

Ausbau der Doppeldeckel- Schleustechnik in den „Heißen Zellen“ des KfK

**Vortrag zur 19. Sitzung der Euratom-
Arbeitsgruppe „Heiße Laboratorien und
Fernbedienungstechnik“
am 19. und 20. Juni 1979 in Risø**

H. Enderlein

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Ausbau der Doppeldeckel-Schleustechnik

in den Heißen Zellen des KfK

H. Enderlein

Vortrag zur 19. Sitzung der Euratom-Arbeitsgruppe
"Heiße Laboratorien und Fernbedienungstechnik"
am 19. und 20.6.1979 in Risø

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	1
1. Stand der Schleustechnik bei Inbetriebnahme der heißen Zellen	2
2. Einführung der Doppeldeckel-Technik	4
3. Kritik und Verbesserungen des verwendeten Schleussystems	6
4. Zukünftige Maßnahmen	8

Zusammenfassung

Bei Aufnahme des Betriebes in den Heißen Zellen des KfK im Jahre 1966 war ausschließlich die Plastiksack-Schleusmethode vorgesehen.

Steigende spezifische Aktivität der bestrahlten Proben und zunehmende Plutonium-Kontamination zwangen 1970 zum Einbau der ersten Doppeldeckel-Schleusen. Dieser Weg wurde unter Verwendung des im KfK entwickelten Doppeldeckel-Systems konsequent weiterverfolgt. Zur Zeit werden damit sämtliche Abfälle und Proben sowie alle Masterslave-Manipulatoren geschleust, die Erweiterung auf Kraftmanipulatoren und Inzellen-Geräte ist geplant. Anhand der Entwicklung der jährlichen durchschnittlichen Mann-rem-Werte wird der Erfolg dieser Maßnahmen diskutiert.

1. Stand der Schleustechnik bei Inbetriebnahme der heißen Zellen

Am 1.4.1966 wurde der "heiße" Betrieb in den Heißen Zellen des KfK in Karlsruhe aufgenommen.

Vom Erbauer der HZ-Anlage war der Schleustechnik, dem damaligen Stand des Wissens und der Erfahrung im Umgang mit radioaktiven Materialien entsprechend, wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden.

Zur Übernahme von bestrahlten Prüflingen in den Zellentrakt war eine nicht-gasdichte Schleuse vorgesehen, an welche die abgeschirmten Transportbehälter zur Überführung des Inhaltes lose angeschoben wurden (Abb. 1 und 2).

Das Umschleusen von Proben in andere, räumlich getrennte Zellen des Gebäudes geschah über stehende Abschirmbehälter, in die die Proben nach Entnahme aus der Zelle mit Ferngreifern eingesetzt und nach dem Transport ebenso wieder entnommen wurden.

In den Zellen benötigtes Verbrauchsmaterial sollte mit der Plastiksack-Methode geschleust werden, die aber infolge der hohen Druckdifferenz von Anfang an Schwierigkeiten bereitete. Abfall wurde über eine waagerechte Öffnung ausgeschleust. Dazu wurde ein Innen-Behälter auf einer Halbschale aus einem Abschirmbehälter in die Zellenöffnung vorgeschoben, von der Zelle her vorsichtig beladen und verschlossen, indem der Deckel eingeklebt wurde, und danach in den Abschirmbehälter zurückgezogen. Eine gasdichte Abdichtung zum Außenraum bestand dabei nicht. Eine Verringerung der auftretenden Kontamination wurde erreicht, indem der Beladevorgang des Innen-Behälters in einem Blechrohr erfolgte, das dann jeweils mit in den Abschirmbehälter gezogen und verschrottet wurde.

Der Wechsel von Manipulatoren geschah ebenfalls nicht-gasdicht. Die defekten Arme wurden über Luken in den Zellendecken in Plastiksäcke gezogen und verpackt (Abb. 3). Hierbei ist zu bemerken, daß in den HZ in Karlsruhe zur Erleichterung der Arbeit der Zellen-operateure bis heute keine Bootings benützt werden.

Im Hinblick auf die geplanten Untersuchungen von hoch-abgebrannten, noch etwa 200°C heißen KNK-Stäben ist auch die weitere Benutzung der Manipulatoren ohne Bootings vorgesehen.

Aus Abb. 4 ist ersichtlich, daß trotz dieser primitiven Schleustechniken die durchschnittliche Jahresdosis der Operateure an den Zellenarbeitsplätzen in den ersten Jahren zurückging. Das war ein Ergebnis der wachsenden Erfahrung im Umgang mit Radioaktivität. Zum Teil wurde allerdings die empfangene Dosis auf die Mitarbeiter des hauseigenen Dekotrups verlagert, der primär für die Beseitigung der bei Schleusarbeiten entstandenen Kontamination eingesetzt wird. Teilweise wird deren Dosis jedoch auch bei der Reinigung von metallischen Proben in einer eigens dafür erstellten Bleizellen- und Handschuhboxenanlage angesammelt. Diese Arbeitsschritte sind notwendig, wenn Proben, aus den kontaminierten Betonzellen kommend, in relativ sauberen, nicht gasdichten Bleizellen weiteruntersucht werden sollen.

Mit zunehmendem Abbrand und damit steigender Dosisleistung der zu untersuchenden Prüflinge stieg auch die empfangene Dosis aller Mitarbeiter seit Ende der sechziger Jahre an. Dazu kam eine wachsende Kontamination mit Plutonium, das im Brennstoff teils durch hohe Abbrände erbrütet, teils bei Versuchen mit Schnellbrüterbrennstoffen zugemischt wurde. Die bestehenden Schleustechniken konnten nicht mehr aufrechterhalten werden.

2. Einführung der Doppeldeckel-Technik

Zu diesem Zeitpunkt waren im KfK bereits einige Doppeldeckelschleusen in Chemiezellen-Anlagen nach dem La Calhene-System in Betrieb. Die nicht zufriedenstellenden Erfahrungen mit diesen Systemen bewog die technische Entwicklungsgruppe damals, ein technisch abgewandeltes DD-Prinzip zu entwickeln, das seitdem von einem deutschen Hersteller in Lizenz gebaut wird. Der Unterschied zum La-Calhene-Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß die Dichtflächen beim Verriegeln nicht aufeinander gedreht, sondern nur angedrückt werden (Abb. 8). Dadurch waren geringerer Verschleiß und höhere Lebensdauer der Dichtungen zu erwarten.

Anfang der 70er Jahre wurden in der HZ-Anlage mehrere Schleusysteme dieser Art eingebaut mit den standardisierten Durchmessern 50, 142 und 210 mm \varnothing . Einige Zellen in anderen KfK-Instituten folgten diesem Beispiel, indem sie als Erstausrüstung KfK-DD-Schleusen erhielten, bzw. von La Calhene auf KfK-System umrüsteten. Damit war eine fast vollständige Korrespondenz innerhalb des HZ-Gebäudes und mit den wichtigsten Partnern der HZ, nämlich der Anlage zur Abfallbeseitigung und dem Institut für Radiochemie, über DD-Transportbehälter möglich.

Da im KfK leider keine Institution besteht, die standardisierte technische Einrichtungen für alle Institute verbindlich vorschreiben kann, blieben jedoch auch einige La Calhene-Schleusen erhalten. Aus diesem Grund wurde in den HZ die nicht-gasdichte Eingangsschleuse zusätzlich mit einer La Calhene-Schleuse ausgerüstet, die den Verkehr auch mit den restlichen Instituten erlaubt.

Der Nachteil dieser Maßnahme war allerdings, daß die HZ von nun an oft zum Umladen von radioaktiven Stoffen von Transportbehältern des einen Typs in solche des anderen aushelfen mußten.

Auch in die Deckenluken der Zellen wurden DD-Schleusen mit 500 mm \varnothing eingebaut und dazu passende Behälter ohne Abschirmung beschafft. Defekte heiße Manipulatorarme konnten nun ebenfalls gasdicht ausgeschleust werden (Abb. 5).

