

Fernbediente Instandhaltung in der Ofenzelle einer
Verglasungsanlage von hochradioaktiven Abfällen

Manfred Selig
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
IT/PB, Postfach 3640
D-7500 Karlsruhe 1, Germany

Vortrag anlässlich der Tagung der Arbeitsgruppe :
"Heiße Laboratorien und Fernhantierungstechnik"
am 10./11. Juni 1982 in Mol / Belgien

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Beschreibung der PAMELA-Ofenzelle	1
3. Beschreibung des 1:1-Modells	2
3.1 Aufbau	2
3.2 Hantierungstechnik	3
4. Festlegung der Komponentenanzordnung	3
5. Beschreibung der Rohrverbindungen	4
6. Beschreibung der Temperaturmeßeinrichtungen	7
7. Beleuchtungseinrichtungen u. Elektroinstallation	8
8. Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse	9

Fernbediente Instandhaltung in der Ofenzelle einer Verglasungsanlage von r.a. Abfällen

1.) Einleitung

Vor etwa zwei Jahren wurde im KfK begonnen, die Ofenzelle der von der DWK in Mol zu bauenden Verglasungsanlage mit Apparate-Attrappen im Originalmaßstab und in Originalanordnung aufzubauen.

Der Aufbau dient zum Nachweis und zur Demonstration des fernbedienbaren Aus- und Wiedereinbaus der Einzelkomponenten der Ofenzelle (Abb.1)

2.) Beschreibung der PAMELA-Ofenzelle

Die Ofenzelle stellt das Kernstück der Verglasungsanlage dar. In ihr wird der Waste mit Glas vermischt, in einem Keramikschnmelzer zu einem endlagerfähigen Produkt verarbeitet und in Kokillen abgefüllt. Nach der Inbetriebnahme wird das Aktivitätsinventar in der Ofenzelle so groß sein, daß ein Betreten ohne vorherigen Ausbau der Behälter und des Keramikschnmelzers nicht mehr möglich ist.

Aus diesem Grund ist die Rohrleitungsinstallation und Komponentenanzordnung in der Ofenzelle so durchzuführen, daß alle Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten fernbedient ausgeführt werden können.

Für die Durchführung des Betriebes und der oben genannten Instandhaltungsarbeiten sind folgende Fernbeobachtungsmöglichkeiten und Hantierungsgeräte vorgesehen:

1. 4 Strahlenschutzfenster in der Bedienungswand und
2 Strahlenschutzfenster in der rechten Seitenwand
2. 4 Arbeitsplätze ausgestattet mit je 1 Paar Master-Slave-Manipulatoren vom Typ A-100 der Fa. Wälischmiller
3. Kraftmanipulator mit der Tragfähigkeit am Schulterhaken von 20 kN und einem Manipulierge wicht von 150 Kg
4. Zellenkran mit der Tragfähigkeit von 20 kN
5. 1 Kokillenhubwagen, mit dem die Kokillen unter den Ofen transportiert werden
6. 1 Einschienenkran für das Hantieren der Deckel der Kokillen; Tragkraft ca. 6 bis 10 kN
7. 1 Kokillentransportwagen zum Ein- und Ausschleusen der Kokillen

Zum Ein- und Ausschleusen von Ofenzellen-Komponenten und Abfall (Schrott) soll vorzugsweise der Kokillentransportkanal benutzt werden. Der Transport erfolgt wie bei den Kokillen von der Ofenzelle zur Hantierungszelle mit dem Kokillentransportwagen.

Für den Aus- und Wiedereinbau der größeren Ofenzellen-Komponenten steht ein in der Kranhalle über der Ofenzelle installierter Kran zur Verfügung. Dieser Kran reicht durch die geöffnete Deckenluke bis auf den Boden der Ofenzelle.

Neben der Deckenluke (Abmessungen 3,5 x 5 m) wurde zum Ein- und Ausschleusen von Komponenten bis zu einem Hülldurchmesser von ca. 700 mm eine Deckenschleuse vorgesehen, die von der Zerlegezelle aus beschickt werden kann.

Die weitere Bearbeitung der ausgeschleusten Komponenten erfolgt in der neben der Kranhalle angeordneten Zerlegezelle. Diese Zelle ist ebenfalls mit fernbedienbaren Werkzeugen und Hantierungseinrichtungen ausgerüstet, so daß verbrauchte Ofenzellen-Komponenten fernbedient so weit zerlegt werden können, daß die Einzelteile in 200 l Rollreifenfässern eingebracht werden können.

