

Das schweizerische Reaktorzentrum

Die Sommertagung des Schweizerischen Chemiker-Verbandes, die am 21. Juni 1958 in Baden und Würenlingen stattfand, war dem schweizerischen Reaktorzentrum gewidmet. Im folgenden sind die von fünf Mitarbeitern der Reaktor AG gehaltenen Kurzvorträge wiedergegeben.

Die Reaktoranlagen in Würenlingen

Von H. ALBERS

Reaktor AG, Würenlingen

Beim Bau von Kernreaktoren werden völlig neue Anforderungen an alle verwendeten Baustoffe gestellt.

Unter intensiver Neutronenbestrahlung verändern viele Stoffe ihre mikroskopische Struktur. Es finden fortgesetzt Zusammenstöße zwischen den Neutronen und den Atomen des bestrahlten Körpers statt. Dabei entstehen in der kristallinen Struktur der bestrahlten Materie lokale Störstellen. Falls solche Störstellen infolge langdauernder Bestrahlung in großer Zahl erzeugt werden, tritt auch eine makroskopische Veränderung der Stoffe ein: Die elektrische Leitfähigkeit, die Wärmeleitfähigkeit, die Festigkeit, die Korrosionsbeständigkeit usw. verändern sich. Besonders wenn noch zyklische Temperaturschwankungen hinzutreten, bleiben auch die geometrischen Abmessungen fester Körper nicht konstant.

In organischen Verbindungen können durch Zusammenstöße der Neutronen mit den Atomen der Moleküle chemische Bindungen gelöst werden, und dadurch kann eine Zerstörung des Materials hervorgerufen werden. Die Strahlungsschädigung organischer Stoffe tritt bei Lacken und Farben, Dichtungsmaterialien, Isolierstoffen und organischen Schmier- und Kühlmitteln auf.

Die Veränderungen können mit der Zeit ein solches Maß annehmen, daß Materialien vollständig versagen und dadurch wichtige Komponenten eines Reaktors außer Funktion gesetzt werden. Die Schädigung von Materialien durch die Bestrahlung im Reaktor stellt noch viele Fragen, die vollkommen unabgeklärt sind und deren Beantwortung für die Entwicklung der Technologie von ausschlaggebender Bedeutung ist. Chemische und metallurgische Probleme stehen daher beim Bau von Reaktoren immer mehr im Vordergrund; einige Problemkreise werden weiter unten aufgezeigt werden.

Die Prüfung von Baumaterialien kann aber nur dann in Angriff genommen werden, wenn Forschungsreaktoren zur Verfügung stehen. Den schweizerischen Ingenieuren, Physikern und Chemikern werden nach Fertigstellung der Anlagen in Würenlingen zwei For-

schungsreaktoren die Möglichkeit geben, mitzuarbeiten bei der Erschließung der Kernenergie. Wir wollen daher zunächst eine kurze Beschreibung der Reaktoren in Würenlingen geben.

Der Schwerwasserreaktor «Diorit»

Der Schwerwasserreaktor «Diorit» (vgl. Abb. 1 und 2), welcher sich in Würenlingen im Bau befindet, ist ein Forschungsreaktor und produziert keine elektrische Energie. Die im Reaktor erzeugte Wärme wird in Wärmeaustauschern an das Wasser der Aare übergeben.

Der Kern des Reaktors hat die Form eines vertikalen Zylinders. Der Reaktor enthält 5900 kg natürliches Uran und etwa 10 t schweres Wasser, welches gleichzeitig als Moderator und als Kühlmittel dient. Über dem D_2O -Wasserspiegel befindet sich Helium als Schutzgas.

