

# Ausnützung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken

Autor(en): **Lalive d'Epinay, Jacques**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Badener Neujaersblätter**

Band (Jahr): **32 (1957)**

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-322616>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Ausnützung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken

*von Jacques Lalive d'Épinay*

Durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik seit der Jahrhundertwende und vor allem seit dem letzten Weltkrieg sind dem Menschen ungeheure Möglichkeiten eröffnet worden, die sowohl zu seiner Wohlfahrt wie leider auch zu seiner Vernichtung gereichen können. Unsere Zivilisation befindet sich an einem Wendepunkt. Man spürt die lähmende Wirkung der Angst, die zu Taten der Verzweiflung, auch in den zwischenstaatlichen Beziehungen führen kann. Der Einzelne fühlt sich gegenüber den entfesselten Kräften machtlos, und doch muß ein Weg zur erlösenden Synthese gefunden werden. Staatsmänner, Philosophen und Theologen, Wissenschaftler und Techniker und auch wir alle müssen mithelfen im Geiste des von Walter Robert Corti vorgeschlagenen «Plans der Akademie», den Sieg des Guten vorzubereiten.

Seitdem es Rutherford 1919 gelungen war, den Stickstoffkern zu zertrümmern, hat sich die Wissenschaft der Frage der Atomkernspaltung äußerst intensiv und mit überraschendem Erfolg angenommen. Bis aber die allgemeine Öffentlichkeit und auch die Industrie begannen, sich für diese Fragen zu interessieren, brauchte es die furchtbaren Auswirkungen der Anwendung der Kernspaltung für Kriegszwecke. Nach der Erholung von dem ersten gewaltigen Erschrecken über diese Ereignisse setzte in allen Ländern und in allen möglichen Kreisen eine gesunde starke Bewegung ein, mit allen Mitteln die Erkenntnisse aus der Atomspaltung für friedliche Zwecke in die Hand zu nehmen. Je mehr man sich damit befaßte, um so deutlicher mußte man erkennen, daß in fast nicht übersehbarer Weise sich Anwendungsmöglichkeiten zeigten, in Medizin, Chemie, Maschinenbau, Landwirtschaft u. a. m. und vor allem auf dem Gebiete der Energieerzeugung. Die Zunahme des Energiebedarfes führt auf der ganzen Welt zu einer vermehrten Forschung nach neuen Energiequellen.

Unter allen Ausweichmöglichkeiten findet heute die Energie des Atomkerns das größte Interesse. Es war deshalb für die schweizerische Industrie naheliegend, sich am theoretischen und praktischen Studium der Probleme zu beteiligen, welche die industrielle Verwendung der Kernenergie stellt. Obwohl der Beweis der Wirtschaftlichkeit noch nicht erbracht ist, darf man, gestützt auf die großen Erfolge in den letzten Jahren, annehmen, daß noch vor

Ende dieses Jahrhunderts die bei der Atomkernreaktion frei werdende Energie einen namhaften Beitrag zur Deckung des Weltbedarfes leisten wird.

In diesem Zusammenhang ist es sicherlich von Nutzen, mit Hilfe einiger markanter Jahreszahlen auf die zeitweise stürmische Entwicklung der modernen Physik hinzuweisen:

1896	Becquerel	Entdeckung der Radioaktivität
1898	Pierre und Marie Curie	Entdeckung des Radiums
1905	Einstein	Relativitäts-Theorie Äquivalenz von Masse und Energie
1919	Rutherford	Erste Umwandlung (Stickstoff)
1939	Hahn und Strassmann	Erste Uranspaltung
1942	Fermi	Erste Kettenreaktion in Chicago
1945		Erste Atombombe über Hiroshima
1951	USA	Erzeugung elektrischer Energie aus einem Versuchsreaktor
1954	USA	Stapellauf und erste Versuchsfahrten des U-Bootes «Nautilus».
1956	England	Inbetriebnahme des ersten Atomkraftwerkes