3. Beschreibung des 1:1-Modells

3.1 Aufbau

Das 1:1-Modell der PAMELA-Ofenzelle ist im Technikum der Hauptabteilung Ingenieurtechnik aufgebaut.

Es besteht im Wesentlichen aus einer Stahlkonstruktion, die sich vom Erdgeschoß des Technikums bis zum 2. OG erstreckt. Die Innenabmessungen entsprechen der Ofenzelle und betragen: Höhe 11,5 m, Breite 7,35 m und Tiefe 5,0 m.

Der Zutritt zum Modell erfolgt entweder vom Erdgeschoß oder vorzugsweise auf Höhe + 4,35 m vom 1. OG aus. Auf dieser Höhe wurde ein rundumlaufendes Bedienungspodest errichtet, so daß entsprechend der Ofenzelle von hier aus die Bedienung erfolgen kann.

An der Bedienungsseite wurden Abschirmwandattrappen, in die Aussparungen zur Simulation der Strahlenschutzfenster eingesetzt sind, eingesetzt.

Die Rückwand und die rechte Seitenwand wurden im Bereich der Rohrleitungsinstallation und der Komponentenanordnung mit Spanplatten verkleidet. Dadurch ergibt sich trotz der offenen Bauweise das für die Hantierungsarbeiten notwendige Raumgefühl.

3.2 Hantierungstechnik

Für die Durchführung der Versuche stehen im Modell folgende Hantierungseinrichtungen zur Verfügung:

1. Ein 10 t Hallenkran mit vier-strängiger Seilflasche
2. Ein 1 t Teleskopkran mit drei Teleskoprohren
3. Zwei bzw. drei Paar Master-Slave-Manipulatoren (MSM).

Anmerkung:

Bei dem Instandhaltungskonzept für die PAMELA-Ofenzelle wird angestrebt, weitgehend den Kran zu benutzen und nur dort wo es nicht anders geht, den Kraftmanipulator und die Master-Slave-Manipulatoren zu Hilfe zu nehmen.

Eine wichtige Nebenaufgabe des 1:1-Modells war es, verlässliche Aussagen zu erhalten, inwieweit sich diese Vorstellung realisieren läßt.

4. Festlegung der Komponentenordnung und Rohrleitungsverlegung

Aufgrund der Ergebnisse von Untersuchungen an einem 1:5 Modell (es wurden insgesamt 3 Varianten untersucht) wurde für das 1:1-Modell die Komponentenordnung gewählt, bei der alle Behälter der Ofenzelle an der Rückwand installiert sind. (Abb.3)

Bei dieser Entscheidung nahm man in Kauf, daß die Rohrleitungen teilweise sehr dicht aneinander im verbleibenden Raum zwischen den Behältern und der Rückwand der Zelle durchgeführt werden müssen. Da jedoch vorher vereinbart worden war, daß der wandseitige Teil einer Medienleitung nicht fernbedient ausgebaut werden soll, erschien die vorgesehene Komponentenordnung trotz der beengten Platzverhältnisse realisierbar.

Die verfahrenstechnischen Grundlagen bei der Ermittlung der Rohrleitungsverlegung wurden dem R&I-Fließbild der DWK entnommen.

Unter Berücksichtigung der verfahrenstechnischen und handhabungstechnischen Gesichtspunkte ergab sich die in den Abb. 4÷6 dargestellte Rohrleitungsverlegung. Jedem Behälter wurde dabei eine Kupplungsplatte zugeordnet, von der aus die Rohrleitungen für die Medienversorgung über Rohrleitungsbrücken mit den wandseitigen Anschlüssen der Rohrleitungsinstallation verbunden werden.

Bei diesen Rohrleitungsbrücken wurde versucht, mit möglichst wenigen verschiedenen Formen auszukommen, um eine weitgehende Standardisierung zu erreichen.

Abbildung 7 zeigt als Beispiel einen der Rohrleitungs jumper, der in die Kupplungsplatte des Mischbehälters eingesetzt wurde, bei der Erprobung.