Vor der Reparatur werden sie nach der gleichen Methode in eine Dekobox eingeschleust, fernbedient dekontaminiert und anschließend im Transportbehälter zum Reparaturplatz gebracht. Die Möglichkeit, die defekten Arme aus der Transportflasche in eine gasdichte Reparaturbox zu überführen und darin über Handschuhöffnungen mit Handschuhen bei völliger α -Dichtheit zu reparieren, hat sich nicht bewährt. Die Reparaturarbeiten sind oft so schwierig, daß Gummihandschuhe und die Handschuhöffnungen selbst die Bewegungsfreiheit stark einengen. Die dekontaminierten Arme werden deshalb offen unter einem Abzug repariert, wobei die Reparaturmannschaft unter Gasmasken arbeitet. Die oben erwähnte Reparaturbox dient heute zur Endkontrolle der reparierten Arme vor dem Wiedereinsetzen in die Zellen, wieder unter Verwendung der Doppeldeckel-Schleusbehälter. Eine Anzahl von Ersatzarmen und Aufhängemöglichkeiten in den Zellen wirken als Puffer, so daß bei Reparaturen keine längeren Ausfälle auftreten.

Zur Absenkung des γ -Strahlenpegels an der Zellenluke wird nach dem Entfernen der Betonabschirmung und vor dem Ansetzen des Schleusbehälters eine 15 cm dicke Stahlplatte mit Mittelöffnung in die konische Lukenöffnung eingesetzt (Abb. 6). Mit einem einsetzbaren Ring läßt sich der Durchmesser der freibleibenden Öffnung variieren auf 500 oder 800 mm.

Alle diese Maßnahmen zeitigten seit 71 in allen Teilen der Anlage sinkende Jahresdosen (Abb. 4).

Der vorübergehende Anstieg im Jahre 1976 ist auf den Einsatz des gesamten Zellenpersonals bei der Beseitigung der Folgen eines Unfalles zurückzuführen, bei dem 1 l HAW für Einglasversuche beim Überführen aus dem Transportbehälter in eine Zelle auf den Fußboden vor der Zelle auslief.

Das Abfallschleusssystem wurde inzwischen ergänzt durch verschieden lange Blechbehälter zur gasdichten Aufnahme von langen Teilen und deren Transport zur Abteilung für Abfälle.

In den Bleizellenanlagen des HZ-Neubaues wurden von vornherein dem Altbau entsprechende Schleusen eingebaut, die seit dessen Inbetriebnahme im Jahre 1976 benutzt werden.

3. Kritik und Verbesserungen des verwendeten Schleussystems

Neben den entscheidenden Vorteilen traten jedoch im Laufe der Jahre auch zum Teil gravierende technische Mängel des Schleussystems zutage.

3.1 Die DD-Dichtungen nützen sich offensichtlich schneller ab als ursprünglich angenommen. Die Folge davon sind ständige kleine Leckagen sowohl bei geschlossenem Schleusendeckel als auch bei angeflanschem Schleusbehälter. Das ist sicherheitstechnisch zwar unbedeutend infolge des ständig aufrechterhaltenen Druckgefälles zum Zelleninneren hin, erhöht jedoch die von den Behörden geforderte Leckrate und kann Probleme beim Betrieb der Zellen mit Schutzgas durch eindringende Luft verursachen.

3.2 Das Auslaufen von einigen Tropfen kontaminierter Flüssigkeit aus einer Innenkapsel mit DD-Verschluß vor einigen Jahren machte darauf aufmerksam, daß auch der Dichtheit der Einwegkapseln mehr Beachtung geschenkt werden muß. Es wurden mehrere Gegenmaßnahmen getroffen, deren jede einzelne bereits zur Abhilfe genügen würde:

Jede Einwegkapsel wird seitdem nach Auslieferung vom Herstellerwerk im KfK mit einem Deckel einem Lecktest unterzogen. Nur mit diesem zugehörigen Deckel wird danach die mit Abfall gefüllte Kapsel verschlossen.

Die Abschirmbehälter für externe Transporte innerhalb des KfK-Geländes wurden mit einer abdichtenden Blechhaube versehen (Abb. 7), die die Funktion einer zweiten dichten Umschließung erfüllt.

Schließlich wurde administrativ geregelt, daß nur völlig trockene Abfälle auf diese Weise verpackt und transportiert werden.

Im übrigen zeigte ein ähnlicher Vorfall an einem La Calhene-Behälter, daß auch dort die Sicherheit nicht größer ist.

- 3.3 In einigen wenigen Fällen (ca. 5 ‰ aller Schleusvorgänge) trat eine bedenklichere Störung auf. Nach Beladen einer Kapsel, Verschließen und Zurückziehen in den Abschirmbehälter stellte sich heraus, daß der behälterseitige Deckel noch mit dem zellenseitigen verbunden und die Kapsel dadurch offen geblieben war. Beim Ausschleusen von Abfall traten dadurch einige starke Kontaminationen auf.

Beim Schleusen von Manipulatoren durch die Deckenöffnungen kam es sogar in zwei Fällen (ca. 1 % der Schleusvorgänge) zum Absturz von Doppeldeckeln in die Zelle, die glücklicherweise außer den DD keine weiteren Zerstörungen verursachten.

Seitdem werden bei allen Schleusvorgängen sicherheits halber Gasmasken getragen.

Die Ursache der Fehler lag meistens in der mangelhaften Synchronisation der Koppel- und Entkoppelbewegung. Beide Bewegungen werden über die Drehung einer Gewindespindel mit gegenläufigem Gewinde erzeugt (Abb. 8). Bei oftmaliger Betätigung ist eine allmähliche Verschiebung der Muttern auf der Gewindespindel möglich, wodurch sich die Zeiträume der Bewegungen ebenfalls verschieben und sich im Extremfall nicht mehr überdecken. Hinzu kommt ein allmäh-

licher Verschleiß, insbesondere der zur Bewegungsübertragung benützten Kugeln, durch starke mechanische Belastung und häufige Dekontamination.

Eine Verbesserung der DD-Systeme in den Deckenöffnungen zum Manipulatorwechsel ist bereits erfolgt, neue Geräte ersetzen demnächst die bisherigen (Abb. 9). Die Änderungen bestehen im wesentlichen

- a) aus dem Ersatz der Kugeln und der umlaufenden Wurmfeder durch stabilere Klauen zur Kraftübertragung,
- b) in der Einführung einer zeitlichen Zwangsfolge des Entkoppelvorganges nach erfolgtem Koppelvorgang durch formschlüssigen Bewegungsablauf und
- c) im Anbringen einer Absturzsicherung.

Die Verbesserung der horizontalen Schleusen mit kleineren Durchmessern befindet sich im Reißbrettstadium. Hier ist zunächst nur an eine Möglichkeit zur Prüfung des ordnungsgemäßen Entkoppelvorganges vom Zelleninneren her gedacht.

