

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	76 (1958)
<b>Heft:</b>	42
<b>Artikel:</b>	Das Projekt einer Atomenergie-Heizkraftanlage von 30000 kW thermischer Leistung
<b>Autor:</b>	Fritzsche, A.F. / Haller, P. de
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-64068">https://doi.org/10.5169/seals-64068</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Oel allein sei darum vom kriegswirtschaftlichen Standpunkt aus sehr gefährlich. Das Vorhandensein von Koks- und Kohlefeuerungen bilde eine Reserve für das Durchhalten unserer

Energieversorgung im schlimmsten Fall. Die Förderung moderner Anlagen für feste Brennstoffe sei darum zu begrüßen.

Dr. R. Kaestlin, Zürich

## Das Projekt einer Atomenergie-Heizkraftanlage von 30 000 kW thermischer Leistung

Von Dr. sc. techn. A. F. Fritzsché und Dr. sc. techn. P. de Haller, Winterthur

DK 621.039.4

Die 1955 gebildete Studiengruppe für Reaktoranlagen hat während den letzten Jahren im Hinblick auf die Deckung des zunehmenden Energiebedarfes der Schweiz ausgedehnte Untersuchungen über Leistungsreaktoren durchgeführt. Als erste Entwicklungsstufe auf dem Weg zum Bau einer Grosskraftanlage haben Gebrüder Sulzer in Zusammenarbeit mit andern Firmen ein Vorprojekt für eine Reaktoranlage kleinerer Leistung ausgearbeitet, das im folgenden kurz beschrieben werden soll. Die Industriegruppe, die sich mit dem Fernheiz-Kraftwerk der ETH zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammen geschlossen hat, umfasst in ihrer heutigen Zusammensetzung folgende Unternehmungen (in alphabetischer Reihenfolge): Brown, Boveri & Cie., AG., Baden; Contraves AG., Zürich; Escher Wyss AG., Zürich; Landis & Gyr AG., Zug; Maschinenfabrik Oerlikon; Gebrüder Sulzer AG., Winterthur; Ed. Züblin & Co. AG., Zürich.

Die von Gebrüder Sulzer geplante Reaktoranlage mit einer Wärmeleistung von 30 000 kW ist als Erweiterung des Fernheizkraftwerkes (FHK) der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich vorgesehen und kann sowohl für die reine Stromerzeugung als auch zur Versorgung des bestehenden Fernheiznetzes eingesetzt werden. Demzufolge ist ihr Standort in unmittelbarer Nähe des FHK gewählt worden. In der Konzeption wurde den Fragen der Betriebssicherheit besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Dem entspricht auch die Anordnung der ganzen Anlage in einer Kaverne.

### 1. Uebersicht des Reaktortyps

Der vorgesehene Reaktor verwendet vorwiegend natürliches Uran als Spaltstoff und wird durch schweres Wasser ( $D_2O$ ) sowohl moderiert als auch gekühlt. Er ist nach dem Druckrohrprinzip konstruiert, das eine Trennung des Kühl mittels vom Moderator durch eine druckfeste Wand vorsieht.

Das Kühlmittel, das unter einem Druck von etwa 60 at steht, tritt mit einer Temperatur von rd. 190° C in den Reaktorkern ein, wird dort ohne Verdampfung auf etwa 220° C erhitzt und strömt dann den zwei Dampferzeugern zu. Der Moderator steht unter atmosphärischem Druck und wird durch ein getrenntes Kühl system auf einer Temperatur von etwa 50° C gehalten. Die in diesem System anfallende Wärme energie, die rd. 8 % der Gesamterzeugung ausmacht, wird nicht ausgenützt. Der Moderator befindet sich in einem zylindrischen Aluminiumtank, der seitlich und unten von einem Graphitreflektor umgeben ist. Der gesamte Schwerwasser bedarf beträgt 18 t, wovon 13 t im Moderatorsystem verwendet werden.

Der grösste Teil der Spaltstofffüllung von 5 t besteht aus natürlichem Uran; indessen ist eine beschränkte Anzahl von Spaltstoffelementen mit einprozentiger Anreicherung vorgesehen, die in radialen Randplätzen angeordnet sind. Diese Massnahme ermöglicht beim vorliegenden kleinen Reaktor eine beträchtliche Erhöhung der Reaktivität und damit eine willkommene Senkung der Erstellungskosten.

### 2. Die Schaltung der Anlage

Die prinzipielle Schaltung der wichtigsten Kreisläufe ist aus dem stark vereinfachten Schema Bild 1 ersichtlich. Dort ist die aus Sicherheitsgründen vorgenommene Trennung der verschiedenen Systeme deutlich hervorgehoben. Im oberen Teil des Schemas sind die Reaktorkreisläufe I dargestellt, d. h. jene Kreisläufe, welche die verschiedenen Teile des Reaktors einschliessen und damit eine Quelle radioaktiver Gefährdung sein könnten. Der untere Teil zeigt die äusseren Wasser-Kreisläufe III, welche in direkter Berührung mit der Umgebung stehen und daher unter allen Umständen frei von jeglicher Radioaktivität sein müssen. Zwischen diesen zwei Systemgruppen sind geschlossene Leichtwasser-Zwischenkreis-

läufe II vorgesehen, die beim normalen Betrieb des Reaktors keine Aktivität aufweisen, in denen daher Undichtheiten der Reaktorkreisläufe leicht festgestellt werden können, bevor die äusseren Kreisläufe gefährdet werden. Diese konsequente Trennung sichert auch das Erhalten des teuren schwernen Wassers.

Der Haupt-Nutzkreislauf A des schweren Wassers (Bild 1 oben rechts) enthält ein Druckhaltegefäß 5, das mittels einer elektrischen Heizung den Druck im System regelt, sowie zwei parallel geschaltete Dampferzeuger 14. Auf der Sekundärseite dieser Apparate werden 40 t/h gesättigter Dampf von 11 ata und 183° C erzeugt. Dieser Dampf kann entweder insgesamt zwei Kondensationsturbinen 19 zugeführt werden, die zusammen eine maximale Leistung von 5900 kW erzeugen oder zwischen den Turbinen und einem Dampfumformer 21 von 20 t/h Leistung aufgeteilt werden, der das Fernheiznetz mit Sattdampf von 7 ata beliefert.