In Abweichung dazu sind die Rohrleitungsbrücken, die die Komponenten untereinander verbinden, an die jeweiligen geometrischen Verhältnisse angepaßt worden. Dabei ließ sich nicht vermeiden, daß diese Rohrleitungsbrücken sehr verschiedene Abmessungen und geometrische Formen haben.

5. Beschreibung der Rohrverbindungen

In der Ofenzelle sind insgesamt 120 Kupplungsstellen für Rohrleitungen der NW 10 bis 100 erforderlich. Davon entfallen ca. 35 Anschlüsse auf den Maßentstauber, ca. 10 auf den Ru-Adsorber und Elektro-Abgaserhitzer, ca. 20 auf den Mischbehälter und ca. 47 auf den Keramikschnmelzer. Dabei wurden ca. 10% Reserveleitungen berücksichtigt.

Im Rahmen unserer seit ca. 4 Jahren laufenden Entwicklungsarbeiten wurden eine Reihe fernbedient füg- und lösbare Rohrverbindungen gebaut und getestet.

Abb. 8 und 9 zeigen den Kupplungsteststand zur Erprobung der Prototypen hierzu.

Als Schraubwerkzeug bewährte sich, wie in den amerikanischen Anlagen, der elektrische Schlagschrauber, sowohl am freien Kranhaken als auch am starren Manipulatorenam hängend. Auf Grund der im Teststand TINA gemachten Erfahrungen haben wir für die Ofenzelle drei Kupplungstypen ausgewählt.

1. Die Dreilochflanschverbindung (DLF)
2. Die Dreifach-Rohrverschraubung (RV-3)
3. Die Spannringverbindung (SPR/S).

Dreilochflanschverbindung (Abb. 10)

Die Dreilochflanschverbindung besteht wie eine normale Flanschverbindung aus zwei Flanschen, die allerdings aus Gründen der Zugänglichkeit mit nur drei Schrauben zusammengezogen werden. Die Schraubenbolzen werden auf der los-Flanschseite eingedreht; somit sind sie gegen unbeabsichtigtes Herausziehen bzw. Herausfallen gesichert.

Die Muttern werden in einem Aufnahmekäfig gegen Verdrehen und Herausfallen gesichert und können fernbedient gewechselt werden.

Als Dichtung wird ein Edelstahlblech, auf das beidseitig eine dünne Grafit-schicht aufgebracht wird, verwendet. Die Dichtung wird durch Formschluß an dem Losflansch befestigt.

Beim Fügen der beiden Flansche zentrieren zwei konische Stifte, die in einen Flansch eingedreht wurden soweit vor, daß das Gewinde des Gewindebolzens beim Hantieren geschützt ist und das Gewinde der Mutter im Gegenflansch beim Verschrauben mit Sicherheit vom Bolzen erreicht wird.

Diese Verbindung ist sehr preiswert zu erstellen, einfach zu fügen und dichtet zuverlässig auch bei wiederholtem Öffnen und Schließen, ggf. auch unter Verwendung derselben Dichtung, mit einer Leckrate von 10^{-4} bis 5×10^{-5} Torr 1/sec ab. Anwendungsbereich 25 mm Nennweite.

Abb. 11 zeigt als Beispiel einen Rohrleitungsjumper NW50 mit zwei Dreilochflanschverbindungen.

In der Ofenzelle wurden fünf Rohrleitungsbrücken dieses Typs eingesetzt.

Drei davon mit vertikal angeordneten Flanschen. Bei einer solchen Anordnung wird die Rohrleitungsbrücke mit dem Hebezug auf einer Ab-lage so abgelegt, daß sie soweit in Richtung der Festflanschkälfte geschoben werden kann, bis die Schraubbolzen das Gewinde der Muttern erreichen können.

Abb. 12 zeigt zwei mit vertikalen Flanschen versehene Rohrleitungsbrücken. Gut zu erkennen ist dabei auch der Bügel für den Kranhaken.

Dreifachrohrverschraubung (Abb. 13)

Mit der Dreifachrohrverschraubung können, wie der Name ausdrückt, drei Rohrleitungen auf einmal angeschlossen werden. Die Dreifachrohrverschraubung arbeitet wie eine handelsübliche Rohrverschraubung zwischendichtungslos.

Die dichte Verbindung wird durch Einpressen von einem Kegel in einen Aufnahmekonus erreicht. Die drei Verbindungskonuspaare werden mit einer Zentralschraube zusammengezogen.

