



# KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Institut für Reaktorwerkstoffe / Heiße Zellen

20 Jahre Betriebserfahrung in den Heissen Zellen in Jülich  
- Konsequenzen für den Bau neuer Anlagen -

von

M. Herren

vorgelegt

bei der Tagung der Euratom-Arbeitsgruppe

"HOT CELL AND REMOTE HANDLING TECHNOLOGY"

Karlsruhe, 27./28. September 1989

20 Jahre Betriebserfahrung in den  
Heissen Zellen in Jülich  
- Konsequenzen für den Bau neuer  
Anlagen -

von

M. Herren

**Zusammenfassung**

Die Abteilung Heisse Zellen betreibt seit mehr als 20 Jahren 2 getrennte Heisse Zellen-Labors und zwar die Grossen Heissen Zellen (GHZ) und das Brennstoff-Zellenlabor (BZL) mit insgesamt 5 Zellenreihen.

Es wird über Betriebserfahrungen berichtet mit dem Gesamtkonzept des Labors, mit technischen Anlagen, Zellen und deren Ausrüstung.

**Verteiler:**

IRW-Standard	Derz	Nievalstein	Wetzel
EURATOM-Arbeitsgruppe	Duwe	Schenk	
Begahs	Johnen	Schröder	
Buch	Kessler	Schürer	
Bücker	Kühnlein	Werry	

## Inhaltsangabe

	Seite
1. Allgemeines	1
2. Gesamtkonzept	2
3. Technische Anlagen	4
3.1 Lüftungsanlage	4
3.2 Stickstoffkreislauf	6
3.3 Abwassersammelanlage	7
3.4 Elektroversorgung	8
3.5 Strahlenschutzinstrumentierung	9
4. Zellen	12
4.1 Bauliche Ausführung	12
4.2 Abschirmung	15
5. Ausrüstung der Zellen	16
6. Schlußbemerkung	18

## 1. Allgemeines

Die Abteilung Heisse Zellen der KFA Jülich betreibt seit mehr als 20 Jahren 2 getrennte Heisse Zellen-Labors und zwar die Grossen Heissen Zellen (GHZ) und das Brennstoff-Zellenlabor (BZL) mit insgesamt 5 Zellenreihen.

Begonnen wurde 1965 mit der Werkstoffprüfung an Druckbehälterstählen für LWR im BZL. Es folgten Nachbestrahlungsuntersuchungen von LWR-Testbrennstäben und von HTR-Brennelementen und -Strukturmaterialien. Hinzu kamen Versuche zur Wiederaufarbeitung von HTR-Brennstoff, Dienstleistungen für die Jülicher Reaktoren und die Entsorgung aller abgebrannten AVR-Brennelemente. Mittlerweile liegt der Schwerpunkt der Arbeiten bei Untersuchungen zum Endlagerverhalten von HTR-Brennelementen, zur Qualifikation von Endlagergebänden und bei Experimenten zur Frage der Sicherheit von Brennelementen für Hochtemperaturreaktoren.

Im Laufe der Zeit wurden zahlreiche, sehr unterschiedliche Bestrahlungsvorrichtungen, -kapseln und -proben gehandhabt und mit den verschiedensten Methoden untersucht.

Nicht nur die Arbeiten, sondern auch die beiden betriebenen Labors und deren Zellenreihen weisen erhebliche Unterschiede auf.

Es haben sich dadurch eine Reihe von Betriebserfahrungen mit den Heissen Zellen und dem Umgang in ihnen angesammelt. Über einige dieser Erfahrungen soll im folgenden berichtet werden.

Auf eine durchgehende und ausführliche Anlagenbeschreibung wurde verzichtet. Jedoch erfolgt eine kurze Darstellung soweit es zum Verständnis der beschriebenen Betriebserfahrungen notwendig erscheint.

## 2. Gesamtkonzept

Mit der Planung der GHZ (Abb. 1) wurde in Jülich bereits 1959/60 begonnen, nachdem sich die Erkenntnis durchgesetzt hatte, daß mit dem Einstieg in die friedliche Nutzung der Kernenergie auch Untersuchungsmöglichkeiten für hoch radioaktive Materialien geschaffen werden mußten.

Es gab aber kaum feste Vorstellungen darüber, welche Arbeiten im einzelnen in Heissen Zellen durchzuführen wären. Die ganze mit der Auslegung einer solchen Anlage zusammenhängende Problematik war zur damaligen Zeit weitgehend unbekannt.

Es mußte so geplant werden, daß möglichst vielfältige Aufgaben übernommen werden konnten. Die Planung basierte im wesentlichen auf theoretischen Überlegungen und auf Erfahrungen aus dem Ausland. Es entstanden Viel- oder Mehrzweckzellen, die universell nutzbar waren.

Schon relativ früh stand die Aufteilung der Gesamtanlage in 3 Gebäudeteile fest, nämlich einen A-Teil mit Büros, Werkstatt und kalten Labors, den B-Teil mit einem Hygienetrakt sowie den die Heissen Zellen enthaltenden C-Teil. Dadurch und durch die entsprechende Be- und Entlüftung sollte eine eindeutige räumliche Begrenzung des Umganges mit radioaktiven Stoffen erreicht werden.

Im C-Teil wurden 2 große mit Barytbeton abgeschirmte Zellenreihen sowie ein Raum zur Errichtung von Bleizellen eingeplant. Verbunden mit einer der beiden Zellen wurde ein großes Unterwasser-Lagerbecken vorgesehen.

Die Bedienungsräume der Zellen wurden jeweils auf der Gebäudeaußenseite, der gemeinsame Beschickungs-/Serviceraum in der Gebäudemitte zwischen den beiden Zellenreihen innerhalb einer großen Halle vorgesehen.

Auf einer Stirnseite der Halle wurde ein zentraler Kontrollraum (ähnlich einer Reaktorwarte) angeordnet, lüftungsmäßig von der Halle durch Glasfenster getrennt. Auf der gegenüberliegenden Stirnseite der Halle wurde eine große Fahrzeugschleuse zum Ein- und Ausschleusen schwerer Abschirmbehälter eingeplant.

Entsprechend der damals in der Literatur üblichen Bezeichnung wurde eine der beiden Zellenreihen als Beta-Gamma-, die andere als Alpha-Gamma-Zellen ausgelegt, wobei der Unterschied hauptsächlich in der Zelldichtigkeit bzw. der zulässigen Freisetzung radioaktiver Stoffe zu suchen war.

Von der Beschickungsseite her wurden den Beta-Gamma-Zellen sogenannte Isolierzellen vorgelegt, bei den Alpha-Gamma-Zellen sollten die beiden Endzellen der Reihe als Isolierzellen genutzt werden.

Das geschilderte Gesamtkonzept hat sich bewährt. Im Detail waren jedoch Änderungen zweckmäßig.

Geändert wurde z.B. die Aufteilung des Hygienetraktes. Die ursprüngliche Einschätzung der Kontaminationsrisiken erwies sich als zu pessimistisch. Man ging davon aus, daß z.B. der sogenannte Beschickungsbereich als ständig kontaminiert anzusehen sei und für Personen, die ihn verlassen, eine getrennte Personenführung notwendig wäre. Auf der anderen Seite fehlte ein geeigneter Raum zum Aufstellen von Schränken für Straßenkleidung. Die Anzahl der Duschen war viel zu groß. Auch gab es Doppelduschen zur stufenweisen Dekontamination mit Ableitung der Duschwässer in 2 getrennte Auffangbehälterkategorien.