In Bild 1 ist oben links das  $D_2O$ -Moderatorkühlkühlsystem B dargestellt. Wie schon erwähnt, steht es unter Atmosphären druck. Um jede Gefahr von Störungen auszuschliessen, ist es vom  $D_2O$ -Nutzkreislauf streng getrennt. Beide  $D_2O$ -Kühl systeme sind mit Hilfskühlkreisläufen C und D versehen, durch welche die Wärmeabfuhr abgeführt werden kann, die sowohl nach dem planmässigen Abstellen des Reaktors wie auch bei einer Betriebsstörung in einem der Hauptkreisläufe anfällt. Die dargestellten Reaktorkreisläufe werden durch die Kühl systeme für Abschirmungen 3 und Reflektor 4 sowie durch die Schwerwassergefässer 6 und 7 vervollständigt.

Die im Reaktor entwickelte und zur Energieerzeugung nicht herangezogene Wärme wird in einem Haupt-Zwischen kreislauf E abgeführt und über den Hauptkühler 16 an das Limmatwasser abgegeben. Die  $D_2O$ -Hilfskühlkreisläufe C und D stehen hingegen mit einem unabhängigen Hilfs-Zwischen kreislauf F in Verbindung, damit die Kühlung des Reaktors nach dem Abstellen im Falle einer Stromunterbrechung oder während Unterhaltsarbeiten an den Hauptkreisläufen jederzeit gewährleistet ist. Der  $H_2O$ -Nutzkreislauf G gehört ebenfalls sinngemäss zu diesen geschlossenen Zwischenkreisläufen, welche alle mit demineralisiertem Wasser betrieben werden. Die äusseren Kreisläufe bestehen aus dem Limmatwasser Kühl system H einerseits und dem Fernheizsystem J anderseits.

### 3. Die bauliche Disposition

Die gesamte Heizkraftanlage wird in zwei unterirdischen Kavernen aufgestellt, deren gegenseitige Lage und Aufteilung aus Bild 2 ersichtlich ist.

In einer ersten Kaverne A, welche die Form eines senkrechten, oben und unten kugelförmig abgeschlossenen Zylinders von 20 m Durchmesser und 40 m Höhe aufweist, sind der Reaktor, alle primären Wärmeaustauscher sowie alle reaktortechnischen Hilfsanlagen untergebracht. Eine zweite Kaverne B von üblicher Form (12 m breit, 12,5 m hoch, 60 m lang) umfasst alle Sekundärsysteme, also die Turbinen und ihre Hilfsbetriebe, den Dampftransformer mit Zubehör, die Heizanlage, die elektrischen Stromversorgungs- und -Verteil systeme sowie die Kommandozentralen für den Reaktor und die thermischen Anlagen. Diese Hauptkavernen sind durch einen Verbindungsgang C von kreisförmigem Querschnitt verbunden (7 m Durchmesser, 23 m lang), der den einzigen Zutritt zur Reaktorkaverne darstellt, während die Maschinen kaverne mit der Außenwelt über einen Material- und einen Personenlift und mit der Pumpstation am Ufer der Limmat über einen Leitungskanal verbunden ist.

Die Reaktorkaverne ist als luftdichtes Gefäß ausgebildet. Der Abschluss gegen Gase und Flüssigkeit wird durch eine