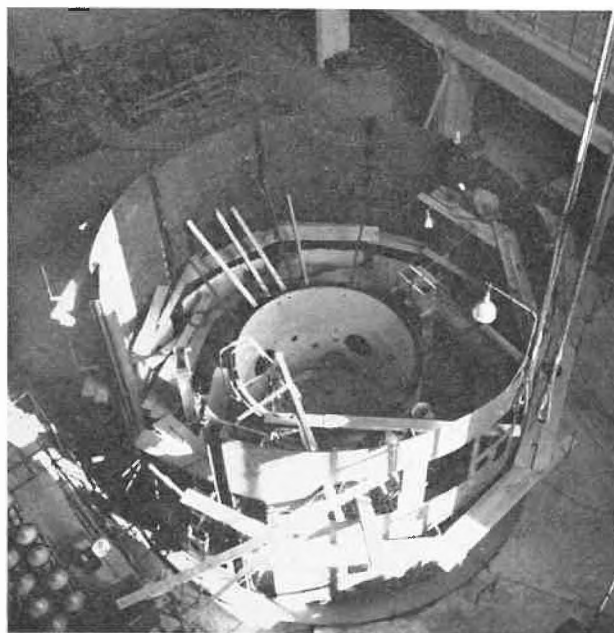


Abb. 1. «Diorit» während der Montage (Juli 1958)