Weiter erwies sich die Anzahl der Büros im A-Teil als zu gering. Mittlerweile wurden alle "kalten" Laborräume in Büroräume umfunktioniert, Großräume aufgeteilt und Teile des ursprünglich sehr großen Haupttreppenhauses abgetrennt.

Für die Auslegung des BZL (Abb. 2) stellte sich die Frage eines Gesamtkonzeptes nicht. Die Planung und Verwirklichung ging ab 1964 stufenweise vonstatten, um bis zur Fertigstellung der GHZ eine Übergangslösung für anstehende Nachuntersuchungsaufgaben zu schaffen. Die ersten beiden Zellenreihen wurden in einer ehemaligen Lagerhalle aufgebaut, ein Hygiene- und Bürobereich und schließlich das 3. Labor angebaut. Entsprechend wenig klar ist deshalb das Gesamtkonzept und sollte nicht als Beispiel dienen. Für die eigentlichen Zellenreihen gilt diese Einschränkung nicht.

### 3. Technische Anlagen

#### 3.1 Lüftungsanlagen

Die Lüftungsanlage von Heissen Zellen gehört zu den sicherheitstechnisch wichtigsten Anlagen. Durch sie wird im Normalfall sichergestellt, daß keine Ausbreitung radioaktiver Stoffe stattfindet.

Das Prinzip ist für alle Heissen Zellen einheitlich mit mehreren Druckzonen und steigendem Unterdruck in Richtung der Zonen höherer Kontamination.

Unterschiedlich ausgeführt ist die Anzahl der Druckzonen und deren Druckdifferenzen, die Luftwechselzahlen, die Anordnung und Anzahl der Gebläse sowie deren Redundanz oder die Art und Weise der Lüftungsregelung.

Aus der Tabelle 1 und den Abb. 3 und 4 gehen einige Daten der Lüftungsanlagen für GHZ und BZL hervor.

Für die Neuplanung einer Lüftungsanlage würden u.a. folgende Betriebserfahrungen verwertet:

- Die Bemessung der maximalen Zuluftmengen bzw. der Gebläseleistungen ist zu gering. Bei schnell wachsender Verschmutzung der Zuluftfilter können zwar jederzeit die geforderten Unterdrücke, nicht aber die Luftwechselzahlen eingehalten werden oder es müssen relativ häufig die Filter gewechselt werden; das gleiche gilt für alle Abluftgebläse.
- Die Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Gebäudezonen sind gering. Die Regelung der Lüftung wird dadurch schwierig, insbesondere wenn Türen im Betrieb beliebig geöffnet werden.
- Beim Anfahren der Lüftung der GHZ werden die einzelnen Gebläse über Zeitrelais zugeschaltet. Dies führt bei nicht genau eingestellten Relais zu Fehlschaltungen. Die Lösung mit einer Schaltung über Druckdifferenzschalter würde besser funktionieren.
- Die Einregulierung des Gesamtsystems ist schwierig, da nicht genügend Drosselklappen für die Einzelstränge vorhanden sind.

Tabelle 1: Technische Angaben zu Lüftungsanlagen

		GHZ	BZL
Gesamtluftmengen	Zuluft m <sup>3</sup> /h	100 000	27 000
	Abluft m <sup>3</sup> /h	100 000	35 000
Anzahl der Gebläse		6 x 2	3 x 2
Bedienungszone	Unterdruck Pa	0	0
	Luftwechsel	4	12
Beschickungszone	Unterdruck Pa	50	30
	Luftwechsel	6	12
Zellen	Unterdruck Pa	250	150
	Luftwechsel	10 - 25	28
	Anzahl der Filterstufen	3	2
	Zuluftfilter	nein	ja
	Unterdruckregelung	automatisch	manuell
	Aktivkohlefilter	nur bei Kreislaufbetrieb	im By-Pass



- Bei der Aufstellung der Gebläse und der Verlegung der Lüftungsleitungen wurde der Geräusch- und Schwingungsübertragung zu wenig Beachtung geschenkt. Geräusche und Vibrationen wirken sich vor allem in Büroräumen störend aus.
- Brand- und Rauchweiterleitung durch Lüftungskanäle wurden nicht berücksichtigt. An verschiedenen Stellen konnten nachträglich Brandschutzklappen installiert werden. Insgesamt ist dieser Fehler nicht mehr zu beheben.
- Die Vernetzung der einzelnen Gebläsegruppen ist für die Anlage GHZ zu kompliziert. Im BZL ist z.B. der Betrieb der Zellenablüfter ohne Betrieb der übrigen Gebläse möglich, in den GHZ nicht.
- An Stellen, an denen 3 Druckzonen benachbart sind, können ungewünschte Strömungsrichtungen auftreten. Dies ist z.B. der Fall, wenn auf der Bedienungsseite Manipulatordurchführungen offen sind und gleichzeitig auf der Beschickungsseite ein Zellentor geöffnet wird. Aus der Bedienungszone wird dann, trotz ganz geöffneter Zellenabluftklappen, Luft durch die Zellen in die Beschickungszone gesaugt.

### 3.2 Stickstoffkreislauf

Bei der normalen Zellenbelüftung wird Luft aus der Beschickungszone angesaugt und über 3 Schwebstofffilterstufen und den Abluftschnstein an die Außenatmosphäre abgegeben.

Für Arbeiten in den Zellen, bei denen Jod freigesetzt werden kann oder bei denen eine erhöhte Brandgefahr besteht, wurde ein sogenannter Stickstoffkreislauf installiert. Mit diesem System kann zum einen die Luft der Zellen im Kreislauf bewegt und über ein Aktivkohlefilter geleitet werden. Zum anderen kann aber auch durch katalytische Verbrennung der Sauerstoff aus der umgewälzten Luft entfernt werden, so daß nach einer Übergangszeit eine genügend reine Stickstoffatmosphäre umgewälzt wird.

Das ganze System ist sehr wartungs- und bei Betrieb personalintensiv. Innerhalb der letzten 10 Jahre wurde es nur noch für die vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen in Betrieb genommen. Der Einbau einer solchen Anlage lohnt sich nur, wenn ausschließlich oder zumindest häufig Arbeiten mit erhöhter Brandgefahr durchgeführt werden müssen. Ansonsten sollte für Arbeiten, bei denen Aktivkohlefilter einzusetzen sind und bei einem Zellenystem mit großer abzuführender Luftmenge, ein einfaches Kreislaufsystem für geringere Luftmengen (wahlweiser Anschluß einer Zelle der Zellenreihe) vorgesehen werden.

### 3.3 Abwasserauffanganlagen

Die anfallenden kontaminierten Flüssigkeiten wurden aufgeteilt in

- stark aktive Flüssigkeiten in kleiner Menge in den Zellen. Sie werden direkt in der Zelle verfestigt.
- Mittelaktive Flüssigkeiten in größerer Menge in den Zellen (z.B. Dekontamination der Zellen). Sie werden in abgeschirmte Behälter im Untergeschoß mit 200 l Inhalt über Drainageleitungen abgeführt.
- Mittel- und schwachaktive Flüssigkeiten aus dem Labor (z.B. Putz- und Duschwässer). Sie werden in 3 nach spezifischer Aktivität eingeteilte Auffangbehältergruppen mit insgesamt 48 m<sup>3</sup> Inhalt geleitet.

Diese Aufteilung entspricht auch den heutigen Anforderungen. Während die Auffanganlage für die Flüssigkeiten aus dem Labor nur mit einer dem heutigen Stand entsprechenden Überwachungseinrichtung ausgerüstet werden könnte, mußte das Drainagesystem der Zellen geändert werden.