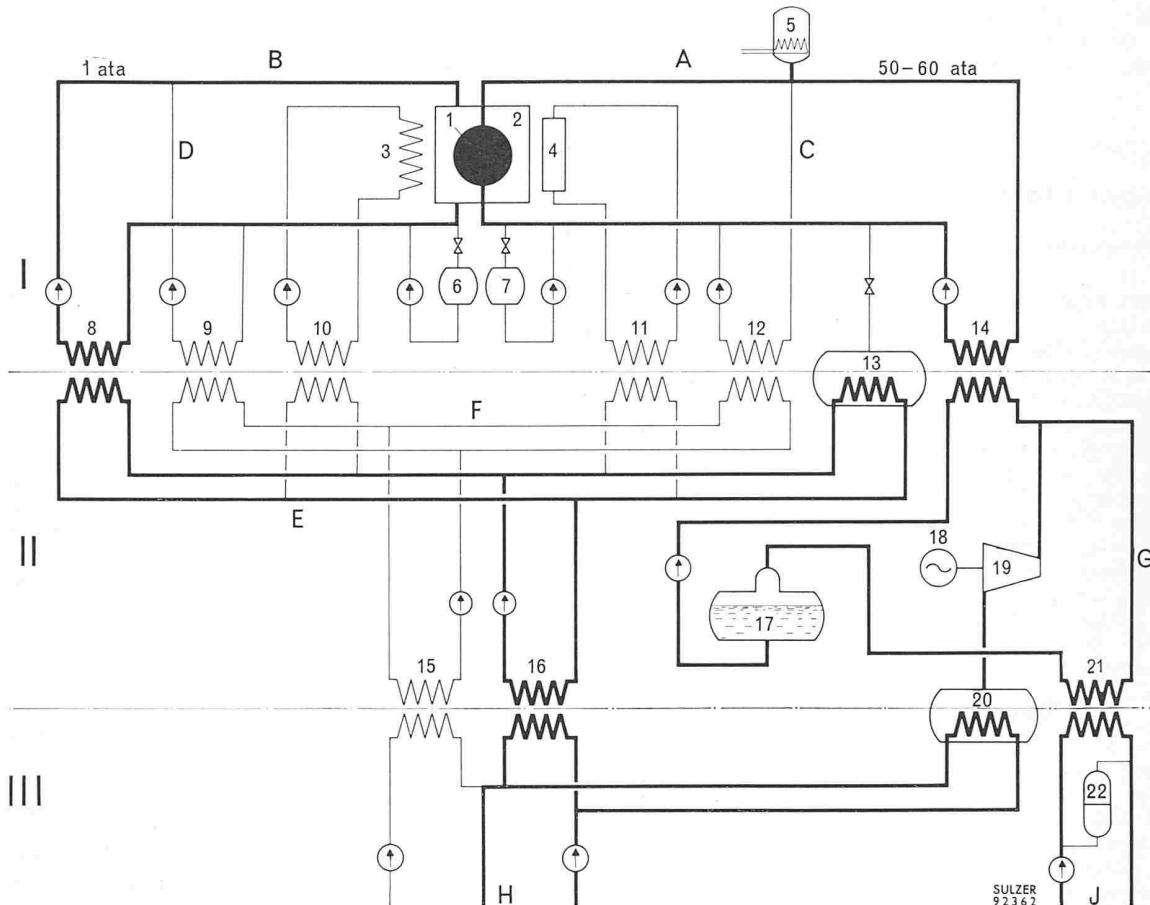


Bild 1. Vereinfachtes Anlageschema der Reaktoranlage der ETH

I Reaktorkreisläufe

II Geschlossene Zwischenkreisläufe ( $H_2O$ )  
 III Äusserer Kreislauf ( $H_2O$ )  
 A Haupt- $D_2O$ -Nutzkreislauf  
 B  $D_2O$ -Moderator-Kühlsystem  
 C  $D_2O$ -Nutzhilfskreislauf  
 D  $D_2O$ -Moderator-Hilfskreislauf  
 E  $H_2O$ -Hauptzwischenkreislauf  
 F  $H_2O$ -Hilfszwischenkreislauf  
 G  $H_2O$ -Nutzkreislauf  
 H Limmatwasser-Kühlsystem  
 J Fernheizsystem

1 Reaktor  
 2 Moderator  
 3 Abschirmung  
 4 Reflektor  
 5 Druckhaltegefäß, Moderatorsystem  
 6  $D_2O$ -Vorratstank, Moderatorsystem  
 7  $D_2O$ -Vorratstank, Nutzkreislaufsystem  
 8 Hauptkühler, Moderatorsystem  
 9 Hilfskühler, Moderatorsystem  
 10 Abschirmungskühler  
 11 Reflektorkühler

12 Hilfskühler, Nutzkreislaufsystem  
 13  $D_2O$ -Kondensator  
 14 Dampferzeuger  
 15 Kühler zu Hilfszwischenkreislauf  
 16 Kühler zu Hauptzwischenkreislauf  
 17 Speisewassergefäß  
 18 Generator  
 19 Dampfturbine  
 20  $H_2O$ -Kondensator  
 21 Dampftransformer  
 22 Speicher

dünne Blechhaut gewährleistet, die sich gegen den ausbetonierten Fels abstützt. Auf der Innenseite wird diese Haut durch eine Betonschale gegen mögliche Verletzungen im Falle einer Störung am Reaktor geschützt. Die Durchführungen durch die Wände dieses Abschlussgefäßes für die Zuleitung von sekundärem Kühlmittel und elektrischen Kabeln werden auf ein Minimum beschränkt und sehr sorgfältig gedichtet. Sie münden nur in den Verbindungsgang. Der Zugang für Personal und Material führt über eine luftdichte und druckfeste Schleuse 15, deren Türen nicht gleichzeitig geöffnet werden können. Auf diese Weise ist ein hoher Grad an Dichtigkeit zu erreichen, was im Hinblick auf die Auswirkung möglicher Störungen von grosser Bedeutung ist.

Der Reaktor befindet sich etwa in der Mitte dieser Kaverne. Die radiale biologische Abschirmung ist nach unten als Hohlzylinder fortgesetzt und überträgt dort das Gewicht des Reaktors über eine Bodenplatte auf den Fels. Die obere Halle der Reaktorkaverne enthält alle Schwerwassersysteme, viele der reaktortechnischen Hilfsysteme und die Stabwechselmaschine 6. Da die primären Kühlkreisläufe stark radioaktiv werden, kann diese Halle während des Betriebs nicht betreten werden. Ein dicker Betonboden gewährleistet die Abschirmung gegen die um den Reaktor angeordneten Nebenräume im unteren Teil der Reaktorkaverne, welche zu jeder Zeit betreten werden können. Sie sind in drei Stockwerke unterteilt und enthalten die Stablager sowohl für neue wie für bestrahlte Spaltstoffelemente, die  $H_2O$ - und  $D_2O$ -Reinigungs-

anlagen, Ventilationsanlagen sowie die elektrischen Verteil- und Messanlagen.

Im tiefsten Teil ist ein grosses Wasserreservoir 14 angeordnet, das nicht nur die beim normalen Betrieb der Anlage anfallenden kleinen Mengen möglicherweise aktiver Abwasser auffängt, sondern auch die grossen Wasch- und Spülwassermengen aufzunehmen imstande ist, welche im Falle einer Reaktorstörung zur Reinigung verwendet werden. Dieses Wasser ist im Tank 8 im höchsten Punkt der Reaktorkaverne gelagert und steht damit jederzeit zur Verfügung.

Wände und Boden der Maschinenkaverne werden direkt an den Fels betoniert, während die Decke als Betongewölbe ausgebildet ist. In bezug auf die Dichtigkeit werden an den Verbindungsgang zwischen beiden Kavernen die gleichen Anforderungen gestellt wie an die Reaktorkaverne selbst, weshalb auch dort eine Blechverkleidung vorgesehen ist. Die Anschlüsse an beide Hauptkavernen sind sorgfältig abgedichtet, und der Zugang für den Personenverkehr und für Materialtransporte führt über Schleusen.

#### 4. Beschreibung der Reaktorkonstruktion

Wir beschreiben im folgenden eine von Gebrüder Sulzer untersuchte Variante der Reaktorkonstruktion etwas ausführlicher. Der Aufbau des Reaktors geht aus dem Vertikalschnitt, Bild 3, sowie aus dem Grundriss auf Bild 4 hervor, während ein Spaltstoffelement in Bild 5 leicht schematisiert dargestellt ist.