Beim Fügen der beiden Flansche zentrieren, wie bei der Flanschverbindung, zwei konische Stifte soweit vor, daß der Kegel beim Einsetzen vor Beschädigungen geschützt wird.

Der Anwendungsbereich liegt hierbei ≤ 25 mm EW. Die mit dieser Verbindung erzielbare Dichtheit ist bemerkenswert gut. Die Leckrate betrug im Durchschnitt ca. 10^{-6} Torr l/sec.

In den Kupplungsplatten sind aus Platzgründen ausschließlich Dreifachrohrverschraubungen eingesetzt.

Die Medienversorgung des Keramikschmelzers erfolgt wegen der einfacheren Rohrleitungsverlegung in der Ofenzelle direkt von der Bedienungswand aus. Zu diesem Zweck sind eine große Anzahl von Wanddurchführungen vorgesehen. In diese Wanddurchführungen werden Wandstopfen mit je drei Rohrleitungen eingesetzt. Aus Gründen des Strahlenschutzes werden die Rohre verdrillt eingesetzt.

An der Innenseite der Wandstopfen wird eine leicht modifizierte Dreifachrohrverschraubung befestigt. Die Betätigung kann in diesem Fall durch eine nach außen geführte Stange von Hand erfolgen.

Abb. 14 zeigt den Wandstopfen mit Dreifachrohrverschraubung.

Abb. 15 zeigt Prototypen der Rohrleitungsjumper von der Bedienungswand zum Keramikschmelzer.

Spannringverbindung (Abb. 16)

Die Spannringverbindung besteht im wesentlichen aus zwei Flanschen, die an den nach außen gerichteten Flächen konisch ange dreht sind, drei Spannbacken und einer Antriebsspindel.

Die drei Spannbacken bilden Segmente eines Ringes, die durch Betätigen der Spindel tangential zusammengespannt werden.

Bei dieser Verbindung ist es möglich, hohe axiale Spannkkräfte auf die Dichtflächen wirken zu lassen, so daß sie insbesondere auch für große Durchmesser geeignet ist. Es wurden Prototypen von NW 20 bis 350 gebaut und getestet.

Die Abdichtung erfolgt wie bei den Flanschverbindungen durch eine zwischen die ebenen Flansche eingelegte Flachdichtung aus beidseitig mit Grafit beschichtetem austenitischem Stahlblech. Ein weiterer Vorteil dieser Verbindung besteht darin, daß diese Verbindung auch bei durchgehenden Rohrleitungen eingesetzt werden kann.

Der Anwendungsbereich ist ≥ 25 mm NW. Die mit dieser Verbindung erzielbare Dichtheit liegt bei einer Leckrate von $\leq 10^{-5}$ Torr l/sec.

Abb. 17 zeigt eine typische Anwendung am Beispiel der Feedeinlaufrohr-Ankopplung an der Oberseite des Keramikschmelzers.

Diese Verbindung kann wenn erforderlich auch mit Flanschenausgeführt werden, die nicht senkrecht zur Rohrachse stehen. Dies ist in all den Fällen von Vorteil, wenn an dem auszuwechselnden Rohrabschnitt ein glatter Durchgang erforderlich ist und keine Krümmen vorgesehen werden können.

Abb. 18 zeigt als Beispiel hierzu die Abgasstrecke Ofen - Naßentstauber.

Die Leitung führt mit ca. 10° Steigung an den Naßentstauber. Die Flansche sind unter 45° zur Rohrachse eingeschweißt; so wird das Einsetzen des Zwischenstücks mit dem Kran möglich.

Bei der Spannringverbindung können radikale und seitliche Verlagerungen bis ca. 5 mm ausgeglichen werden.

6. Temperaturmeßeinrichtungen

In der Ofenzelle erfolgt die Temperaturüberwachung an Behältern und am Keramikschmelzer ausschließlich durch Mantelthermoelemente. Diese Thermolemente müssen fernbedient ausgetauscht werden können.

Bisher wurden am 1:1-Modell zwei Methoden zum Auswechseln der Thermolemente untersucht.

Methode 1 sieht vor, daß das Thermolement von außen durch Wandstopfen in die HZ und weiter über Führungsrohre direkt zur Meßstelle in den Behälter geschoben wird. Vorteil: In der HZ ist kein Steckeranschluß erforderlich und das fernbediente Hantieren von empfindlichen Teilen ist auf ein Minimum reduziert.