4. Zukünftige Maßnahmen

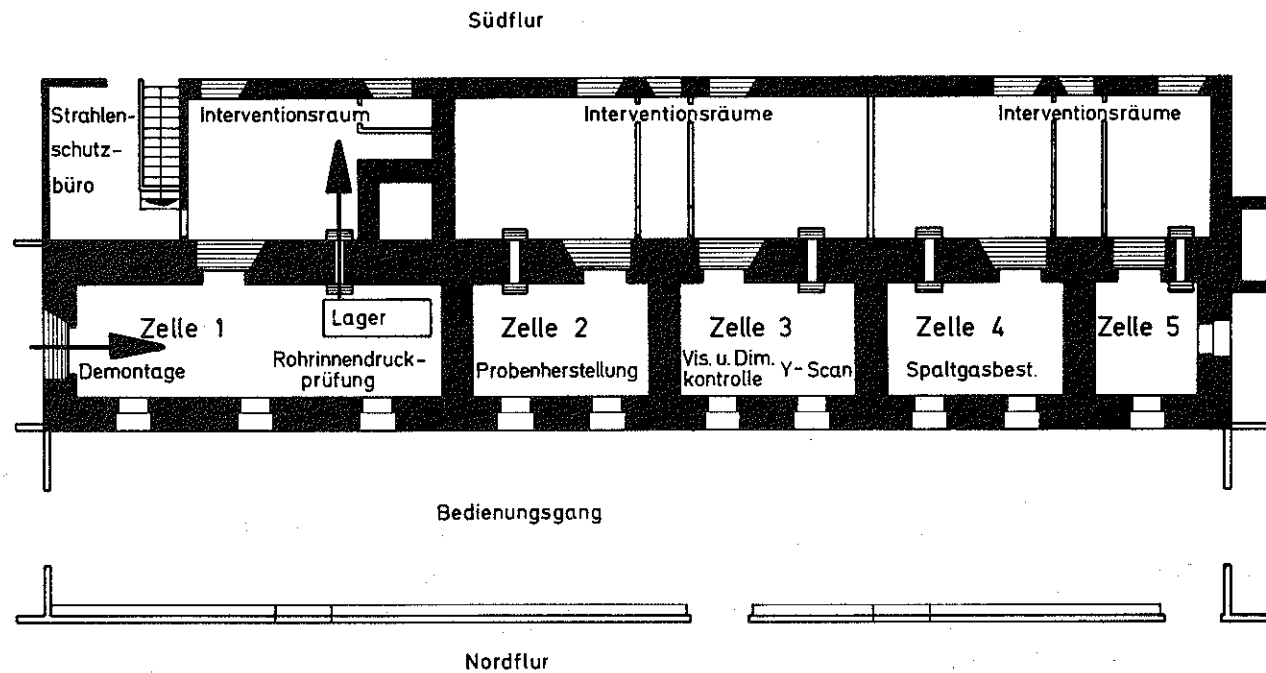
4.1 Der insgesamt dennoch vorteilhafte Einsatz der DD-Technik legt es nahe, auch die verbleibenden Fälle des nicht-gasdichten Schleusens soweit als möglich durch DD-Schleusen abzudecken.

Als nächste Maßnahme ist die Beschaffung eines noch größeren Behälters zum gasdichten Wechsel von Kraftmanipulatoren geplant (Abb. 10); die Konstruktion ist bereits abgeschlossen. Voraussetzung hierfür ist der Einbau von Schleusen mit 800 mm \emptyset in die Deckenöffnungen. Der Behälter läßt sich außerdem auch zum Ausschleusen und Transportieren von kontaminierten Geräten aus den Zellen verwenden.

- 4.2 Um die Zahl der zeitaufwendigen Schleus- und Transportvorgänge innerhalb des Gebäudes zwischen verschiedenen Zellenanlagen drastisch zu verringern, wird zur Zeit eine Rohrpostanlage installiert (Abb. 11), die voraussichtlich im Sommer 79 in Betrieb genommen werden kann. Hausinterne Proben Transporte mit Behältern werden sich dann auf die wenigen Fälle beschränken, bei denen die Probengrößen der Nutzmaße der Rohrpostkapseln (34 \emptyset x 80 mm) übersteigen. Damit ist ein weiterer Schritt zur Verminderung der Manndosis und Erhöhung der Sicherheit getan. Auch die 1978 angestiegene mittlere Manndosis der Dekoarbeiter wird sich dann verringern, unterstützt durch eine zusätzlich vorgenommene Verstärkung der Wanddicke der Deko-Zellen.
- 4.3 An eine Erweiterung der Rohrpostanlage durch einen hausexternen Strang zum Institut für Radiochemie, mit dem die größte Zahl von externen Transporten abgewickelt wird, ist gedacht. Dieser Strang hätte eine Länge von ca. 300 m.
- 4.4 Die Drehschleuse zur Annahme von externen Transporten soll generell weiterhin nicht-gasdicht betrieben werden, um für jede Art von liegenden Transportbehältern geeignet zu sein. Das Einschleusen der meist niedrig kontaminierten Bestrahlungseinsätze ist bei sorgfältigem Arbeiten auch ohne DD-System problemlos, ausgeschleust wird hier nur selten.

Diese Voraussetzungen ändern sich jedoch bei der geplanten Nachuntersuchung der Brennelemente aus dem KNK II-Reaktor in Karlsruhe. Ihre Zerlegung ist notwendig zur Selektion der nachzuuntersuchenden Stäbe, aber auch zur Entsorgung mit vorausgehender Zwischenlagerung. Wegen der großen Zahl der Ausschleusvorgänge (20 bis 30 pro Jahr) ist geplant, speziell für diesen Zweck eine weitere DD-Schleuse

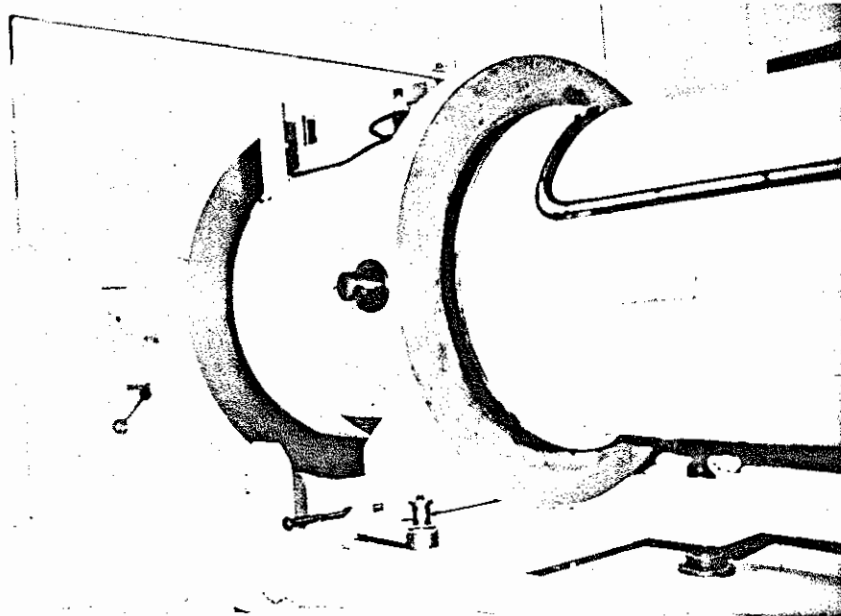
in die Eingangszelle einzubauen (Abb. 12). Die zugehörigen Behälter mit jeweils einem BE beladen, werden über eine bereits konstruierte Schleusstation an die Zelle angeschlossen, entleert und mit den Einzelstäben von zerlegten BE's oder nachuntersuchten Stabstücken wieder beladen und wegtransportiert. Beim stumpfen Anstoßen der Transportflaschen an die Zellenstirnwand seitlich austretende Strahlung wird durch einen Abschirmring aufgefangen. Nach vollendetem Ausschleusen und Abkoppeln des Behälters ist innerhalb der Schleusstation ein Rundum-Wischttest an der frisch beladenen Kapsel vorgesehen.



