBR-II Fuel Handling Equipment  
Proceedings of 16th Conference on Remote Systems Technology, 1969
7. Conceptual Design Study of a 350 MWe Demonstration Fast Breeder Reactor,  
APDA-215
8. Offenlegungsschrift 2 329 194, Deutsches Patentamt
9. R.H. Campel et.al.  
Primary System Design of Sodium-Cooled Fast Reactors  
Vortrag gehalten auf der Tagung der KITG am 13.6.1973
10. Zimmermann  
Gedanken zum Entwurf eines Na-Lagers für Kernelemente des SNR 2  
INTERATOM Notiz Nr. 43.1457.5 vom 12.2.1974
11. Zimmermann  
Handhabungskonzept für den SNR 2  
INTERATOM Notiz Nr. 43.2099.9 vom 30.8.1974
12. Rauschert  
Reaktordrehdeckelsysteme für SNR 2  
INTERATOM Notiz Nr. 43.899.9 vom 12.12.1972
13. Bauchspieß  
Thermische Verhältnisse beim Transport eines bestrahlten Brennelementes  
in einer Na-gefüllten Büchse  
INTERATOM Notiz Nr. 43.1142.0 vom 17.7.1973
14. Telefonische Mitteilung von Herrn Grönefeld  
INTERATOM, Abt. 4440 vom 27.3.1974

15. Systembeschreibung Kernkraftwerk Kalkar

Handhabung

INTERATOM Ident Nr. 43.01271.7

16. Zimmermann

Randbedingungen für die Auslegung einer Transferzelle

INTERATOM Notiz Nr. 43.1242.8 vom 27.9.1973

17. Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Spenke

INTERATOM, Abt. 4430

18. Projektdefinition SNR 2, Abb. 8

INTERATOM Bericht INTAT 73.8

19. Wagner

Planungsblatt "Grundvoraussetzungen SNR 2", Teil A vom 30.7.74

20. Hahn

SNR 2-Entwurf

INTERATOM Technischer Bericht ITB 74.21 vom 3.4.1974

## 1. Vorbemerkung

Um die Zusammenarbeit und Informationsmöglichkeiten zwischen der Gesellschaft für Kernforschung und der Firma INTERATOM zu verbessern, ist der Verfasser im Rahmen der F+E-Aufgabe 1296.3 vom PSB zur Firma INTERATOM delegiert.

Neben der o.g. Aufgabe ist der Verfasser hier mit Detailaufgaben für die Planung der Handhabungseinrichtungen betraut.

Dem derzeitigen Planungsstand entsprechend wurden zunächst einige Entwurfsstudien zum Kernelementelager und zur Transferzelle durchgeführt. Das Ergebnis dieser Arbeiten wird in diesem Bericht dargestellt.

Der Verfasser möchte an dieser Stelle den Herren Adami und Althaus für die fruchtbaren Diskussionen zu diesen Themen danken.

## 2. Einleitung

Die Handhabung der Kernelemente unterscheidet sich bei natriumgeköhlten (IMR) grundsätzlich von der mit leichtwassergeköhlten Reaktoren (LWR). Während bei den LWR am offenen Reaktortank in einem durchsichtigen Medium, das außerdem noch Abschirmwirkung hat, gearbeitet werden kann, muß bei den IMR über dem Kühlmittel immer eine Inertgasatmosphäre aufrecht erhalten bleiben. Weiterhin ist das Kühlmittel nicht durchsichtig und muß im allgemeinen auch bei höheren Temperaturen gehalten werden, damit es nicht erstarrt.

Um trotzdem ein dem beim LWR ähnliches Handhabungskonzept anwenden zu können, wurde für den IMR das Heiße-Zellen-Konzept entwickelt. [1 + 9]. Ausgeführt wurde dieses Konzept nur beim SEFOR.

Bei dem Heißen-Zellen-Konzept wird über dem Reaktordeckel eine Heiße Zelle installiert, in die der Reaktordeckel gezogen werden kann und in der die Kernelemente in einer Inertgasatmosphäre vom Reaktortank zum Lager transportiert werden können. Bei den verhältnismäßig kleinen Abmessungen des SEFOR war dieses Konzept noch praktikabel. Mit den sich bei Großbrütern ergebenden Abmessungen und Gewichten bereitet das Heiße-Zellen-Konzept jedoch Schwierigkeiten.

Aus diesem Grunde wird heute allgemein das "under the roof"-Konzept geplant und gebaut [2, 3, 4, 5, 6, 9].

Bei diesem Konzept werden die Elemente unter dem Reaktordeckel gehandhabt und durch eine Ausschleusöffnung im Deckel in ein Transportsystem gezogen, das die Elemente zum Lager transportiert. Dieses Transportsystem kann aus einer Flasche bestehen oder aus einer Transferzelle [7 + 9]. Das System mit der Flasche ist durch die Kopplungsvorgänge am Reaktor und am Lager zeitaufwendiger als das Transferzellensystem, bei dem die Kopplungsvorgänge entfallen.

Das Transferzellensystem ist im gewissen Sinne eine Verbindung der beiden genannten Konzepte. Die Elemente werden im Bereich des Reaktortanks unterhalb des Deckels gehandhabt, dann durch die Ausschleusöffnung in die Zelle gezogen und in dieser zum Lager transportiert. Die Schutzgasplenen des Reaktors und des Lagers sind durch die Transferzelle miteinander verbunden.

In [9] wird das Transferzellenkonzept als nur beim Pool-Reaktor anwendbar dargestellt. Nur bei diesem Reaktortyp wäre der Transport der Elemente vom Bereich des Drehdeckels zu der im Festdeckel liegenden Ausschleusöffnung mit einem Rotor möglich. Es ist bei dieser Aussage vorausgesetzt, daß der Transport in Höhe des Reaktorkernes erfolgen muß. Wenn der Transport zwischen Drehdeckel und Festdeckel jedoch oberhalb des Kernverbandes erfolgt [6] ist das Transferzellenkonzept auch beim Loop-Reaktor anwendbar.

Bei der in [8] vorgeschlagenen und beim Phenix in ähnlicher Art verwirklichteten Konstruktion einer Transferzelle besteht der Nachteil, daß Reaktortank und Lager sehr dicht beieinander angeordnet werden müssen.

Eine andere Art der Transferzelle ist eine unterhalb des Natriumspiegels angeordnete Verbindung zwischen Reaktortank und Lager [3]. Um den Durchmesser dieser Verbindung klein zu halten, müssen die Elemente zum Transport in eine horizontale Lage gekippt werden. Dieses Kippen erfolgt unter Natrium. Demgemäß muß die gesamte hierfür erforderliche Mechanik sowohl im Reaktortank als auch im Lager unter Natrium zuverlässig arbeiten.

Ein weiteres Problem ist bei diesem Konzept die Abschottung und thermische Isolierung zwischen dem Primärkühlmittel des Reaktors und dem Kühlmittel des Lagers während des Reaktorbetriebes.

Der Vorteil dieses Konzeptes ist in der immer sichergestellten Kühlung der Elemente während der Handhabung zu sehen.

In der vorliegenden Arbeit soll eine Transferzelle entwickelt werden, bei deren Verwendung die Elemente stets vertikal gehandhabt werden, die prinzipiell beliebige Entfernungen zwischen Reaktortank und Lager gestattet und die außerdem bei entsprechender Gestaltung auch für die Transporte der Elemente zwischen Lager und anderen Handhabungsstationen eingesetzt werden kann.

Weiterhin sind in dieser Arbeit einige Gedanken zur konstruktiven Gestaltung des Kernelementelagers entwickelt.

Mit diesen beiden Ausarbeitungen soll erreicht werden, daß die Belange der Handhabung zu einem recht frühen Zeitpunkt bei der Planung der Gesamtanlage berücksichtigt werden können.

### 3. Ausgewähltes Handhabungskonzept für den SNR 2

Wie oben bereits ausgeführt, ist das beim SNR 300 ausgewählte Handhabungskonzept mit einer abgeschirmten Flasche als Transportsystem zwischen Reaktortank und Lager durch die Kopplungsvorgänge am Reaktor und am Lager sehr zeitaufwendig. Man rechnet für das Ankoppeln der Flasche 4 Minuten und für das Abkoppeln 3,5 Minuten. Zum Auswechseln des Elementes auf einer Coreposition sind insgesamt 4 solcher Kopplungsvorgänge erforderlich, d.h. es werden rund 30 Minuten Arbeitszeit pro auszuwechselndem Element aufgewandt. Bei den am SNR 2 zu handhabenden rund 200 - 300 Elementen pro Kampagne [10, 19] bedeutet dieses bei 75 % Wirkungsgrad einen Zeitbedarf von rund 5,5 bzw. 8,3 Tagen allein für das An- und Abkoppeln der Transportflasche.

Aus diesem Grunde entschied man sich für den SNR 2 für das Transferzellenkonzept.

Der Ablauf der Elementhandhabung im Reaktortank ist in großen Zügen folgender (Abb. 1):

Die Elemente werden von einer Umsetzvorrichtung (F) und einem Transferarm (G) gehandhabt. Der Transferarm überbrückt den Abstand zwischen der Einschleusöffnung, der Transferzelle (H) und dem Fahrbereich der Umsetzvorrichtung. Er führt keinerlei Hubbewegungen aus. Die Elemente werden von dem Hubwerk der Transferzelle aus der Transferbüchse (D) herausgezogen und in den Transferarm eingehängt. Dieser schwenkt dann oberhalb des Kernverbandes zum Fahrbereich der Umsetzvorrichtung, die in dem Drehdeckel (E) montiert ist. Diese Umsetzvorrichtung übernimmt das Element aus dem Transferarm, fährt es zu der gewünschten Coreposition, orientiert die Winkellage und setzt das Element im Coreverband ab.

Um den Drehdeckeldurchmesser möglichst klein zu halten, ist der Fahrbereich der Umsetzvorrichtung auf die äußerste Brutelementreihe (A) begrenzt. Reflektorelemente (B) müssen mit Sondereinrichtungen gehandhabt werden.

Der Ausbau der Elemente erfolgt auf umgekehrtem Wege.

Die Transferzelle verbindet den Reaktortank mit dem Kernelementelager (Abb. 2). In ihr werden die Elemente in Transferbüchsen mit einem einfachen Fahrwerk zwischen den Aus- bzw. Einschleusöffnungen des Reaktors und des Lagers transportiert.

Im Kernelementelager (Abb. 3) werden die Transferbüchsen vom Hubwerk der Transferzelle in die Übergabepositionen eingesetzt. Aus der Transferbüchse werden die Elemente dann von der Umsetzvorrichtung des Lagers gezogen, zu den Lagerpositionen transportiert und dort abgesetzt.

Wie der Transport der Elemente vom Kernelementelager zu den anderen Handhabungsstationen - z.B. Beobachtungszelle, Verpackungsstation, Reinigungszelle - im Kraftwerk SNR 2 erfolgen soll, ist noch vollständig offen [11]. Je nach den räumlichen Gegebenheiten wird hierzu entweder eine Flasche oder ebenfalls eine Transferzelle Verwendung finden.

#### 4. Transferzelle für den SNR 2

##### 4.1 Zusammenfassung

Ausgehend von der Voraussetzung, daß die Elemente in einer Büchse mit 500 mm Außendurchmesser und 7 m Länge - 2 m länger als das Brennelement - transportiert werden, werden die Abmessungen einer Transferzelle zu ca. 2 m äußerer Breite bei einer Abschirmung aus Grauguß bestimmt. Für den Stopfen im Festdeckel des Reaktors wird ein Durchmesser von ca. 600 mm benötigt.

Unter Berücksichtigung der in [12] angegebenen Maße muß die Mitte der Durchzugsöffnung im Festdeckel des Reaktors bei einem Zweifach-Drehdeckel ca. 1,6 m und bei einem Dreifach-Drehdeckel ca. 2,0 m außerhalb der äußersten anfahrbaren Core-Position liegen. Daraus bestimmt sich der Durchmesser des Schildtanks bzw. einer für die Handhabung vorzusehenden Ausbuchtung des Tanks.

Die Gesamtlänge der Transferzelle bestimmt sich aus dem Abstand von Reaktor und Lager. Für die Antriebe werden jeweils Überfahrtslängen von 1 bis 1,5 m benötigt.

Die Transferzelle sollte so in das Gesamtkonzept eingefügt werden, daß sie die Begrenzung des inneren Containments bildet.

Um die Auswirkungen des Bethe-Tait-Störfalles vom Innenraum der Transferzelle fernzuhalten, ist diese bei Reaktorbetrieb nicht mit dem Festdeckel verbunden.

Die Fahrwerke für den horizontalen Transport der Elemente werden so einfach wie möglich konstruiert. Es wird ein einfacher Rahmen, in den das Führungsrohr für die Transferbüchse und den Greifer eingehängt ist, vorgeschlagen.

Die Transferzelle ist so gestaltet, daß alle elektrischen Aggregate außerhalb der Transferzelle im Wartungsgang angeordnet werden.

Die Hubwerke werden als Einzelaggregate an den Positionen auf dem Dach der Transferzelle montiert. Sie sind alle identisch gleich und gegeneinander auswechselbar. Die Durchzugsöffnung im Dach der Transferzelle ist mit einem gasdichten Schieber verschließbar.

Die Stopfen der Festdeckel werden mit speziellen Flaschen durch die Zelle hindurchgezogen und im Wartungsstand abgesetzt. Hier können während der Handhabungszeit die Dichtungen dieser Stopfen gewechselt werden.

Die Transferzelle bekommt einen eigenen Inertgasreinigungskreislauf. Dieser Kreislauf kann eventuell so ertüchtigt werden, daß er die Notkühlung der Elemente übernehmen kann.

Die Abschirmung der Transferzelle ist so auszulegen, daß das Personal und die Umgebung des Kraftwerkes jederzeit sicher vor unzulässiger Belastung durch radioaktive Strahlen und vor Kontamination geschützt wird.

#### 4.2 Festlegungen für die Auslegung

Zur Auslegung der Transferzelle wurden folgende Festlegungen getroffen:

1. Die Elemente werden in Büchsen transportiert.
2. Die Büchsen haben einen Außendurchmesser von 500 mm und sind 2 m länger als ein Brennelement. Gemäß [13] steigt die Temperatur des Natriums in dieser Büchse mit 15 K in 10 min ohne Wärmeabfuhr an der Oberfläche.
3. Die Transferzelle soll so schmal wie möglich werden.
4. Für den Normalbetrieb ist keine aktive Kühlung der Elemente vorgesehen. Bei Störungen im Handhabungsablauf soll zunächst die Wärmekapazität des Natriuminhaltes der Transferbüchse ausgenutzt werden. Eine Notkühlung bei höherem Temperaturniveau ist für größere Störungen vorzusehen.
5. Durch das Transferzellen-Konzept darf der Durchmesser des Reaktortanks nur so wenig wie möglich beeinflusst werden.
6. Alle elektrischen Aggregate sollen außerhalb der Transferzelle angeordnet werden.