Methode 2 sieht vor, daß das Thermolement fernbedient in den Behälter gesteckt und am Behälterstutzen elektrisch angeschlossen werden muß. Vorteil: Weniger Rohrleitungen in der Ofenzelle; kein Isolierproblem bei Thermolementen, für die die Möglichkeit besteht, daß der Mantel mit spannungsführenden Teilen in Kontakt kommt (z.B. Meßstelle an den Elektroden). Abb. 19 zeigt die Einführrohre an den Elektroden

Es konnte noch nicht endgültig entschieden werden, welche TE nach welcher Methode verlegt werden sollen.

Hierzu werden z. Zt. noch Untersuchungen durchgeführt.

7. Beleuchtungseinrichtungen und Elektroinstallation

Sämtliche Elektr. Versorgungsleitungen werden wie die Medienversorgung über Wandstopfen in die Ofenzelle geführt. Die Kabel sind in gewendelten Rohren verlegt und werden auf der kalten Seite mit einer Pg-Verschraubung abgedichtet. Auf der heißen Seite ist eine fernbediente Steckvorrichtung vorgesehen. (Abb. 20) Die Betätigung erfolgt auch hier mit einem freihängenden Schlagschrauber, Innerhalb der Ofenzelle werden die Kabel auf Pritschen abgelegt, die in der Reichweite der Handierungsgeräte angeordnet sind, so daß ein fernbedienter Austausch möglich ist.

Als Allgemeinbeleuchtung haben wir Stopfenlampen vorgeschlagen. (Abb. 21) Zusätzlich zur Ausleuchtung bestimmter Stellen z.B. beim Austausch von Komponenten, Jumpern TE etc. werden mobile Lampen, die entweder aufgehängt oder aufgesteckt werden, eingesetzt (Abb. 22).

Der Elektro-Anschluß der Elektroden und der Heizelemente am Keramikschmelzer erfolgt über fernbedienbare Elektroklemmverbindungen bzw. Hochstromstecker.

Die Elektroklemmverbindungen (Abb. 23) bilden die Verbindungen zwischen den Verbrauchern am Keramikschmelzer und dem Verteilergestell, das neben dem Keramikschmelzer angeordnet ist. Diese Anschlußstellen sind auf je 600 A Dauerstrom ausgelegt. Sie bestehen aus Kupferschienen, die mit Spezial-Klemmschrauben auf die zu verbindenden Teile gepreßt werden, so daß der Übergangswiderstand möglichst gering ist.

(Später werden die Kupferteile zusätzlich oberflächenbehandelt.)

Die Kupferschienen werden am Verteilergestell senkrecht nach unten geführt und danach zu je zwei übereinander liegenden 5er-Reihen zusammengefaßt und durch den Hochstromstecker (Abb. 24) mit dem Wanddurchführungsstopfen verbunden. Die Kupferschienen werden in diesem Stecker kammartig ineinandergeschoben und mit einer Spannschraube zusammengepreßt. Betätigung wieder durch frei hängenden Schlagschrauber.