KfK

KTB/HZ

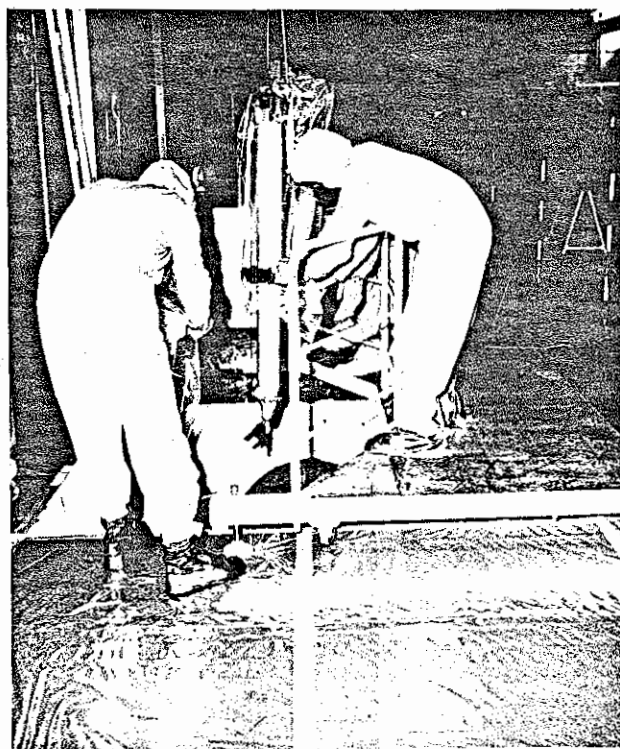
Abb. 1 Betonzellentrakt des Altbaues der Heißen Zellen.
 Bei Inbetriebnahme wurden alle Schleusvorgänge von radioaktiven Prüflingen im wesentlichen durch die beiden mit Pfeilen markierten Öffnungen, ohne Doppeldeckel, abgewickelt.



KfK

KTB/HZ

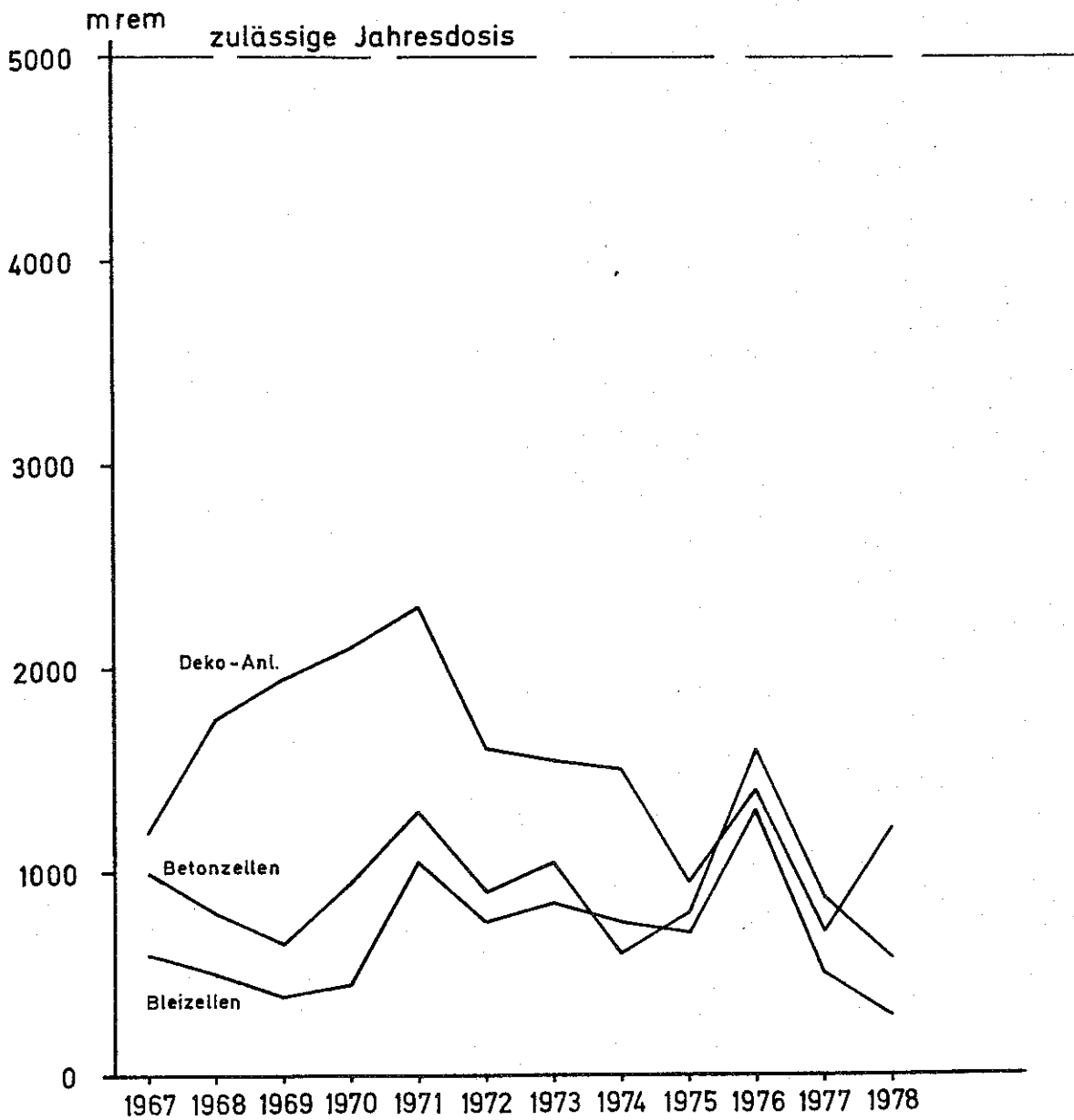
Abb. 2 An der Aufnahmeöffnung der Zelle 1 angesetzter Abschirmbehälter bei einem Einschleusvorgang. Zwischen Behälter und Zelle besteht keine gasdichte Verbindung.



KfK

KTB/HZ

Abb. 3 Wechsel eines heißen Manipulatorarmes durch die Deckenluke einer Zelle mit Plastiksack.

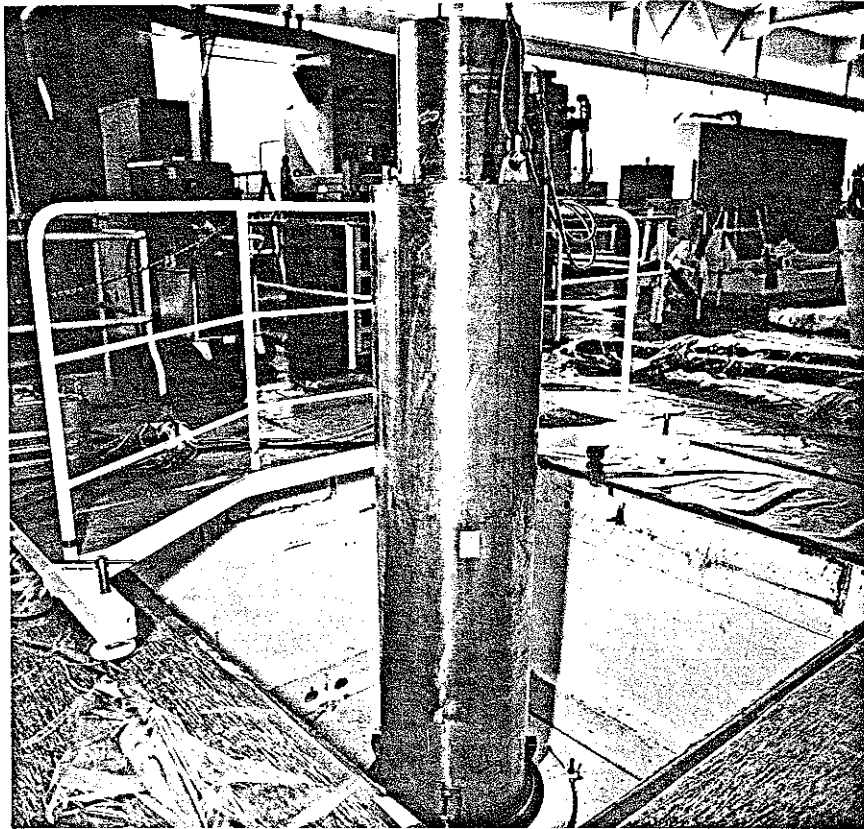


Personendosis im Jahres-Durchschnitt

KfK

KTB/HZ

Abb. 4 Gemittelte jährliche Mann-rem-Werte für die drei Gruppen
 Operateure an Betonzellen (12 Mann)
 Operateure an Bleizellen (12 Mann)
 Deko-Personal für Kontaminationsbeseitigung sowie
 Probenreinigung in Handschuhboxen und Bleizellen (5 Mann)



KfK

KTB/HZ

Abb. 5 Gasdichter Wechsel eines heißen Manipulatorarmes durch die Deckenluke einer Zelle mit einem Doppeldeckel-Behälter.

