

Dekontamination einer
stark verunreinigten Betonzelle

H. Enderlein

Vortrag zur 24. Sitzung der Euratom-Arbeitsgruppe
"Heiße Laboratorien und Fernbedienungstechnik"
am 26. bis 28.6.85 in Cadarache

Euratom-Tagung "Heiße Labors und Fernbedienungstechnik"
vom 26. - 28. Juni 1985 in Cadarache

DEKONTAMINATION EINER STARK VERUNREINIGTEN BETONZELLE

H. Enderlein

Zusammenfassung

Eine für metallografische Präparation von Kernbrennstoffproben benutzte betonabgeschirmte heiße Zelle wurde ausgeräumt, dekontaminiert und für andere Zwecke neu eingerichtet. Die insbesondere zur Dekontamination getroffenen Maßnahmen werden geschildert.

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

1. Einleitung
2. Demontieren und Ausschleusen der Zelleneinrichtung
3. Grobreinigung
4. Wechsel von Manipulatoren
5. Abluftfilter
6. NaBreinigung
7. Reinigung des Zellenbodens
8. Reinigen der Sammelrinne
9. Beizen und Schleifen des Bodens
10. Dampfstrahlreinigen
11. Verstopfung im Saugrohr beseitigen
12. Abschirmmaßnahmen
13. Feindekontaminieren
14. Lackieren
15. Montieren der Grundausrüstung
16. Zellenfenster
17. Dichtheitsprüfung
18. γ -Dosisleistung
19. Ausrüstung mit Geräten
20. Untersuchungsbetrieb

1. Einleitung

Bei Inbetriebnahme der Heißen Zellen in Karlsruhe im Jahr 1966 war für metallografische Untersuchungen eine bleiabgeschirmte Zelle mit einem Metallmikroskop und zwei Präparationsplätzen vorgesehen (Bild 1). Es stellte sich bald heraus, daß diese Kapazität zu gering war im Verhältnis zu den elf betonabgeschirmten Arbeitsplätzen, die für Demontagearbeiten, zerstörungsfreie Prüfungen und Probenherstellung zur Verfügung standen. Ende der 60er Jahre wurde deshalb mit der Planung einer größeren Metallografiezelle mit 3 Metallmikroskopen begonnen; diese Zelle wurde 1976 in Betrieb genommen.

Für die Zwischenzeit wurde ein Provisorium im Rückraum der Betonzelle 5 errichtet (Bild 2), bestehend aus zwei Metallmikroskopen in einer Bleiabschirmung. In der Zelle 5 selbst wurden zur Vorbereitung der Metallografieproben zusätzliche Schleif- und Poliergeräte aufgestellt. Vorbereitungsplätze und Mikroskopraum waren durch eine 254-mm-Bohrung in der Zellenrückwand verbunden, in der zum Transport der Proben ein kleiner Conveyer installiert war. Zur alten Metallografiezelle, die während dieser Zeit weiterbenutzt wurde, bestand ebenfalls eine Verbindung.

Bei Inbetriebnahme des Bauabschnittes 2 mit der neuen Metallografiezelle im Jahr 1976 war das Provisorium im Rückraum der Betonzelle zusammen mit der alten bleiabgeschirmten Metallografiezelle überflüssig geworden. Es galt, das Provisorium abzubauen, die hochkontaminierte Betonzelle auszuräumen und mit neuen Geräten auszustatten.

Die Betonzelle hat Grundabmessungen von 3 x 3 m, ist 4 m hoch und an zwei Seiten mit je einem Strahlenschutzfenster und den zugehörigen Manipulatoren sowie mit einem Kraftmanipulator ausgestattet (Bild 3). Innen ist die Zelle mit einem 8 mm dicken, lackierten Baustahlblech als verlorener Schalung ausgekleidet. Zugangsmöglichkeiten zur Zelle bestehen von hinten durch eine Abschirmtür und von oben durch eine Deckenluke.

2. Demontieren und Ausschleusen der Zelleneinrichtung

Die im Zellenrückraum errichtete Bleiabschirmung samt Manipulatoren und Conveyer ließ sich problemlos beseitigen. Im folgenden wird nur die Behandlung der Betonzelle beschrieben.