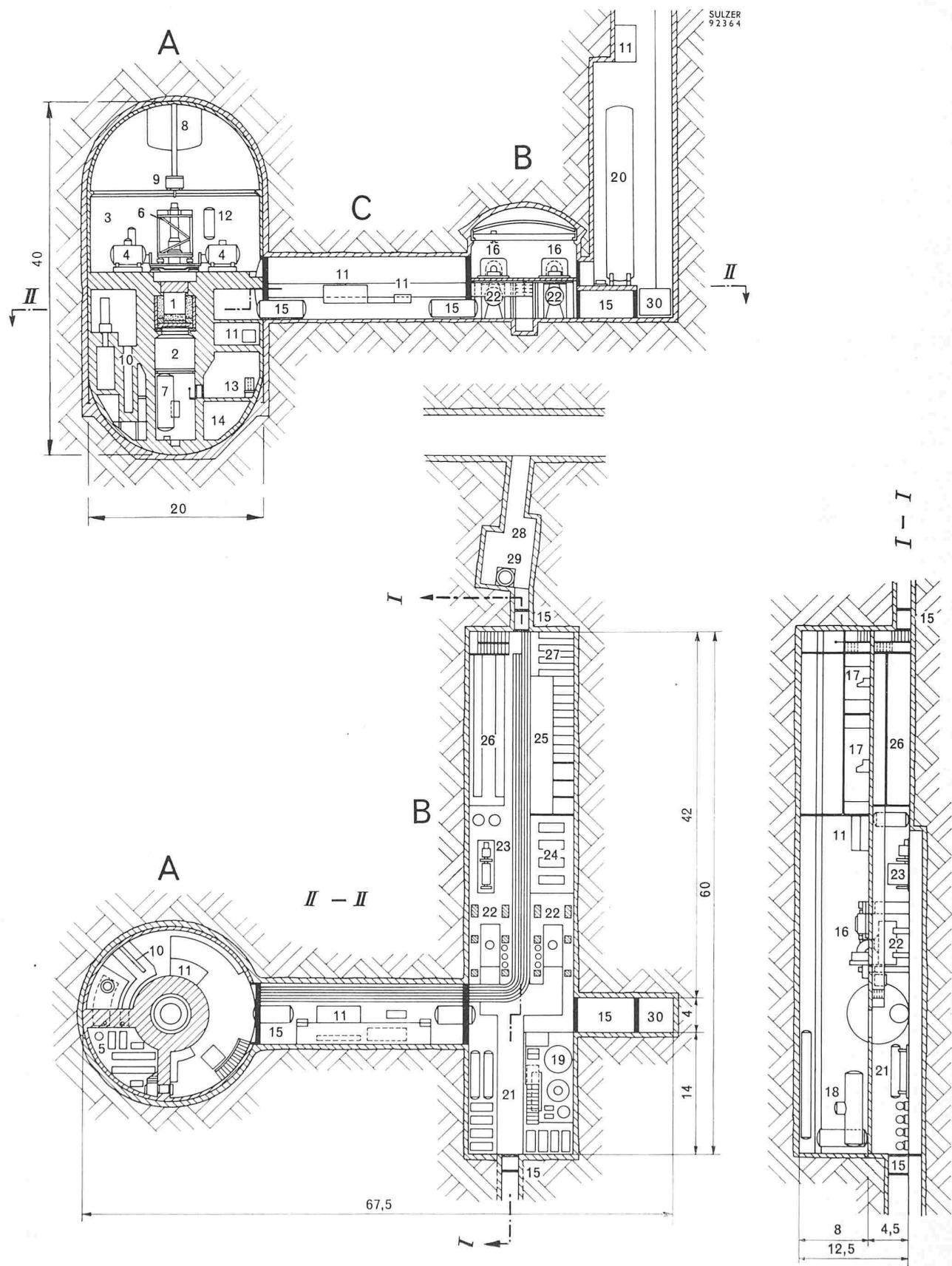


Bild 2. Die Gesamtanordnung der Reaktoranlage der ETH

- A Reaktorkaverne
- B Maschinenkaverne
- C Verbindungsstollen
- 1 Reaktor
- 2 Expansionsraum
- 3 Wärmeaustauscherhalle
- 4 Dampferzeuger und D<sub>2</sub>O-Pumpen
- 5 Moderatorkühlssystem

- 6 Stabwechselmaschine
- 7 D<sub>2</sub>O-Vorratstank
- 8 Wassergefäß
- 9 Kran
- 10 Spaltstoffelementlagerung
- 11 Ventilationsanlage
- 12 Druckhaltegefäß
- 13 D<sub>2</sub>O- und H<sub>2</sub>O-Reinigungsanlagen

- 14 Abwasserreservoir
- 15 Schleusen
- 16 Dampfturbinen
- 17 Kommandozentralen
- 18 Speisewassergefäß
- 19 Dampftransformer
- 20 Speicher
- 21 Kübler zu Zwischenkreislauf
- 22 H<sub>2</sub>O-Kondensator

- 23 Dieselnottstromgruppe
- 24 Umformergruppen
- 25 Transformatoren und Hochspannungsschalter
- 26 Elektrische Verteilanlage
- 27 Akkumulatoren
- 28 bestehende Verladekaverne
- 29 Personallift
- 30 Warenlift