Die Flüssigkeiten aus der Zelle flossen durch doppelwandige Rohrleitungen im Zellenboden ins Untergeschoß und dort in 5 stationär aufgestellte Auffangbehälter mit 200 l Fassungsvermögen und einer 100 mm dicken Bleiab-schirmung. Aus diesen Auffangbehältern mußte die Flüssigkeit in einen Transportbehälter umgepumpt werden (Abb. 5).

Es zeigte sich, daß die Dekontamination einer Zelle relativ selten erfolgt. Die aufgefangene Flüssigkeit verblieb lange in den Behältern. In der Flüssigkeit enthaltener Schmutz setzte sich auf dem Behälterboden ab und ließ sich auch durch Spülvorgänge nicht mehr lösen. Zum Teil handelte es sich um aggressive Flüssigkeiten. Die Folge war, die Behälter wurden undicht und es herrschte in ihrer Umgebung eine hohe Dosisleistung.

Die stationären Behälter wurden entfernt. Neue fahrbare abgeschirmte Auffangbehälter mit Füllstands- und Leckfühlern wurden gebaut mit einem direkten Kupplungssystem zu den aus der Zelle kommenden Drainageleitungen. Sie werden nur angeschlossen, wenn Flüssigkeit anfällt und umgehend in der zentralen Abwasseranlage der KFA entleert wird.

#### 3.4 Elektroversorgung

Zur Elektroversorgung wurden in den GHZ 3 Stromnetze installiert

- die normale Netzversorgung,
- ein Not-I-Netz, gespeist über 3 Diesel-Aggregate,
- ein Not-II-Netz, unterbrechungslos über 3 Maschinen-Umformersätze gespeist. Auf einer Welle sind ein Wechselstromgenerator kombiniert mit einem am Not-I-Netz hängenden Drehstrommotor und einem über einen Batteriesatz (600 A für 20 min) versorgten Gleichstrommotor.

Mit dieser Kombination ist sowohl für sicherheitsrelevante Verbraucher (z.B. Strahlenschutzinstrumentierung, Meß- und Regelkreise der Lüftungsanlage, Gebäuderuf- und -Warnanlage) bei Notausfall eine unterbrechungslose Stromversorgung gewährleistet als auch für langanhaltenden Stromausfall Vorsorge getroffen.

Die Betriebserfahrungen haben dieses Konzept bestätigt. Aus heutiger Sicht wären allerdings Modifikationen in der Leitungsführung, wie getrennte Leitungswege und redundante Leitungen notwendig.

In der Elektroversorgung des BZL fehlt das unterbrechungslose Not-II-Netz. Bei Stromausfall ist die Elektroversorgung für 10 - 15 sec bis zur Übernahme durch die Notstromdiesel unterbrochen. Durch die Umschaltvorgänge treten im Netz Spannungspitzen auf. Das hat zur Folge, daß z.B. bei der Strahlenschutzinstrumentierung Störimpulse zum Überschreiten von eingestellten Grenzwerten führen oder empfindliche Meßgeräte beschädigt werden. Bei einigen Anlagen fallen durch den Spannungseinbruch Schütze ab, die nicht automatisch wieder ansprechen. D.h. trotz der Notstromversorgung müssen einige Verbraucher von Hand wieder eingeschaltet werden.

### 3.5 Strahlenschutzinstrumentierung

Die ortsfest eingebaute Strahlenschutzinstrumentierung (Abb. 7) umfaßt

- Ortsdosisleistungsmeßgeräte zur Erfassung des Strahlenfeldes im Labor,
- Raumluftüberwachungsgeräte,
- Abluftüberwachungsanlage,
- Zellendosisleistungsmeßgeräte,
- Hand-Fuß-Monitore.

Generell würde die Ausrüstung eines Heisse Zellen-Labors bei einem Neubau in dieser Ausführung unverändert übernommen.

Im einzelnen sind jedoch einige Anmerkungen notwendig:

- Da nicht beliebig viele Dosisleistungsmeßgeräte ortsfest im Labor eingebaut werden können, wird mit einer solchen Anlage nur ausgehende und an ihrer Quelle hohe Strahlung erfaßt. Eng kollimierte Strahlung geht an ihr vorbei. Weiter entfernte Strahlenquellen

werden nicht entdeckt. Die Anlage ist nur für Störfälle sinnvoll. Die Betriebsmannschaft muß sich dessen bewußt bleiben und z.B. bei Abschirmungsänderungen Dosisleistungsmessungen veranlassen. An Arbeitsplätzen mit sich ändernden Dosisleistungen werden tragbare Meßgeräte mit Alarmvorrichtungen und einstellbaren Grenzwerten eingesetzt.

- Seit einiger Zeit wird auf einem gesonderten Nachweis von Alpha-Strahlern verzichtet. Dies gilt sowohl für die kontinuierliche Raum- und Abluftüberwachung als auch die Kontaminationsüberwachung. Dies wird dadurch möglich, daß keine reinen Alpha-Strahler gehandhabt werden. Es konnte nachgewiesen werden, daß das Verhältnis Beta/Alpha-Aktivität größer als 10 ist. Damit bleibt bei Erreichen eines zulässigen Grenzwertes für Beta-Strahlung der Grenzwert für Alpha-Strahlung unterschritten.  
Durch den Verzicht auf die Alpha-Messung an allen Meßstellen konnten Investitionskosten gesenkt und lange Meßzeiten verkürzt werden. Die Überprüfung des Beta/Alpha-Verhältnisses oder der Alpha-Aktivität bei Kontaminationsfällen kann an einem gesonderten Meßplatz erfolgen.
  
- Hand-Fuß-Monitore sind nicht nur am Ausgang des Kontrollbereiches installiert, sondern auch an den Ausgängen der Beschickungszonen. Diese Maßnahme hat sich bewährt, da so schon innerhalb des Labors Kontaminationen erkannt werden, bevor sie durch den gesamten Kontrollbereich verschleppt werden.  
Die ursprünglich aufgestellten Monitore hatten nur Zählrohre für Hände und Füße sowie eine bewegliche Sonde für die Körpermessung und waren nicht mit einer vorgegebenen Meßzeit ausgerüstet. Die Erfahrung zeigte, daß es immer eilige Mitarbeiter gibt. Der Monitor am Ausgang des Kontrollbereichs wurde deshalb durch einen Türrahmenmonitor mit vorgegebener Meßzeit ersetzt.

- Die Zellendosisleistungsmeßgeräte dienen zur Abschätzung der in der Zelle gehandhabten Aktivität und als Sicherheitsinstrumentierung beim Öffnen von Zellentoren. Beim Überschreiten eines eingestellten Grenzwertes für die Strahlung in der Zelle läßt sich das Zellentor nicht mehr öffnen. In der Praxis hat sich diese Verriegelung nicht bewährt. Das Zellentor muß häufig geöffnet werden, wenn die vorgegebenen Grenzwerte erreicht sind. Dies ist gefahrlos möglich, wenn eine genaue Überwachung durch den Strahlenschutzbeauftragten im Einzelfall erfolgt.
  
- Für die Abluftüberwachungsanlage gilt, daß sie sich bisher bewährt hat, nach der langen Betriebszeit aber notwendige Ersatzteile schwierig zu beschaffen sind. Eine neue Anlage wird zur Zeit geplant. Aus strahlenschutztechnischer Sicht sind dabei keine Änderungen notwendig. Meßtechnisch muß die Entnahme des Teilstromes aus der Gesamtabluft neu konzipiert werden.  
Stichworte sind hier isokinetische Teilstromentnahme, Beachtung von Absorption an der Rohrleitungswand, Länge plus Material der Rohrleitung, Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung.
  