Bis Herbst 1977 wurde die Zelle noch für andere Arbeiten benutzt. Die hier beschriebenen Maßnahmen an der Zelle begannen im März 1978 mit dem Ausräumen der Einrichtung (Tabelle 1). Alle Schleusvorgänge wurden durch die Deckenluke vorgenommen. Begonnen wurde mit den beweglichen Geräten, daran anschließend wurde die in der Zelle befestigte Einrichtung demontiert, zum Schluß war die Zelle komplett geräumt, um neu lackiert zu werden. Die Demontage- und Schleusarbeiten beanspruchten eine Zeit von etwa 15 Wochen. Bei den fernbedienten Arbeiten waren durchschnittlich zwei Mann eingesetzt, bei Schleusvorgängen und beim späteren Begehen der Zelle im Mittel fünf Mann.

Die γ -Dosisleistung in der Zelle zu Beginn der Arbeiten wurde nicht gemessen, sie betrug schätzungsweise 100 R/h. Dazu kam eine äußerst hohe α -Kontamination.

3. Grobreinigung

Hauptsächlich nach dem Demontieren und Ausschleusen der beweglichen Einrichtungsgegenstände wurde mittels Staubsauger ca. fünf Wochen lang die lose anhaftende Kontamination beseitigt.

4. Wechsel von Manipulatoren

Während der ca. 1,5 Jahre dauernden fernbedienten Arbeiten mußten fünf Masterslave-Manipulatoren sowie einmal der Kraftmanipulator

...

wegen Schäden ausgetauscht werden, was allein ca. vier Wochen Arbeitszeit erforderte. Kurz vor dem ersten Begehen der Zelle wurden alle Manipulatoren ein weiteres Mal ausgebaut, um den Strahlenspiegel weiter abzusenken und um Kontaminationsquellen zu beseitigen.

5. Abluftfilter

Aus gleichem Grund wurde der Abluftfilter in der zweiten Hälfte der Reinigungsarbeiten viermal gewechselt. Durch das Ansammeln von radioaktiven Aerosolen stellte er immer wieder neu eine Strahlenquelle dar.

6. Naßreinigung

Nach ca. 8 Monaten, nach Ausbau der meisten Einrichtungsgegenstände mit Ausnahme der Manipulatoren, deren Fahrschienen, der Tische und der Lampen wurde gezielt damit begonnen, den Strahlungspegel durch Dekontaminieren der Zelleninnenflächen zu verringern. Dazu wurde in einem Wanddurchführungsstopfen ein Schlauch mit einer Sprühlanze installiert, mit welcher fernbedient alle Wandflächen, die Decke und der Boden der Zelle erreicht werden konnten.

Als Reinigungsmittel wurde "Dekopan" verwendet, ein handelsübliches Dekontaminationsmittel, bestehend aus ca. 2/3 Wasser, 5 % Zitronensäure, Detergentien und einem Komplexbildner; Dekopan wird kalt angewendet.

Die Flüssigkeitsmenge pro Reinigungscharge betrug jeweils 250 l. Diese Menge sammelte sich nach dem Versprühen am Zellenboden an und wurde über ein Rohr in der hinteren Zellenwand in einen Tankwagen außerhalb der Zelle abgesaugt. Zur Reinigung des Saugrohres wurde jeweils mit 10 l klarem Wasser nachgespült.

Nach einer Reinigungszeit von 3 Wochen betrug die mittlere γ -Dosisleistung 8 - 10 R/h im Abstand von 1 m über dem Boden. Es zeigte sich, daß es zwei Hauptquellen der γ -Strahlung gab: der Boden und die Zellenecke, in der sich die Beladestation des Verbindungs-Conveyers zu den anderen Betonzellen befand. Das Innere des Conveyerkanales war jedoch fernbedient nicht zugänglich. Insofern richteten sich die weiteren Anstrengungen zur Verminderung der Dosisleistung zunächst auf den Zellenboden.

7. Reinigung des Zellenbodens

Zur Reinigung des Bodens wurden die Arbeitstische ausgebaut, danach die lose auf dem Boden befindlichen Strahlenquellen, die jetzt erst erreichbar waren, beseitigt. Der Boden selbst wurde mit Drahtbürsten aus Edelstahl drei Wochen lang naß bearbeitet. Der damit erreichte Faktor der Dosisleistungsverminderung war jedoch < 3.