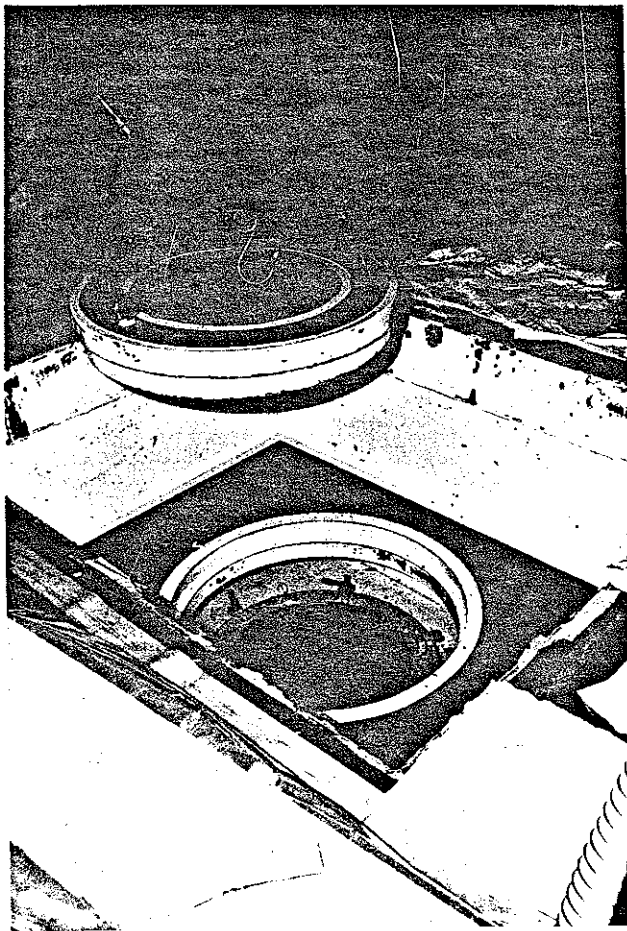


Abb. 6

Nach Entfernen des Betondeckels in die Lukenöffnung der Zellendecke ein 15 cm dicker Stahldeckel eingesetzt zur Absenkung des γ -Strahlenpegels. Vor Ansetzen eines Manipulator-Wechselbehälters wird die Mittelöffnung des Stahldeckels geöffnet (im Bild dargestellt, der Blick auf den Doppeldeckel des darunterliegenden gasdichten Blechdeckels ist frei).

KfK

KTB/HZ

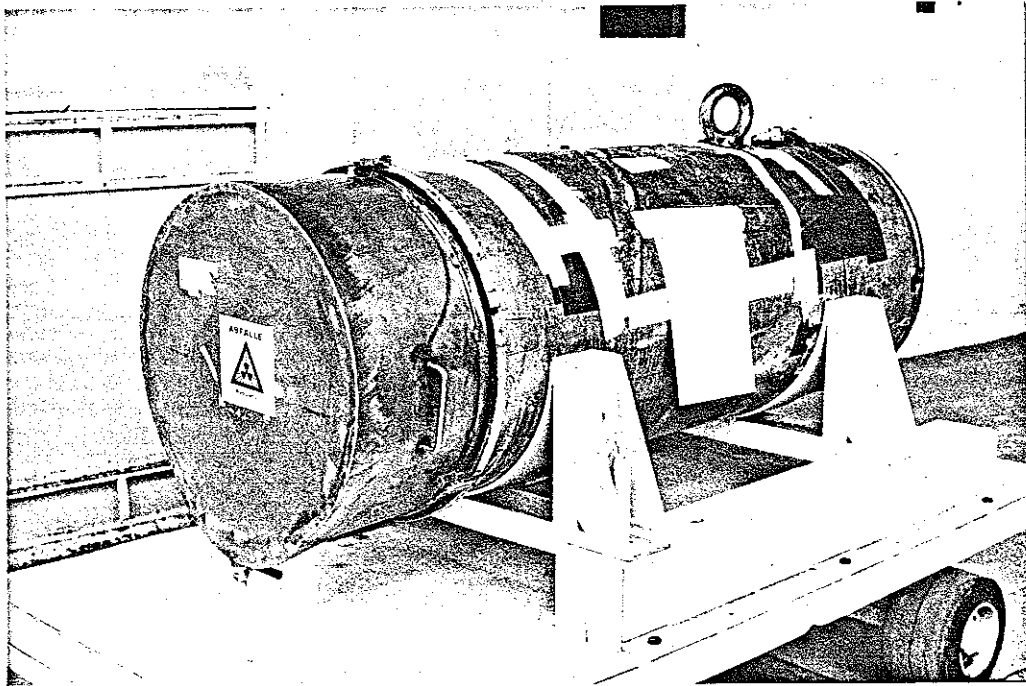
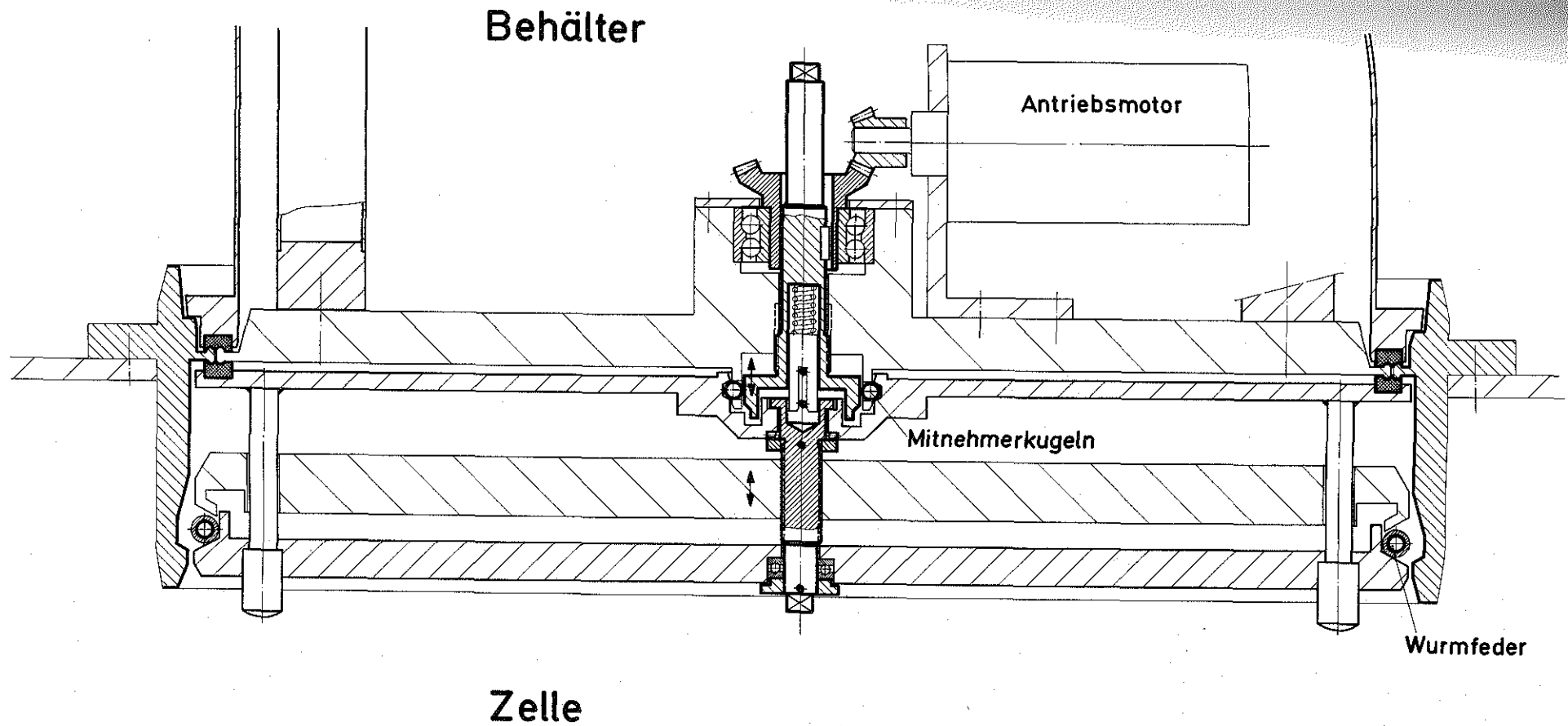