#### 4.3 Abschirmung

Die Abschirmung ist in Anlehnung an die Wechselmaschine des SNR 300 so auszulegen, daß in 1 m Abstand von der Außenoberfläche der Transferzelle eine Dosisleistung von 100 mrem/h nicht überschritten wird. Da die Aktivität des SNR 2-Brennelementes zur Zeit noch nicht genau bekannt ist, wird das SNR 300-Element als Referenz herangezogen.

Für die Wechselmaschine des SNR 300 wird eine Abschirmung von 320 mm Blei vorgesehen.

Gemäß [14] sollten für die Transferzelle des SNR 2 folgende Abschirmdicken eingeplant werden:

Schwerbeton ( $\gamma \approx 3,6$ )	1100 mm
Grauguß	550 mm

Für den kritischen Bereich in der Deckelgrube wurde bei dieser Arbeit Grauguß als Abschirmmaterial vorgesehen, damit die Zelle schmal wird und die Durchzugsöffnung durch den Festdeckel des Reaktors so nah wie möglich an den Reaktorkern herankommt. Durch diese Maßnahme soll der Einfluß des Transferzellenkonzepts auf die Abmessungen bzw. Gestaltung des Reaktortanks möglichst klein gehalten werden.

Bei dem z.Zt. im Gespräch befindlichen Konzept eines Nachwärmeabfuhr- bzw. Notkühlsystems mit Tauchkühlern müßte die Auslegung dieser Systeme so erfolgen, daß die Ausschleusposition zwischen den Tauchkühlern eingebaut werden kann.

Bei einer der in Abb. 4 dargestellten Ausführungsform ist die Abschirmung im Bereich der Fahrschienen des Fahrwerkes geschwächt. Hier wird Blei als Abschirmmaterial vorgesehen werden müssen.

Je nach dem wie die Transferzelle in das Gesamtkonzept eingeplant wird, kann evtl. in diesem Bereich die Abschirmung zur Deckelgrube hin schwächer ausgeführt werden. Die Deckelgrube wird bei Handhabungsbetrieb nicht betreten. Somit kann ein Teil der Abschirmung vom Grundendeckel übernommen werden.

Dann sind jedoch die Auswirkungen der Strahlung auf die Einbauten der Deckelgrube - Kabel, Antriebe der Absorberstäbe und Drehdeckel usw. - zu berücksichtigen.

Sofern die Deckelgrube während der Wechselkampagne zur Wartung bzw. Reparatur der dort eingebauten Handhabungseinrichtungen begangen werden muß, werden vorher aus der Transferzelle die Brennelemente entfernt.

Im Bereich außerhalb der Deckelgrube sollte die Abschirmung in Beton - evtl. Schwerbeton - ausgeführt werden.

Da der Drehdeckel über dem Kernelementlager erheblich kleiner werden wird und somit der Festdeckel des Lagers sehr viel breiter ausgeführt werden kann als beim Reaktor, müßte in diesem Bereich eine Abschirmung aus Schwerbeton möglich sein.

Das Dach der Transferzelle ist nicht nur nach abschirmtechnischen Gesichtspunkten auszulegen. Es ist hier zu bedenken, daß das Dach als Arbeitsplattform dient und eine entsprechende Festigkeit haben muß. Evtl. sollte hier auch für eine geringere Dosisleistung, z.B. 2,5 mrem/h an der Oberfläche abgeschirmt werden.

Die Abschirmung des Bodens wird durch den Gebäudeaufbau automatisch gegeben sein. Allerdings muß bedacht werden, daß in den Kreislauf-räumen unterhalb der Transferzelle evtl. während der Handhabung von Elementen Wartungs- und Prüfarbeiten durchgeführt, diese Räume also vom Personal begangen werden. Auf alle Fälle wird hier Beton als Abschirmmaterial eingesetzt werden können.

#### 4.4 Berücksichtigung des Bethe-Tait-Störfalles

Um den Innenraum der Transferzelle nicht für die Beherrschung der bei einem Bethe-Tait-Störfall evtl. aus dem Reaktortank in die Deckelgrube austretenden Druckwelle auslegen zu müssen, sollte die Transferzelle nicht direkt an den Festdeckel des Reaktors angeschlossen werden.

Da andererseits bei Handhabungsoperationen der Schutzgasraum des Reaktors direkt mit der Transferzelle verbunden werden muß, ist eine demontierbare Verbindung zwischen Festdeckel und Transferzelle zu entwickeln. In Abb. 5.1 und 5.2 sind 2 Vorschläge aufgezeigt:

1. ein starres Verbindungsrohr,
2. ein Faltenbalg.

Zu 1.:

Die Montage des festen Rohres erfordert evtl. mehr Zeit als der Vorschlag unter 2. Außerdem wird die Zelle durch den für das Montagerohr vorzusehenden Platz breiter. Schwierigkeiten dürften auch die Dichtungen des Verbindungsrohres bereiten, da keine Abschirmung eingeplant werden kann, ohne die Transferzelle zu verbreitern.

Andererseits können alle Montageoperationen fernbedient vom Dach der Transferzelle aus durchgeführt werden.

Zu 2.:

Der Einbau eines Faltenbalges dieser Abmessungen ist nicht mehr von Hand möglich. Außerdem sind die Platzverhältnisse je nach Abstand des Zellenbodens vom Festdeckel erschwerend für die Arbeit. Es müssen spezielle Hilfsvorrichtungen und Werkzeuge für diese Arbeit eingeplant werden.

Andererseits läßt sich die erforderliche Abschirmung für die Dichtungen - ungefähr 100 mm Stahl - sicherlich verwirklichen.

Zu berücksichtigen ist auch, daß zwischen Transferzelle und Festdeckel Relativbewegungen stattfinden werden. Dieses dürfte für den Einbau eines Faltenbalges sprechen.

Es könnte an einen ständigen Einbau des Faltenbalges bzw. Rohres gedacht werden. Hierbei muß dann die Druckentlastung über Berstscheiben oder andere Sicherheitseinrichtungen sichergestellt werden. Da es sich bei den Belastungen aber um dynamische Vorgänge handelt, die in sehr kurzen Zeiträumen ablaufen, dürfte diese Lösung sicherheitstechnisch einige Schwierigkeiten bereiten. Berstscheiben sind bei sehr schnellen Druckänderungen unzuverlässig. Außerdem dürfte die Berechnung der erforderlichen Querschnitte nicht einfach sein.

Da andererseits bei entsprechender Planung der Hilfseinrichtungen die Montage der Verbindung Transferzelle - Festdeckel in einer vertretbaren Zeit durchgeführt werden kann, sollte der Gedanke einer ständigen Verbindung nicht weiter verfolgt werden.

Um die Strahlenbelastung der Einbauten der Deckelgrube zu reduzieren, wird evtl. der Aufbau einer Abschirmung um die Verbindung Festdeckel - Transferzelle erforderlich.

#### 4.5 Fahrwerk und Endschalter

Das Fahrwerk soll so einfach wie möglich ausgeführt werden. Es soll fernbedient in Einzelteile zerlegt werden können, die einfach aus der Transferzelle ausgeschleust werden können, damit bei Störungen an dem Fahrwerk eine schnelle Reparatur möglich ist.

Diese Überlegungen führten zu einem einfachen Rahmen, in den das Führungsrohr für Greifer und Transferbüchse eingehängt wird. Das Fahrwerk soll ungefähr im Schwerpunkt des beladenen Führungsrohres montiert werden.

Die Laufräder werden unter dem Rahmen montiert, damit die Transferzelle schmal gebaut werden kann.

Da der Radstand sehr kurz ist, muß verhindert werden, daß das Fahrwerk beim Beschleunigen, positiv oder negativ, kippen kann. Hierfür sind mehrere Lösungen denkbar:

1. Stützräder auf der Oberseite des Fahrwerks
2. Schleifbügel auf der Oberseite des Fahrwerks
3. Schienenzangen
4. größerer Radstand

Bei den Lösungen 2 und 3 entsteht Abrieb, der durch die offenen Verbindungen zwischen Transferzelle und Reaktor bzw. Lager in die Kühlmittel dieser beiden Komponenten gelangen könnte.

Bei der Lösung 4 wird die Transferzelle länger als unbedingt erforderlich.

Die Lösung 1 scheint die besten Entwicklungsaussichten zu haben. Außerdem kann die benötigte Stützschiene - wie natürlich auch bei Lösung 2 - als Führung für die Zugvorrichtung verwendet werden.

Die Laufräder können entweder mit oder ohne Spurkranz ausgebildet werden. Spurkranzräder haben den Nachteil, daß sie schwerer laufen und zu einer ungenaueren Positionierung des Fahrwerkes führen.

Bei der Verwendung glatter Räder sind Führungsräder an den bearbeiteten Schienenkanten erforderlich. Die größere Fahrge- nauigkeit dürfte diesen Aufwand aber rechtfertigen. Sofern dann noch ein Paar der Führungsräder federnd mit dem Rahmen verbunden wird, braucht nur eine Schiene und diese auch nur an den Statio- nen genau ausgerichtet zu werden. Die gefederten Räder können auch alle Maßänderungen durch Temperaturänderungen ausgleichen.

Um bei Schäden an den Radlagern Reparaturen einfach und schnell durchführen zu können, sollte der Fahrwerksrahmen folgendermaßen aufgebaut sein:

1. Lauf-, Stütz- und Führungsräder werden jeweils nur an den beiden Längsträgern montiert.
2. Das Führungsrohr für den Greifer und die Transferbüchse wird nur auf die beiden Querträger aufgesetzt.
3. Die Verbindung zwischen Längs- und Querträger wird so ausge- führt, daß sie vom Dach der Transferzelle aus fernbedient gelöst werden kann. Dazu sind weiterhin zum Abstützen der Querträger Zuganker vorzusehen, die vom Dach der Transfer- zelle aus mit diesen Trägern verbunden werden (Abb. 6).
4. An einer Endstellung des Fahrwerks wird in der Stirnwand der Transferzelle eine Schleuse in Verlängerung jeder Schiene vor- gesehen, durch die die beschädigten Fahrwerkshälften aus- und Ersatzteile eingeschleust werden können.

Selbstverständlich kann auch an die Bereitstellung eines Ersatzfahr- werks in der Transferzelle gedacht werden, sofern die Platzverhält- nisse erlauben, Parkplätze für je ein Fahrwerk an jeder Stirnseite der Transferzelle vorzusehen. Diese Verlängerung dürfte aber in der Deckelgrube zu Schwierigkeiten führen.

Die genaue Positionierung des Fahrwerkes an den Stationen kann ent- weder durch Endschalter, die die Antriebe entsprechend schalten oder durch Riegelbolzen erfolgen. Eine Entscheidung hierüber kann wohl erst bei der Detailkonstruktion getroffen werden. Allerdings dürfte mit Riegelbolzen bei geringerem Aufwand eine bessere Anfahrge- nauigkeit erreicht werden können, als mit Endschaltern alleine.

Eine Positionierung des Fahrwerks an den Stationen nur über die Fahrstellungsanzeige dürfte zu ungenau sein, da der elektrische Geber außerhalb der Transferzelle montiert werden muß und somit alle Längenänderungen der Zugeinrichtung in die Anzeigegenauigkeit eingehen.

Bei der Konstruktion der Endschalter sollte bedacht werden, daß die elektrischen Anlageteile außerhalb der Transferzelle liegen sollen.

Die Fahrstellungsanzeige wird am besten auf einer der beiden Trommelachsen (s.u.) montiert. Je nach Aufgabe - nur Anzeige oder Steuerung - ist eine Genauigkeit von  $\pm 10$  bzw.  $\pm 2$  mm erforderlich. Auf eine Stellungsanzeige ganz zu verzichten, scheint nicht sinnvoll, da der Operateur dann ganz auf die visuelle Beobachtung des Arbeitsablaufs angewiesen wäre. Da die Steuerung des gesamten Handhabungsvorganges von einem zentralen Handhabungsfahrstand aus erfolgen wird, müßte bei Ausfall der Fernsehanlage dann eine Beobachtung durch Strahlenschutzfenster vor Ort erfolgen.

#### 4.6 Antrieb des Fahrwerks und Fahrgeschwindigkeiten

Die elektrischen Aggregate des Antriebs für das Fahrwerk sollen außerhalb der Transferzelle liegen. Dadurch scheidet die Möglichkeit des Direktantriebes der Laufräder aus.

Vorgeschlagen wird eine Zugvorrichtung für das Fahrwerk. Es kann sich hier um Seile, Bänder oder Ketten handeln. Ketten haben den Nachteil, daß sie nicht aufgewickelt werden können, sondern in Kettenkästen einlaufen müssen. Außerdem ist bei ihnen der Abrieb auf den Führungsschienen größer als bei Seilen oder Bändern. Bei den erforderlichen Längen der Transferzelle von wohl mindestens 15 m erscheint andererseits ein freies Durchhängen der Zugvorrichtung nicht möglich.

Endlose Zugvorrichtungen haben den Nachteil, daß Spannvorrichtungen eingebaut werden müssen. Da diese Spannvorrichtungen immer aus einem federnden Element bestehen, wird es schwierig werden, die weiter unten gestellte Forderung nach möglichst kurzen Langsamfahrwegen, d.h. aber auch nach möglichst großen Verzögerungen beim Bremsen zu erfüllen. Der Spannweg müßte mindestens die Längen-

dehnung der Zugseile durch einen Temperaturunterschied von 200 K ausgleichen können (ca. 4 cm bei 15 m Seillänge). Wenn man davon ausgeht, daß die Spannvorrichtung beim Bremsen vollständig durchfedert, so entspricht das bereits ca. 50 % des gesamten Langsamfahrweges.

Es wird vorgeschlagen, an den beiden Endstellungen je 2 Aufwickeltrommeln vorzusehen. Bei ca. 1 m Durchmesser entsprechend 3,14 m Umfang würden bei 15 m Fahrstrecke ca. 5 Umdrehungen ausreichen, um das gesamte Seil aufzuwickeln. Diese Querverschiebung des Seiles kann toleriert werden, wobei die Auslegung so erfolgen kann, daß in den Endstellungen des Fahrwerkes das Seil dem Befestigungspunkt am Fahrwerk genau gegenüberliegt.

Vorzusehen sind zwei Zugvorrichtungen für jeweils 100 % der benötigten Zugkraft. 100 % Zugkraft sollte so definiert werden, daß das Fahrwerk mit blockierten Rädern in die Endstellung gebracht werden kann. Hier kann dann vor der Reparatur das Element aus dem Fahrwerk entfernt werden.

Eventuell kann zusätzlich noch ein drittes Sicherheitszugseil, das bei Normalbetrieb unbelastet ist, vorgesehen werden.

Die Zugseile können entweder starr mit dem Fahrwerk verbunden oder an einen Waagebalken angelenkt werden. Bei letzterer Lösung kann evtl. eine Relativbewegung der Seile zueinander zur Betätigung der Natriumauffangwanne (siehe 4.7) eingesetzt werden.