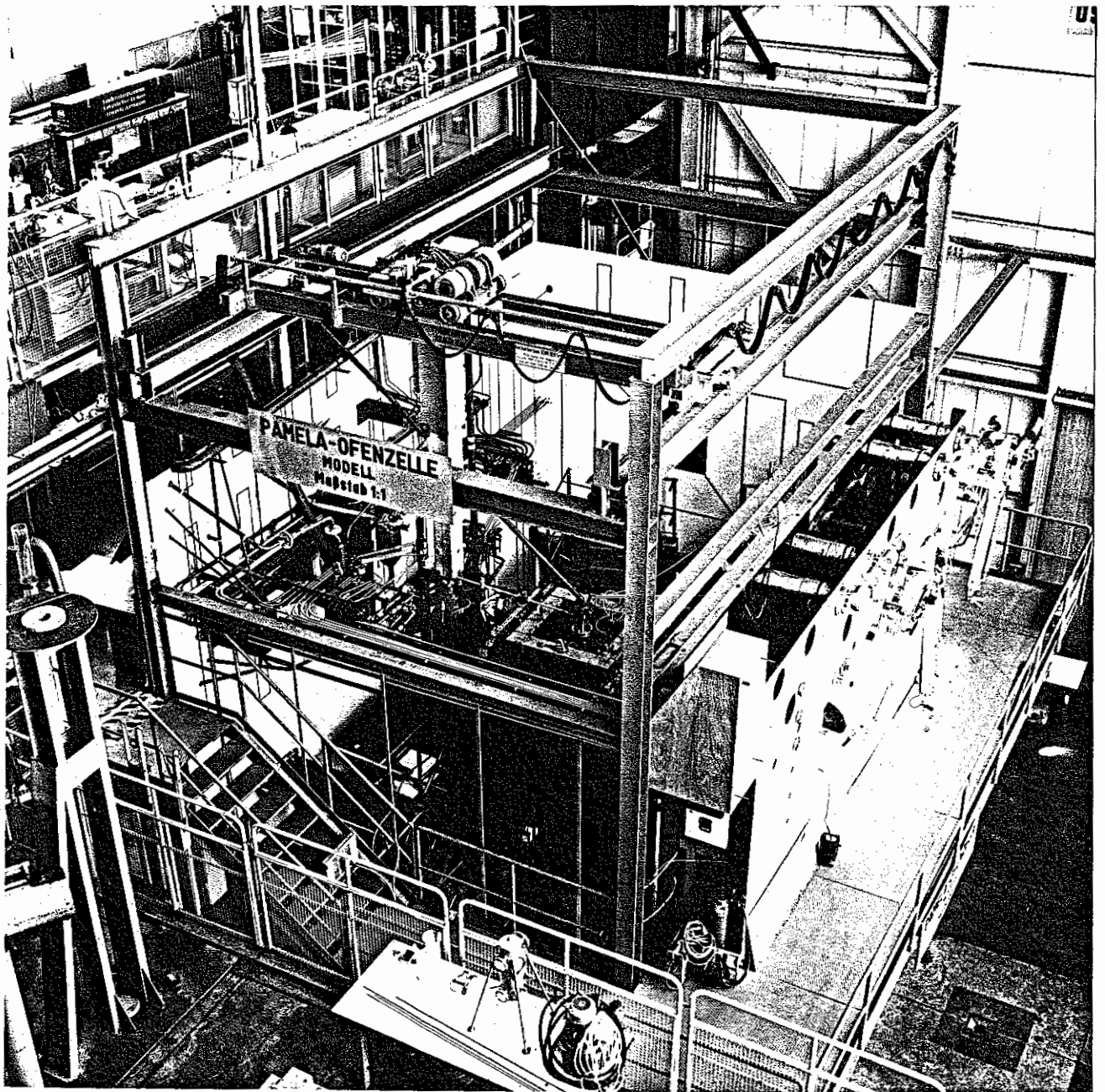
Die Hochstromstecker und die Kupferschienen sind so befestigt, daß bei Bedarf die komplette Hochstromversorgung in der Ofenzelle fernbedient ausgewechselt werden kann.

8. Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse

Die Fertigstellung des Versuchsaufbaus erfolgte ca. Mitte 1981. Planungsgrundlage für die Erstellung waren einmal das 1:5 Modell, das der Planer erstellte und die Planungsunterlagen der DWK. Dabei zeigte es sich, daß ein 1:5 Modell eine wertvolle 3-dimensionale Planungshilfe ist, aber es nicht möglich ist damit die Komponentenanzordnung, Rohrleitungsverlegung und die fernbediente Wechseltechnik in einer so komplexen heißen Zelle wie es die Ofenzelle darstellt, festzulegen.