Abb. 7

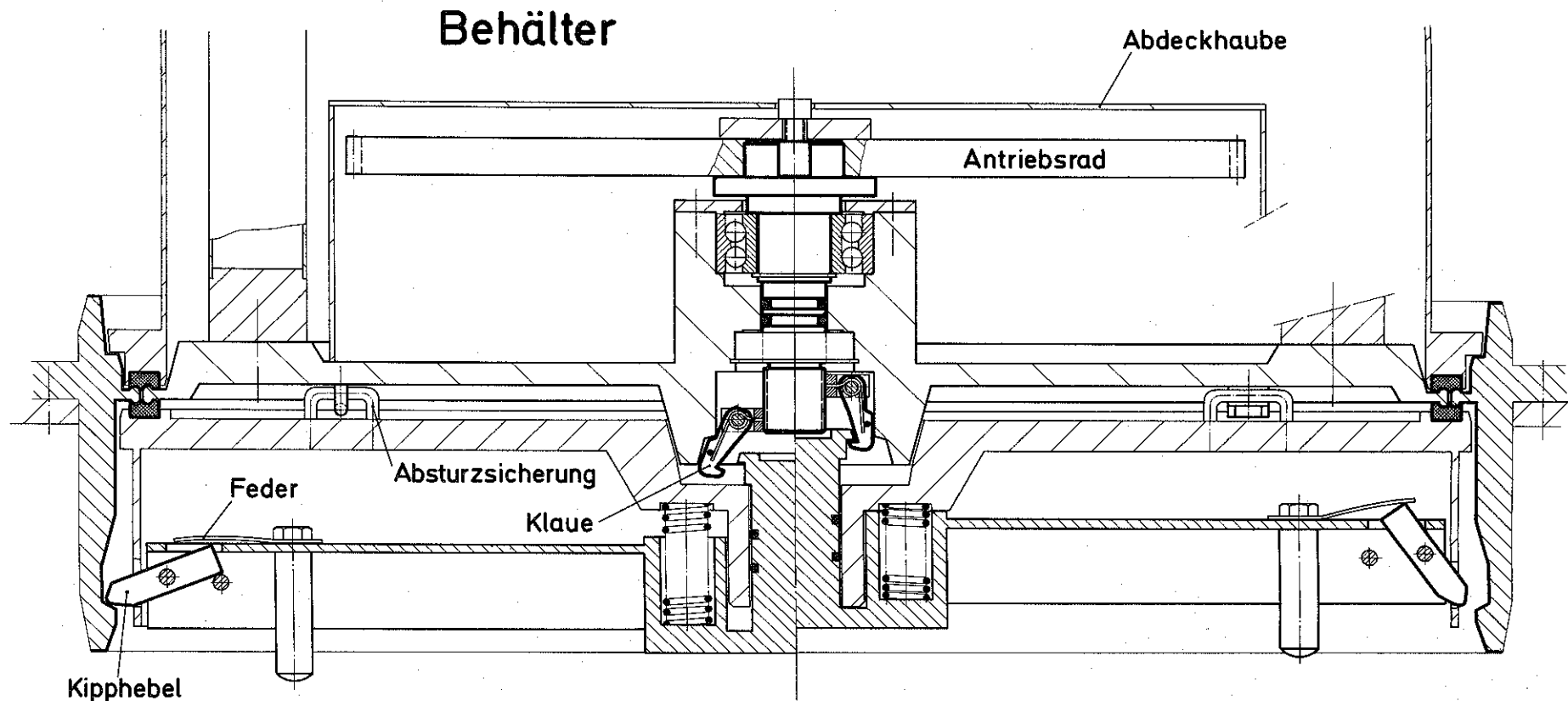
Abschirmbehälter zum Transport von radioaktiven Abfällen aus den heißen Zellen. Die Vorderseite mit der Beladungsöffnung ist während des Transportes mit einer am Behälter abdichtenden Blechhaube versehen, die als zweite dichte Umschließung wirkt. Die Abschirmung der Behälteroberseite ist in diesem speziellen Fall mit einem zusätzlich angebrachten Bleiblech verstärkt.



KfK

KTB/HZ

Abb. 8 Prinzip des Anfang der 70er Jahre bei der GfK eingeführten Doppeldeckel-Systems. Die behälterseitige Gewindespindel wird über einen Schlitz und einen Querbolzen mit der Spindel des Zellendeckels gekoppelt, die gegenläufiges Gewinde besitzt. Durch Drehen der Spindeln werden die Mitnehmerkugeln nach außen gedrückt, wodurch Behälter- und Zellendeckel gekoppelt sind. Gleichzeitig wird das Mittelteil des Zellendeckels nach oben bewegt, wodurch sich die Wurmfeder nach innen entspannen kann und die Kopplung des Zellendeckels mit der Zelle aufhebt (dargestellter Zustand). Alle Deckel können jetzt in das Zelleninnere bewegt werden, der Behälterinnenraum ist über die dargestellten Dichtungen gasdicht mit der Zelle verbunden.