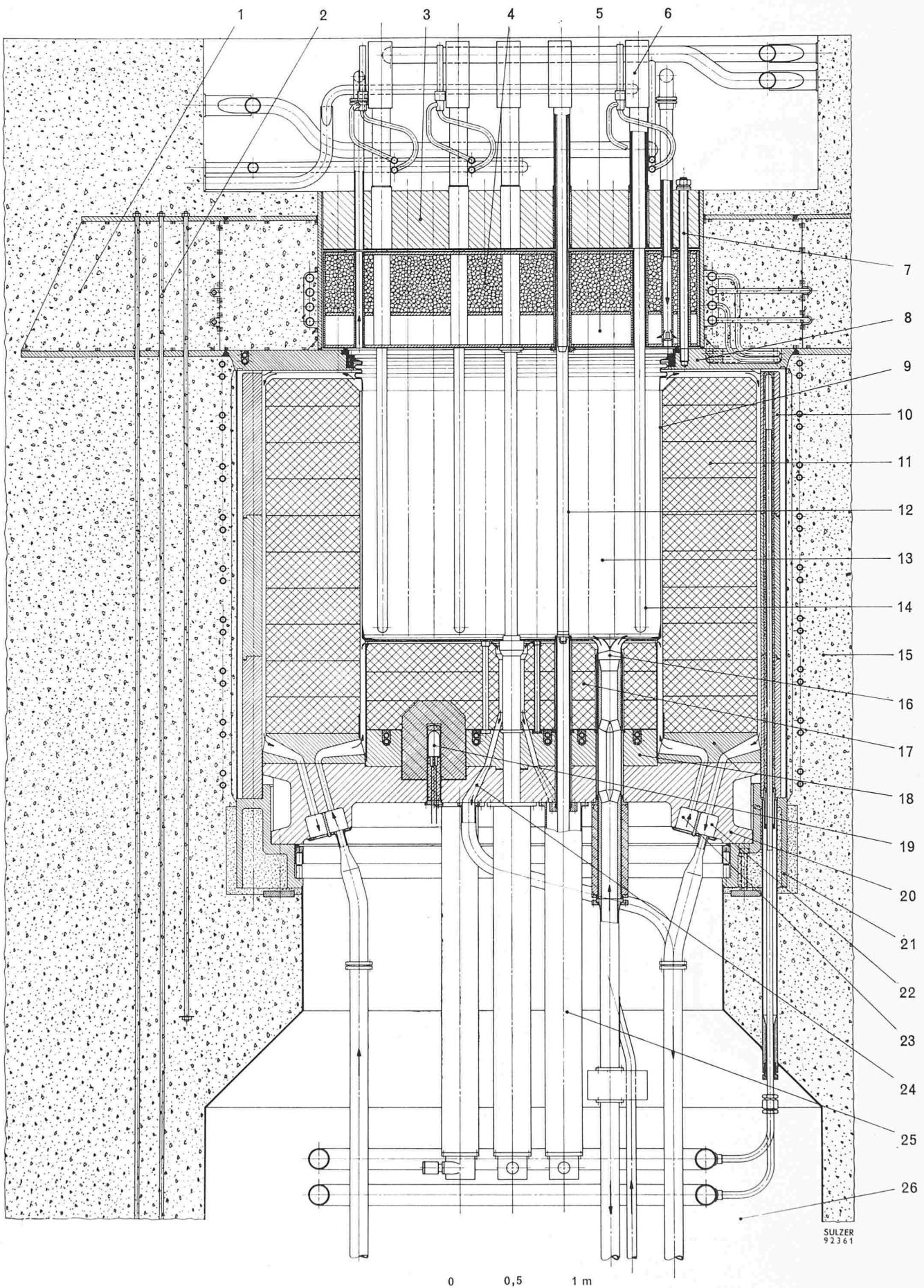


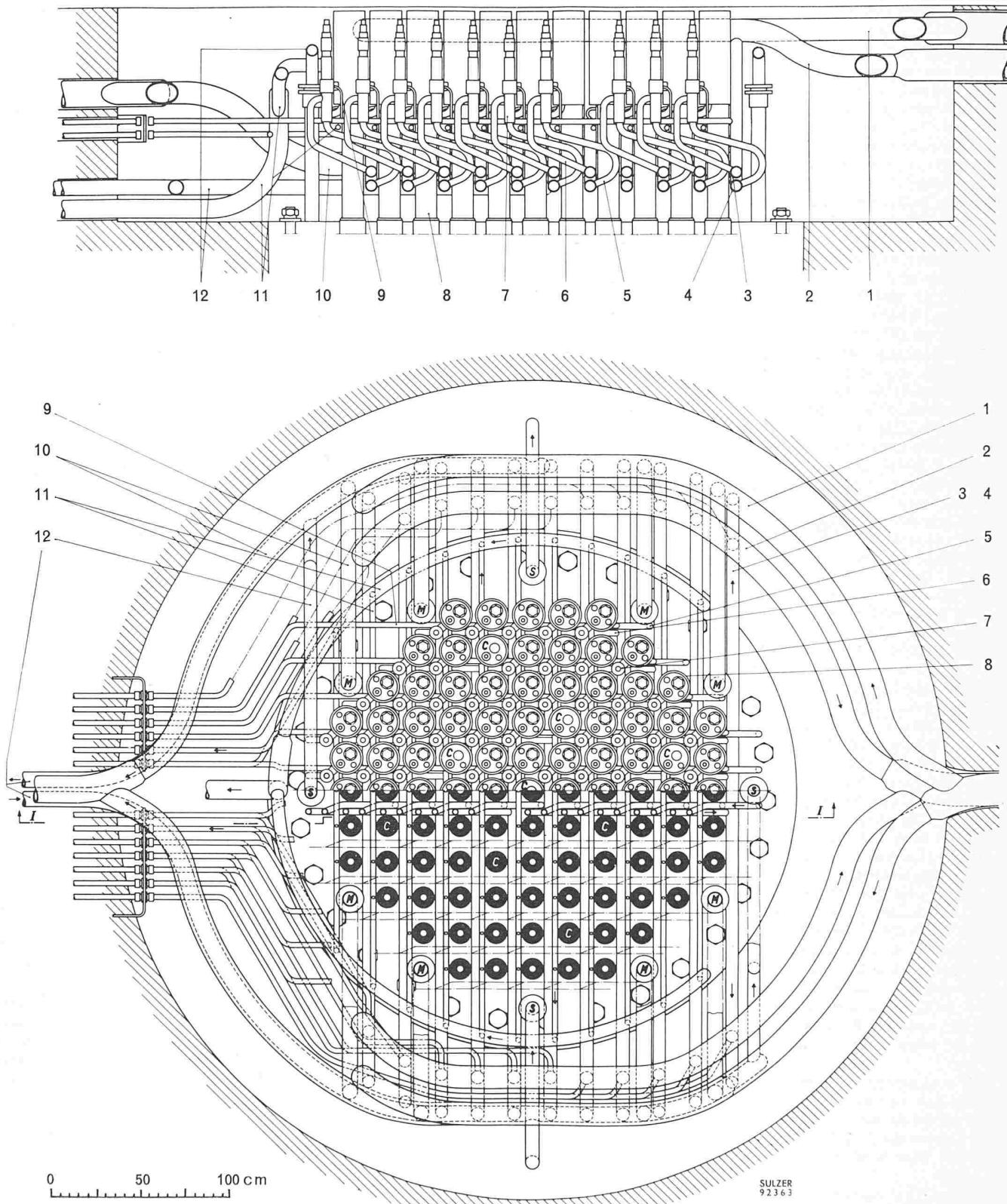
Bild 3. Schnitt durch den Reaktor

1 Verankerungskonstruktion  
 2 Zugstangen  
 3 Stahlgussdeckel  
 4 Abschirmungskonstruktion  
 5 Wasserabschirmung

6 Rohraufsatz zur Spaltstoff-  
 elementbefestigung  
 7 Befestigungsschrauben für  
 obere Abschirmung  
 8 Tragring

9 Moderatorortank  
 10 Radiale thermische Ab-  
 schirmung  
 11 Radialer Reflektor (Graphit)  
 12 Kontrollstab

13 Moderator  
 14 Spaltstoffelement  
 15 Radiale biologische Ab-  
 schirmung  
 16 Moderator-Eintritt



17 Unterer Reflektor (Graphit)

18 Untere thermische Abschirmung

19 Messkammer

20 Grundplatte

21 Fundamentring

22 Reflektorkühlung, radialer Austritt

23 Reflektorkühlung, Eintritt

24 Reflektorkühlung, zentraler Austritt

25 Kontrollstabantrieb

26 Expansionsraum

Bild 4. Oben: Seitenansicht der Reaktorpartie über dem Deckel, Unten: Reaktor von oben gesehen

C Kontrollstab

M Anschluss für Moderator- kühlung

S Anschluss für Abschirmungs- kühlung

1 Verteilleitung

2 Sammelleitung

3 Quersammelnetz

4 Querverteilnetz

5 Einlaufrohr zum Spaltstoff- element

6 Auslaufrohr vom Spaltstoff- element

7 Ventil

8 Rohraufsatz zur Spaltstoff- elementbefestigung

9 Aktivitätsüberwachungs- system

10 Sammelleitung, Moderator- kühlung

11 Spaltabsaugsystem

12 Rohrsystem zur Ab- schirmungskühlung

### a) Der Aufbau des Reaktors

In einer regelmässigen Anordnung sind 88 Spaltstoffelemente 14 (Bild 3) durch die obere Abschirmung hindurchgeführt und tauchen in den Schwerwassermoderator 13 ein. Dieser befindet sich in einem dünnwandigen Aluminiumtank 9 mit flachem Boden, der auf einer Tragkonstruktion aufruht. Der Tank selbst ist oben offen, der Abschluss wird durch die untere Begrenzungsfläche der oberen Abschirmung gebildet. Er schliesst über einen elastisch verbundenen Flansch an den Tragring 8 an und dichtet dort den Moderatorraum gegen den Reflektor ab. An zwei Stellen 16 des Bodens tritt das als Moderator wirkende  $D_2O$  in den Tank ein und wird durch die Abschirmung hindurch am oberen Rande an acht Stellen wieder abgesaugt.