Zusätzlich zu den beiden Antriebsmotoren sollte auf den gleichen Wellen zwei Bremsen - elektrisch oder mechanisch - montiert werden. Somit können die Seile immer gespannt gehalten und ein einwandfreies Fahrverhalten erzielt werden.

Es sind die entsprechenden Hand-Not-Antriebe vorzusehen, die es gestatten, beim Ausfall der Energieversorgung oder der Steuerung das Fahrwerk in eine der beiden Endstellungen zu ziehen, damit die beladene Büchse in das Kernelementelager bzw. den Reaktortank abgesenkt werden kann. Damit ist dann die Kühlung des Elementes sichergestellt.

In den Kurvenblättern Abb. 7 und 8 ist die Gesamtfahrzeit des Fahrwerks der Transferzelle für eine Fahrt über der Langsamfahrgeschwindigkeit  $V_L$  aufgetragen. Als weitere Parameter sind der Langsamfahrweg, die Transferzellenlänge  $S_G$  und die Schnellfahrgeschwindigkeit eingeführt.

Die Kurven zeigen folgendes:

1. Da der Einfluß des Langsamfahrweges auf die Handhabungszeit sehr groß ist, sollte dieser kurz gemacht werden.
2. Dann kann der Einfluß der Geschwindigkeit auf diesem Weg vernachlässigt werden. Der Aufwand für eine hohe Langsamfahrgeschwindigkeit ist dann nicht gerechtfertigt.
3. Der Einfluß der Zellenlänge auf die Handhabungszeit ist erheblich. Das Kernelementelager sollte daher so nahe wie möglich an der Reaktorgrube eingeplant werden.

Angestrebt werden sollte ein Langsamfahrweg von 0,1 bis 0,25 m bei einer Geschwindigkeit von 0,25 bis 0,5 m/min.

Es müssen in jeder Kampagne rund 200 - 300 Elemente gehandhabt werden. Mit den oben vorgeschlagenen Werten werden dann als reine Fahrzeit in der Transferzelle bei 15 m Zellenlänge zwischen 5,3 und 16,0 h bei 24 m/min bzw. 9,3 und 22,0 h bei 12 m/min Schnellfahrgeschwindigkeit benötigt.

Bei der Wahl der Fahrzeit in der Transferzelle müssen auch die Handhabungsgeschwindigkeiten der anderen Komponenten berücksichtigt werden. Es handelt sich hierbei um die Umsetzvorrichtung und den Transferarm im Reaktor und die Umsetzvorrichtung im Lager. Es ist nicht gerechtfertigt, in der Transferzelle eine sehr kurze Fahrzeit mit großem Aufwand zu erreichen um dann an den Stationen wegen längerer Arbeitszeiten der anderen Komponenten Wartezeiten in Kauf nehmen zu müssen. Diese Abstimmung kann erst erfolgen, wenn die anderen Komponenten entsprechend weit ausgearbeitet sind.

Die Steuerung der Fahrwerkantriebe sollte von einem zentralen Handhabungsfahrstand aus erfolgen. Sinnvoll dürfte hier der Einsatz einer vollautomatischen Programmsteuerung sein, die den gesamten Handhabungsablauf steuert und über entsprechende Eingaben auch gleich die Kernelementekartei bzw. die Lebenslaufakten eines jeden Kernelements



führt. Ein Beispiel hierfür könnte die "fuel handling consol" des EBR-II sein [6]. Unter "gesamter Handhabungsablauf" ist hier die Steuerung auch der Drehdeckel, der Hubwerke der Transferzelle, der Umsetzvorrichtungen usw. zu verstehen.

Das Programm für die Steuerung sollte so ausgelegt sein, daß außer der Elementnummer nur noch die Bezeichnung der neuen Position eingegeben werden muß. Die erste Erfassung der Elemente im Reaktor müßte beim Eingang in das Kraftwerk erfolgen. Von da an sollte die Steuerung immer wissen, wo sich die einzelnen Elemente befinden. Das gilt sowohl für Brennelemente als auch für Brut-, Reflektor- und Absorberelemente.

Dieses Programm könnte evtl. auch noch mit den Forderungen der Spaltstoffflußkontrolle abgestimmt werden. Dann würde eine gesonderte Erfassung der Elemente für die Überwachung entfallen.

Andererseits könnte auch an den Einsatz eines Rechners gedacht werden, der sowohl die Steuerung übernimmt als auch den Abbrand der Elemente, Spaltprodukte-Aufbau, Core-Beladeplan usw. berechnet und ausdrückt.

#### 4.7 Führungsrohr und Natriumauffangwanne

Die Elemente werden aus dem Reaktor in Natrium gefüllten Transferbüchsen von 500 mm Außendurchmesser und 7 m Länge gezogen. Diese Büchsen sind von dem Fahrwerk zum Kernelementelager zu transportieren.

Als einfachste Aufnahmevorrichtung für diese Büchse bietet sich ein einfaches Führungsrohr im Fahrwerk an. Dieses Rohr dient gleichzeitig zur Führung des Greifers in der Transferzelle. Es ist mit Schlitzfenstern versehen, um die Kühlung der Büchsenoberfläche bei Betriebsstörungen durch einen Gasstrom zu ermöglichen.

Das Führungsrohr wird von oben in das Fahrwerk eingehängt und gesichert. Es sind in der Zelle die erforderlichen Werkzeuge vorzusehen, um bei Störungen diese Sicherungen fernbedient lösen zu können. Auf einer Station muß nach der Demontage des Hubwerkes eine Flasche montiert werden können, mit der das Führungsrohr aus dem Fahrwerk und der Transferzelle herausgezogen werden kann.

Da das Führungsrohr kaum aktiviert werden dürfte, muß diese Flasche das Personal nur gegen die mögliche Kontamination des Führungsrohres abschirmen und eine Schutzgasatmosphäre für das mit Natrium benetzte Führungsrohr aufrechterhalten. Eine Fernbedienung des Antriebs dieser Flasche vom zentralen Handhabungsfahrstand aus erscheint nicht gerechtfertigt.

Die Transferbüchse mit dem Element wird von unten in das Führungsrohr hineingezogen. Somit muß dieses Rohr an seinem unteren Ende ein bewegliches Auflager für die Büchse besitzen, da sie bei der Horizontalfahrt vom Greifer abgekuppelt ist. Dieses Auflager kann gleichzeitig zum Auffangen des evtl. von der Büchse abtropfenden Natriums dienen.

Prinzipiell wäre durch einen Gasstrom von der Transferzelle in den Reaktor bzw. das Kernelementelager - durch Überdruck in der Zelle gegenüber Reaktor und Lager - ein Abblasen der Büchsenoberfläche möglich. Allerdings würde dann das Plenumgas des Reaktors und des Lagers mit dem Schutzgas der Transferzelle vermischt. Da aber die Qualität des Schutzgases der Transferzelle nicht der Reaktorqualität entsprechen wird, sollte dieses vermieden werden.

Die Größe der Natriumauffangwanne wird nach den Erfahrungen mit der Natriumauffangwanne der Wechselmaschine des SNR 300 zu bestimmen sein. Sie muß möglichst die während einer Wechselkampagne anfallende Natriummenge aufnehmen können.

Die einfachste Ausführungsform dieser Natriumauffangwanne besteht in einer Verlängerung des Führungsrohres, die entweder in Fahrtrichtung oder quer dazu beweglich angeordnet ist. Die Betätigung kann entweder durch Relativbewegung der Zugseile oder durch eine spezielle Vorrichtung an den Stationen erfolgen.

Die Sicherung der Natriumauffangwanne gegen unbeabsichtigtes Öffnen während der Fahrt kann durch die Transferbüchse selbst übernommen werden. Die Wanne muß nur so weit nach oben geführt werden, daß der zylindrische Teil der Transferbüchse diese Sicherung übernehmen kann.

Die Abb. 9 bis 11 zeigen verschiedene Ausführungsformen der Lagerung der Auffangwanne. Wichtig ist hierbei, daß die Lagerung der Natriumauffangwanne demontierbar mit dem Führungsrohr verbunden wird, so daß die Wanne ohne Demontage des gesamten Führungsrohres bei einer Störung aus der Transferzelle ausgebaut werden kann. Hierzu sind an geeigneter Stelle in der Transferzelle die erforderlichen Werkzeuge und Hilfsgeräte sowie eine Schleuse vorzusehen.

Da sich aufgrund der Erfahrungen bei KNK in der Natriumauffangwanne überwiegend Natriumoxyd befinden wird, das nicht abgeschmolzen werden kann [15], wird eine Entleerungsvorrichtung z.Zt. nicht eingeplant. Falls die Wanne gefüllt sein sollte, wird sie ausgebaut und durch eine neue ersetzt. Die Entleerung erfolgt dann außerhalb der Transferzelle.

Die Basis für diese Entscheidung ist mit nur einer Anlage noch sehr schmal. Da aber bis zur Vergabe der Fertigungsaufträge auch Erfahrungen von SNR 300 vorliegen werden, ist eine Korrektur rechtzeitig möglich.

#### 4.8 Hubwerke

Die Hubwerke sind außerhalb der Transferzelle montiert. Diese Forderung wird erhoben, damit keine elektrischen Aggregate innerhalb der Zelle angeordnet werden müssen.

Sofern die Hubwerke auf dem Fahrwerk montiert würden, müßte die Energieversorgung und Steuerung entweder über Schleppkabel erfolgen oder jeweils an den Stationen mit Steckern, Kontaktplatten o.ä. die Verbindung hergestellt werden. Alle diese Einrichtungen sind störanfällig und können die Verfügbarkeit des Kraftwerkes negativ beeinflussen.

Es könnte auch daran gedacht werden, nur die Antriebsmotore außerhalb der Zelle anzuordnen und die mechanischen Teile des Hubwerkes auf dem Fahrwerk zu montieren. Die Verbindung könnte durch einfache Steckkupplungen hergestellt werden. Dann ergibt sich immer noch die Notwendigkeit, Endschalter, Bremsen, Teufenanzeige usw. innerhalb der Zelle mit Energie zu versorgen und die Meßwerte aus der Zelle herauszuführen.

Bei den Hubwerken wird es sich um ähnliche Aggregate handeln, wie für die Wechselmaschine des SNR 300. Es ist an einen an Bändern hängenden Greifer gedacht. Die Betätigung des Greifers erfolgt durch Relativbewegung der Bänder zueinander.

Es ist für jede Handhabungsstation ein Hubwerk vorzusehen.

Die Hubwerke werden auf dem Dach der Transferzelle auf gasdichten Schiebern, evtl. Abschirmblöcken, montiert. Sie sind selbst soweit wie erforderlich gasdicht ausgeführt. Alle Hubwerke sind identisch und können ggf. gegeneinander ausgewechselt werden.

Zur Montage der Stopfen der Festdeckel des Reaktors und Lagers werden die Hubwerke durch spezielle Flaschen ersetzt.

Die Steuerung der Hubwerke sollte von dem zentralen Handhabungsfahrstand aus erfolgen.

Es müssen die erforderlichen Hand-Not-Antriebe vorgesehen werden, die es gestatten, eine beladene Büchse beim Ausfall der Energieversorgung oder der Steuerung für die Hubwerke in das Brennelementelager bzw. den Reaktortank abzusenken. Damit ist dann die Kühlung des Elements sichergestellt.

#### 4.9 Stopfen

An der Transferzelle werden mehrere Arten von Stopfen benötigt:

1. Stopfen im Festdeckel des Kernelementelagers
2. Stopfen im Festdeckel des Reaktors
3. Bodenverschlußstopfen der Transferzelle über dem Reaktor
4. Stopfen für die Durchzugsöffnungen im Dach der Transferzelle an den Handhabungsstationen
5. Stopfen im Dach der Transferzelle an den Wartungs-, Beobachtungs- und Reparaturstationen

##### Zu 1.:

Der Stopfen im Festdeckel des Lagers ist Bestandteil des Festdeckels. Er wird mit diesem zusammen entwickelt. Da aber die Transferzelle mit dem Festdeckel des Lagers fest verbunden werden kann, bildet dieser Stopfen auch den Bodenverschluß der Transferzelle an dieser Stelle.

Der Stopfen wird während der Vorbereitungsarbeiten aus- und nach Abschluß der Wechselkampagne wieder eingebaut. Da dieser Stopfen nicht stark aktiviert, jedoch kontaminiert ist, muß er mit einer Flasche aus der Transferzelle ausgebaut werden. Diese Flasche wird anstelle des Hubwerkes für Elemente auf der Station montiert. Sie hat einen Bodenschieber und einen Antrieb für das Hubwerk. Auf Fernsteuerung kann verzichtet werden. Die Flasche muß gasdicht sein. Ob innerhalb der Transferzelle noch ein Führungsrohr für den Stopfen benötigt wird, muß bei der Detailkonstruktion entschieden werden.

Zu 2.:

Der Stopfen im Festdeckel des Reaktors ist nicht direkt Bestandteil der Transferzelle, muß aber von Einrichtungen der Transferzelle gehandhabt werden; deshalb wird er hier erwähnt.

Auch dieser Stopfen muß mit einer Flasche durch die Transferzelle ausgebaut werden, nachdem die gasdichte Verbindung zwischen Zelle und Festdeckel hergestellt worden ist. Da dieser Stopfen an seinem unteren Ende aber stark aktiviert ist, muß diese Flasche entsprechend abgeschirmt sein. Sonst gilt für diese Flasche das gleiche wie das unter Pkt. 1 gesagte. Es soll versucht werden, die beiden Stopfen so auszubilden, daß sie von derselben Flasche gehandhabt werden können.

Zu 3.:

Um die Inertgasatmosphäre in der Transferzelle auch nach dem Trennen der Zelle vom Festdeckel des Reaktors aufrechterhalten zu können, muß die Zelle an dieser Stelle einen eigenen Bodenverschluß besitzen.

Dieser Stopfen kann sehr einfach ausgeführt werden. Er muß das Kraftwerkspersonal bei den Montagearbeiten am Stopfen des Festdeckels des Reaktors gegen die durch Kontamination der Transferzelle entstehende Strahlung abschirmen und den gasdichten Verschluß der Zelle gewährleisten.

Für die Demontage dieses Stopfens gibt es mehrere Wege. Zum Beispiel:

1. Es besteht die Möglichkeit, den Bodenverschlußstopfen der Transferzelle - evtl. im Zuge der Montage der gasdichten Verbindung Transferzelle-Reaktor - mit dem Stopfen im Festdeckel des Reaktors zu verbinden und beide Stopfen gemeinsam zu ziehen oder

2. dieser Stopfen wird so ausgelegt, daß er auch während der Handhabungskampagne in der Transferzelle verbleibt und bei Störungen an den maschinellen Einrichtungen der Zelle - z.B. dem Fahrwerk - mit Hilfe von Zellenwerkzeugen als Verschlußdeckel verwendet werden kann. Dieser Verschlußdeckel ist erforderlich, damit bei der fernbedienten Montage von Zelleneinrichtungen keine Kleinteile in den Reaktortank hineinfallen können [16].