linke Seite :
Behälter lose aufgesetzt
Zellendeckel verriegelt

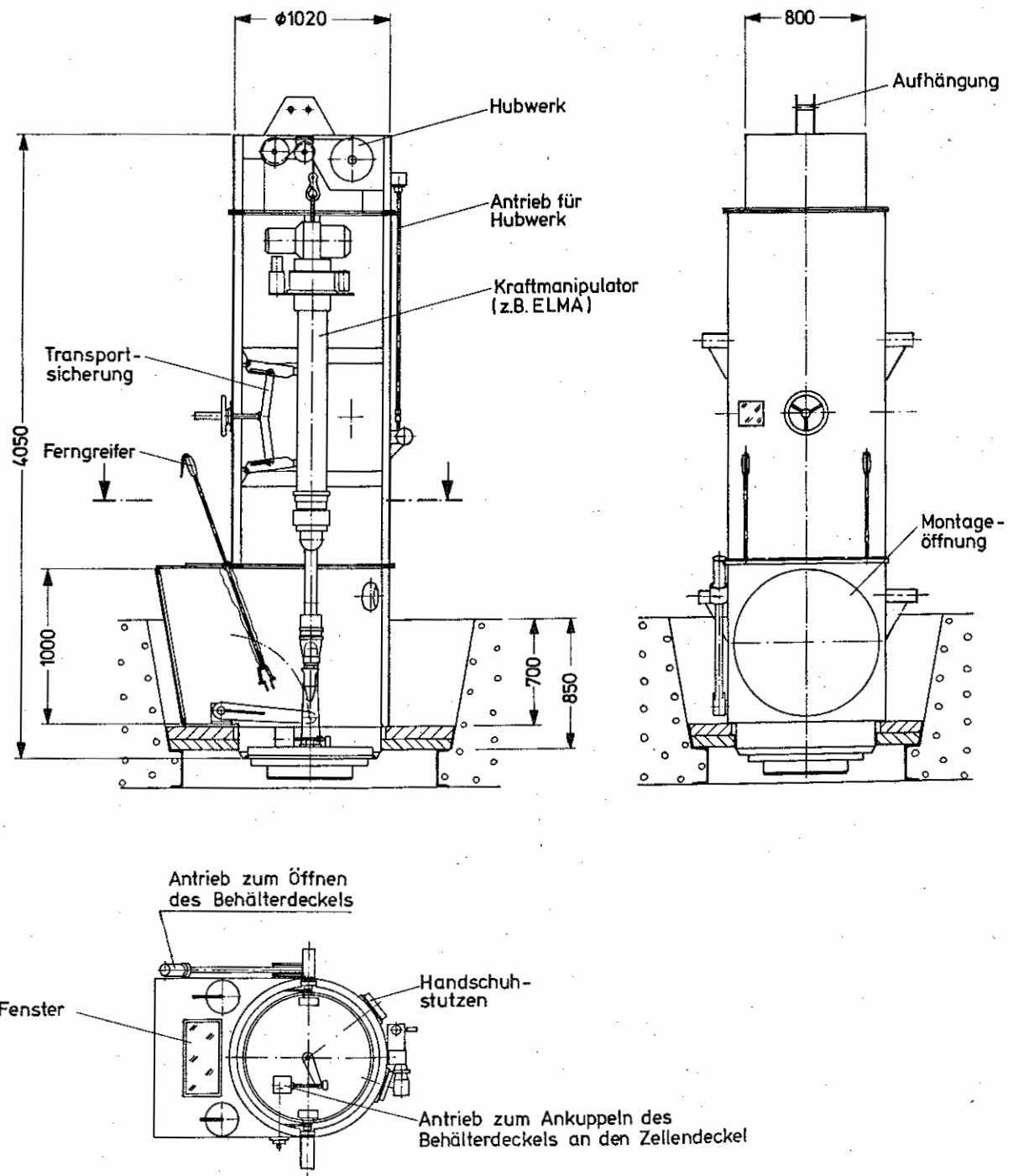
Zelle

rechte Seite :
Behälter mit
Zellendeckel gekoppelt

KIK

KTB/HZ

Abb. 9 Prinzip des verbesserten Doppeldeckel-Systems. Nach Aufsetzen des Behälters auf den Zellendeckel (linke Seite) werden durch Drehen der Gewindespindel die Klauen nach oben bewegt und mit dem Unterteil des Zellendeckels verkoppelt. Bei der weiteren Aufwärtsbewegung wird das Deckelunterteil mit nach oben gezogen gegen die Schraubendruckfedern, dabei werden die Kipphebel nach innen geklappt, damit ist der Zellendeckel von der Zelle entkoppelt, beide Deckel können in die Zelle abgesenkt werden. Vor dem völligen Absetzen auf die Dichtung wird der Behälter um einige Grad gedreht, so daß die Absturzsicherungen der Deckel als Ösen und Haken ineinandergreifen.