### *Die Kettenreaktion*

Ohne auf den Aufbau des Atoms aus einem Kern und der Elektronenschale einzugehen, soll hier das Wesentliche über die Kettenreaktion erläutert werden. Der Atomkern besteht bekanntlich vorwiegend aus den positiv geladenen Protonen und aus Neutronen. Das natürliche Uran enthält 3 Isotopen, U 234, U 235 und U 238, die sich nur durch die Zahl der Neutronen unterscheiden. Die Zahl der Protonen und folglich der Elektronen ist bei allen Isotopen eines Elementes stets dieselbe und bestimmt seine chemischen Eigenschaften. Die Zahl der Neutronen hingegen ist für sein kernphysikalisches Verhalten maßgebend. Die Spuren von U 234 sind so schwach, daß sie keine Rolle spielen. *U 235 hingegen hat eine ganz besondere Bedeutung, denn es ist das einzige in der Natur vorkommende Element, das in einem Kernreaktor eine Kettenreaktion auslösen kann.* Mit den leichtesten Elementen des periodischen Systems spielen sich in der Sonne ähnliche Reaktionen ab, und auch in der vielgenannten Wasserstoffbombe. Diese Reaktionen lassen sich jedoch heute noch nicht steuern. Das natürliche Uranium enthält nur 0,7% U 235, der Rest ist U 238, das sich durch Einfang rascher Neutronen in Plutonium umwandelt. Plutonium ist ein künstliches Element, das wie Uran 235 spaltbar ist.

Das Prinzip einer Kettenreaktion mit U 235 ist aus Abb. 1 ersichtlich. Ein

Streu-Neutron, aus irgendeiner Quelle kommend, z. B. aus den kosmischen Strahlen, trifft den Kern eines U-235-Atoms. Der Kern explodiert, zerfällt in zwei Teile und sendet dabei 2 bis 3 «rasche Neutronen» aus. Wenn diese Neutronen ihre ursprüngliche Geschwindigkeit behielten, so würden sie mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit von Kernen des viel zahlreicheren Isotops U 238 eingefangen. Plutonium würde erzeugt, aber eine Kettenreaktion fände nicht statt. Die Erfahrung zeigt, daß die entstehenden Neutronen durch elastische Stöße an den Kern eines leichten Elements, im Moderator, bis auf das thermische Energieniveau gebremst werden können. Bei dieser Geschwindigkeit nimmt die Wahrscheinlichkeit des Einfanges durch U 238 stark ab, die einer neuen Spaltung von U 235 zu. Eine Kettenreaktion findet statt; sie wird divergent, wenn das Verhältnis der entstehenden zu den eingefangenen Neutronen größer als 1 ist. Die Reaktion kann durch Einführen von neutronenabsorbierenden Stoffen, wie Cadmium oder Bor gesteuert werden. Zu ihrer Einleitung bedarf es jedoch keiner besonderen Vorrichtung, es muß nicht «gezündet» werden.

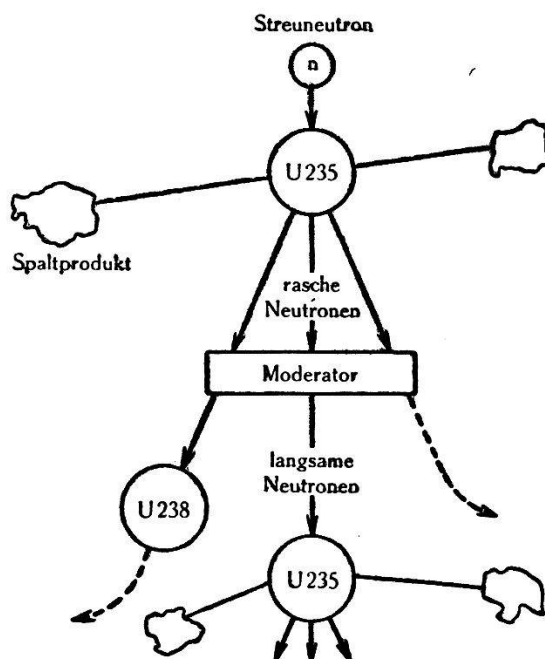


Abbildung 1  
 Schema der Kettenreaktion  
 mit U 235 und Moderator

Damit nicht zu viele Neutronen verloren gehen, muß genügend spaltbares Material sowie genügend Moderatorstoff vorhanden sein. Mit anderen Worten: Die Anlage darf eine kritische Größe nicht unterschreiten, welche bei Verwendung natürlichen Urans in erster Linie durch den Moderator gegeben ist. Graphit und schweres Wasser, die meist benützten Moderatorstoffe, ergeben verschiedene kritische Größen. Ein Graphit-Reaktor braucht zirka 40