Zu 4.:

Ob diese Stopfen wirklich erforderlich sind, muß bei der Detailkonstruktion entschieden werden. An diesen Positionen sind gasdichte Schieber, evtl. Abschirmblöcke, vorgesehen. Außerdem werden immer Hubwerke oder Flaschen an diesen Positionen montiert sein. Es kann jedoch für die evtl. Reparatur eines Schiebers oder Abschirmblocks der gasdichte Verschluß der Transferzelle durch einen Stopfen erforderlich werden. Sofern alle Durchzugsöffnungen an den Handhabungsstationen identisch ausgeführt werden können, dürfte aber die Beschaffung von ein bis zwei Stopfen hierfür ausreichend sein.

Diese Stopfen sollten dann wenn irgend möglich auch mit derselben Flasche wie die Stopfen unter 1. und 2. gehandhabt werden können, sofern nicht ein noch einfacheres Verfahren mit Plastikfolien möglich wird.

Zu 5.:

Da die Transferzelle so schmal wie möglich ausgelegt werden soll, können an den Seitenwänden wohl kaum Werkzeuge und Manipulatoren für die Wartung bzw. Reparatur eingebaut werden. Auf alle Fälle können diese Vorrichtungen dort nicht dauernd stationiert sein. Planungsstand ist, alle Werkzeuge vom Dach der Transferzelle aus einzubauen und zu bedienen. Entsprechend müssen dann die Einbauten der Transferzelle ausgelegt werden.

Es ist in diesem Zusammenhang auch an die erforderlichen Strahlenschutzfenster zur Beobachtung der Arbeiten gedacht. Diese Fenster sind natürlich ständig eingebaut. Sie müssen auf der Unterseite gegen die hohe Strahlenbelastung bei Handhabungsoperationen durch entsprechend ausgelegte Abschirmungen und auf der Oberseite gegen Beschädigung durch das Betreten des Zellendaches geschützt werden.

Auch die Beleuchtung der Transferzelle wird sich an Stopfen befinden, die im Dach der Zelle montiert werden.

Generell ist zu diesem Thema zu sagen, daß für alle ständig zu handhabenden Stopfen, insbesondere die unter 1., 2. und 3. erwähnten, entsprechende Absetzpositionen einzuplanen sind. An diesen Positionen muß auch die Möglichkeit bestehen, die Dichtungen der Stopfen zu wechseln.

Es wurde bis jetzt immer davon ausgegangen, daß die Stopfen der Festdeckel außerhalb der Transferzelle gelagert werden. Vorstellbar ist auch, daß im Boden der Zelle Lagerpositionen eingeplant werden können.

Weiterhin ist bei der Auslegung der Stopfen daran zu denken, daß die Dichtungen selbst ausreichend gegen die in der Zelle herrschende Strahlung abgeschirmt sind. Während einer Handhabungskampagne darf die zulässige integrierte Strahlendosis nicht überschritten werden. Bei Störfällen, bei denen ein Element im Bereich einer Dichtung hängenbleiben kann, darf noch gegen Ende der Handhabungskampagne innerhalb von 10 Stunden keine Beeinträchtigung der Wirkung der Dichtung eintreten.

#### 4.10 Einfügen der Transferzelle in das Gesamtkonzept

Die Transferzelle sollte so in das Gesamtkonzept eingefügt werden, daß die Auswirkungen auf die anderen Anlagekomponenten möglichst gering sind.

Speziell im Bereich der Reaktordeckelgrube ist hierzu eine enge Zusammenarbeit zwischen den betroffenen Sachbearbeitern dringend erforderlich.

Von Seiten der Handhabung wird der Wunsch erhoben, die der Reaktormitte zugewandte Seite der Transferzelle in der Deckelgrube als Begrenzung des inneren Containments auszubilden. Dann könnte die andere Seite als Wartungs- und Bedienungsgang ausgebildet werden. Dieses hätte den Vorteil, daß alle Wartungs- und Reparaturarbeiten während des Reaktorbetriebes ausgeführt werden könnten. Sofern die Transferzelle auch zum Transport der Elemente vom Lager zu anderen Handhabungsstationen eingesetzt wird, ist dieser Wunsch zwingend zu erfüllen.

Da die Deckelgrube bei Handhabungsoperationen nicht betreten wird, kann auf dieser Seite evtl. auf eine spezielle Abschirmung gänzlich verzichtet werden, so daß diese Wand nur nach Festigkeitsgesichtspunkten ausgelegt werden muß. Die Abschirmung wird dann vom Grubendeckel übernommen.

Die Kotenhöhe des Daches der Transferzelle sollte, wenn möglich, mit der der Oberkante der Grubenabschirmung identisch sein. Das hätte den Vorteil eines glatten, ebenen Fußbodens in der Handhabungshalle.

Der Abstand des Bodens der Transferzelle vom Festdeckel des Reaktors bestimmt sich aus mehreren Kriterien:

1. Die evtl. bei einer Bethe-Tait-Exkursion aus der Durchzugsöffnung im Festdeckel austretende Druckwelle darf den Boden der Transferzelle nicht beschädigen. Dieser Boden ist ebenso wie die eine Seitenwand als Begrenzung des inneren Containments auszubilden.
2. Die für die Handhabung erforderliche gasdichte Verbindung zwischen Transferzelle und Festdeckel muß montiert werden können.
3. Um den Einfluß des Transferzellenkonzepts mit einer Ausschleusöffnung außerhalb des Kernbereichs auf den Tankdurchmesser kleinzuhalten, müssen evtl. die Antriebe der Drehdeckel unter der Transferzelle hindurchfahren können.

Sofern ein Überbauen des Drehdeckels durch die Transferzelle eingeplant wird, muß dieser Bereich der Zelle demontierbar ausgeführt werden, damit der Drehdeckel zur evtl. Reparatur von Tankeinbauten ausgebaut werden kann.

In Abb. 12 ist die gewünschte Einfügung einer Transferzelle in die Entwürfe zur Gesamtanlagenplanung mit ihren heute bekannten Abmessungen gemäß INTERATOM ITB 74.21 / 20 ] eingetragen.

#### 4.11 Sicherheitsbetrachtung

Es soll im Rahmen dieser Arbeit keine ausführliche, abschließende Sicherheitsbetrachtung angestellt werden. Hierzu ist vorher eine weitere konstruktive Ausarbeitung erforderlich.



Bei der Auslegung der Transferzelle sind alle einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen zu beachten.

Die Transferzelle ist so auszulegen, daß sowohl bei Routineoperationen als auch bei der Behebung von Störungen das Personal und die Umgebung des Kraftwerkes zuverlässig gegen unzulässige Einwirkungen von radioaktiven Strahlen und gegen Kontamination geschützt wird.

Dieses gilt auch für den Fall, daß in der Transferzelle ein Element beschädigt wird und Spaltprodukte in die Zellenatmosphäre freigesetzt werden.

Bei der Auslegung der Komponenten der Transferzelle muß bedacht werden, daß ein in der Transferzelle befindliches Element, das eine Nachwärmeleistung hat, immer entsprechend seiner Leistung gekühlt werden kann. Diese Kühlung kann im Normalfall in der Ausnutzung der Wärmekapazität des Natriuminhaltes der Transferbüchse gegeben sein.

Für den Störfall sind die Komponenten so auszulegen, daß die Elemente mit Hilfe von Notantrieben, zusätzlichen Hilfseinrichtungen oder ähnlichem entweder wieder in den Reaktortank zurück oder in das Lager gebracht werden können. Die Auslegung muß so erfolgen, daß hierbei keine Beschädigung der Elemente eintritt.

Trotzdem sollte für den extremen Störfall auch die Möglichkeit der forcierten Wärmeabfuhr von der Oberfläche der Transferbüchse durch z.B. einen Gasstrom vorgesehen werden. Hierbei kann dann aber ein höheres Temperaturniveau zugelassen und evtl. analog zum SNR 300 eine teilweise Beschädigung der Elemente toleriert werden.

Ein besonderes Augenmerk ist auch der Absturzsicherung von Elementen in den Reaktor bzw. das Lager zu widmen.

Da von den Komponenten der Transferzelle weder am Kernverband des Reaktors noch an den Lagerpositionen selbst Operationen ausgeführt werden, brauchen keine Maßnahmen gegen versehentliches Handhaben eines falschen Elements - z.B. Absorber anstelle BE - vorgesehen werden. Da der Transferarm im Reaktortank jedoch keine Hubbewegungen ausführen soll, muß der Greifer des Hubwerkes an der Ausschleusöffnung sowohl nackte Elemente zum Einsetzen in die Transferbüchse als auch diese selbst greifen können.

Die Transferbüchse ist so auszulegen, daß verbogene Elemente sicher gehandhabt werden können.

Zur Vermeidung von Thermoschock-Beanspruchungen für die Transferbüchse und die Elemente sind die Temperaturen des Kühlmittels im Reaktortank und im Lager so einzustellen, daß die Aufheizung des Natriums in der Transferbüchse durch die Nachzerfallsleistung während der normalen Transportzeit gerade ausgeglichen wird.

Zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Schutzgasqualität wird die Transferzelle mit einem Gasreinigungskreislauf ausgerüstet. Dieser Kreislauf kann evtl. so ausgelegt werden, daß er die oben erwähnte Notkühlung sicherstellen kann.

Die Transferzelle ist keinen extremen Beanspruchungen durch Temperatur, Druck oder Strahlung ausgesetzt. Für die Auswahl der Werkstoffe sind deshalb nur Gesichtspunkte maßgebend, die sich aus Funktion und Wartung ergeben.

#### 4.12 Offene Probleme

In diesem Kapitel sollen die bekannten, in dieser Notiz jedoch nicht weiter behandelten offenen Probleme kurz angesprochen werden. Eine detaillierte Bearbeitung dieser Fragen ist z.Zt. nicht möglich, da die Randbedingungen - z.B. Gebäudeaufbau, Drehdeckeldurchmesser, Brennelementabmessungen usw. - nicht genau genug bekannt sind.

- Außer dem unter Pkt. 4.10 bereits angesprochenen Einfluß des Drehdeckels auf die Gestaltung der Transferzelle in der Deckelgrube sind evtl. Einflüsse durch die Umsetzvorrichtung und den Transferarm zu berücksichtigen.
- Die Abmessungen der Transferbüchse sind im Hinblick auf die Ausbildung eines Naturumlaufes des Natriums in der Büchse zu optimieren. Die Temperaturverteilung in der Büchse ist mathematisch und evtl. experimentell zu bestimmen.
- Die aufgrund der zulässigen radiologischen Belastung der Umgebung der Transferzelle erforderliche Dichtheit ist festzulegen.
- Das Konzept für die Wartung der Zelleneinbauten ist zu detaillieren.

- Ein Konzept für die Dekontamination und Reinigung der Zelle ist zu erarbeiten.
- Für das Betreten der Zelle sind die erforderlichen Einrichtungen - Schleuse, Schutzanzug usw. - zu entwerfen.
- Es ist zu überdenken, ob zum Antrieb von Hub- und Fahrwerk anstelle von Elektromotoren nicht pneumatische Motore mit Argon als Arbeitsmedium vorgesehen werden können. Diese Motore könnten innerhalb der Zelle eingesetzt werden. Allerdings müßte das Problem der Fernübertragung von Meßwerten - Stellungsanzeige, Endschalter usw. - gelöst werden.

Es könnten dann sehr viele Durchführungen durch die Zellenwand entfallen. Die erforderliche Dichtheit der Zelle wäre leichter zu verwirklichen.

- Das Konzept der Notkühlung bei Betriebsstörungen ist zu entwickeln. Dabei ist zu bedenken, daß das Element sich auch gerade in der Durchzugsöffnung eines Festdeckels befinden kann.

## 5. Kernelementelager

### 5.1 Zusammenfassung

Die Elemente werden von der unter 4. beschriebenen Transferzelle in Transferbüchsen zum Lager gebracht. Die Transferbüchsen werden vom Hubwerk der Transferzelle in die Übergabepositionen des Lagers eingesetzt.

Von der Umsetzvorrichtung des Lagers müssen die Elemente aus der Transferbüchse gezogen, zu den Lagerpositionen transportiert und hier abgesetzt werden.

Das Lager soll als Stapellager ausgebildet werden, d.h. die Elemente werden in zwei Ebenen übereinander gelagert.

Es werden verschiedene Umsetzvorrichtungen für das Lager, verschiedene Lagerdeckel und -formen und die sich daraus ergebenden Übergabepositionen und die Auswirkungen auf die Größe des Lagers angesprochen. Die verwendeten Angaben über die Brenn-, Brutelemente und Absorber sind nur vorläufiger Natur. Auch ist das Management der Brutelemente noch nicht

festgelegt. Es können somit noch Änderungen erforderlich werden, die aber das Konzept des Lagers kaum beeinflussen werden, allenfalls seine Größe.

Das z.Zt. gültige Referenzkonzept [18] wird mit anderen Konzepten verglichen.

## 5.2 Festlegungen für die Auslegung

Es wird davon ausgegangen, daß sich im Reaktor

511 Brennelemente,  
176 Brutelemente,  
36 Absorber, insgesamt also  
721 Elemente

befinden [17].

Die Reflektorelemente werden nicht betrachtet.

Das Lager ist für die Zyklen  $n = 2$  und  $n = 3$  für Brennelemente und eine doppelte Standzeit für Brutelemente auszulegen.

Um den Reaktortank für Inspektions- und Reparaturzwecke ausräumen zu können, müssen im Lager eine Coreladung plus eine Wechselmenge eingelagert werden können.

## 5.3 Berechnung der erforderlichen Lagerkapazität

Zyklus  $n = 2$ :

Es müssen 255 Brenn- und 44 Brutelemente gehandhabt werden. Somit sind insgesamt 1020 Lagerpositionen erforderlich.

Zyklus  $n = 3$ :

Es müssen 170 Brenn- und 29 Brutelemente gehandhabt werden. Somit sind insgesamt 920 Lagerpositionen erforderlich.

## 5.4 Berechnung der Lager-Kühlkreis-Kapazität

Ausgehend von einer Reaktorleistung von  $5000 \text{ MW}_{\text{th}}$ ,  $10\% = 500 \text{ MW}$  davon in den Brutelementen erzeugt, ergibt sich eine mittlere Leistung von  $8,8 \text{ MW/Brennelement}$  und  $2,9 \text{ MW/Brutelement}$  im Reaktor.

Unter Berücksichtigung der bekannten Abklingkurven ergeben sich die in Tabelle 1 angegebenen Verhältnisse von Nachwärmeleistung zur Betriebsleistung und die in Tabelle 2 aufgeführten vom Kühlkreislauf des Lagers abzuführenden Wärmemengen als Funktion der Abschaltzeit. Da über die

Handhabungsgeschwindigkeit, die benötigten Vorbereitungszeiten usw. z.Zt. noch keine Angaben gemacht werden können, wird in Tabelle 2 immer angenommen, daß sich alle Elemente zu dem betrachteten Zeitpunkt im Lager befinden. Es handelt sich also immer um die maximal abzuführende Wärmemenge.