Seitlich und unten ist der Moderatorraum durch einen Reflektor 11 und 17 aus Reaktorgraphit umgeben, der in Form von Blöcken auf der unteren Abschirmung aufgebaut ist und durch  $CO_2$  gekühlt wird.

Die thermische Abschirmung besteht unter dem Kern aus gusseisernen Grundplatten 18 und einer Stahlgussplatte 20, die das Gewicht des Moderators und des Reflektors trägt und sich auf einen Fundamentring 21 abstützt. Seitlich wird der Kern durch aufeinander gestellte Gussringe 10 abgeschirmt. Diese werden durch Rohrschleifen gekühlt, die in Blei eingebettet sind. Ueber dem Reaktorkern besteht die Abschirmung aus einer hohen, rostfrei platierten Stahlkonstruktion 4, die mit Eisenkugeln und Wasser gefüllt ist, sowie aus einem darüber angeordneten, ebenfalls platierten Stahlgussdeckel 3. Um den Moderatorraum gegen aussen abzuschliessen, sind diese Deckel gegeneinander sowie gegen den Tragring 8 abgedichtet und mittels Dehnschrauben zusammengespannt, welche die auf die Deckel wirkenden Kräfte im Falle einer Störung im Reaktorkern aufnehmen und über die Tragkonstruktion 1 an die vorgespannten Zugstangen 2 und den Beton abgeben. Seitlich wird die restliche Abschirmung der Nebenräume durch die dicke Betonwand 15 gewährleistet, die von den Gussringen getrennt und mittels Rohrschlangen gekühlt ist. Die Räume über und unter dem Reaktor sind erst nach dem Abstellen zugänglich, und die entsprechenden Abschirmungen sind nur für diesen Zustand dimensioniert.

Die oberen Deckel haben 88 Durchführungen für den Einbau der Spaltstoffelemente, sowie weitere neun Durchführungen, ebenfalls an Gitterplätzen, für die Aufnahme der Regulierstäbe 12 in ihrer obersten Stellung. Die Antriebe dieser Stäbe sind unter dem Reaktor angeordnet bei 25 und bewegen den über dem Kern liegenden absorbierenden Teil über ein Verlängerungsrohr nach unten in den Kern hinein. Die Regulierstäbe sind zur Kühlung direkt in den Moderator eingetaucht. Die in den Abschirmungen verlaufenden Durchbrüche werden mit feststehenden Zapfen verschlossen.