Tonnen natürlichen Urans, um überkritisch zu werden, ein Schwerwasser-Reaktor nur 4 bis 5 Tonnen, den achten Teil. Das schwere Wasser ( $D_2O$ ) ist eine Verbindung von Sauerstoff mit Deuterium, dem schweren Isotop des Wasserstoffes, das in seinem Kern ein Proton und ein Neutron enthält. Das natürliche oder leichte Wasser enthält 0,15 ‰ schweres Wasser, das durch Elektrolyse oder Destillation, oder beides, getrennt werden kann.

Die Spaltprodukte bleiben im Uranstab stecken. Ihre große kinetische Energie setzt sich in Wärme um, die Stäbe müssen gekühlt werden, und es ist diese Wärme, die zur Energieerzeugung verwendet werden kann. Die wenigen Prozente Strahlungsenergie sind vorderhand wertlos. Die Masse der Spaltprodukte ist um rund 1 Tausendstel kleiner als diejenige des Urans, und es ist nur diese Massendifferenz, die nach dem von Einstein entdeckten Äquivalenzprinzip in Energie umgewandelt werden kann. Ein Kilogramm natürliches Uran enthält 7 Gramm spaltbares U 235. Von diesen 7 Gramm kann im besten Falle nur 1 Tausendstel umgewandelt werden, was zu einer Energie von 170 000 kWh führt. Erst wenn es gelingt, über das Plutonium das gesamte Uran zu spalten, würde eine Energie von 25 Millionen kWh frei.

### *Der Kernreaktor*

Abb. 2 stellt den schematischen Aufbau eines Uran-Schwerwasser-Reaktors dar. Der aktive Teil besteht aus einem Aluminiumbehälter, der das schwere Wasser enthält und in welchem die Uranstäbe und die Sicherheitsstäbe eintauchen. Die Sicherheitsstäbe werden im Betrieb herausgehoben, im Stillstand ganz eingetaucht. Die Reaktivität wird durch die Regulierplatten aus Cadmium oder Bor kontrolliert, die sich in diesem Beispiel des ersten französischen Reaktors außerhalb des Behälters befinden. Das ganze ist von einem Graphitmantel umgeben, der als Neutronen-Reflektor dient. Die entweichenden Neutronen werden zum größten Teil in den Behälter zurückgeworfen, wo sie weiterhin an der Reaktion teilnehmen. Durch diesen Reflektor wird die kritische Größe des Reaktors herabgesetzt. Eine dicke Betonschicht ist noch erforderlich, um das Personal gegen die gesundheitsschädlichen Strahlen zu schützen.

Abb. 3 zeigt als Beispiel einer ausgeführten Anlage einen der beiden kanadischen Schwerwasser-Reaktoren von Chalk River, den stärksten der bekannten Reaktoren dieser Bauart, in vollem Betrieb. Die Anlage dient außer dem Studium kernphysikalischer Probleme in erster Linie der Prüfung von Materialien unter starker Neutronenbestrahlung.