Die Elemente sind bei diesen Überlegungen alle in einem Lager eingesetzt. Sofern zwei oder mehr Lager gebaut werden sollten, müßten die Kühlkreisläufe der einzelnen Lager jeweils nur die entsprechende Teilmenge der in Tabelle 2 angegebenen Leistung abführen können.

#### 5.5 Berechnung der Lagerabmessungen

Gemäß [17] wird der Abstand der Brennelemente im Lager aus Reaktivitätsgründen 300 - 350 mm betragen müssen. Mit diesen beiden Daten wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Lagerdurchmesser ermittelt. Planungsstand ist z.Zt., zwei Lager zu bauen. Evtl. werden die Elemente in diesen Lagern in zwei Etagen übereinander gelagert. Mit diesen Parametern ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Durchmesser der Lager.

Zu diesen Maßen sind jeweils rund 1,6 m für Doppeltank und Inspektionsspalt zu addieren, um den Durchmesser der Cavity zu erhalten.

Selbstverständlich sind diese Maße z.Zt. nur als grobe Richtlinie für die Planung der Gesamtanlage zu verstehen. Einmal sind alle Angaben über Anzahl und Management von Brenn- und Brutelementen noch sehr unsicher, zum anderen sind die oben angeführten Abmessungen nicht optimiert.

In Tabelle 4 sind bei den Angaben für zwei Lager zwei gleichgroße Lager vorausgesetzt. Selbstverständlich können auch zwei verschieden große Lager gebaut werden, da unter der o.g. Annahme die gesamt zur Verfügung stehende Lagerpositionszahl etwas zu groß wird. Der Gesamtplatzbedarf würde bei zwei verschieden großen Lagern kleiner.

## 5.6 Auswahl verschiedener Konstruktionen

In Tabelle 5 sind einige der möglichen Varianten für die einzelnen Bauteile des Kernelementelagers aufgezählt. Als günstigste Lösung erscheint ein rundes Lager mit Einfach-Drehdeckel und gekröpftem Gestänge als Umsetzvorrichtung.

Die Übergabeposition befindet sich in dem von der Transferzelle überbauten Festdeckel.

Die Umsetzvorrichtung muß bei einem Stapellager mit einem absenk-  
baren Greifer ausgerüstet werden, damit auch das untere der beiden  
Elemente in einem Lagerrohr gegriffen werden kann.

Obgleich es sich bei einem Mehrfachdrehdeckel und einem geraden Ge-  
stänge als Umsetzvorrichtung um bereits vom KNK, RSB und SNR 300  
her erprobte Bauteile handelt, und der Transferarm für die Hand-  
habung im Reaktortank dem derzeitigen Konzept entsprechend entwickelt  
werden muß, erscheint die Entwicklung des gekröpften Gestänges, evtl.  
mit absenkbarem Greifer, gerechtfertigt. Es kann dann der Transfer-  
arm entfallen und der Drehdeckel muß nur als Einfachdrehdeckel mit  
erheblich kleinerem Durchmesser ausgebildet werden.

Für das gekröpfte Gestänge kann auf die Erfahrungen einiger bereits  
ausgeführter Anlagen, wie z.B. FFTF, Fermi, Phenix, zurückgegriffen  
werden.

Zur Beschleunigung des Elementwechsels wird es erforderlich sein,  
zwei Übergabepositionen vorzusehen.

Der Einsatz eines Pantographen dürfte im Hinblick auf den Handha-  
bungsablauf gegenüber dem gekröpften Gestänge keine Vorteile er-  
bringen, den Konstruktionsaufwand und die Störanfälligkeit bei Be-  
trieb aber stark vergrößern.

Die Verwendung eines Schlitzdeckels bedingt für das Handhabungskon-  
zept, zumindest im Bereich des Lagers, Heiße-Zellen-Technik und somit  
eine sehr breite Zelle, sehr große offene Natrium-Oberflächen und alle  
mit der Schutzgasreinheit in Verbindung stehenden Probleme.

Die Verwendung eines Rotors als Lager und z.B. einer Öffnung in einem feststehenden Deckel pro Lagerkreis des Rotors erfordert ein ständiges Umsetzen der Umsetzvorrichtung. Die Lagerung des Rotors dürfte bei der hier benötigten Lagergröße erhebliche Schwierigkeiten und Kosten bereiten.

Eine Übergabeposition im Drehdeckel erfordert eine sehr breite Transferzelle, da dann der gesamte Drehdeckel in der Zelle liegen muß.

Ein längliches, rechteckiges Lager ließe sich evtl. in einer verhältnismäßig schmalen Zelle einbauen, erfordert aber Heiße-Zellen-Technik und ein Koordinatenfahrwerk für die Transporteinrichtung. Es könnten dann Transferarm, Umsetzvorrichtung und Drehdeckel eingespart werden. Die Handhabungszeit würde sich evtl. verlängern, da die Elemente dann von der Transporteinrichtung der Zelle aus den Büchsen entnommen und in die Lagerposition eingesetzt werden müßten.

Die gleichen Überlegungen gelten für ein offenes Lager in runder Form.

Die konstruktive Ausbildung der Lagerrohre, in denen die Elemente ohne Büchse eingelagert werden, hängt von der erforderlichen Kühlung der Elemente ab. Sofern keine Durchströmung der Elemente selbst erforderlich ist, bieten unten geschlossene Rohre, wie z.B. beim Phenix, den Vorteil, daß sie auch bei einem Tankleck und bei einem Absinken des Natriumspiegels immer mit Natrium gefüllt bleiben.

#### 5.7 Überprüfung des derzeitigen Referenzkonzeptes

Die Auswertung der Tabellen 3 und 4 gibt Anlaß, das Referenzkonzept - zwei Lager zu bauen [18] - zu überdenken.

Es werden insgesamt rund 920 bzw. 1020 Lagerpositionen benötigt. Sofern diese Anzahl von Lagerpositionen auf zwei Lagertanks aufgeteilt werden, benötigt man bei:

	920 Positionen (n = 3)	1020 Positionen (n = 2)
1 Etage	13	14 Lagerkreise
2 Etagen	10	10 Lagerkreise

Damit stehen aber erheblich zuviel Positionen zur Verfügung:

	920 Positionen (n = 3)	1020 Positionen (n = 2)
1 Etage	972	1134 Positionen
2 Etagen	1120	1120 Positionen

Die innersten Lagerkreise sollten nicht bewegt werden, damit der Durchmesser des Drehdeckels klein gehalten werden kann. Damit ergeben sich dann (in ( ) die nicht belegten Kreise gemäß Tabelle 3):

1 Etage	934 (3 Kreise)	1060 (4 Kreise) Positionen
2 Etagen	972 (4 Kreise)	1044 (3 Kreise) Positionen

Sofern alle Elemente in einem Lager eingelagert werden, ergeben sich folgende Werte:

1 Etage	18	19 Lagerkreise
2 Etagen	13	14 Lagerkreise

und damit verfügbare Positionen:

1 Etage	954	1067 Positionen
2 Etagen	972	1134 Positionen

Wenn ebenfalls die innersten Kreise nicht belegt werden:

1 Etage	935 (3 Kreise)	1030 (4 Kreise) Positionen
2 Etagen	934 (3 Kreise)	1060 (4 Kreise) Positionen

Aus Tabelle 4 können die zu diesen Zahlen gehörenden Lagerdurchmesser entnommen werden. Die hier angesprochenen Abmessungen sind natürlich erheblich größer als vom SNR 300 her gewöhnt. Andererseits können aber die noch viel größeren Tanks für die Pool-Reaktoren hergestellt werden.

Auffallend an den in Tabelle 4 aufgeführten Abmessungen ist, daß die Durchmesser jedes Lagers bei einer Lagerung in einer Ebene mit dem Durchmesser des einen Lagers bei Lagerung in zwei Ebenen übereinstimmt. Dadurch wird der große Vorteil der Lagerung in zwei Ebenen ganz klar herausgestellt. Das zweistöckige Lager wird zwar höher als jedes der beiden einstöckigen, der Gesamtplatzbedarf aber kleiner. Außerdem brauchen alle Komponenten - Tank, Drehdeckel, Umsetzvorrichtung, Kühlkreislauf, Steuerung, Überwachung usw. usw. - nur einmal ausgeführt zu werden. Der Kostenvorteil einer solchen Anlage liegt klar auf der Hand.



Weitere Kriterien für die Auswahl des Lagerkonzeptes sind der Durchmesser des Drehdeckels und die Länge der Kröpfung der Umsetzvorrichtung. In Tabelle 6 sind die zu den oben gemachten Ausführungen gemachten Abmessungen angegeben. Bei der Berechnung ist ein Durchmesser von 500 mm für die Umsetzvorrichtung und ein Deckelspalt für Lager und Dichtung des Drehdeckels von ebenfalls 500 mm eingesetzt. Weiterhin ist vorausgesetzt, daß sich die Übergabeposition im Bereich des Lagers befindet. Dieses ist möglich, da für diesen Zweck Positionen zur Verfügung gestellt werden können.

In den Spalten 8 - 12 der Tabelle 6 sind die zu dem Lagerdurchmesser gehörenden Tankdurchmesser, Cavity-Durchmesser und Cavity-Volumen errechnet. Die Bedeutung der Durchmesser D 1 - 7 ist in Abbildung 3 eingetragen. Für die Lagerhöhe sind bei einstöckiger Lagerung 16 m und bei zweistöckiger Lagerung 21 m angenommen worden.

Mit Tankdurchmessern von rund 10 m und dem dazugehörigen Drehdeckeldurchmesser von rund 5 m ergeben sich beherrschbare Abmessungen.

Außerdem ist zu bedenken, daß in dieser Arbeit nur Kreiskonfigurationen für die Lagerpositionen eingesetzt werden. Bei einer Berechnung der Lagerdurchmesser in Dreieckskonfiguration ergeben sich noch etwas kleinere Abmessungen. Diese Optimierung kann noch durchgeführt werden.

Es wird vorgeschlagen, für die hier aufgezeigten Varianten grobe Kostenschätzungen durchzuführen und dann ein Referenzkonzept auszuwählen.

Tabelle 1

Abschaltzeit			Leistungsverhältnis $P/P_0$	Brutelement
$[d]$	$[a]$	$[s]$	Brennelement $\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$
3		$2,6 \times 10^5$	3,0	4,1
6		5,2	2,3	2,7
9		7,8	1,95	2,05
12		$1,0 \times 10^6$	1,78	1,78
14		1,2	1,65	1,60
21		1,8	1,30	1,28
28		2,4	1,20	1,10
35		3,0	1,05	1,00
70		6,0	0,72	0,67
105		9,0	0,55	0,51
140		$1,2 \times 10^7$	0,44	0,41
	0,5	1,5	0,36	0,34
	1,0	3,1	0,18	0,17

Restleistung als Funktion der Abschaltzeit.

Tabelle 2

Abschaltzeit		Restleistung		Wärmeleistung für						Kühlkreislaufkapazität			
		BE	BU	BE			BU			n = 2		n = 3	
				170	255	511	29	44	174	255 BE 44 BU	766 BE 218 BU	170 BE 29 BU	681 BE 203 BU
[d]	[a]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
3		26,4	11,9	4.490	6.732	13.490	340	523	2.070	7,2	22,8	4,8	20,4
6		20,2	7,8	3.440	5.151	10.340	225	343	1.360	5,5	17,3	3,6	15,4
9		17,2	6,0	2.915	4.386	8.770	175	246	1.045	4,7	14,5	3,1	12,9
12		15,7	5,2	2.660	4.004	8.000	150	229	895	4,2	13,2	2,8	11,7
14		14,5	4,6	2.470	3.698	7.420	135	202	805	3,9	12,1	2,6	11,1
21		11,4	3,7	1.940	2.907	5.845	105	163	645	3,1	9,7	2,0	8,6
28		10,6	3,2	1.795	2.703	5.395	90	141	555	2,8	8,8	1,9	7,9
35		9,2	2,9	1.570	2.346	4.720	85	127	505	2,5	7,7	1,7	6,9
70		8,3	1,9	1.075	2.117	3.240	55	84	335	2,2	5,8	1,2	4,8
105		4,8	1,5	820	1.224	2.470	40	66	255	1,3	4,1	0,9	3,7
140		3,9	1,2	655	995	1.980	35	53	205	1,1	3,3	0,7	2,9
	0,5	3,2	1,0	540	816	1.620	30	44	175	0,9	2,7	0,6	2,4
	1,0	1,6	0,5	270	408	805	15	22	85	0,4	1,4	0,3	1,3

Erforderliche Kapazität des Kernelementelager-Kühlkreislaufes

Tabelle 3

Kreis Nr.	Brennelementabstand		Pos. Kreis	Σ Positionen	
	300 mm Radius I [mm]	350 mm Radius II [mm]		1 Etage	2 Etage
1	0	0	1	1	2
2	300	350	6	7	14
3	600	700	12	19	38
4	900	1050	18	37	74
5	1200	1400	25	62	124
6	1500	1750	31	93	186
7	1800	2100	37	130	260
8	2100	2450	44	174	348
9	2400	2800	50	224	448
10	2700	3150	56	280	560
11	3000	3500	62	342	684
12	3300	3850	69	411	822
13	3600	4200	75	486	972
14	3900	4550	81	567	1134
15	4200	4900	87	654	1308
16	4500	5250	94	748	1496
17	4800	5600	100	848	1696
18	5100	5950	106	954	1908
19	5400	6300	113	1067	2134
20	5700	6650	119	1186	2372

Lagerdurchmesser und Lagerpositionen

Tabelle 4

Lagerart	n = 2 [1020 Pos.]	n = 3 [920 Pos.]
1 Lager in 1. Etage	10,8 bzw. 12,6	10,2 bzw. 12,0
1 Lager in 2 Etagen	7,8 bzw. 9,2	7,2 bzw. 8,4
2 Lager in 1 Etage	7,8 bzw. 9,2	7,2 bzw. 8,4
2 Lager in 2 Etagen	5,4 bzw. 6,4	5,4 bzw. 6,4

Lagerdurchmesser in Metern

Tabelle 5

Bauteil		1	2	3	4	5
Umsetzvorrichtung	a	Pantograph	gerades Gestänge	gekröpftes Gestänge	keine	
Deckel	b	Drehdeckel einfach	Drehdeckel mehrfach	Schlitzdeckel	keine	1 Loch pro Lagerradius
Übergabeposition	c	Festdeckel	Drehdeckel	keine		
Lager	d	feststehend rund	Rotor	feststehend länglich		
Transferarm	e	ja	nein			