8. Reinigen der Sammelrinne

Die Sammelrinne an der hinteren Zellenwand war ebenfalls eine starke Strahlenquelle, die mit dem unter Pkt. 7 benutzten Gerät schlecht gereinigt werden konnte, unter anderem wegen des großen Abstandes zum Arbeitsfenster. Deshalb wurde zur Reinigung der Rinne ein spezielles Gerät mit einer motorbetriebenen, rotierenden Edelstahlbürste angefertigt.

9. Beizen und Schleifen des Bodens

Inzwischen konnten auf dem Zellenboden Bereiche mit besonders hoher Dosisleistung (bis zu 40 R/h in 5 cm Abstand) lokalisiert

...

werden. Es waren diejenigen Stellen, an denen früher ein Edeltank zur Aufnahme der beim Schleifen, Polieren und Ätzen der Metallografieproben anfallenden Flüssigkeiten stand. Eine Schweißnaht am Absaugstutzen des Tankes war undicht geworden (angezeigt durch einen Feuchtefühler). Die heraustropfende Flüssigkeit war längere Zeit in einem dafür untergestellten Behälter aufgefangen worden, offensichtlich war aber bereits zuvor eine erhebliche Flüssigkeitsmenge direkt auf den Zellenboden gelaufen und dort verdunstet. Diese Stellen wurden jetzt gezielt mit einer Beizpaste bearbeitet.

Die Beizpaste bestand im wesentlichen aus Salpetersäure mit Zusatz von Flußsäure als aggressive Anteile, dazu Dichlormethan als Netzmittel und Titanoxid als Trägermittel. Nach einer Einwirkungszeit von jeweils etwa einer Stunde wurde die Paste entfernt, der Boden abgekratzt und anschließend mit Aceton gereinigt.

Der Einsatz der Paste war nicht erfolgreich.

Die gleichen Stellen des Bodens wurden anschließend mit einem elektrischen Schleifgerät 4 Wochen lang bearbeitet. Dazu wurde ein elektrischer Winkelschleifer federnd auf einem Schlitten montiert. Der Schlitten wurde fernbedient auf dem Boden auf Kufen verschoben. Durch diese Maßnahme konnte eine Absenkung der Dosisleistung um einen Faktor 3 erzielt werden.

10. Dampfstrahlreinigen

Eine nochmalige Generalreinigung der Zelle mit einem Dampfstrahlgerät, das an die zuvor benutzte Sprühlanze (Pkt. 6) angeschlossen wurde, brachte erneut einen Dekontaminationsfaktor von ca. 3.

Die verbleibende γ -Dosisleistung von 0,5 bis 8 R/h, gemessen in 5 cm Abstand, war zu hoch zum Arbeiten vor Ort in der Zelle. Weitere Dekontaminationsmethoden kamen nicht mehr in Frage.

Der Zellenboden war nacheinander mit folgenden Mitteln bearbeitet worden:

- Sprühen mit Dekopan
- Sprühen mit Dekopan, anschließend Bürsten mit Drahtbürste
- Einwirken von Phosphorsäure (H_3PO_4 , 12 %, 2 Std.), anschließend Bürsten mit Drahtbürste
- Einwirken von Salpetersäure (HNO_3 , 1mol), anschließend Bürsten mit Drahtbürste
- Einwirken von Salpetersäure + Flußsäure (HF), 15 min, anschließend Bürsten mit Drahtbürste
- Einwirken von Salpetersäure + Flußsäure, 30 min, anschließend Bürsten mit Drahtbürste
- Bürsten mit rotierender Drahtbürste
- Einwirken von Beizpaste, anschließend Reinigen mit Aceton
- Schleifen
- Dampfstrahlen
- Dampfstrahlen mit Zusatz von Dekopan

11. Verstopfung im Saugrohr beseitigen

Bei den häufigen Absaugvorgängen durch das in der Zellenrückwand liegende Rohr, bei denen auch viele Feststoffe mitabgesaugt wurden, hatte sich das Rohr verstopft. Es bedurfte mehrerer Tage, das Rohr wieder zu öffnen. Dies gelang nach mehreren Versuchen von außen mit verschiedenen Mitteln in der Reihenfolge:

- Wasser mit 10bar Druck zum Durchdrücken des festen Stopfens
- Spirale zum groben Säubern des Rohres
- Druckluft zum Durchspülen der Säuberungsrückstände
- Dampfstrahl zum restlosen Reinigen des Rohres

...