Ein Graphit-Reaktor unterscheidet sich vom Schwerwasser-Reaktor grund-

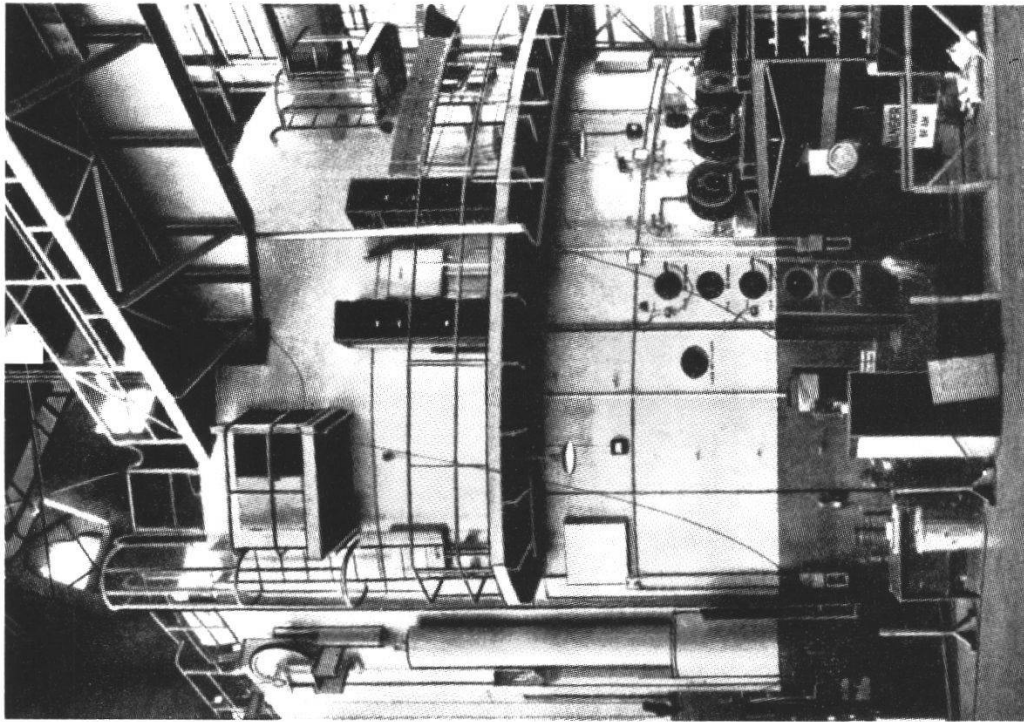