Verschiedene Bauteile für Kernelementelager

L a g e r		freie Kreise		Kröpf. UV	Fahrkr. UV	DD	Tank	C a v i t y				
∅	A r t	Nr.	∅	Länge	∅	∅	∅	∅	Volum.	Anz.	gesamt umbauter Raum	
m			m	m	m	m	m	m	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	
D1			D2	D3	D4	D5	D6	D7				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
12,6	1L1E	2/350	4	2,1	3,68	5,25	6,75	13,5	14,2	2.534	1	2.534
12,0		3/350	3	1,4	3,35	5,30	6,80	12,9	13,6	2.324	1	2.324
10,8		2/300	4	1,8	3,15	4,50	6,00	11,7	12,4	1.933	1	1.933
10,2		3/300	3	1,2	2,85			11,1	11,8	1.750	1	1.750
9,2	1L2E	2/350	4	2,1	2,83	3,55	5,05	10,1	10,8	1.924	1	1.924
	2L1E									1.466	2	2.932
8,4	1L2E	3/350	3	1,4	2,45	3,50	5,00	9,3	10,0	1.649	1	1.649
	2L1E									1.256	2	2.512
7,8	1L2E	2/300	4	1,8	2,40	3,00	4,50	8,7	9,4	1.457	1	1.457
	2L1E									1.110	2	2.220
7,2	1L2E	3/300	3	1,2	2,10			8,1	8,8	1.277	1	1.277
	2L1E									973	2	1.946
6,4	2L2E	2/350	3	1,4	1,95	2,50	4,00	7,3	8,0	1.056	2	2.112
		3/350	4	2,1	2,13	2,15	3,65					
5,4	2L2E	2/300	3	1,2	1,65	2,10	3,60	6,3	7,0	808	2	1.616
		3/300	4	1,8	1,80	1,80	3,30					

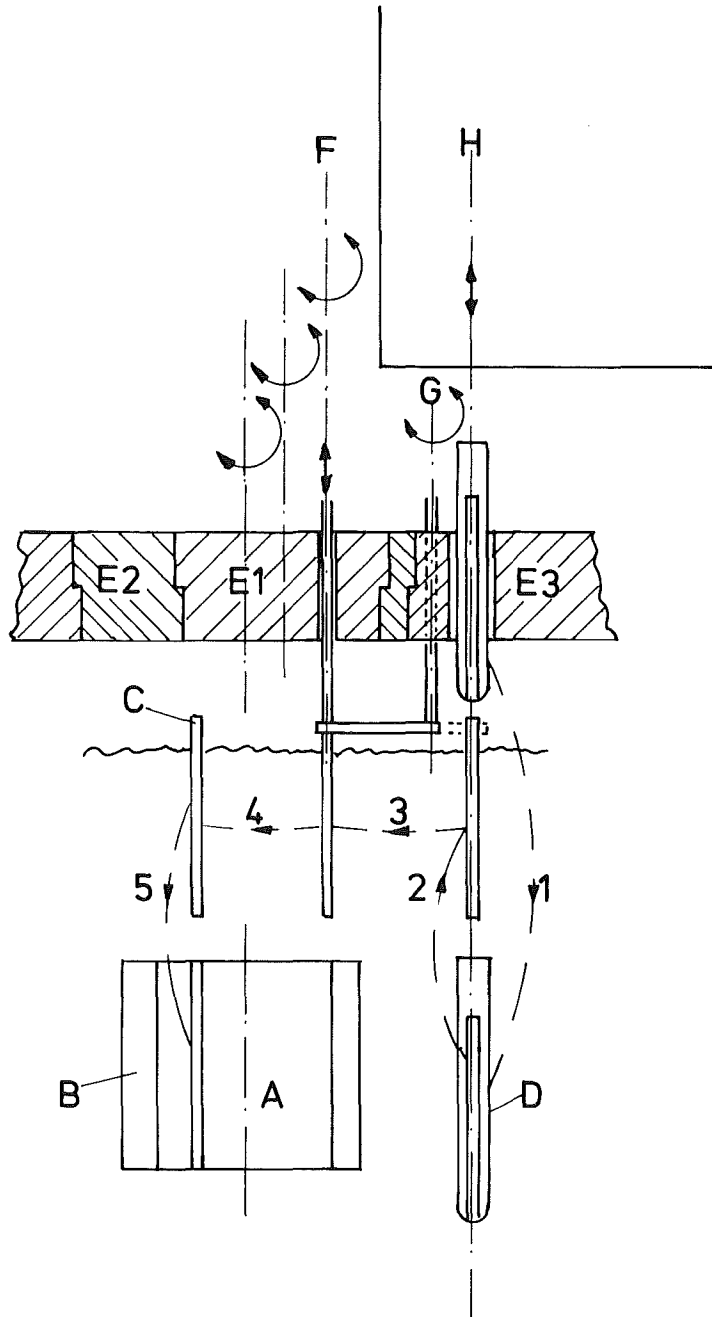
— Abstand der Elemente  
 — Zykluszahl  
 — Anzahl der Lagerebenen  
 — Anzahl der Lager

UV = Umsetzvorrichtung

DD = Drehdeckel

L a g e r a b m e s s u n g e n

Tabelle 6

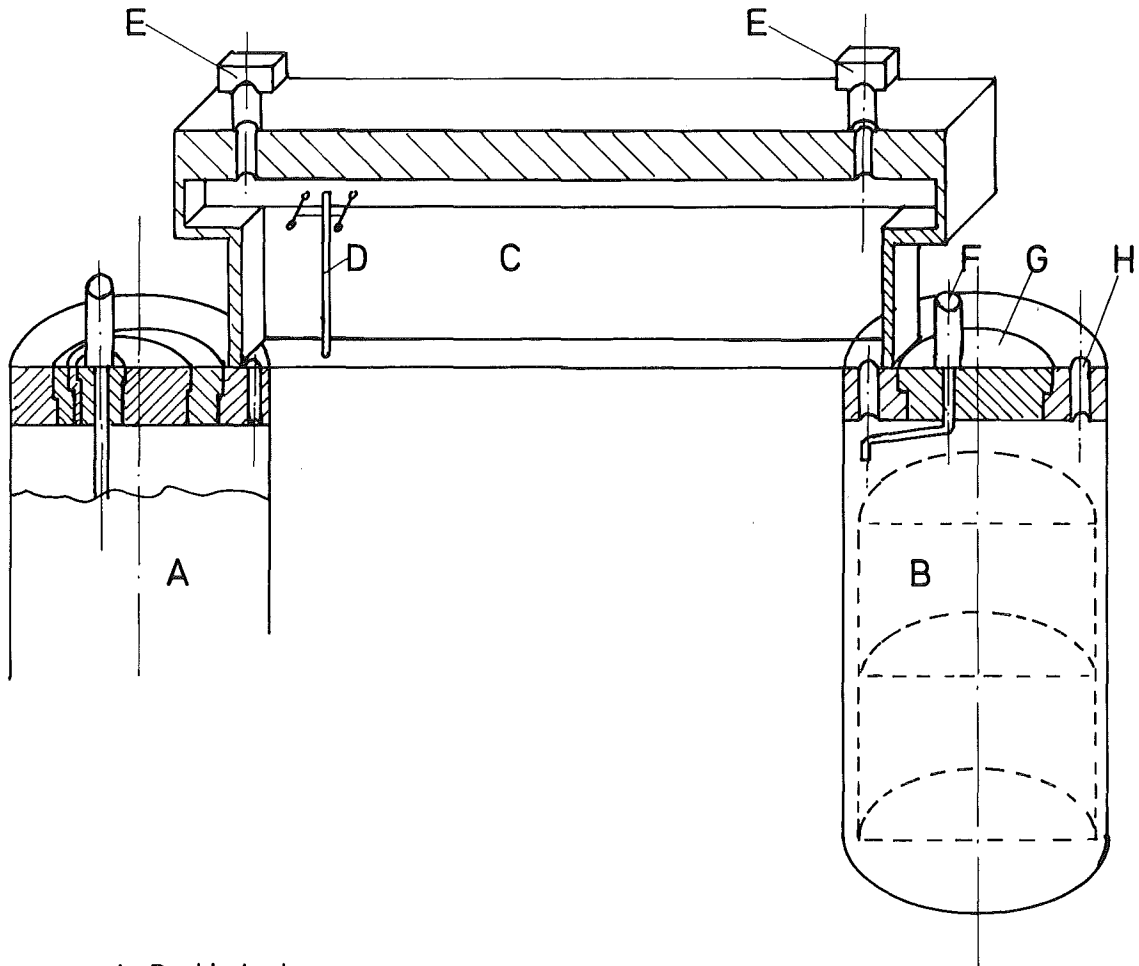


- A Kern
- B Reflektor
- C Brennelement
- D Transferbüchse
- E1 kl. Drehdeckel
- E2 gr. Drehdeckel
- E3 Festdeckel
- F Umsetzvorrichtung
- G Transferarm
- H Transferzelle

Handhabung im Reaktortank

Abb. 1

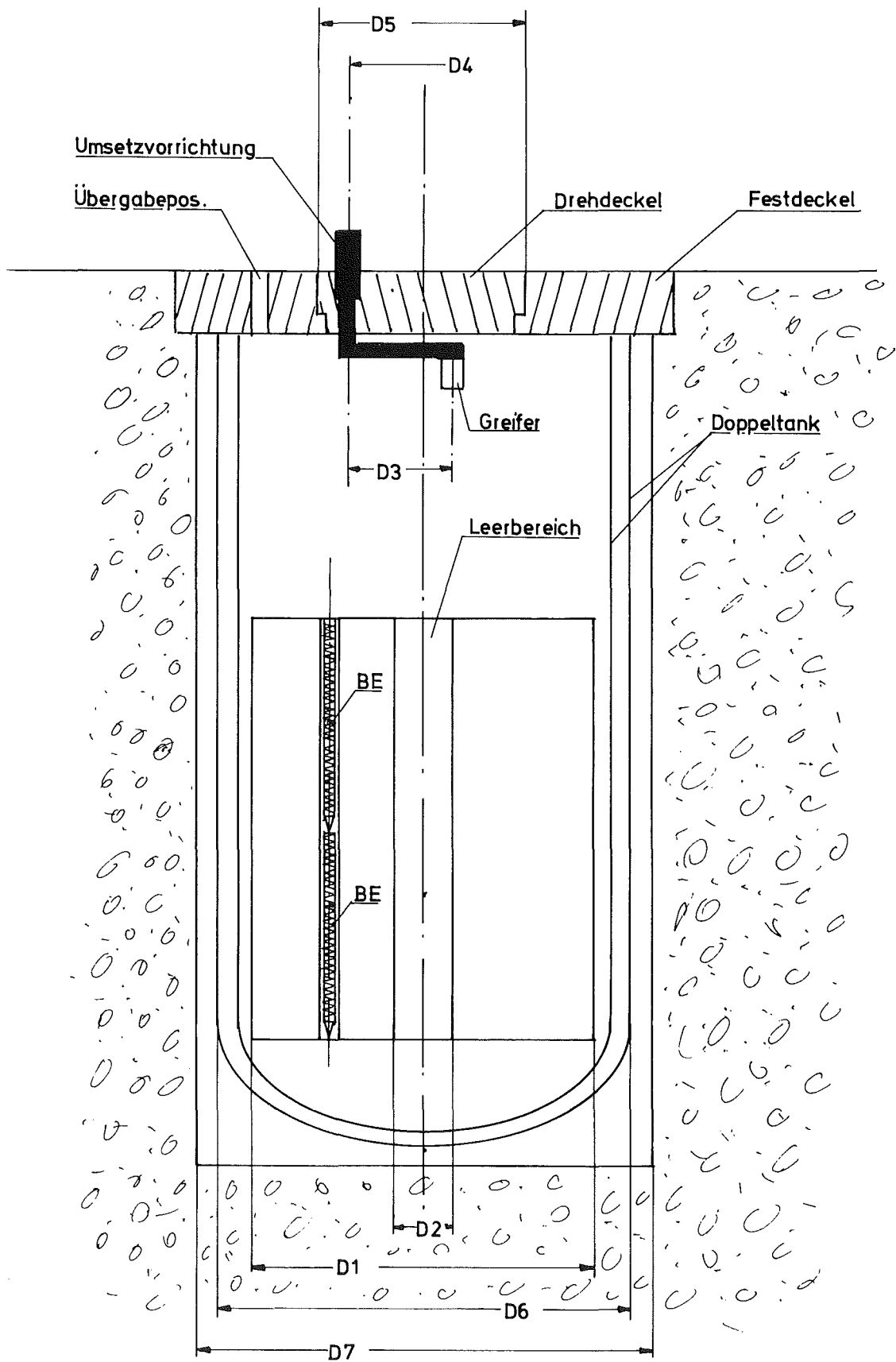




- A Reaktortank
- B Kernelementelager
- C Transferzelle
- D Büchse im Fahrwerk
- E Hubwerk
- F Umsetzvorrichtung
- G einfach Drehdeckel
- H Ausschleusöffnung