- Früher waren alle im Labor aufgestellten Raumlufthmonitore neben der Aerosol- auch mit einer Gasmeßstelle ausgerüstet. Mittlerweile werden Gasmessungen nur noch im Ausnahmefall kontinuierlich durchgeführt.  
Die Aerosolmeßstellen sind bei einem Störfall auch für Gase ausreichend empfindlich.

#### 4. Zellen

##### 4.1 Bauliche Ausführung

Die Zellenreihen wurden in der "klassischen" Form, also mehrere Zellen in einer Linie liegend, geplant. Grundsätzliche Unterschiede zwischen den Zellenreihen der GHZ und des BZL bestehen neben Abmessungen und der Wahl des Abschirmmaterials in der Trennung von Abschirmung und gas/staubdichter Begrenzung der radioaktiven Stoffe im BZL. In der Abb. 6 sind diese Unterschiede dargestellt.

Die Vorteile von gas/staubdichten Boxen innerhalb der nicht dichten Abschirmung liegen in der Begrenzung der Kontamination auf ein kleines Volumen und damit einfacherer Dekontamination. Bei Programmwechseln kann eine neue Box schon komplett ausgerüstet werden, bevor die alte Box außer Betrieb genommen werden muß. Als Nachteil ist zu sehen, daß diese Version sinnvoll nur für kleinere Zellen realisierbar erscheint und alle Durchführungen (Manipulatoren, Medienversorgung usw.) in ihrer Konstruktion komplizierter sind.

Die Abmessungen der Zellen richteten sich im BZL nach den während der Planung fest umrissenen Untersuchungsaufgaben und dem zur Verfügung stehenden Platz der bestehenden Gebäude. Für die GHZ waren für die einheitliche Zellentiefe von 3 m die Manipulatorreichweiten, für die unterschiedliche Zellenlänge zwischen 3 bis 8 m die Abmessungen der damals möglicherweise nachzuuntersuchenden Brennelemente oder Versuchsbestrahlungseinrichtungen maßgebend. Beides hat sich bisher bewährt, vor allem durch die vorhandene Kombination der unterschiedlichen Zellen. Versuchsaufbauten lassen sich einzeln und durch die getrennte Aufstellung ohne gegenseitige Beeinflussung im Betriebsablauf im BZL besser realisieren. Arbeiten an größeren Komponenten lassen sich nur in den Zellen der GHZ durchführen.

Neben diesen allgemeinen sei noch auf einige spezielle Gesichtspunkte eingegangen:

- Die Innenauskleidung der Zellen besteht in den GHZ aus mit Edelstahl plattiertem Normalstahl, im BZL für eine Zellenreihe aus Normalstahl, für eine zweite aus Edelstahl. Alle Auskleidungen wurden hell gestrichen, also auch die Edelstahloberflächen. Dies erwies sich als notwendig, um für die Arbeiten notwendige Lichtverhältnisse zu erzielen. Korrosions- und Dekontaminationsprobleme entstanden mit der Normalstahlauskleidung nicht. Es werden aber auch keine chemischen Untersuchungen in den Zellen durchgeführt. Erschwernisse ergeben sich bei Änderungen in den Zellen mit der edelstahlplattierten Auskleidung. Hier müssen umfangreiche Schweißvorschriften berücksichtigt werden, es muß vermieden werden, daß durch die eingeleiteten Spannungen die Plattierung abreißt.
- Der Transport von Proben, Werkzeug usw. von einer in die andere Zelle ist in den GHZ recht umständlich. Es gibt zwar Schleusen, ihre Bedienung ist jedoch zu mühsam. Im BZL sind innerhalb der Zellen alle Boxen durch ein Transportsystem verbunden.
- Es können keine großen Abschirmbehälter mit nach oben abnehmbaren Deckeln be- oder entladen werden. Die Behälter passen entweder nicht durch die Öffnungen in den Zellendächern oder in den Zellen ist die nutzbare Höhe zu gering.
- Alle Zellen der GHZ sollten mit einer Vertikalschleuse im Zellendach ausgerüstet sein. Ursprünglich war eine solche Schleuse nur für die Eingangszelle vorgesehen. Nach und nach wurde in die anderen Zellen eine Schleuse eingebaut.
- Die Anzahl und Anordnung von Durchführungen für Manipulatoren, Periskope und Medienversorgung usw. deckt sich mit den Anforderungen. Der Durchmesser der Medienversorgungsstopfen ist mit 85 mm etwas klein.



- In den Zellen befinden sich ständig eine ganze Menge von Proben, die entweder noch nicht untersucht werden können oder die nach der Untersuchung noch lange aufbewahrt werden müssen.  
Es ist also wichtig, genügend Lagerraum zur Verfügung zu haben.

Innerhalb der GHZ wurde damals eine Zelle von 3 x 3 m als Lagerzelle eingeplant. In nach oben abgeschirmten unterschiedlich großen Lagerrohren im Zellenboden können theoretisch viele Proben untergebracht werden. In der Praxis erwies sich die Handhabung als umständlich. Was aber den Nutzen der Lagerzelle wesentlich mindert, ist die fehlende neutronenphysikalische Entkopplung zwischen den Lagerrohren, so daß aus Kritikalitätsgesichtspunkten die einzulagernde Spaltstoffmenge relativ klein ist.

Als weiteres Lager steht den GHZ ein 2 x 10 m großes und 6 m tiefes Wasserbecken, verbunden mit der Zellenreihe HZ 1, zur Verfügung. Es hat sich als sehr nützlich erwiesen, auch wenn hier die einzulagernden Proben in wasserdichten Behältern aufbewahrt werden müssen. Es steht jedoch seit längerer Zeit dem Labor nur noch bedingt zur Verfügung, weil es zur Zwischenlagerung von bis zu 65.000 abgebrannter Brennelementkugeln des AVR benutzt wird.

Im BZL sind in einigen Zellen unter dem Boxboden abgeschirmte Lagerrohre installiert. Diese Einrichtung hat sich nicht bewährt. Die Lagerkapazität war zu gering und die Bodenfläche über der Lageröffnung konnte auf Grund der relativ kleinen Boxabmessungen nicht ständig freigehalten werden. Um Zugang zum Lager zu bekommen, mußten immer Zelleneinrichtungen beiseite geräumt werden.

#### 4.2 Abschirmung der Zellen

Für die Zellen wurde als Abschirmmaterial verwendet:

- Bleibausteine mit Wanddicken von 15 - 25 cm,
- Gußstahlblöcke mit einer Wanddicke von 46 cm,
- Normalbeton mit einer Wanddicke von 140 cm,
- Barytbeton mit Wanddicken von 85 und 110 cm.

Die Wahl der verschiedenen Materialien resultiert nicht aus einer besonderen Experimentierfreudigkeit, sondern ergab sich aus praktisch technischen Erwägungen im Zusammenspiel mit terminlichen und finanziellen Gründen.

Für die Durchführung der Arbeiten in der Zelle spielt das Abschirmmaterial nur eine untergeordnete Rolle. Ursprünglich wurde befürchtet, daß sich dicke Abschirmwände durch den großen Abstand zwischen Arbeitsplatz in der Zelle und Operator vor der Zelle negativ auswirken würden. Diese Befürchtungen haben sich nicht bestätigt.

Generell ist die Abschirmung für die meisten Arbeiten recht großzügig bemessen, d.h. die Abschirmwirkung ist so hoch, daß außerhalb der Zellen kaum eine Erhöhung des normalen Nulleffektes meßbar ist. Im Hinblick auf das Minimierungsgebot für die Dosis des Bedienungspersonals ist dies jedoch von Vorteil.