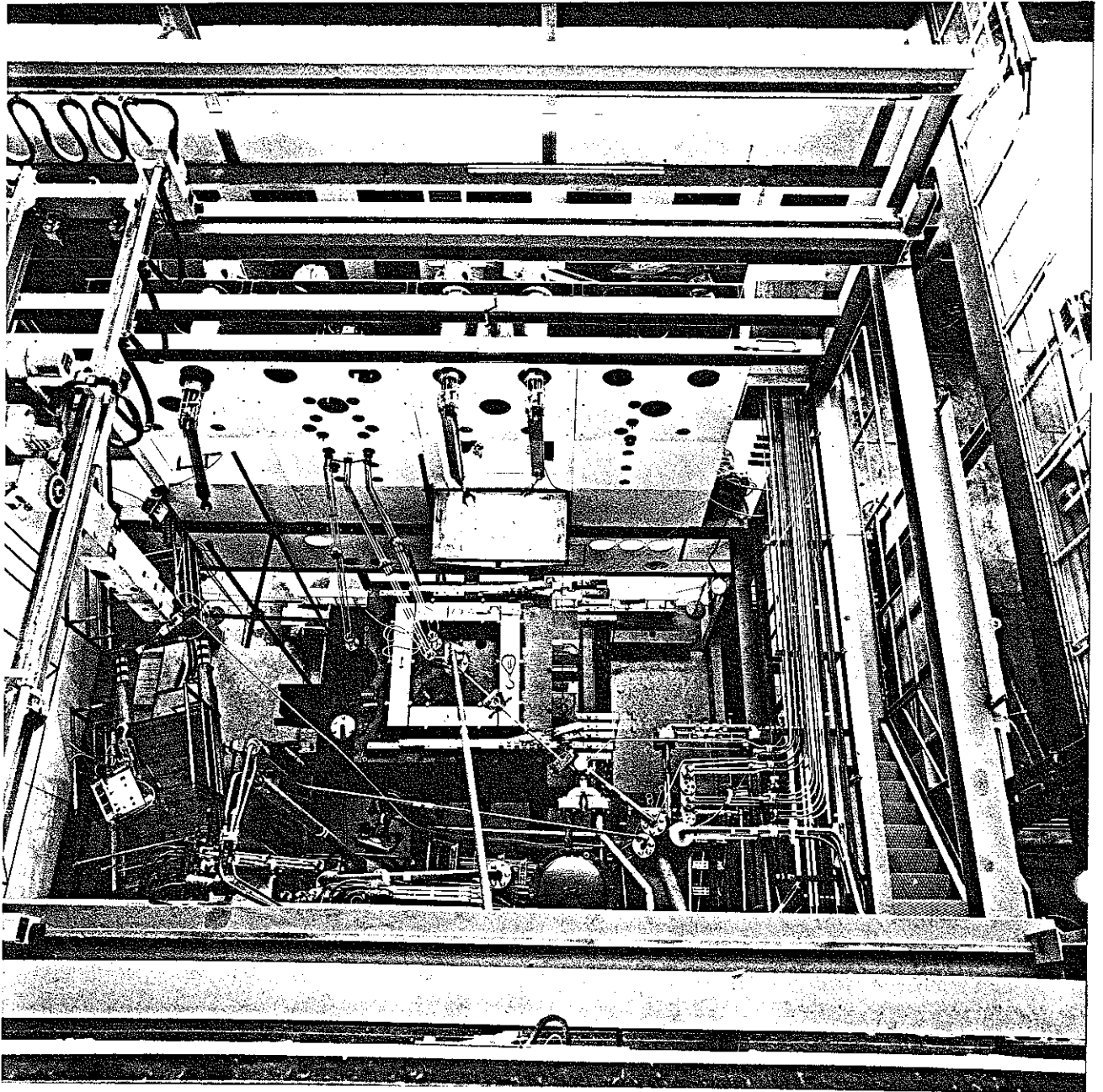
Erst der Aufbau der Apparate-Attrappen im Originalmaßstab und die komplette Verrohrung der Ausbau-Komponenten ermöglichte die Optimierung der Gesamtinstallation. Nach Fertigstellung der Gesamtinstallation im 3. Quartal 1981 erfolgte die Iststandsaufnahme durch den Planer, somit war gewährleistet, daß die Erkenntnisse aus dem Versuchsstand in die, in der Zwischenzeit nahezu fertiggestellte Planung, noch einfließen konnten. Danach wurden die fernbedienten Handierungs- und Wechseltechniken erprobt. Die bisherigen Ergebnisse sind zufriedenstellend. Die aufgrund der Versuchsergebnisse notwendigen Änderungen an den Rohrleitungsbrücken und Schraubverbindungen sind durchgeführt. Es ergaben sich bisher jedoch keine wesentlichen Änderungen am vorgesehenen Wechselkonzept.

Zur Zeit liegt der Schwerpunkt der Arbeiten in der Feinabstimmung der Technik zum Wechseln der Rohrleitungsbrücken und bei der Erstellung der fernbedienbaren Rohrverbindungen für die Versuchsanlage VA 3, die im Institut für Nukleare Entsorgung aufgebaut wird. Dort werden sich die hier beschriebenen Verbindungselemente bewähren müssen, bevor sie in die aktive Verglasungsanlage in Mol übernommen werden.