Ebenfalls in der unteren Abschirmung sind die insgesamt elf elektronischen Messkammern 19 für die Neutronenmessung eingebaut. Einige hiervon sind in Gruppen zusammengefasst und gegen den Kern zu mit einer Bleiabschirmung versehen. Auf die Regelung des Reaktors und die Arbeitsweise der Regulierstäbe soll hier nicht näher eingetreten werden.

Die Ausbildung der Spaltstoffelemente als einzelne Druckelemente hat zur Folge, dass für die Zu- und Ableitung des  $D_2O$ -Kühlmittels ein ausgedehntes Verteilnetz benötigt wird. Dieses sieht man in Bild 4, welches oben eine Seitenansicht der Partie über dem Deckel gibt und unten den Reaktor von oben zeigt.

Sowohl die Verteil- wie die Sammelnets bestehen aus Rohren 3 und 4 in Bild 4, welche in zwei Ebenen quer durch die Gassen zwischen den Gitterplätzen hindurchführen und in gebogene Verteil- und Sammelleitungen 1 und 2 am Umfang des Gitters einmünden. Die Anschlüsse der einzelnen Spaltstoffelemente erfolgen über Ventile 7 mittels den Rohren 5 und 6, die zur Aufnahme von Wärmeausdehnungen gekrümmt ausgeführt sind.

Zur Ueberwachung der einzelnen Spaltstoffelemente während des Betriebs sind individuelle Messungen der Aktivität und Temperatur des  $D_2O$  am Austritt aus dem Element sowie möglicherweise eine Messung der durchströmenden Menge vorgesehen. Zu diesem Zweck werden an jedem Element Proben entnommen, die, in geeigneter Weise kombiniert, durch ein Rohrsystem 9 zur Messtelle geleitet werden. Weitere Rohrnetze werden benötigt, um den austretenden Moderator ( $D_2O$ )

zu sammeln und dem Kühler zuzuführen und schliesslich um das gewöhnliche Wasser der oberen Abschirmung durch sein Kühlsystem umzuwälzen.

### b) Das Spaltstoffelement

Dieses gliedert sich in einen unteren, das Uran enthaltenden Spaltstoffteil (Bild 5, rechts) und einen Kopfteil (Mitte), der den Anschluss an die Kühlkanäle im Reaktor herstellt. Das äusserste Bild rechts gibt einen Eindruck von den masstäblichen Längenverhältnissen des Elementes.

Der Spaltstoffteil setzt sich aus einer Gruppe von acht Röhren zusammen, wie aus dem Querschnitt I-I hervorgeht. Die den vollen Betriebsdruck aufnehmenden Bauelemente sind Rohre aus Zirkonlegierung 9, um welche das Uran 8 ebenfalls in Rohrform angeordnet ist. Das Uranrohr wird somit nur auf der Innenseite gekühlt; es ist an das Zirkonrohr metallisch gebunden und nimmt selbst keinen Druck auf. Je acht dieser Rohrelemente sind zu einer Gruppe zusammengefasst und in ein äusseres Hüllrohr 10 eingebaut, das von den heissen Uranoberflächen durch eine Isolation 7 getrennt ist. Die Zwischenräume 6 zwischen den Rohrelementen und dem Isolationsrohr sind durch reaktorreines Graphitpulver ausgeführt. Der einleuchtende Vorteil dieser nur innen gekühlten Brennstoffelemente besteht in ihrer außerordentlichen Oekonomie an absorbierendem Konstruktionsmaterial, da das den Druck des Kühlmittels tragende Bauelement ein Rohr von kleinem Durchmesser ist.

In der in Bild 5 dargestellten Ausführung sind die einzelnen Rohrelemente an ihren Enden in Rohrböden befestigt und mit den konzentrischen Eintritts- und Austrittskanälen 11 und 12 in der Weise verbunden, dass das Kühlmittel durch vier Elemente nach unten strömt, im unteren Sammelraum 13 umgelenkt und in den vier anderen Elementen wieder nach oben geleitet wird.

Der Anschlusskopf des Spaltstoffelementes gliedert sich in ein Kopfstück 5, das die Kühlkanäle enthält und den Kühlmittelanschluss zum Verteilrohrsystem des Reaktors an der Hauptdichtungsstelle 22 herstellt, in ein Befestigungsorgan 3, welches das Spaltstoffelement in seiner eingebauten Lage im Reaktor verriegelt, und in ein Abschlussorgan 1, das beim Ausbau des Spaltstoffelementes die Herstellung eines Kühlanschlusses von der Wechselmaschine aus ermöglicht.

Im Betrieb des Reaktors tritt das Kühlmittel aus dem Verteilrohr 15 über ein Ventil 23 durch das Anschlussrohr 24 in das Kopfstück ein und wird dort dem ringförmigen Vorlaufkanal 12 zugeführt. Das erhitzte Kühlmittel verlässt den Spaltstoffteil durch das Rücklaufrohr 11, wird im Kopfstück umgelenkt, durchströmt die Hauptdichtung 22 und tritt durch das Ventil in das Sammelrohr 16 aus. Durch diese konzentrische Führung der Kühlmittelanschlüsse ist es möglich, mit einer einzigen gegen aussen abschliessenden Dichtung auszukommen, welche durch die in der gleichen Axe liegende Spindel 19 angezogen wird.

Zum Ausbau eines Spaltstoffelementes muss von einer auf dem betreffenden Gitterplatz eingerichteten Wechselmaschine aus die Hauptdichtung gelöst und das Befestigungsorgan entriegelt werden. Da auch nach dem Abstellen des Reaktors im Uran noch etwas Wärme erzeugt wird, muss die kontinuierliche Kühlung nicht nur der im Reaktor verbleibenden Spaltstoffelemente, sondern auch des auszubauenden Elementes während sämtlichen Manipulationen gewährleistet werden. Wie in Bild 5 ganz links dargestellt, können nach Entfernen der Verschluss-Schraube 1 von der Wechselmaschine aus zwei konzentrische Kühlanschlussrohre 21 abgesenkt werden, welche die Dichtungsmembrane 2 durchschneiden, die seitlichen Kühlkanäle der normalen Kühlströmung abdecken und den Anschluss zur Kühlung des Elementes von der Wechselmaschine aus ermöglichen. Erst jetzt wird das Spaltstoffelement gelöst und unter ständiger Kühlung nach oben aus dem Reaktor in die Wechselmaschine gehoben. Um ein Austreten von  $D_2O$  aus dem Reaktorkühlsystem zu verhindern, wird das Ventil 23 des betreffenden Elementes geschlossen.