## 5. Ausrüstung der Zellen

Bei der Ausrüstung der Zellen ist zu unterscheiden zwischen der Grundausstattung, wie Manipulatoren, Kräne usw. und den je nach Bedarf für einzelne Untersuchungsprogramme wechselnden Versuchsaufbauten und Geräten.

Anfangs wurden an alle Ausrüstungsteile im Hinblick auf Strahlenbeständigkeit, leichte Dekontaminierbarkeit, hohe Lebensdauer usw. gleich hohe Anforderungen gestellt. Es stellte sich heraus, daß dies nur für die Grundausstattung sinnvoll ist. Für die übrige Zellenausrüstung müssen die Anforderungen von Fall zu Fall festgelegt werden.

Während zu Beginn des Betriebes in der Mehrzahl speziell konstruierte Maschinen und Geräte in Sonderfertigung eingesetzt wurden, wird heute versucht, handelsübliche Ausrüstungen zu kaufen und sie mit den notwendigen Modifikationen für die Manipulatorbedienung zu versehen. Die Gründe dafür sind:

- Die Kosten für ein Seriengerät betragen nur den Bruchteil der Kosten für eine Sonderfertigung, selbst wenn das Seriengerät früher ersetzt werden muß.
- "Kinderkrankheiten", wie sie bei Prototypen unumgänglich sind, treten bei Seriengeräten nicht auf.
- Lange Entwicklungs- und Fertigungszeiten entfallen bei Einsatz von Seriengeräten.
- Trotz der Auslegung der Sondergeräte für leichte Dekontaminierbarkeit ist eine spätere Dekontamination nur bedingt erfolgreich, so daß die vorgesehene Reparatur letztendlich wegen zu hoher Dosisleistungen nicht mehr durchführbar ist.

- Die tatsächliche Einsatzdauer und damit Dosis der Ausrüstungsteile wird häufig überschätzt. Zumindestens in einer Heissen Zellen-Anlage, in der ausschließlich Untersuchungen zur Forschungszwecken erfolgen, ist auch ein häufiger Wechsel der Zellenausrüstung notwendig.

Zur Grundausstattung der Zellen zählen in erster Linie Masterslave-Manipulatoren, Fahr- oder Kraftmanipulatoren und Hubzeuge. Die Ausrüstung hat sich so gut bewährt, daß die ursprünglichen Teile noch immer in Betrieb sind. Auch hierzu jedoch noch einige Anmerkungen:

- In der Hauptsache sind gasdichte HWM-Masterslave-Manipulatoren eingesetzt, die sich als sehr robust erwiesen haben. An verschiedenen Stellen der Heissen Zellen sind auch Manipulatoren anderer Hersteller verwendet worden. Ein direkter Vergleich ist schwierig, da diese Manipulatoren für geringere Belastungen ausgelegt sind, die Operateure dies aber bei ihrer Arbeit häufig "vergessen". Es muß so zwangsläufig zu einer größeren Störanfälligkeit kommen.

Anfangs wurden die Manipulatoren ohne Schutzüberzug verwendet. Dadurch wurden die Arbeiten in der Zelle erleichtert. Vor einer Reparatur mußten die Slave-Arme nach dem Ausbau dekontaminiert werden. Das war an und für sich kein Problem, da die Dekontaminationsabteilung der KFA über genügend große Ultraschallbäder verfügt. Der Nachteil bestand darin, daß beim Dekontaminieren gleichzeitig alle Kugel- und Gleitlager entfettet wurden und im Laufe der Zeit Korrosionsschäden auftraten. Außerdem fiel bei diesem Vorgang eine Menge kontaminierter Flüssigkeit an.

Wegen der mit diesem Vorgang zwangsläufig auftretenden Zeitverzögerung mußten mehr Reserve-Slave-Arme auf Vorrat gehalten werden.

Mittlerweile haben sich die Operateure mit der Verwendung von Schutzüberzügen angefreundet; eine Beeinträchtigung der Arbeiten wird nicht mehr wahrgenommen.

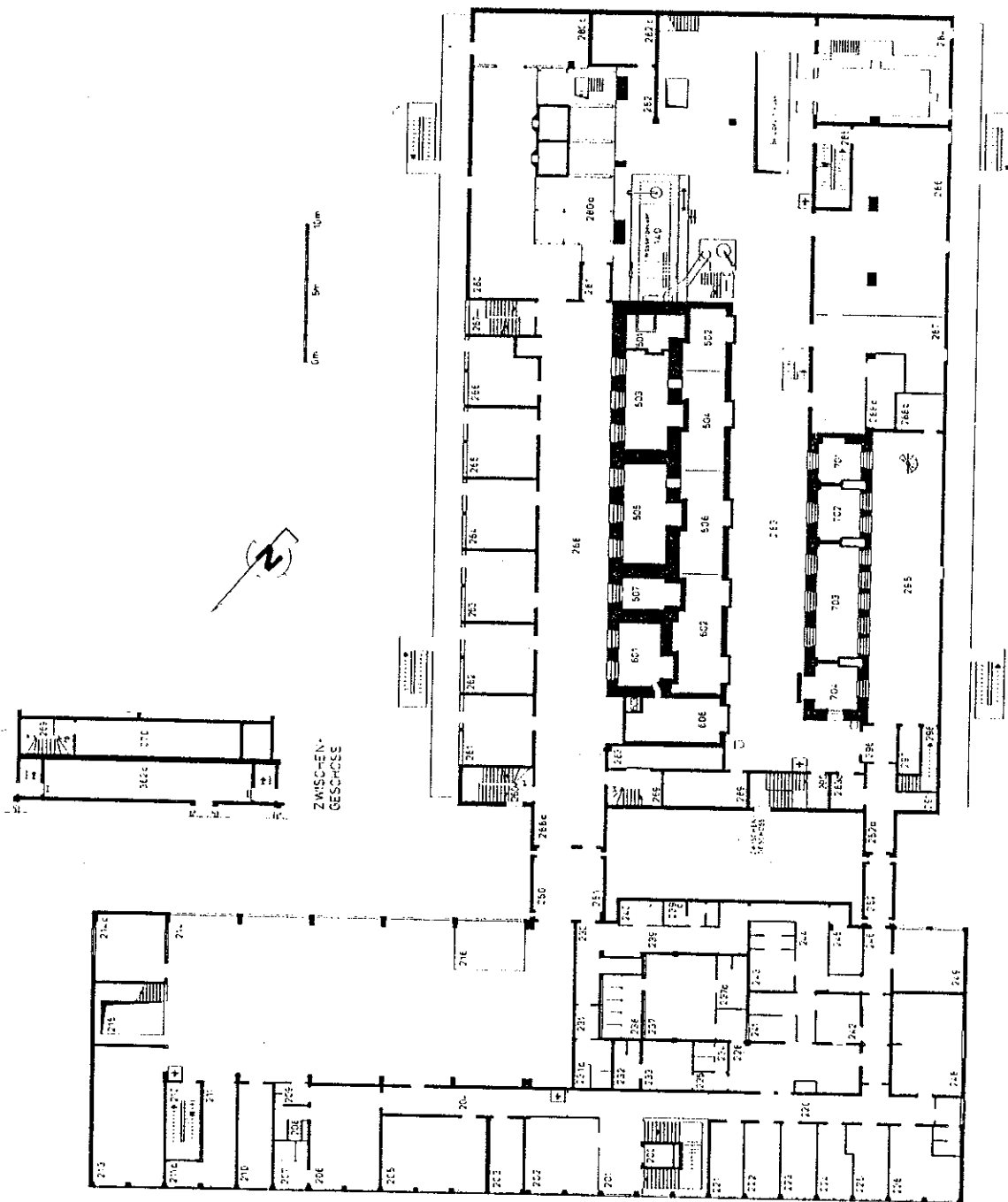
- Die eingebauten Fahrmanipulatoren werden relativ selten benutzt. Zur Durchführung verschiedener Arbeiten sind sie jedoch unerlässlich. Vom Hersteller wurden im Laufe der Zeit die Antriebe für die Einzelbewegungen geändert. In eigener Regie wurden die Steuerpulte mit den "Joystick"-Schaltern gegen solche mit einfachen Drucktastern ausgetauscht.
  