12. Abschirmmaßnahmen

Nach den bereits ein Jahr andauernden Arbeiten wurde klar, daß es anscheinend unmöglich war, die in das Bodenblech eingedrungenen, stark strahlenden Rückstände der Ätzflüssigkeiten zu beseitigen, ohne das Bodenblech zu zerstören. Dieses sollte jedoch als dichte Barriere erhalten bleiben. Deshalb kam nur noch die Verringerung der γ -Dosisleistung auf einen Wert, der das künftige Betreten der Zelle gestattete, durch Abschirmmaßnahmen in Frage.

Es wurde beschlossen, auf den Boden folgende Schichten bleibend aufzubringen:

- eine Grundierschicht als Rostschutz
- 2,5 bis 25 mm dickes Bleiblech als Niveaueausgleich für den nach hinten abfallenden Zellenboden
- 2 x 30 mm dicke Stahlplatten (2 Lagen mit versetzten Fugen)
- Bleischrot für die Rinne an der hinteren Zellenwand
- Ausguß dieser drei Schichten mit Kunstharz (2-Komponenten-Epoxi-Kunstharz E200)
- 0,5 mm Kupferblech
- Ausguß des Kupferbleches mit Kunstharz

Die Blei- und Stahlbleche wurden fernbedient verlegt. Danach betrug die γ -Dosisleistung noch max. 200 mR, gemessen in 5 cm Abstand. Die Zelle war nun begehbar. Die erste Begehung mit fremdbelüftetem Vollschutzanzug fand ca. 17 Monate nach Beginn der Arbeiten an der Zelle statt.

Während des Begehens der Zelle wurde der Conveyer-Kanal zusätzlich mit 50 mm Stahlblech abgeschirmt; diese Abschirmung wurde später wieder entfernt.

13. Feindekontaminieren

Nach der drastischen Verminderung der γ -Dosisleistung konnten nun alle weiteren Arbeiten ohne Fernbedienung durchgeführt werden. Zunächst wurden die letzten Einbauten entfernt: Manipulatoren, Fahr-schienen des Kraftmanipulators, Beleuchtung und Elektroinstalla-tionen. Die erste Kunstharzschicht wurde auf den Boden aufge-bracht, danach wurde der Boden mit Kunststoffolie provisorisch gegen Kontamination geschützt. Von Wänden und Decke wurde mit Beiz-paste die restliche Farbe entfernt und mit Aceton nachgewaschen. Dazu wurde ein Holzgerüst in die Zelle gestellt; das Betreten der Zelle erfolgte durch ein Folienzelt im Zellenrückraum.

Vom Abschluß der Säuberungsarbeiten an erfolgten die Einsätze nur noch mit Gasmaske und Pedi-Anzug.

14. Lackieren

Nach dem restlosen Säubern wurden Wände und Decke zweimal grun-diert und zweimal lackiert.

15. Montieren der Grundausrüstung

Die inzwischen dekontaminierten Teile der Grundausrüstung (Manipu-latoren, Beleuchtung, Elektroinstallation und Tische) wurden neu in die Zelle gebracht und montiert.

16. Zellenfenster

Während der Demontage der Grundausrüstung wurden die beiden Strahlenschutzfenster ausgebaut, zerlegt, gereinigt, wieder zusammengesetzt und eingebaut. Der Zeitaufwand hierfür betrug fünf Wochen.

17. Dichtheitsprüfung

Für die abschließende Dichtheitsprüfung der Zelle auf 0,33 Vol %/h wurden zusammen mit der Lecksuche insgesamt 12 Wochen gebraucht.

18. γ -Dosisleistung

Zur Messung der γ -Dosisleistung wurde zu Beginn eine Ionisationskammer verwendet, die in der Zelle ortsbeweglich war und ihre Signale über einen Durchführungsstopfen nach außen auf ein Anzeigergerät gab. Beim Begehen der Zelle wurden die Messungen mit "Teletektor" und "Babyline" vorgenommen. Die genaue Bestimmung des Rest-Strahlenfeldes erfolgte mit Festkörper-Dosimetern.