Auf die Einzelheiten dieser Stabwechseloperationen kann an dieser Stelle nicht näher eingetreten werden, es sei hier nur erwähnt, dass bei der Wechselmaschine die Anforderungen bezüglich Betriebszuverlässigkeit den strengen Bedingungen, die an den Reaktor gestellt werden, nicht nachstehen.

Adresse der Verfasser: A. F. Fritzsche und P. de Haller, bei Gebr. Sulzer AG., Winterthur

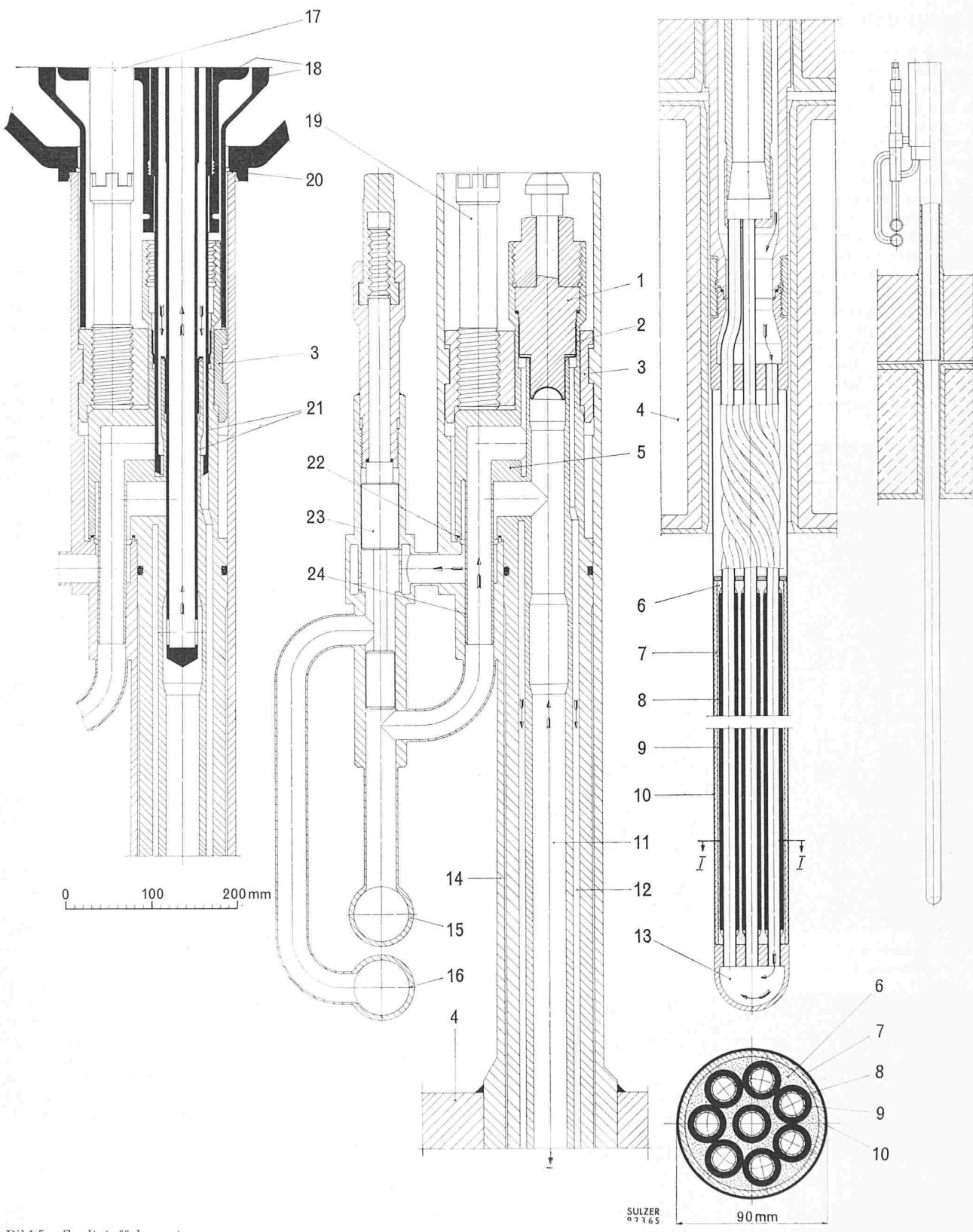


Bild 5. Spaltstoffelement

1 Abschlussorgan  
 2 Dichtungsmembran  
 3 Festigungsorgan  
 4 obere Reaktorabschirmung  
 5 Spaltstoffelementkopf  
 6 Graphitpulverfüllung  
 7 Isolationsrohr  
 8 Uranrohr

9 Druckrohr aus  
 Zirkonlegierung  
 10 Aeusseres Hüllrohr  
 11 Kühlmittelrücklauf  
 12 Kühlmittelvorlauf  
 13 Kühlmittellumlenkraum  
 14 Rohraufsatzz zur Spaltstoff-  
 elementbefestigung

15 Querverteirohr  
 16 Quersammelrohr  
 17 Steckschlüssel zu Anpress-  
 spindel  
 18 Werkzeugkopf der Wechsel-  
 maschine  
 19 Anpressspindel zur Anschluss-  
 dichtung

20 Dichter Anschluss der  
 Wechselmaschine  
 21 Kühlanschlussrohre der  
 Wechselmaschine  
 22 Hauptanschlussdichtung  
 23 Doppelschieberventil  
 24 Kühlanschlussrohr (im Betrieb)