- Bei den Zellenkränen treten als einzige Mängel von Zeit zu Zeit Undichtigkeiten an den Getrieben zwischen Antriebsmotor und Seiltrommel auf. Die Getriebe werden nach und nach durch neue ersetzt.

#### 6. Schlußbemerkung

Die damals geplanten und vor mehr als 20 Jahren in Betrieb genommenen Heissen Zellen sind vom Gesamtkonzept her den an sie gestellten Anforderungen gerecht geworden, gleichwohl im einzelnen Änderungen notwendig wurden oder wünschenswert wären.

Die Anlagen haben sich als genügend flexibel bewiesen, um bisher mit allen Aufgaben zurecht zu kommen.

Generell sollten schon bei der Planung für alle Systeme einer Heissen Zellen-Anlage möglichst unkomplizierte Lösungen angestrebt werden. Alle automatischen Verriegelungen, Vernetzungen mit anderen Systemen verursachen Störungen und vermehren den Aufwand für Kontrolle und Wartung. Notwendige Änderungen verursachen unter Umständen hohe Kosten und nicht überschaubare Beeinflussungen im komplexen Gesamtsystem. Der geschulte, sachkundige und verantwortungsbewußte Mitarbeiter ist die beste Gewähr für einen sicheren Betrieb der Anlage.



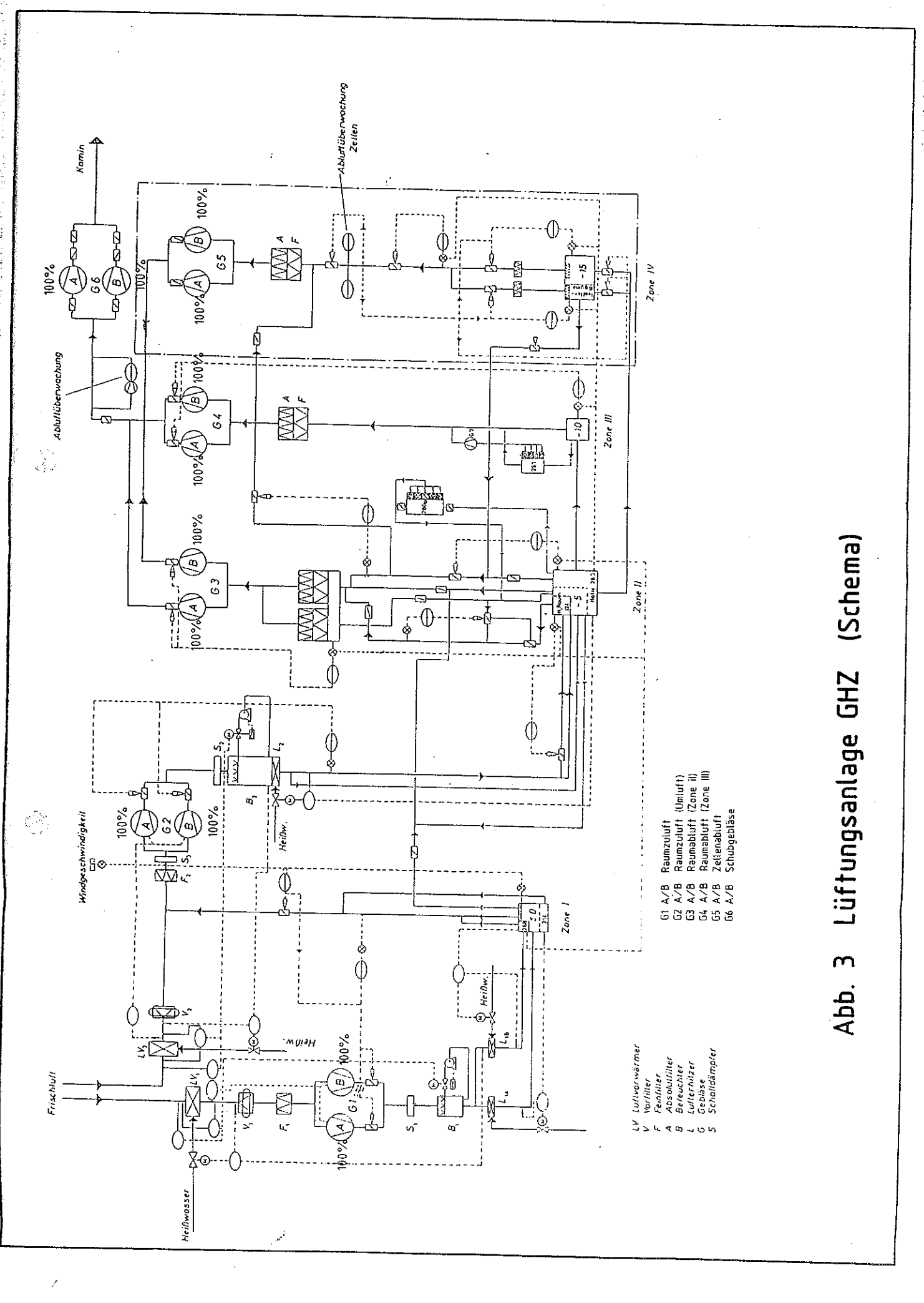
KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH

GEB-NR 01.2 HAUPTGESCHOSS

GROSSE HEISSE ZELLEN

Abb. 1





- LV Luftwärmer
- V Vorfilter
- F Feinfilter
- A Absolutfilter
- B Breusechler
- L Lüfterhitzer
- G Gebläse
- S Schaltdümpfer

- G1 A/B Raumzuluft
- G2 A/B Raumzuluft (Umluft)
- G3 A/B Raumabluft (Zone II)
- G4 A/B Raumabluft (Zone III)
- G5 A/B Zellenabluft
- G6 A/B Schubgebläse

Abb. 3 Lüftungsanlage GHZ (Schema)