19. Ausrüstung mit Geräten

Das gesamte Jahr 1980 wurde zur Einrichtung der Zelle mit neuen Untersuchungsgeräten benötigt.

Die Elektroversorgung für den Kraftmanipulator wurde so umgebaut, daß sie in Zukunft per Masterslave-Manipulator ersetzbar war. Dazu mußte die Kranbrücke noch einmal ausgebaut und umgerüstet werden; Zeitbedarf hierfür 3 Monate.

Zwei der neu zu installierenden Geräte waren neu angefertigt worden: ein Gerät zur Entnahme von Kleinproben aus Brennstab-Querschnitten und eine Vorrichtung zur Messung der Oberflächenrauigkeit auf Brennstabhüllrohren. Für Einbau, Anschluß und Erprobung dieser Geräte wurden etwa 3 Monate benötigt.

Zwei weitere Geräte, Vorrichtungen zur Dimensionskontrolle und zum γ -scanning, waren zuvor bis Herbst 1980 in der Betonzelle 3 in Betrieb.

...

Sie wurden dort ausgeschleust und vor Einbau in die Zelle 5 gereinigt, um in dieser Zelle zumindest in der Anfangszeit den Kontaminationspegel niedrig zu halten; Zeitbedarf hierfür etwa 3 Monate.

20. Untersuchungsbetrieb

Ab Herbst 1980 wurde der Untersuchungsbetrieb in der Zelle 5 mit dem ersten neu installierten Gerät begonnen. Die gesamte Zelle 5 konnte schließlich ab Anfang 1981 betrieben werden.

② handeling -
+ Swellen

0.33 vol%/h.