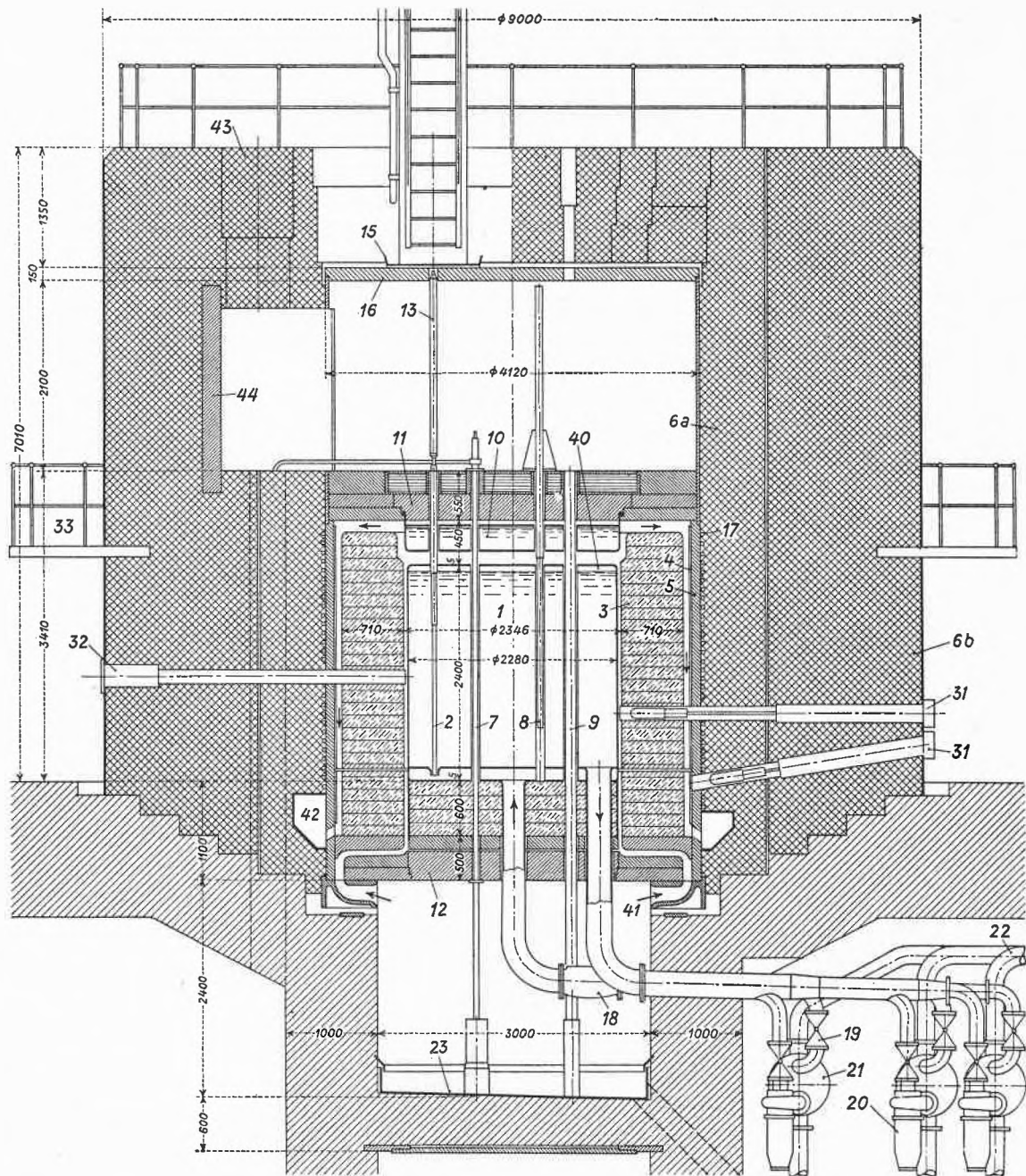


Abb. 2. Schnitt durch den Versuchsreaktor «Diorit»

1 Moderator (schweres Wasser). 2 Spaltstoffelement (natürliches Uran). 3 Reflektor (Graphit). 4 Neutronenabsorber (Boral-Blech). 5 Thermische Abschirmung aus Gußeisen. 6 Biologische Abschirmung: a) innere Abschirmung aus Barytbeton; b) äußere Abschirmung aus Barytbeton. 7 Versuchskanäle für Kreisläufe mit hohen Temperaturen. 8 Kontrollstäbe. 9 Vertikaler Bestrahlungskanal. 10 Abschirmung aus leichtem Wasser. 11 Obere Abschirmung aus Gußeisen, darüber Eisenkonstruktion mit Schutzfüllung. 12 Untere Abschirmung aus Gußeisen. 13 Stabwechsel-Werkzeug. 15 Zentriervorrichtung. 16 Bedienungsboden. 17 Wasserkühlung. 18 Durchflußmengenmesser. 19 Absperrventil. 20 Umwälzpumpe. 21 Wärmeaustauscher. 22 Kühlwasser (Aarewasser). 23 Auffangschale. 31 Meßkanäle. 32 Normaler, horizontaler Bestrahlungskanal. 33 Bedie-nungsplattform. 40 Schutzgas (Helium). 41 Kühlluft eintritt. 42 Kühlluft austritt (Ringkanal). 43 Montageöffnung. 44 Abschirmung aus Gußeisen

Der Kern ist unten und radial von einem luftgekühlten Graphitreflektor umgeben. Außerhalb des Reflektors befindet sich die Abschirmung, die im wesentlichen aus einer thermischen Abschirmung (15 cm Eisen) und einer biologischen Abschirmung (240 cm schwerer Beton, spezifisches Gewicht 3,5) besteht.

Der Kern enthält das Uran in Form von aluminium-umhüllten Stäben von 30 mm Dicke. Die Stäbe besitzen an ihrem oberen Ende ein Verlängerungsstück, mit dessen Hilfe sie an der oberen Eisenabschirmung aufgehängt werden. Sie hängen in den Schwerwassertank hinein und bilden ein quadratisches Gitter mit 12,3 cm

Abstand zwischen den Stäben. Jeder Stab ist umgeben von einem Leitrohr, welches in eine Öffnung des doppelten Bodens des Aluminiumtanks eingreift: Das Kühlwasser tritt zwischen die beiden Böden des Tankes ein und verteilt sich auf die Kühlkanäle, die durch die 243 Uranstäbe und die zugehörigen Leitrohre gebildet werden. Konzentrisch zum Leitrohr ist das Tauchrohr, durch welches das Wasser, nachdem es am Uranstab aufwärts vorbeigeströmt ist, wieder herunterläuft und schließlich etwa in der halben Höhe des Tankes ins allgemeine Moderatorvolumen austritt. Nach dem Durchströmen des Tanks fließt das Kühlwasser durch die Wärmeaustauscher und in den Zwischenboden zurück. Die Leistung des Reaktors beträgt 20 MW Wärme.

Die Steuerung des Reaktors geschieht mit Hilfe von Cadmiumstäben, welche von oben her in den Reaktorkern eingeführt werden und deren Bewegung durch die Neutronenflußdichte mit Hilfe eines Servosystem gelenkt wird.