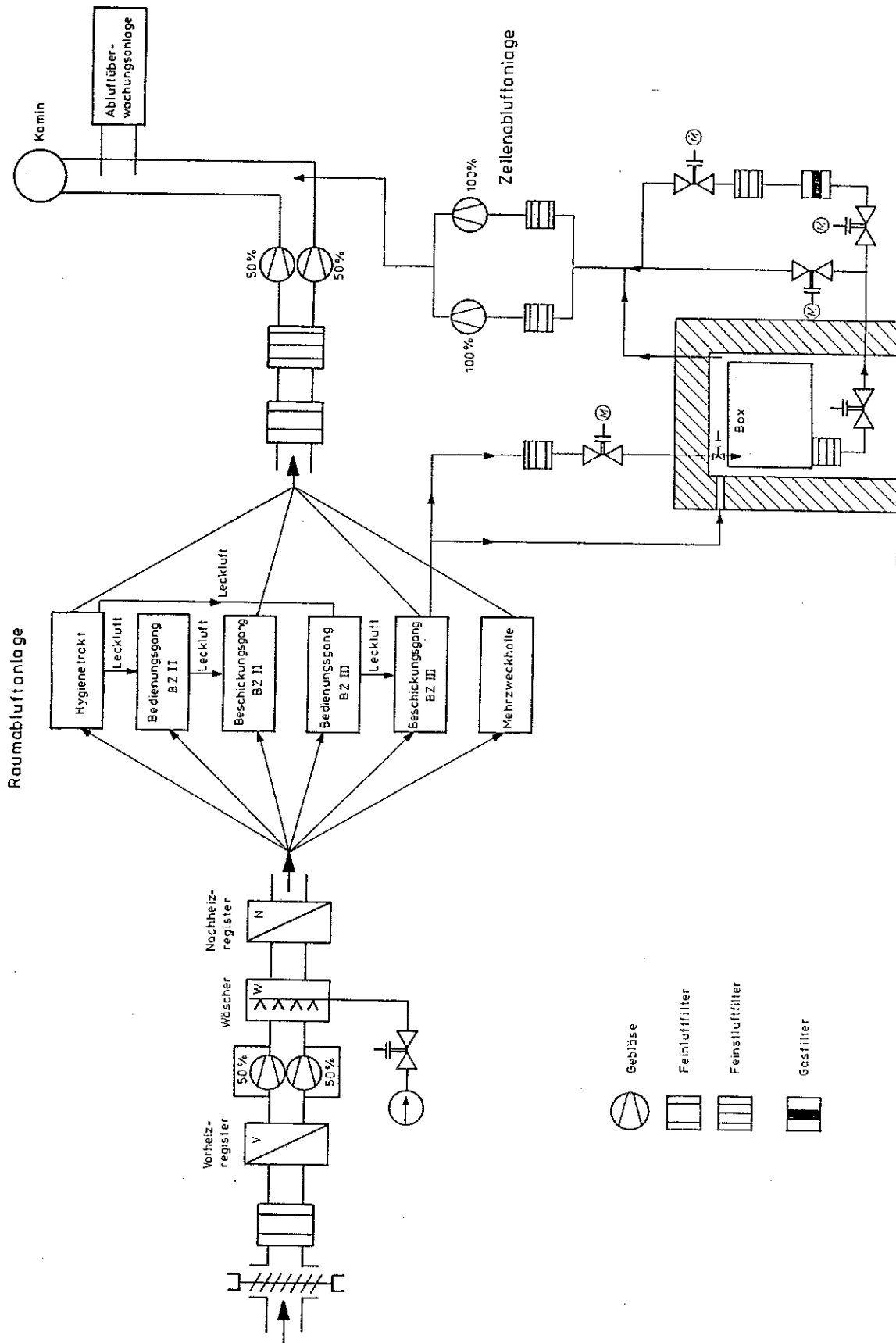
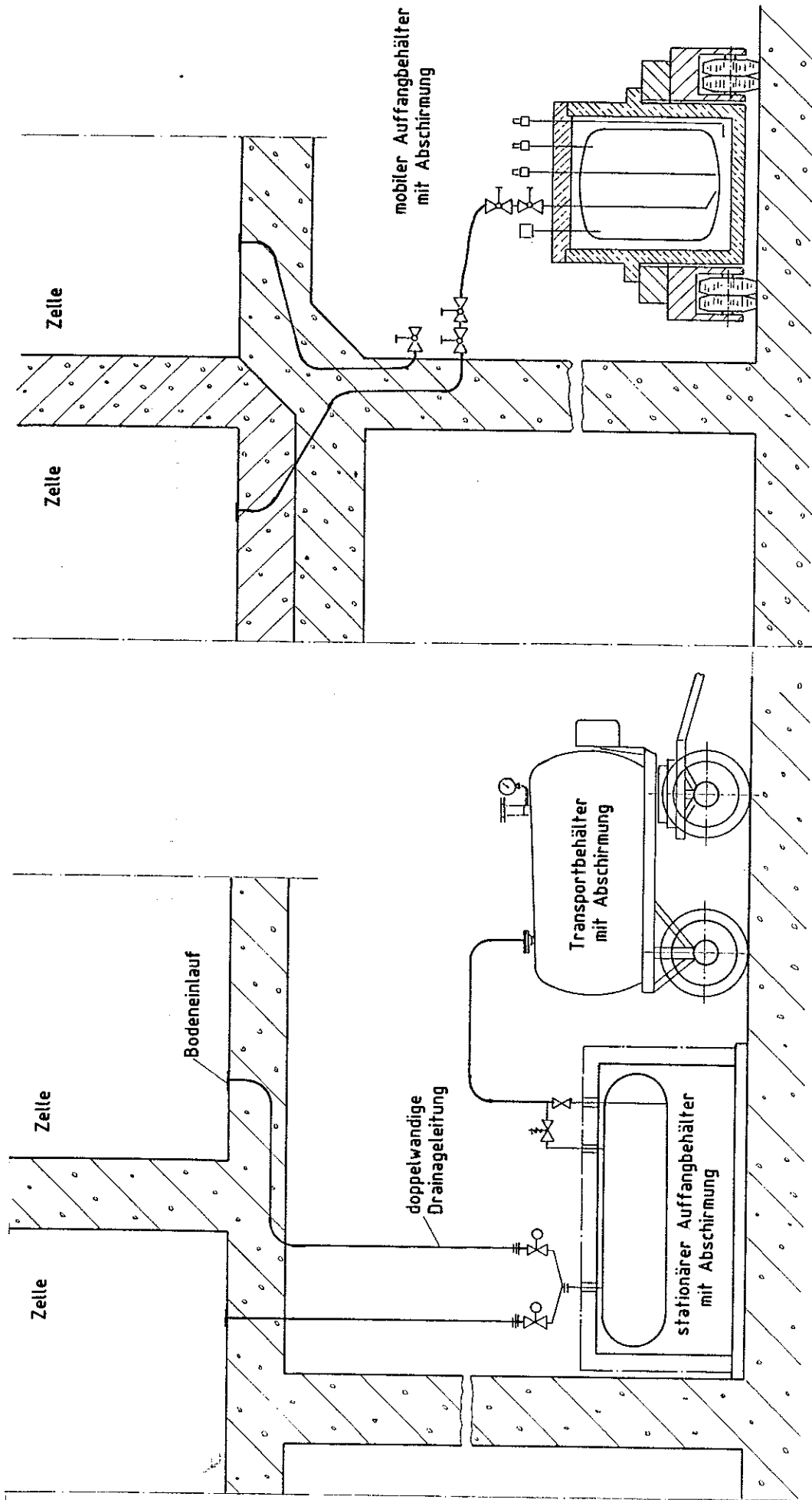


Abb. 4 Lüftungsanlage BZL (vereinfachtes Schema)