1 vol. %/h

- 1978 - ~~1979~~ - $\frac{1980}{1981}$ - /

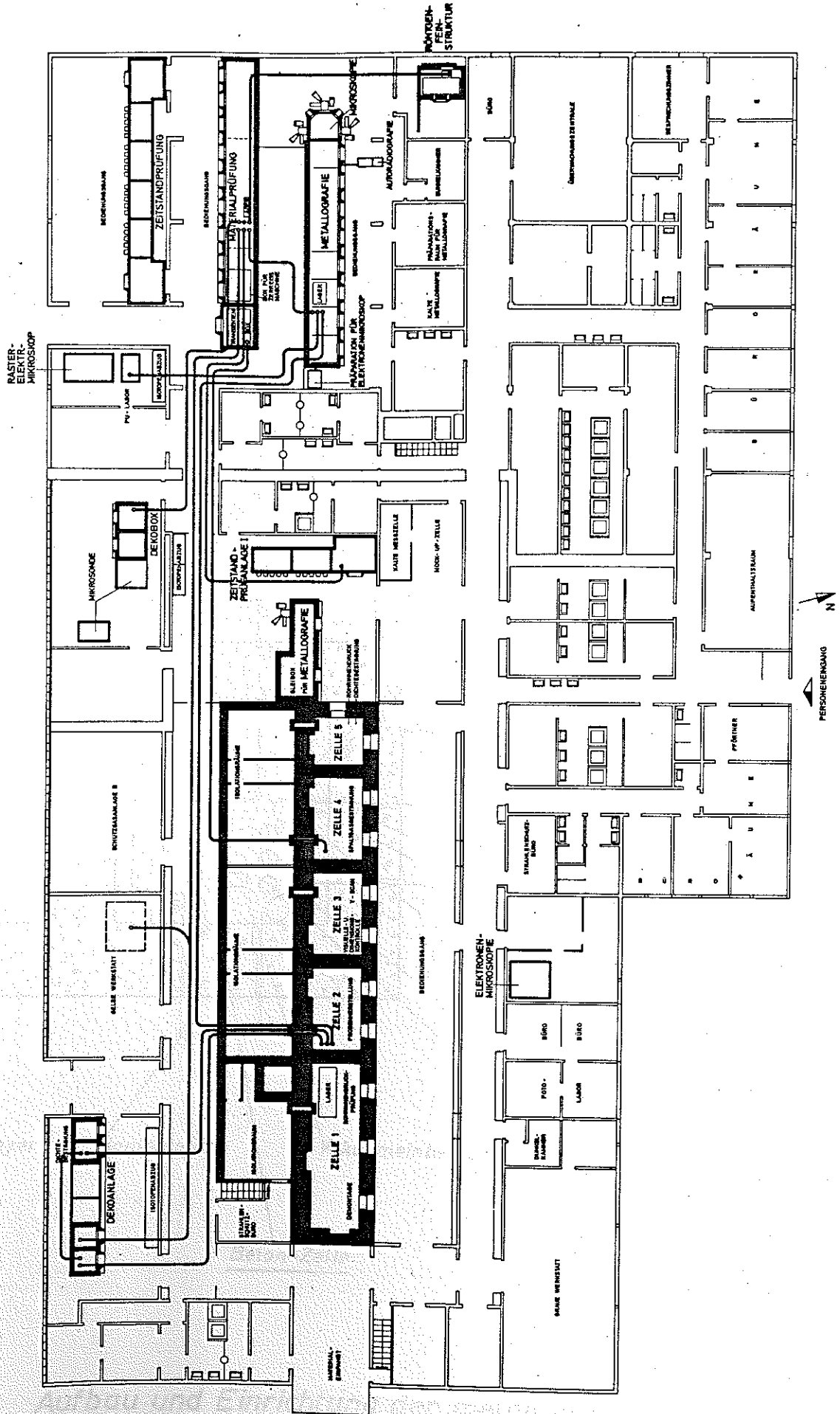


Bild 1 Gesamtgrundriß der Heißen Zellen

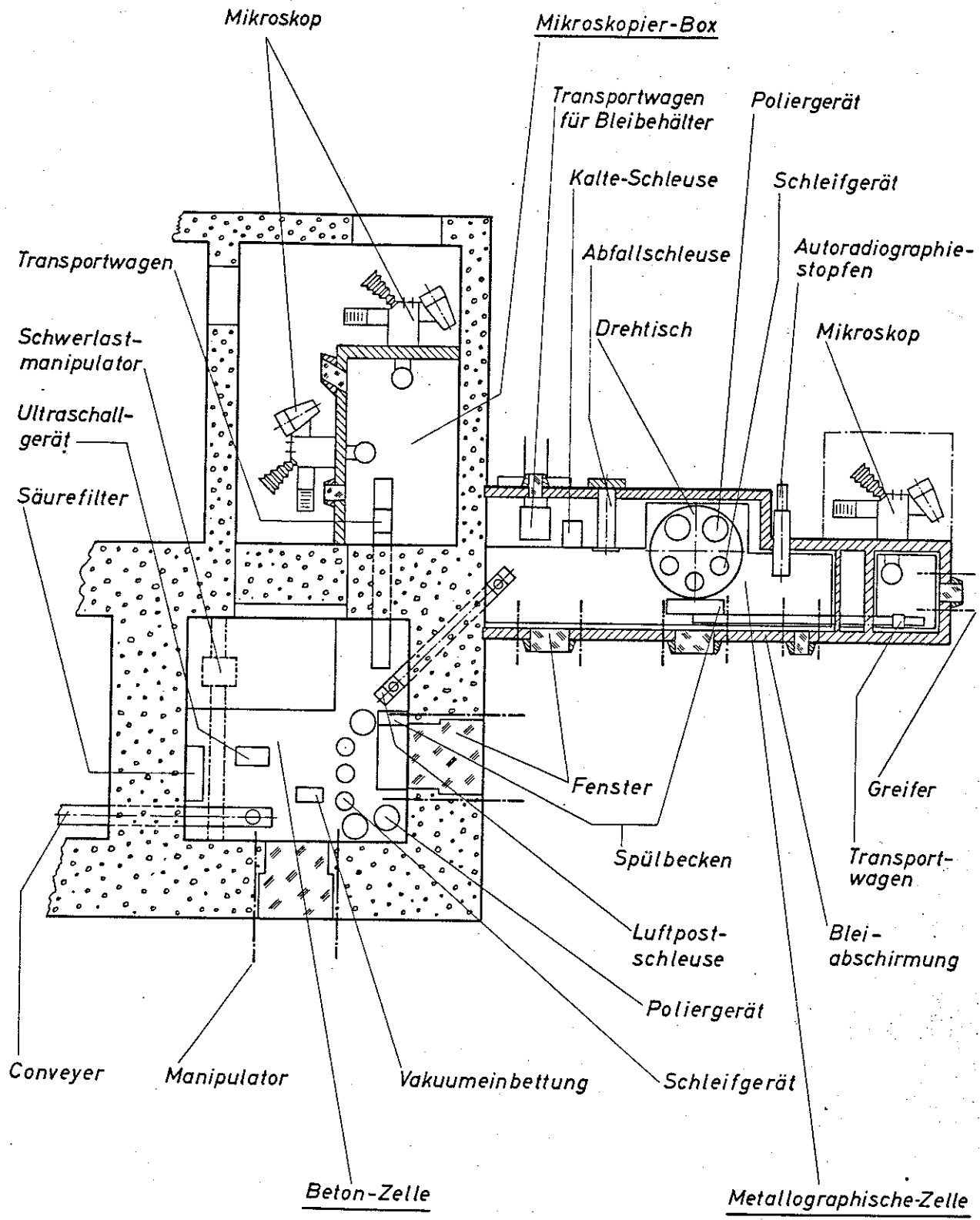