Der Reaktor ist mit einer großen Zahl von horizontalen und vertikalen Bestrahlungskanälen ausgerüstet, welche die Durchführung von Experimenten erlauben. Die horizontalen Bestrahlungskanäle durchdringen die

Betonabschirmung und führen bis an den Reaktorkern heran, einige sogar durch den Tank hindurch. Die vertikalen Bestrahlungskanäle laufen ebenfalls durch den Reaktorkern hindurch und können im Kellergeschoß an spezielle Laboratorien angeschlossen werden.

Der Swimming-Pool-Reaktor «Saphir»

Für die mit der ersten Internationalen Konferenz für die friedliche Verwendung der Kernenergie 1955 verbundene Ausstellung hatte die United States Atomic Energy Commission im Oak Ridge National Laboratory einen Swimming-Pool-Reaktor bauen lassen und in Genf provisorisch aufgestellt. Dieser Reaktor wurde nach Abschluß der Konferenz an die Eidgenossenschaft verkauft und durch die Reaktor AG in Würenlingen wieder aufgestellt. Der Reaktor konnte im Mai 1957 wieder in Betrieb genommen werden.

Bei diesem Reaktor befindet sich der Kern in einem etwa 10 m tiefen Wasserbecken mit freier Oberfläche. Das Wasser übernimmt drei für den Betrieb des Reaktors wesentliche Aufgaben: Moderation, Kühlung der Brennstoffelemente und Abschirmung der Strahlung des