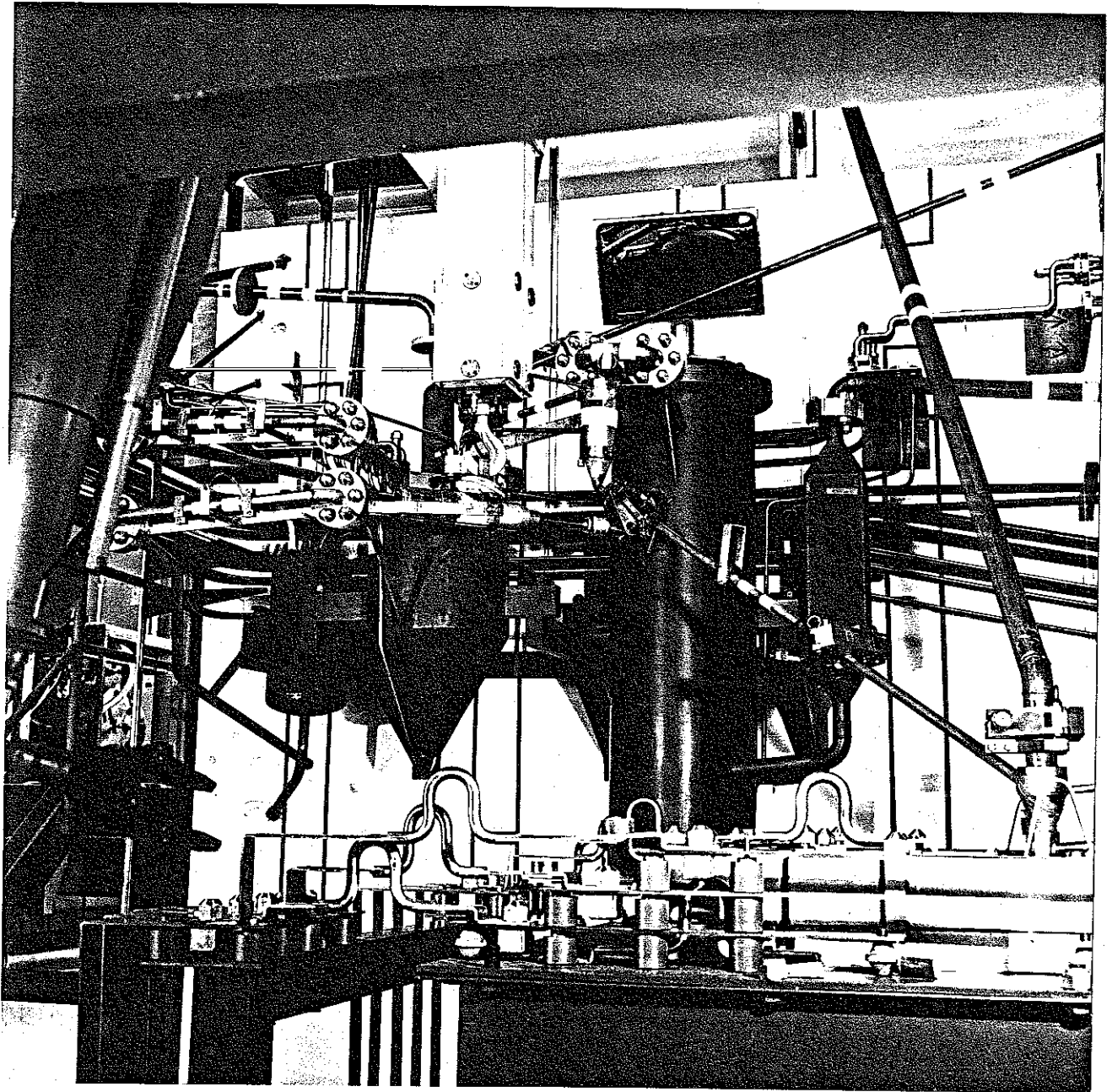
KFK

1:1 Modell der Ofenzelle



kfk

1:1 Modell der Ofenzelle
Ansicht von oben



KfK

1:1 Modell der Ofenzelle
Teilansicht Rückwand

X speciale verbindingen / doorneringen
bijdringen