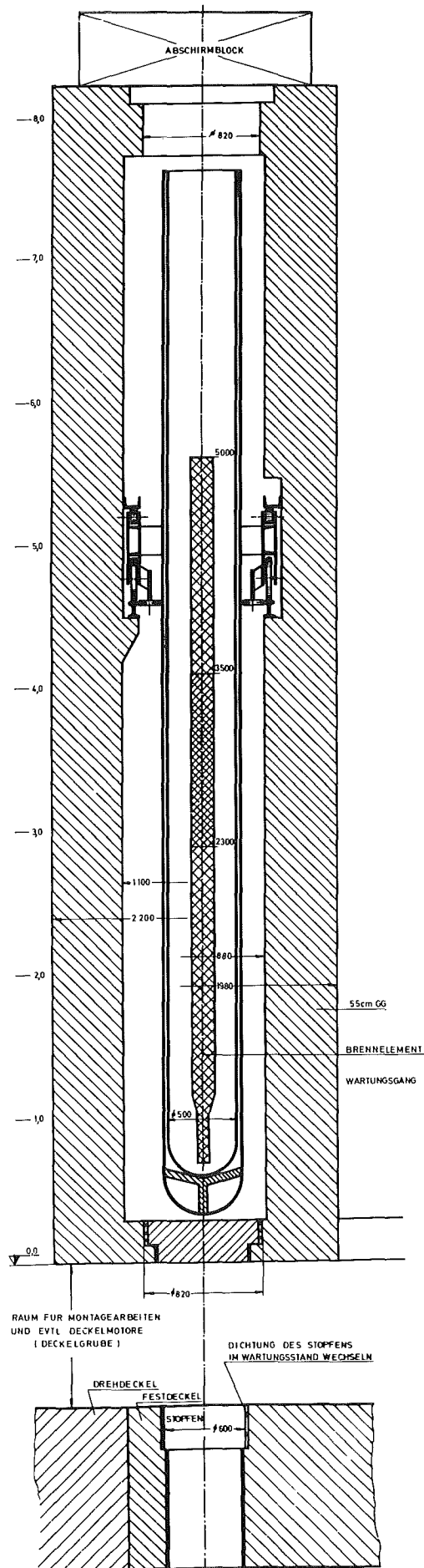
Kernelemente Transfersystem

Abb. 2



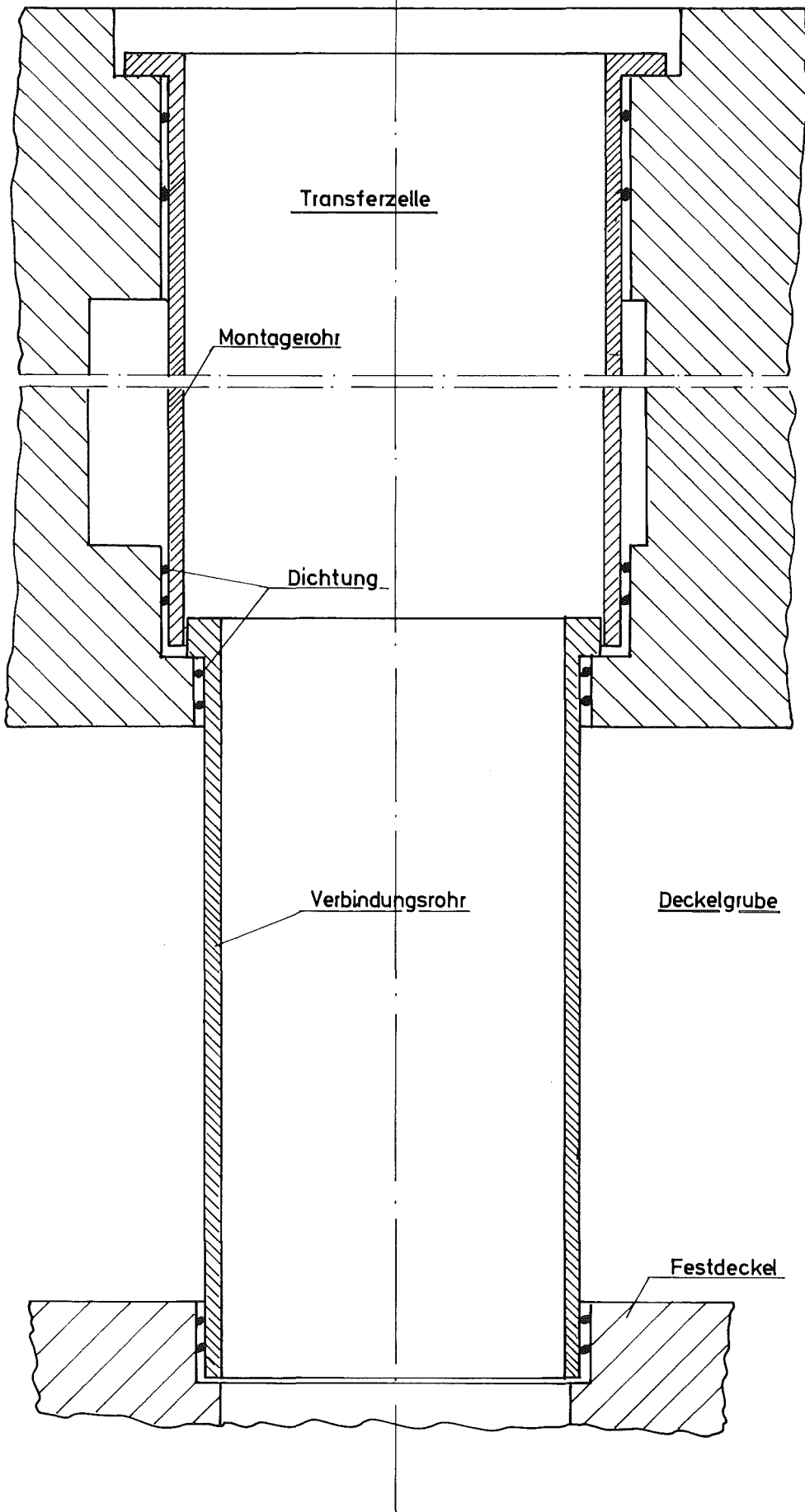
Kernelementelager

Abb. 3



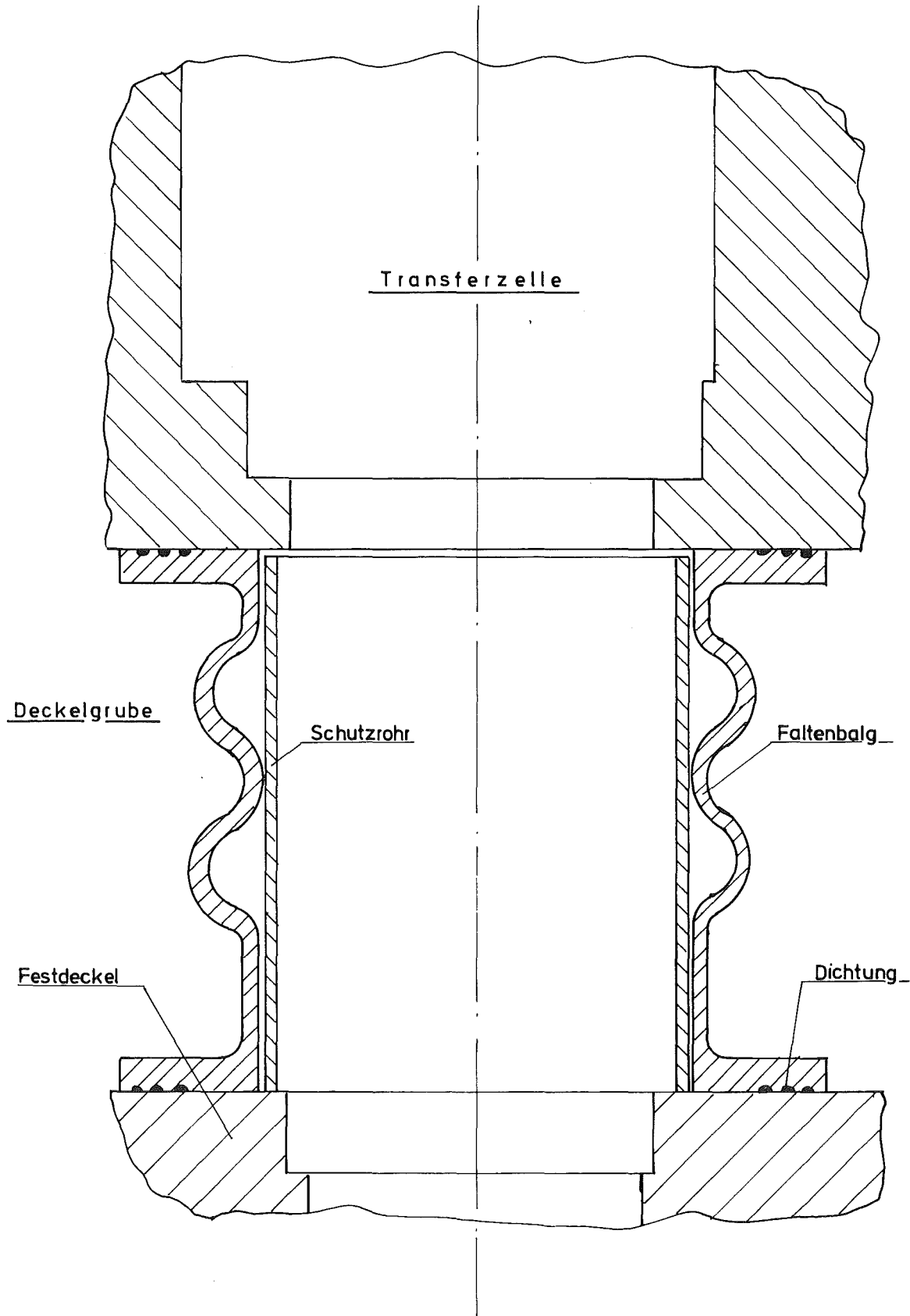
Transferzelle

Abb. 4



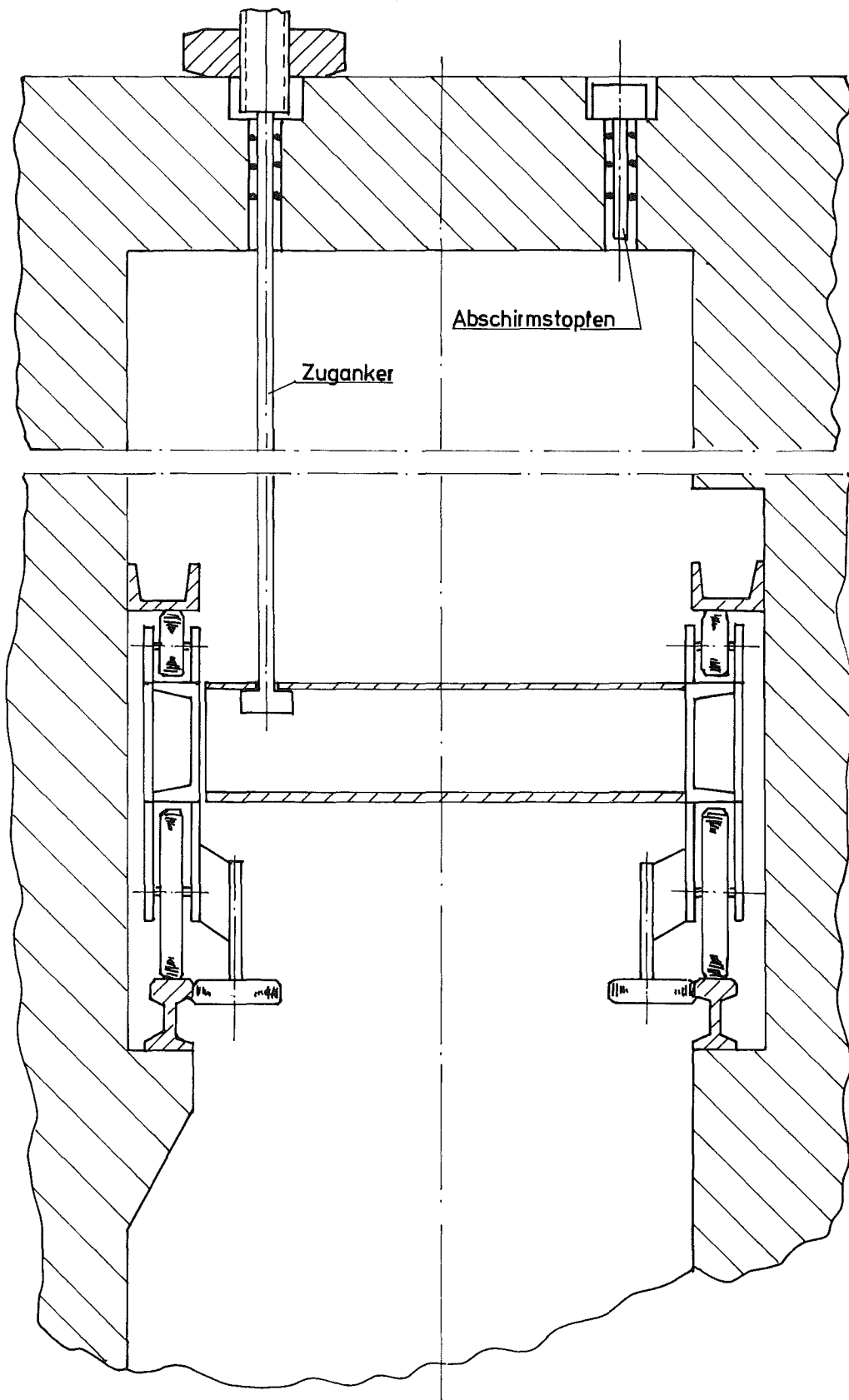
Verbindung Transferzelle-Reaktor

Abb. 5.1



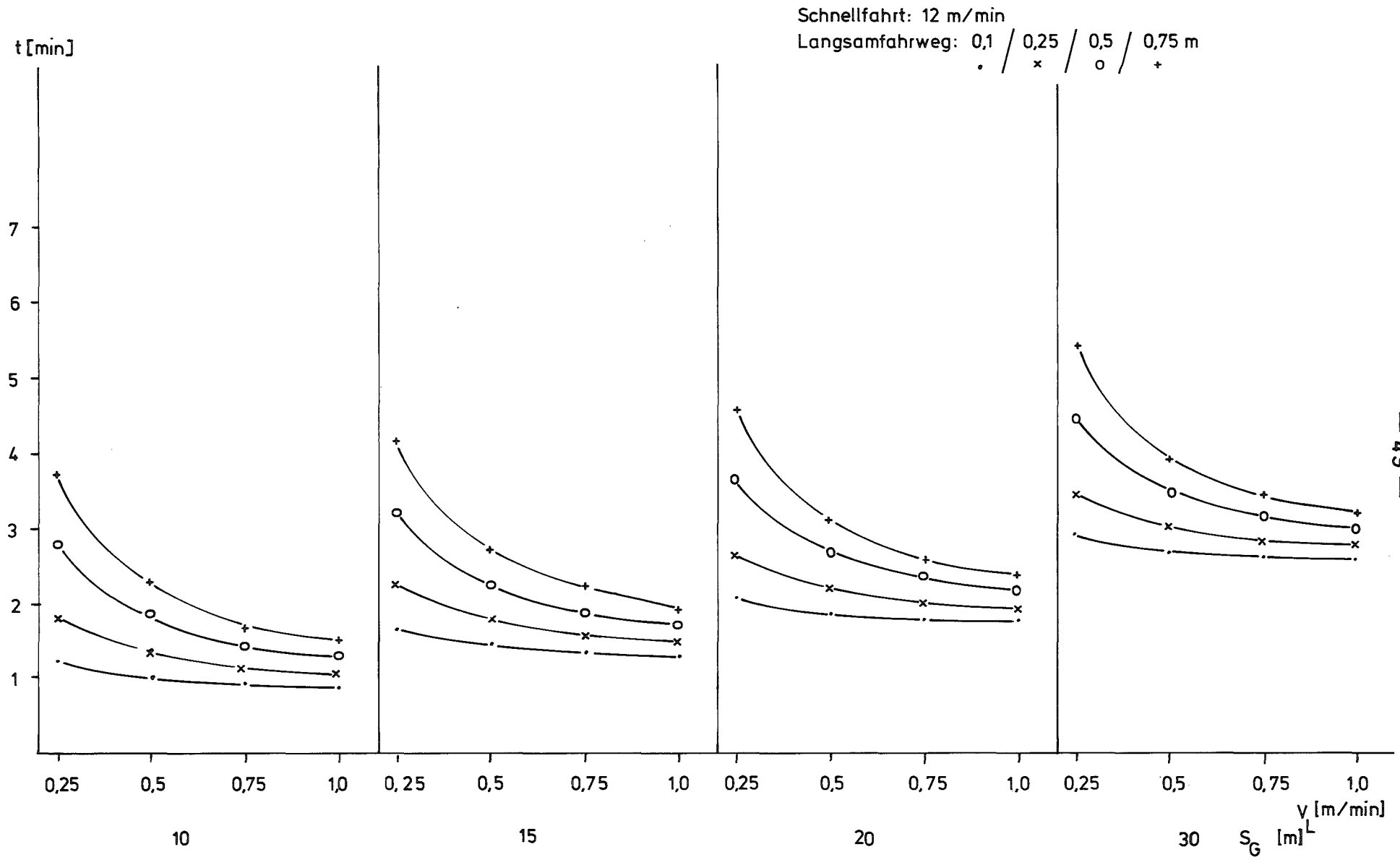
Verbindung Transferzelle-Reaktor

Abb. 5.2



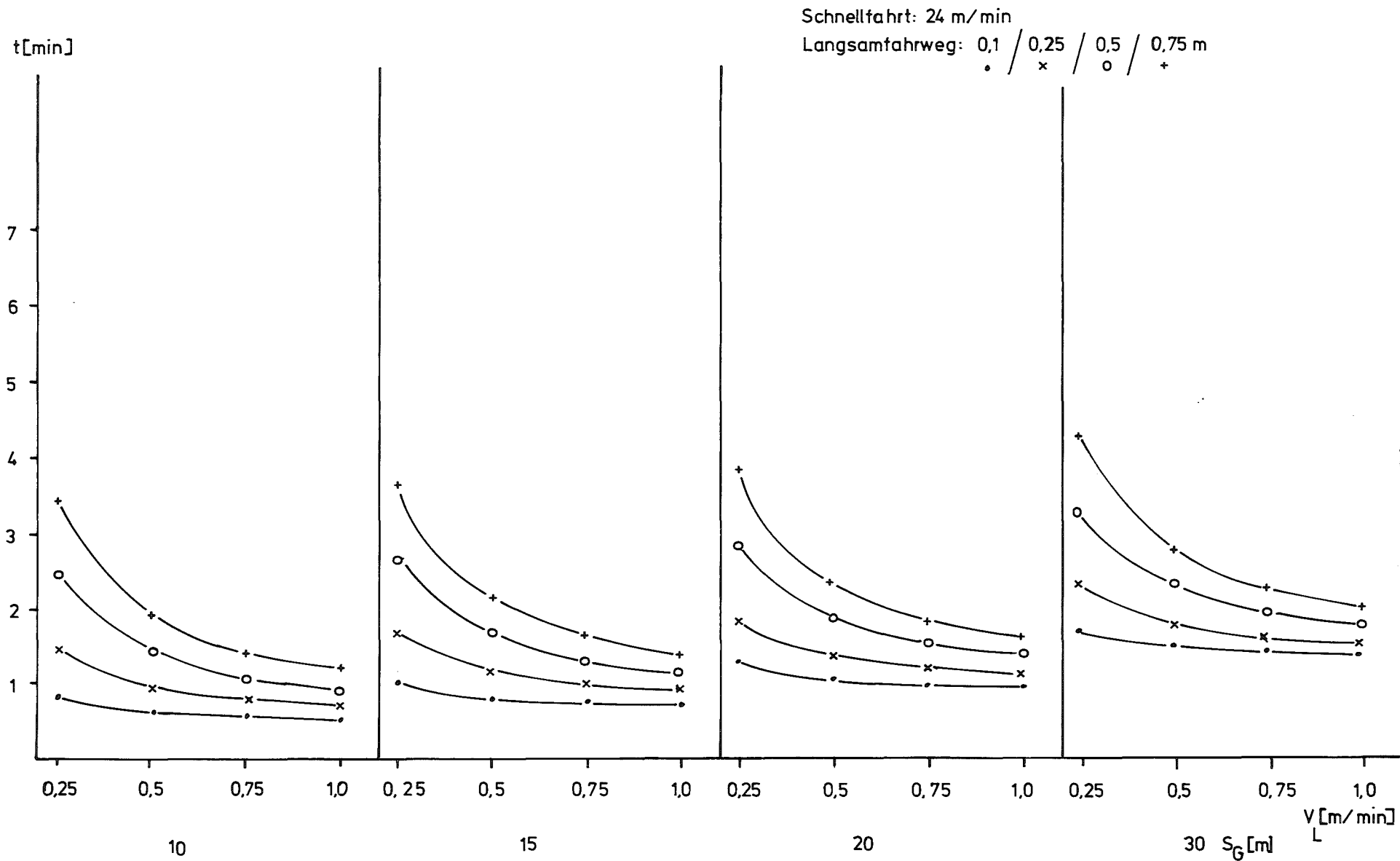
Fahrwerk in Reperaturposition

Abb.6



Fahrzeit in der Transferzelle

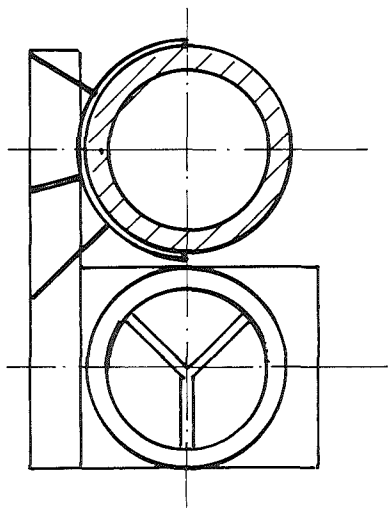