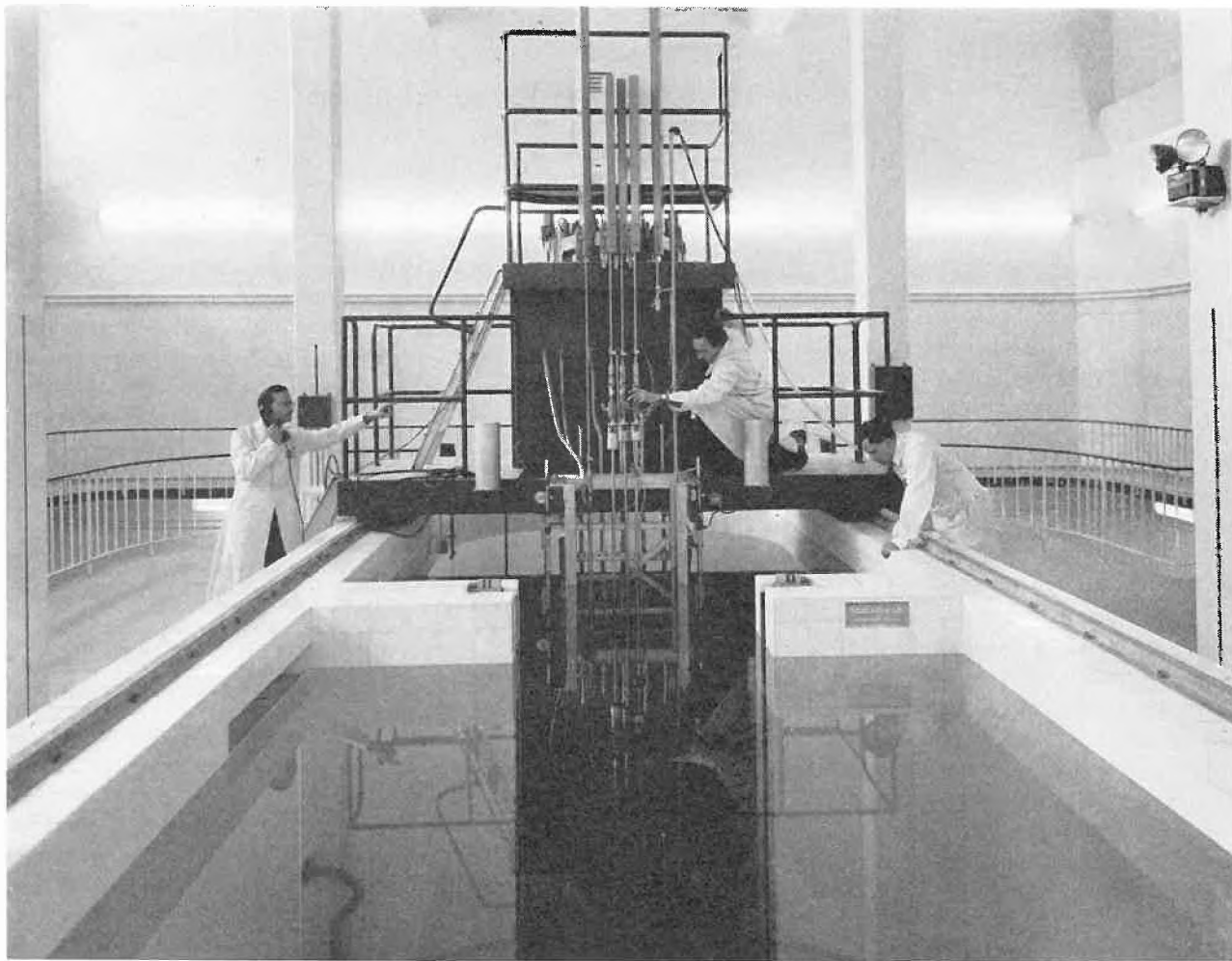


Abb. 3. Swimming-Pool-Reaktor «Saphir»

Reaktors. Von dieser Bauweise ist der Name Swimming-Pool-Reaktor abgeleitet.

Der eigentliche Reaktorkern hängt an einem Gestell in das Becken hinein. Der Kern ist aufgebaut aus einzelnen Brennstoffelementen, die angereichertes Uran (20 % ^{235}U) als Brennstoff enthalten. Die Abmessungen der Elemente betragen etwa $10 \times 10 \times 80$ cm. Zur Kontrolle des Reaktors werden borhaltige Stäbe verwendet, die durch Stangen mit den über der Wasseroberfläche befindlichen Antriebsvorrichtungen verbunden sind. Die für die Kontrolle des Reaktors notwendigen Meßinstrumente werden ebenfalls von oben in den Pool getaucht.

Neben dem Wasserbecken befindet sich die Experimentierhalle. Auch bei diesem Reaktor sind Bestrahlungskanäle vorhanden, welche von der Halle her die Betonabschirmung durchdringen und bis an den Kern heranführen. Das in der Halle arbeitende Personal wird durch 100 cm Wasser und 200 cm Beton vor der Reaktorstrahlung geschützt (vgl. Abb. 3).

Größere Experimente können auch neben dem Reaktorkern im Becken selbst aufgestellt werden, falls die Versuche so geplant sind, daß sie unter Wasser durchgeführt werden können. Bei kleiner Leistung genügt die Kühlung durch Konvektion. Wird der Reaktor bei höherer Leistung (bis 1 MW) betrieben, so wird Wasser

durch den Kern hindurchgesogen, von einer Pumpe durch einen Wärmeaustauscher getrieben und alsdann in das Becken zurückgegeben.

Die beiden Reaktoren «Saphir» und «Diorit» werden sich in günstiger Weise ergänzen: Der «Saphir» bietet Vorteile für den Unterricht und die Ausbildung von Betriebspersonal und in allen Fällen, in denen man größere Apparaturen (unter Wasser) in der Nähe des Reaktorkerns aufstellen will. Der «Diorit» ist überlegen, wenn hoher Flux langsamer Neutronen gefordert wird, wie etwa für die Herstellung radioaktiver Isotope, und er bietet insbesondere die Möglichkeit für den Einbau von Loopexperimenten in den vertikalen Bestrahlungskanälen. Solche Experimente dienen zur Erprobung von Materialien in einem separaten Kühlkreislauf im Reaktor unter solchen Bedingungen, denen die Probe in einem wirklichen Reaktor ausgesetzt ist. Loopexperimente sind unumgänglich für das Studium von Strahlungsschäden an Reaktorbaustoffen und für die Erprobung von Prototypen von Brennstoffelementen. Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Materialkunde können erst aufgenommen werden, wenn der Diorit-Reaktor in Betrieb genommen werden kann, d. h. Ende 1959. Immerhin gestattet der Swimming-Pool-Reaktor, wichtige Vorversuche durchzuführen.