Abbildung 3 Schwerwasser-Reaktor in Chalk River

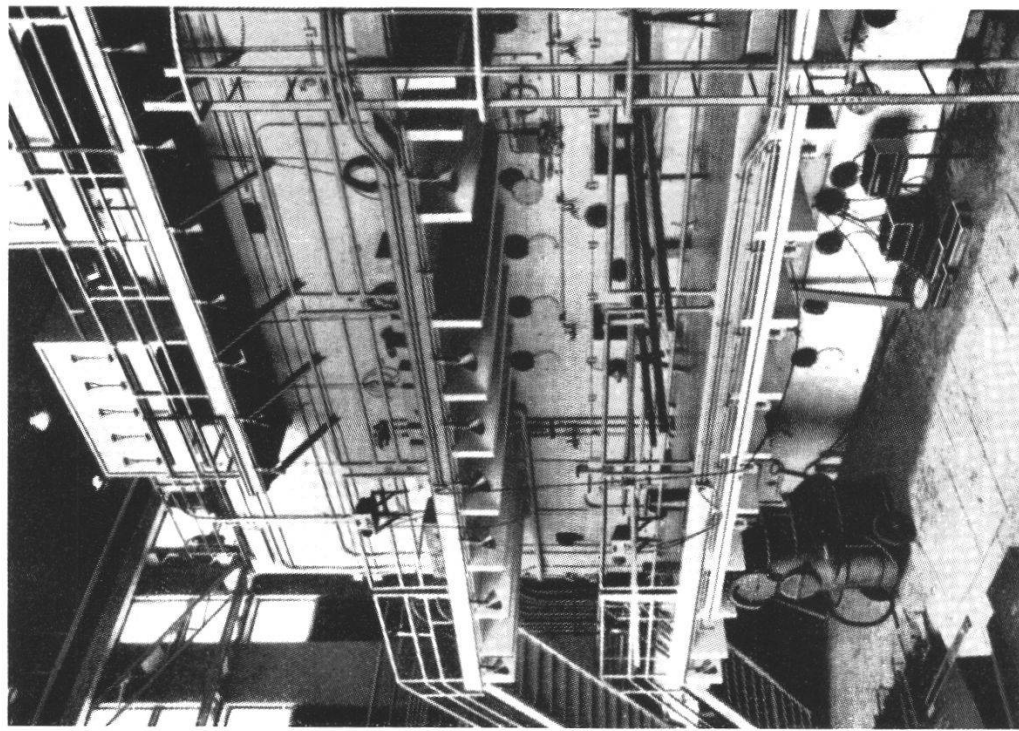
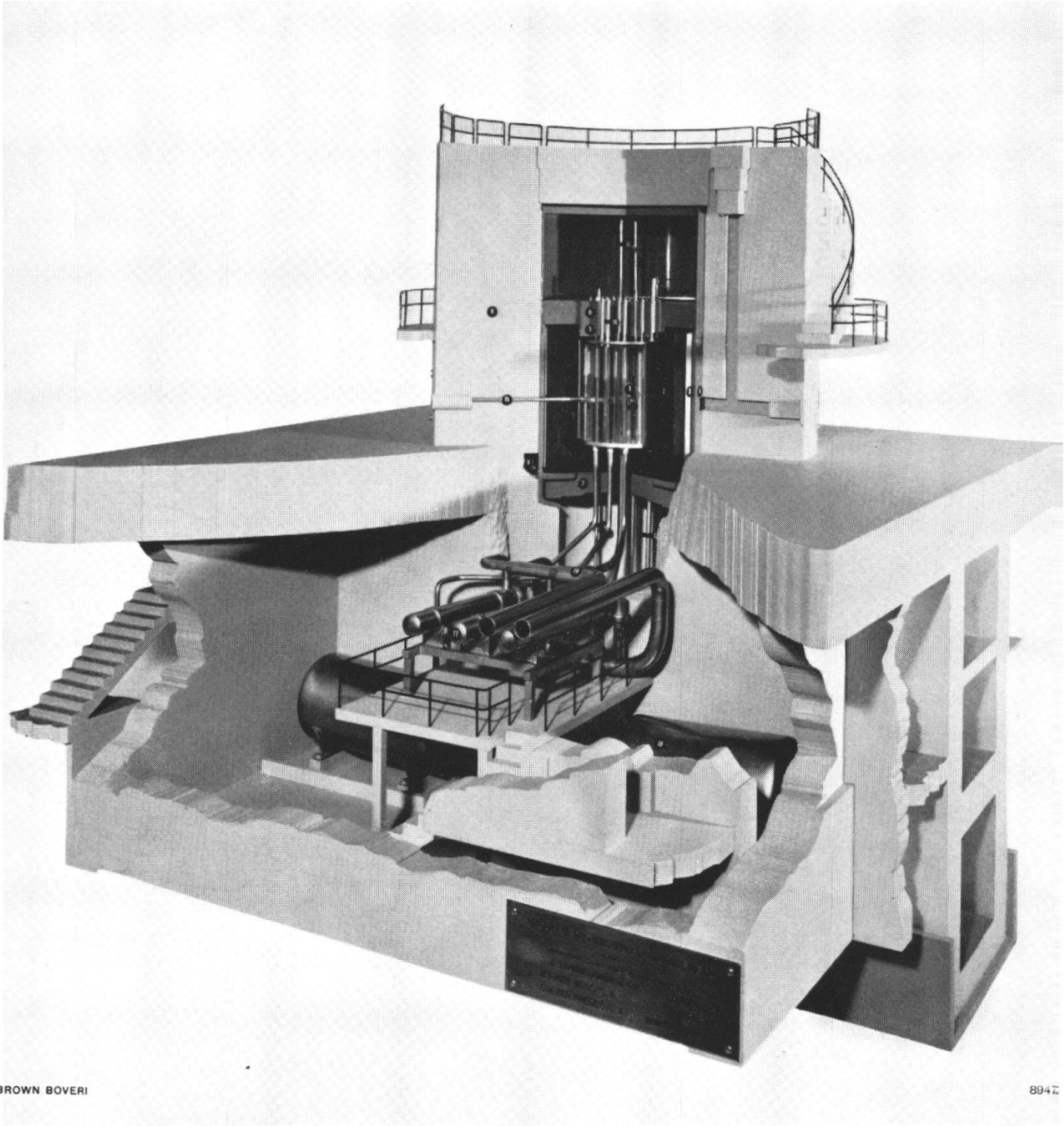