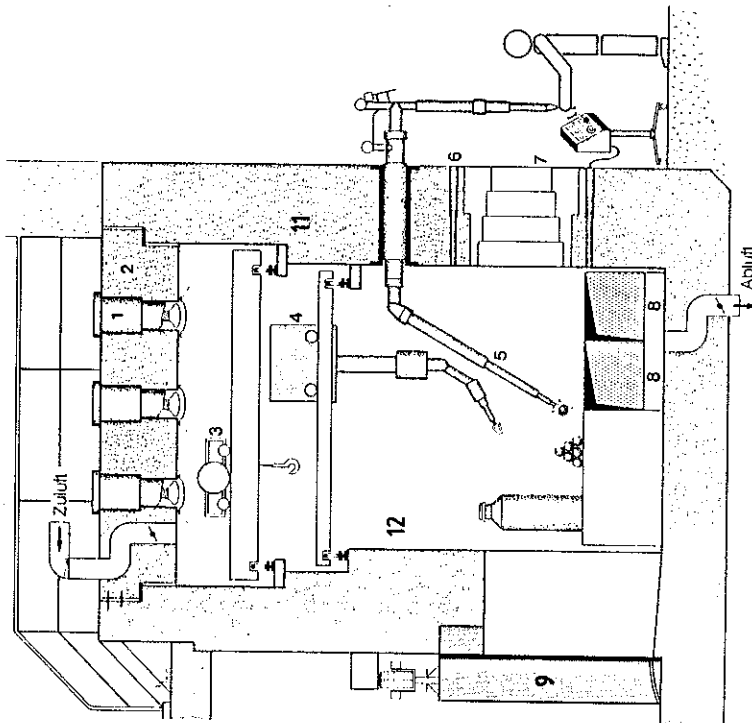


ursprüngliche Version

geänderte Version

Abb. 5 Zellendrainagesystem GHZ

GHZ



- 1 Zellenbeleuchtung
- 2 Zellendeckel
- 3 Zellenkran
- 4 Kraftmanipulator
- 5 Masterstave-Manipulator
- 6 Durchführungsstopfen
- 7 Zellenfenster
- 8 Ablufffilter
- 9 Zellenfür
- 10 Transportkanal
- 11 Abschirmung
- 12 Innenliner bzw. Box

BZL

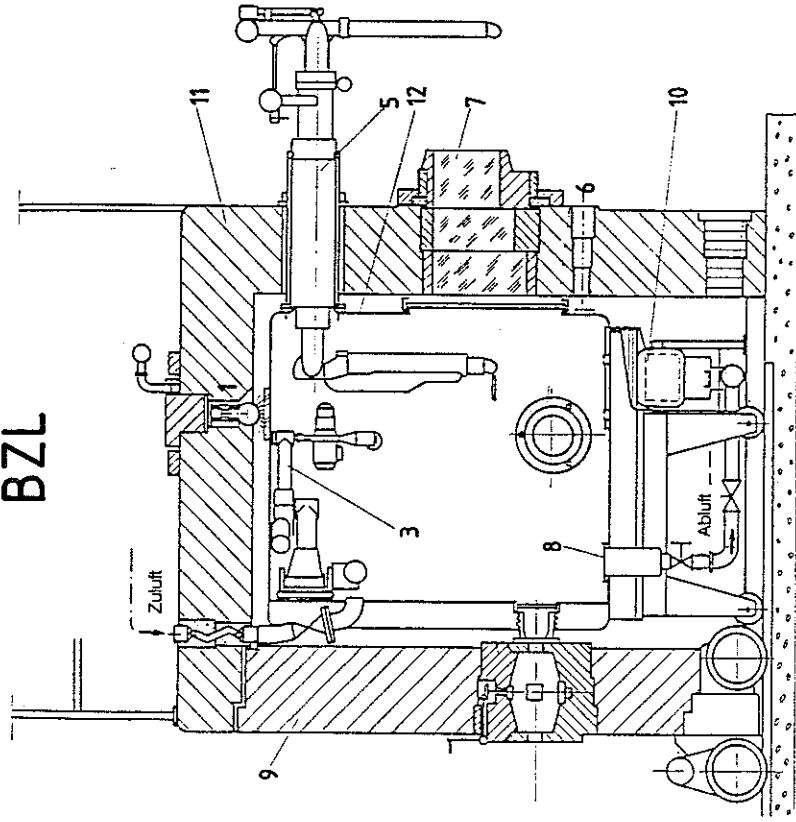
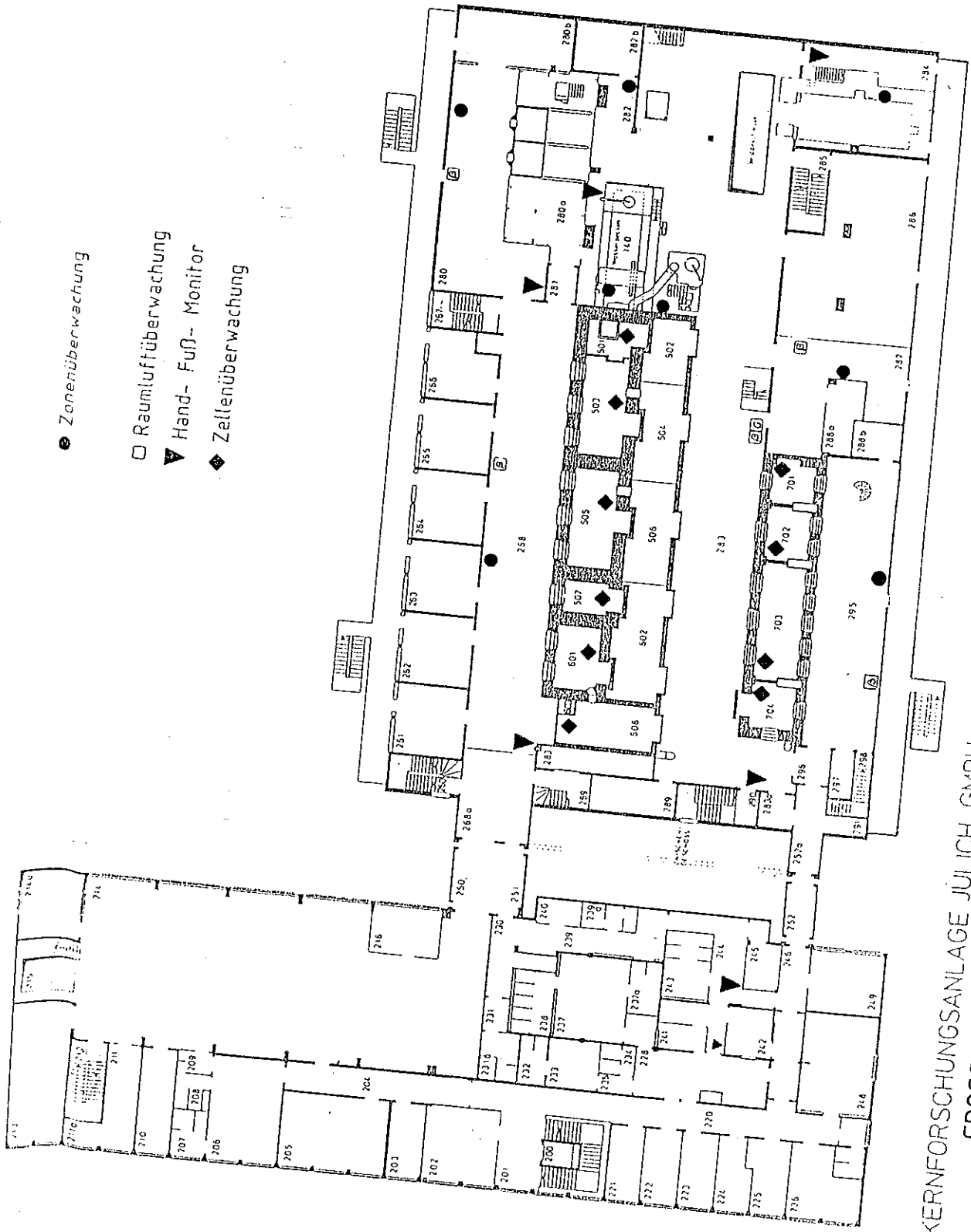


Abb. 6 Prinzipdarstellung der Zellen GHZ und BZL



● Zonenüberwachung

□ Raumluftüberwachung

▼ Hand- Fuß- Monitor

◆ Zellenüberwachung

KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH  
**GROSSE HEISSE ZELLEN**

Abb. 7 Strahlenschutzinstrumentierung  
 Hauptgeschoss