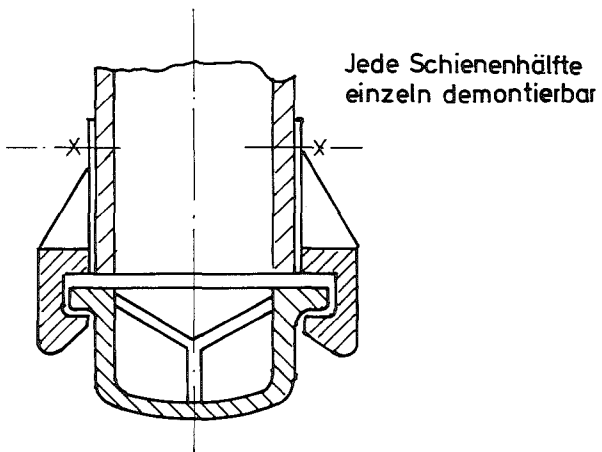
Abb.7



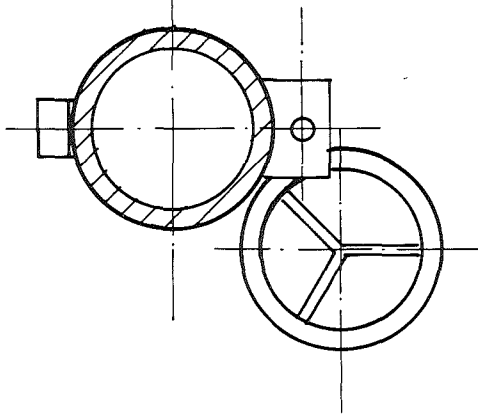
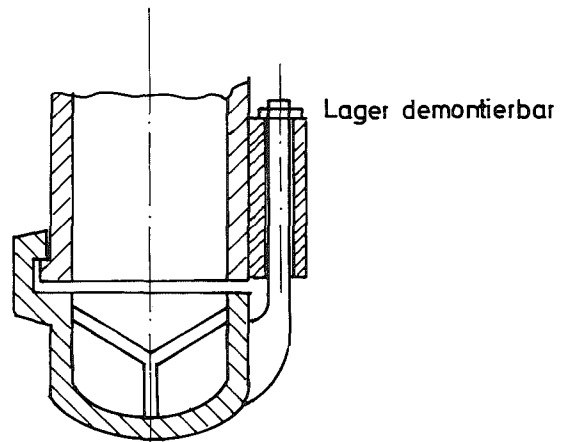
Fahrzeit in der Transferzelle

Abb.8

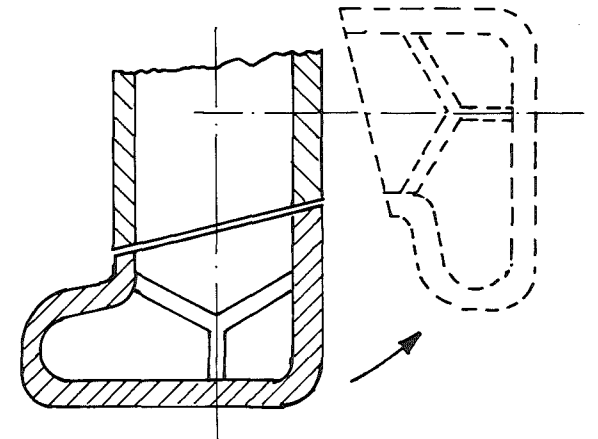
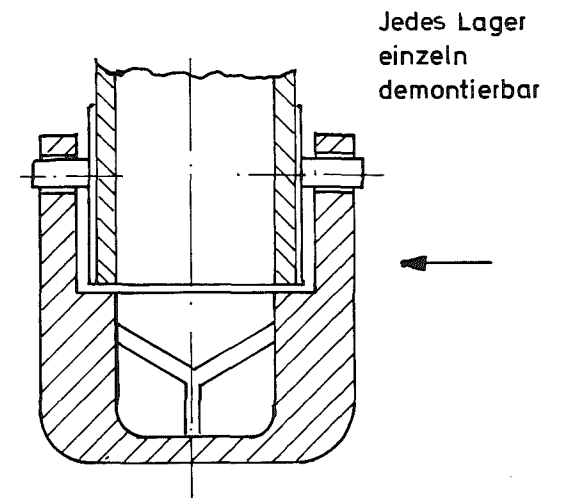




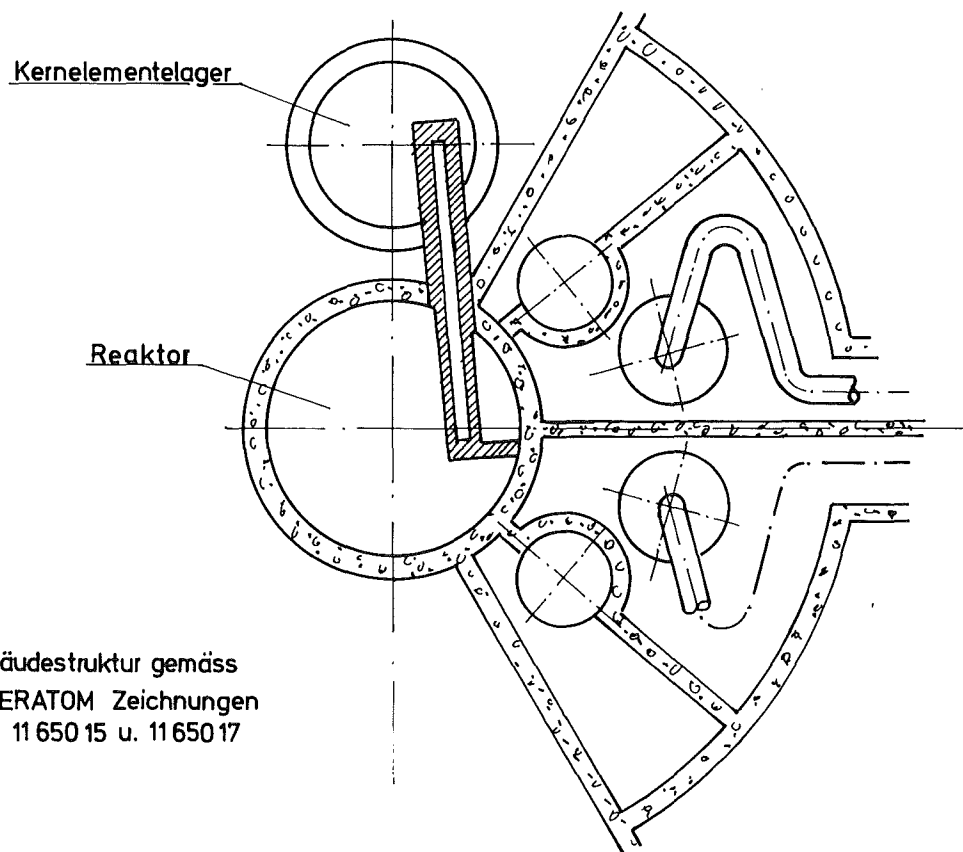
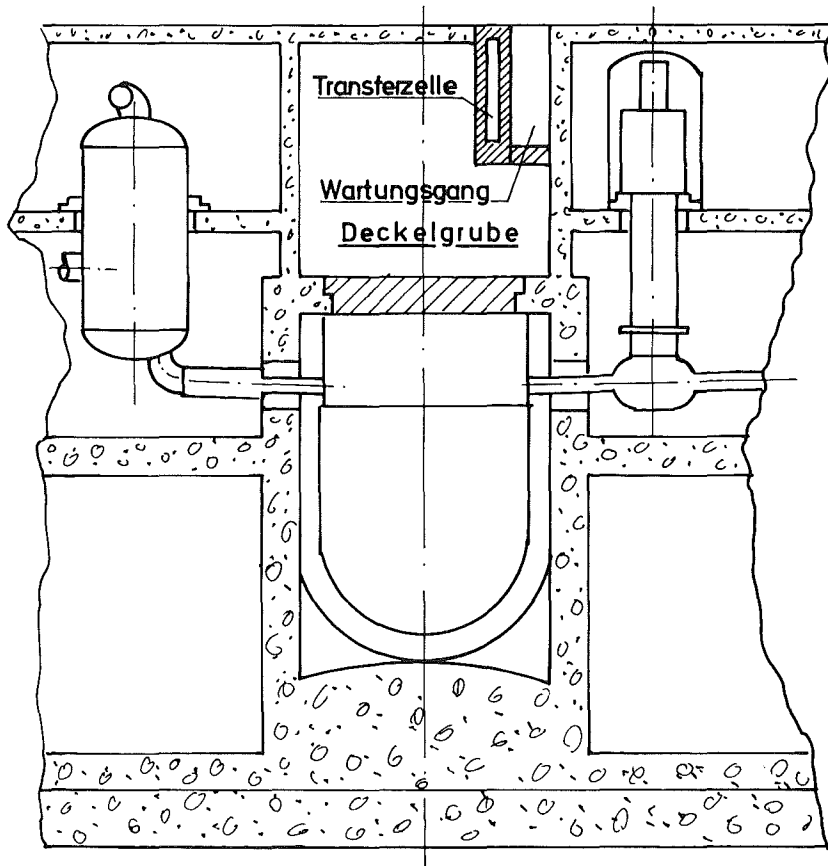
Na-Auffangwanne als Schiebewanne  
Abb.9



Na-Auffangwanne als Drehwanne  
Abb. 10



Na-Auffangwanne als Klappwanne  
Abb.11



Gebäudestruktur gemäss  
INTERATOM Zeichnungen  
Nr.: 11 650 15 u. 11 650 17

Transferzelle in einem Anlagenentwurf