Abbildung 4 Graphitreaktor in Brookhaven (USA)



*Abbildung 5 Schnitt durch den von der Arbeitsgemeinschaft vorgeschlagenen schweizerischen Versuchsreaktor*

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1 = Schwerwasserbehälter | 11 = Regelstab aus Cadmium                      |
| 2 = Graphitreflektor     | 12 = Motoren für die Regelung                   |
| 3 = Borabschirmung       | 13 = Vertikaler Bestrahlungskanal               |
| 4 = Eisenzylinder        | 14 = Versuchskreislauf für hohe<br>Temperaturen |
| 5 = Wasserabschirmung    | 15 = Horizontaler Bestrahlungskanal             |
| 6 = Eisendeckel          | 16 = Schwerwasserpumpe                          |
| 7 = Eisenboden           | 17 = Kühler                                     |
| 8 = Betonabschirmung     | 18 = Schwerwasserbehälter                       |
| 9 = Ventilationskanal    | 19 = Kühlwasserleitungen                        |
| 10 = Uranstab            |   |





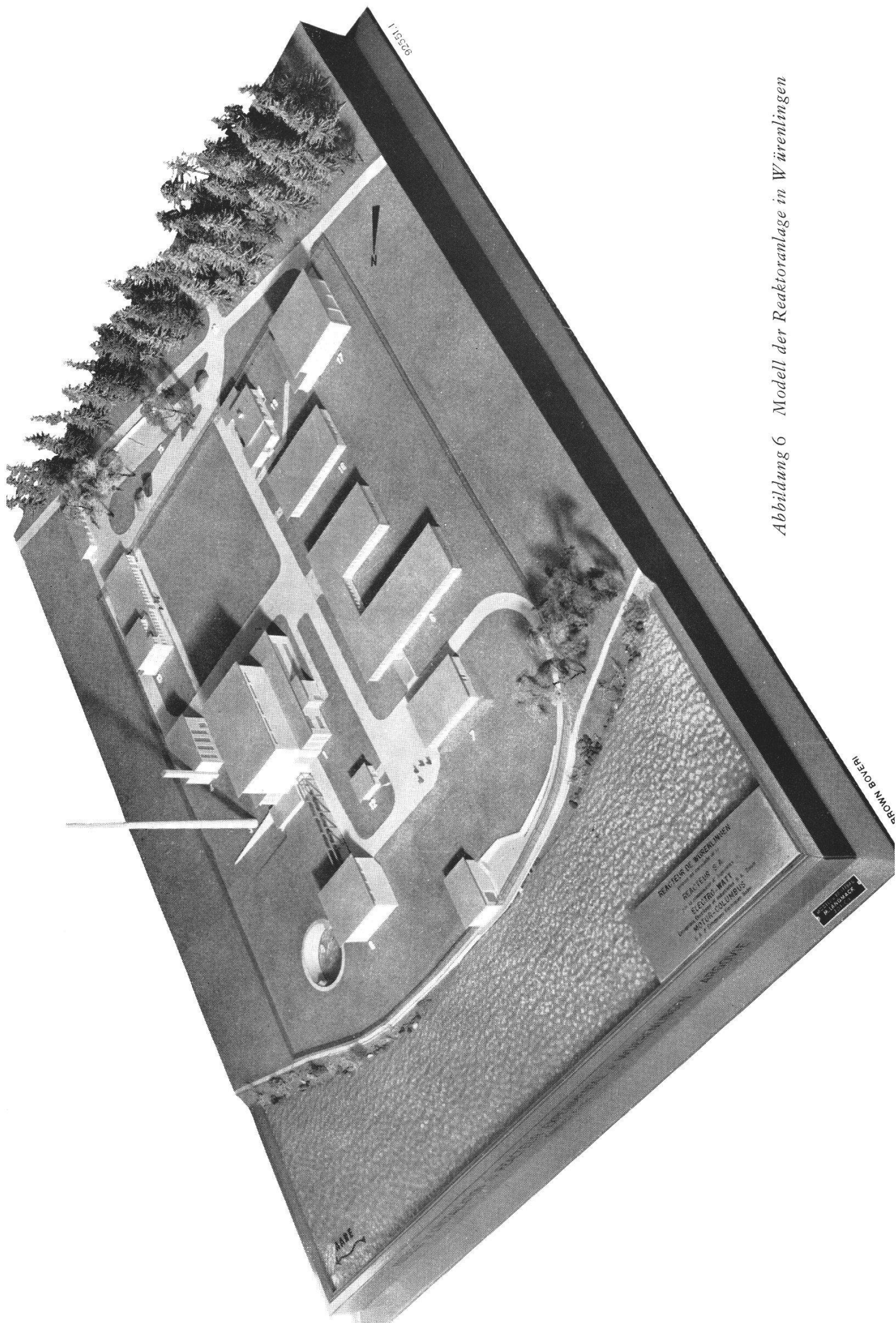
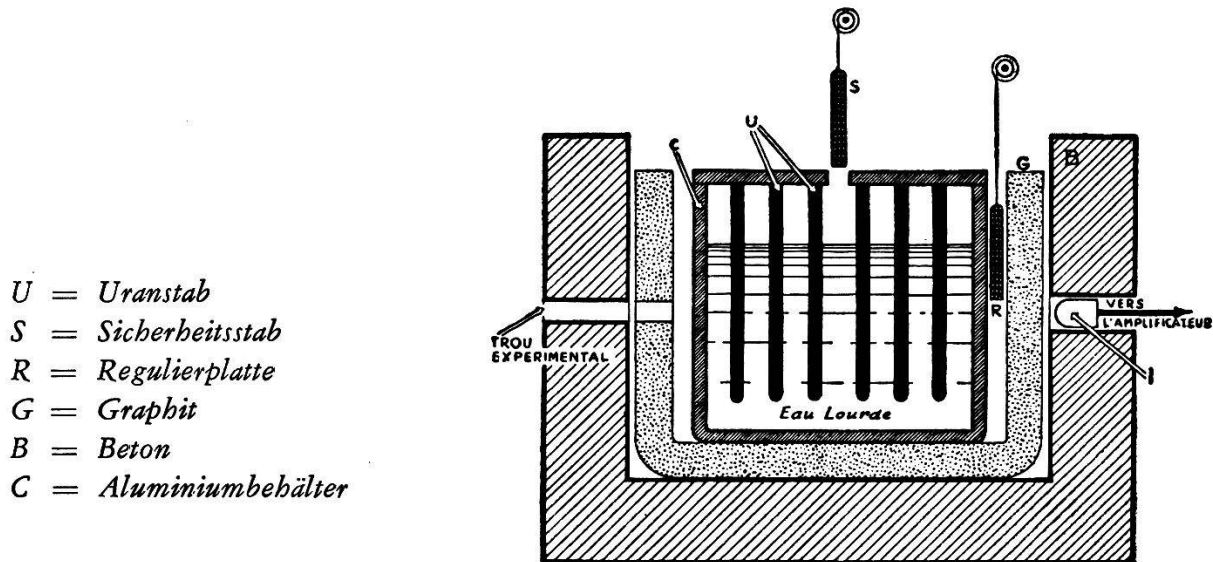


Abbildung 6 Modell der Reaktoranlage in Würenlingen

sätzlich durch seine kritische Größe und konstruktiv durch das Einlegen der Uranstäbe in Graphitblöcke, wie aus dem Bild des amerikanischen Reaktors in Brookhaven (USA) ersichtlich ist (Abb. 4.). Bei einer Wärmeleistung von

Abbildung 2. Schematischer Schnitt durch einen Schwerwasser-Reaktor



zirka 30 000 kW ist dieser Reaktor in seinen Abmessungen einem Dampfkessel ähnlich. Die verschiedenen Kanäle dienen zum Teil der Bestrahlung und Prüfung von Materialien.