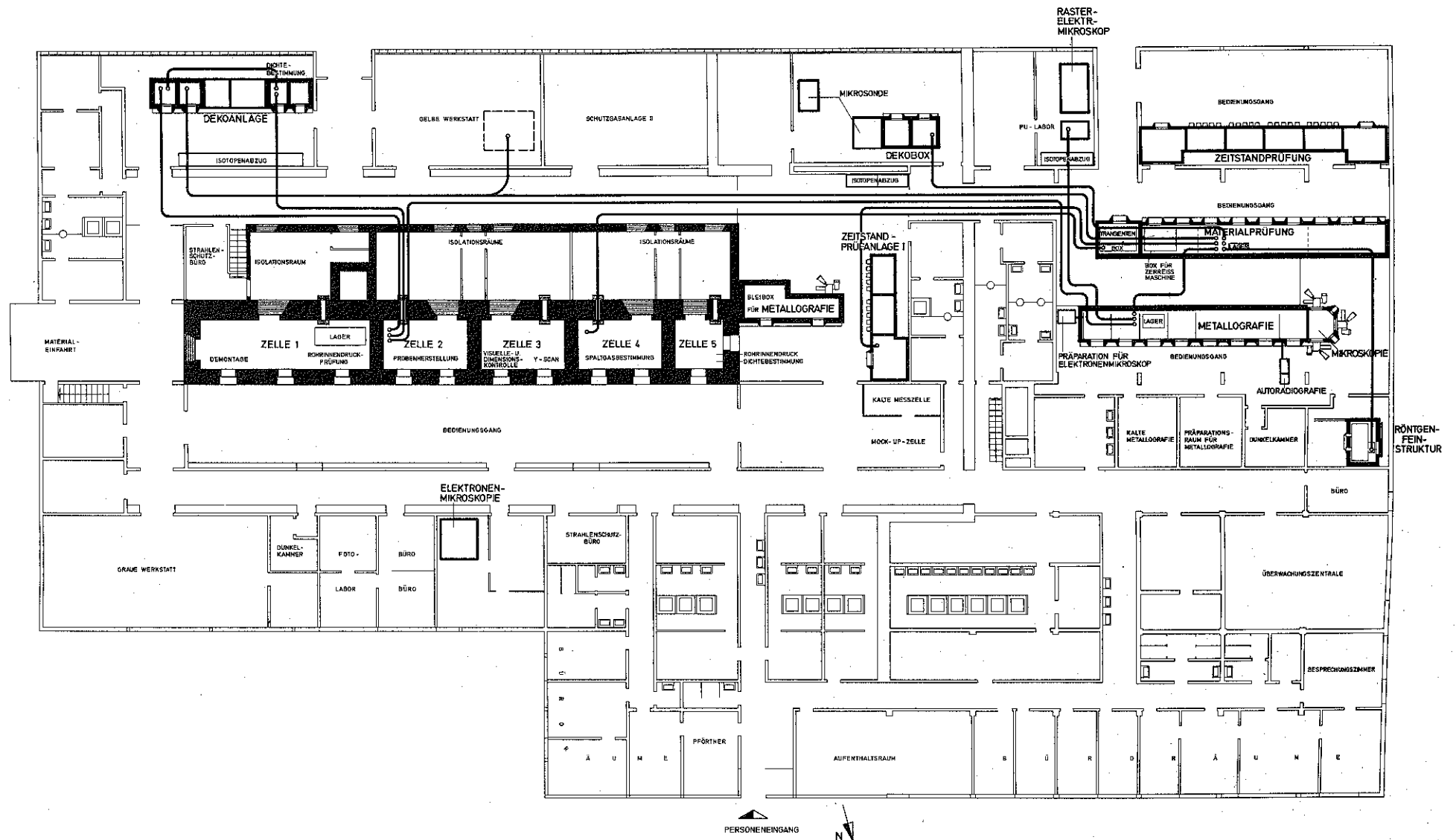


KfK

T04N-3-449

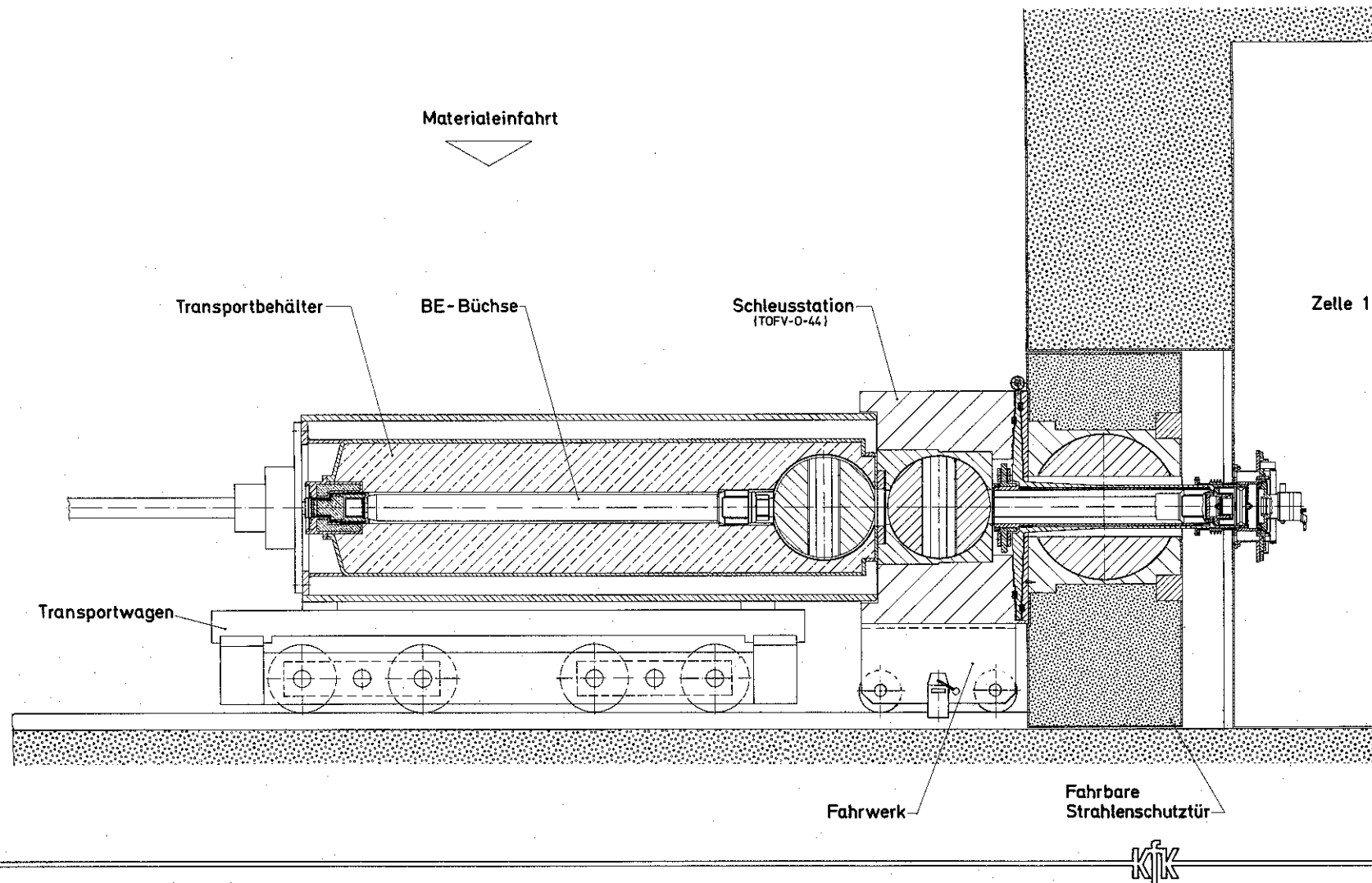
Schleusbehälter für Kraftmanipulatoren

Abb. 10 Geplanter Doppeldeckel-Behälter zum Wechseln von Kraftmanipulatoren durch die Deckenluken der Zellen.



KfK KTB/HZ

Abb. 11 Grundriß der Gesamtanlage der Heißen Zellen Bau 701 der Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe mit den installierten Strängen der hausinternen Rohrpostanlage für Proben-transporte.

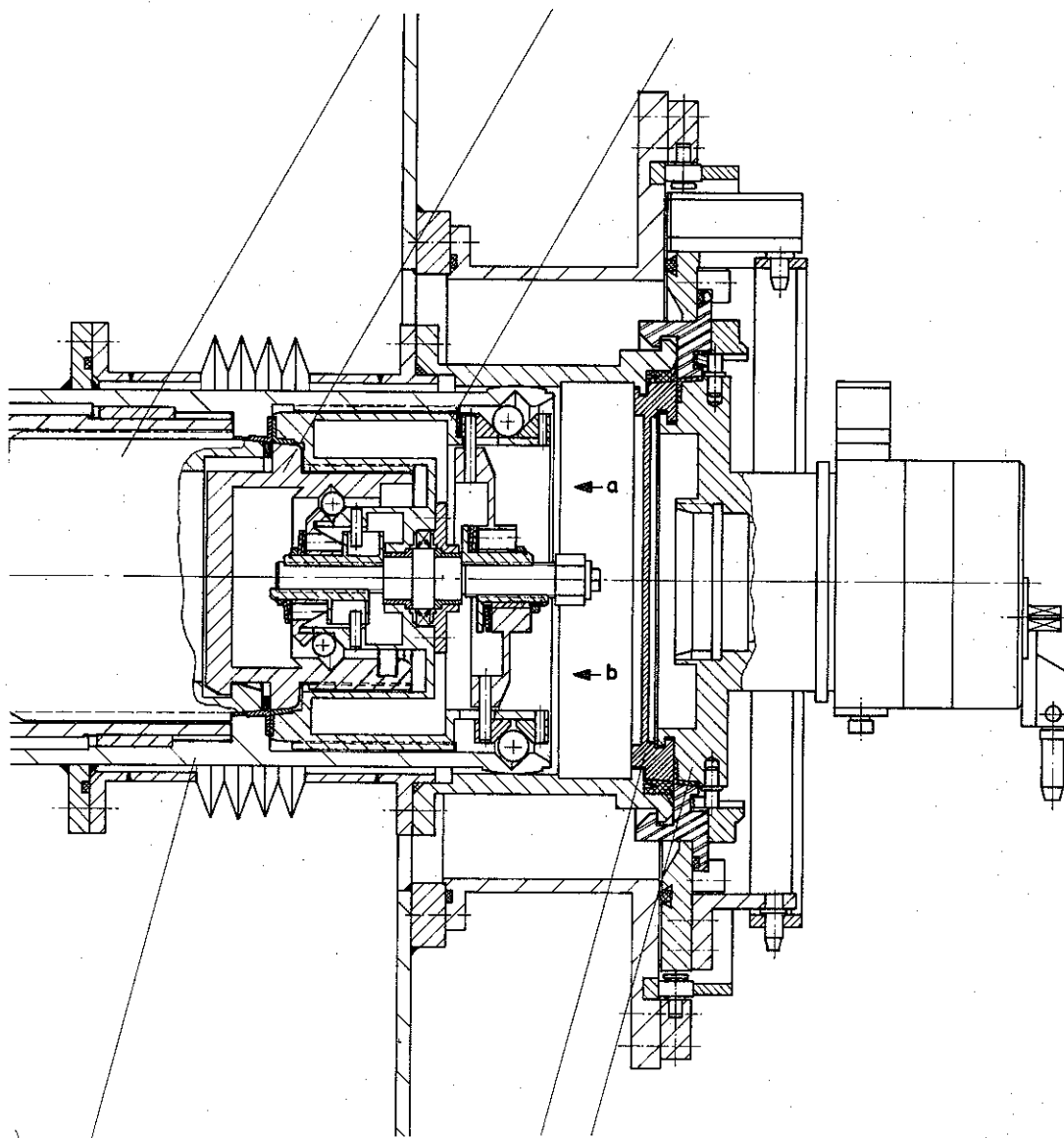


Anordnung der Schleuskomponenten
(M 1:10)

TOFV-1-45

1.178 30

Abb. 12 Geplante Schleuskomponenten zum Schleusen von KNK II-BE's an Zelle 1. Die γ -Abschirmung wird durch je eine Drehschleuse im Transportbehälter, in der Schleusstation und in der Abschirmtür der Zelle gewährleistet. Die BE-Büchse wird beim Schleusen gasdicht an die Zelle angeschlossen. Die Schleusstation übernimmt dabei die Funktionen der Bewegungsübertragung für die Koppelmechanismen der Schleusen von außen nach innen und der γ -Abschirmung durch die 2. Drehschleuse bei geöffneter 1. Drehschleuse.



KfK TOFV-1-45a

Abb. 13 Ausschnitt aus Abb. 12. Das Prinzip der Doppeldeckel-Verriegelung durch Mitnehmerkugeln nach Abb. 8 ist hier in modifizierter Form zweimal angewendet zum Koppeln des Büchsen-Deckels mit einer "Verschlußglocke" und zu deren Arretierung in der Zellenöffnung.