Bild 2 **Aufbau und Einrichtung der metallografischen Anlage in den „Heißen Zellen“ Provisorium in Zelle 5**

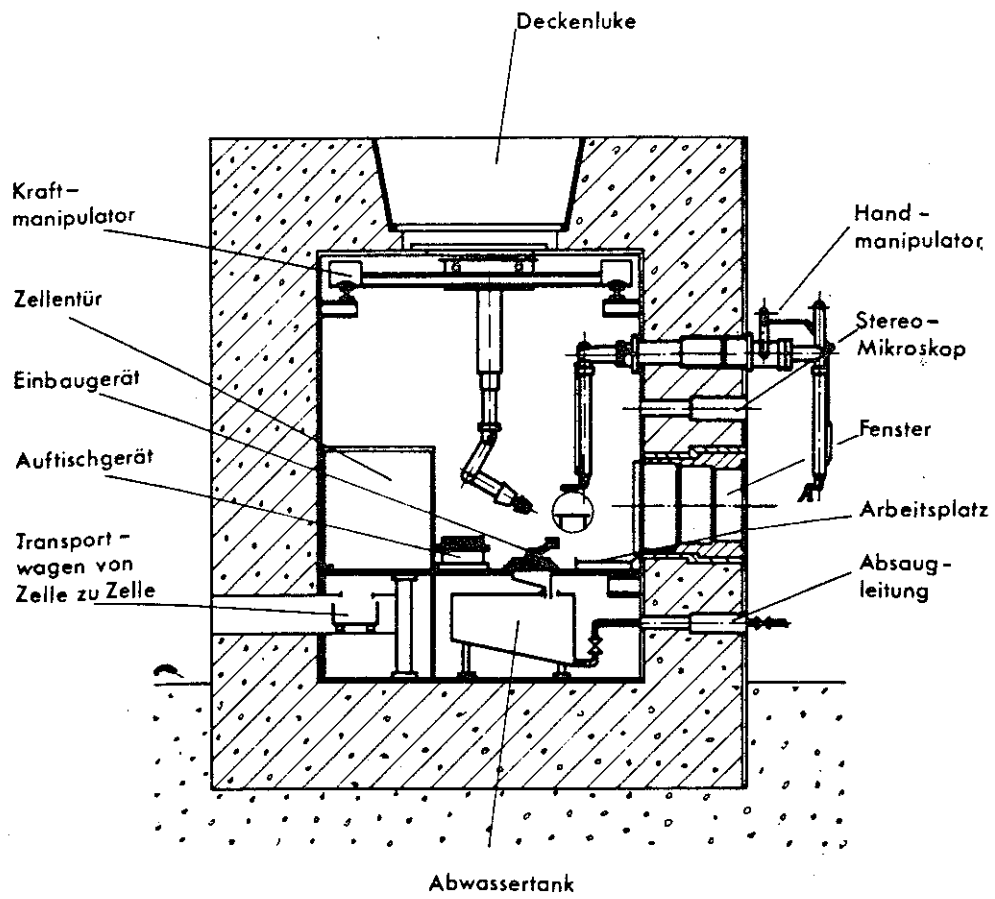


Bild 3

Betonzelle mit metallographischer Einrichtung