#### Die schweizerischen Versuchsreaktoren in Würenlingen

Nach dem grundsätzlichen Beschluß der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie vom Juli 1952, den Bau eines Versuchsreaktors zu übernehmen, hat die anfangs 1951 zwischen den drei Firmen Brown Boveri, Escher Wyss und Gebrüder Sulzer gebildete Arbeitsgemeinschaft einen Vorschlag für einen schweizerischen Reaktor ausgearbeitet. Die auf Initiative von Herrn Dr. Walter Boveri am 1. März 1955 in Baden gegründete Reaktor AG. ist nun in der Lage, den in Bild 5 als Modell gezeigten industriellen Versuchsreaktor zu verwirklichen.

In diesem Uranreaktor von etwa 12 000 kW Wärmeleistung dient das schwere Wasser als Moderator und als Kühlmittel. Er unterscheidet sich von den bisher im Ausland gebauten Schwerwasser-Reaktoren dadurch, daß er

eine Anzahl Versuchskanäle enthält, die Untersuchungen bei Temperaturen ermöglichen werden, welche wesentlich höher liegen, als die mittlere Temperatur des Reaktors selbst. Damit hat man die Möglichkeit, bereits bekannte Elemente eines Leistung abgebenden Reaktors zu prüfen und neue Konstruktionen zu entwickeln, um den künftigen Betrieb eines Atomkraftwerkes zu untersuchen und zu verbessern.

Obwohl keine elektrische Energie erzeugt wird, ist dieser Versuchsreaktor als Vorstufe einer Energie abgebenden Anlage zu bewerten. Die weiteren Zwecke lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Beschaffung eigener Erfahrungen für den Bau von Urnkraftwerken.
- Ausbildung von Fachleuten (Physikern und Ingenieuren).
- Prüfung von Materialien, die im Reaktor bestrahlt werden.
- Entwicklung von Apparaten.
- Erzeugung von radioaktiven Präparaten für Medizin, Chemie, Maschinenbau, Landwirtschaft usw.

Vor der Fertigstellung dieses Reaktors, die nicht vor Ende 1958 zu erwarten ist, wird auf dem Gelände der Reaktor AG. längs der Aare bei Würenlingen der in Genf ausgestellte kleinere Reaktor vom Typ «swimming-pool» oder Schwimmbad aufgestellt und dürfte anfangs nächsten Jahres in Betrieb kommen. Somit entsteht im Aargau ein nationales Zentrum für die Forschung auf dem Gebiete der friedlichen Anwendung der Atomenergie (Abb. 6), das berufen ist, unserer Industrie und Volkswirtschaft wertvolle Dienste zu leisten.

### *Ausblick für die Schweiz*

Die in den letzten Jahrzehnten festgestellte Zunahme des Bedarfes an elektrischer Energie hat sich seit einiger Zeit sprunghaft beschleunigt, so daß unsere verfügbaren Wasserkräfte in einer nicht sehr weit entfernten Zukunft die Grenze des Ausbauwürdigen erreicht haben dürften. Es besteht die Verpflichtung, sich heute schon um die spätere Bedarfsdeckung an Elektrizität und Wärme zu kümmern.

Die anerkannt hohe wissenschaftliche Arbeit unserer Hochschul-Institute und die Tätigkeit der Physiker und Ingenieure in der Industrie haben es uns bis heute ermöglicht, an der überaus raschen Entwicklung auf dem Gebiete der Kernphysik und ihrer friedlichen Anwendung teilzunehmen. Der Bau zweier Versuchsreaktoren und die geplante Errichtung eines ersten Atomkraftwerkes in der Schweiz werden uns die Möglichkeit geben, der Tradition unseres Landes treubleibend, auch auf diesem Gebiete eine unserer Industrie und Volkswirtschaft angemessene Stellung zu bewahren.