Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 25

Artikel: Die schweizerischen Bestrebungen auf dem Gebiete der Kernenergie
Autor: Sontheim, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-62659

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: 07.08.2025

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

Die schweizerischen Bestrebungen auf dem Gebiete der Kernenergie

DK 621.039.421

Von Dr. **R. Sontheim**, Zürich

Das heute zur Diskussion stehende Gebiet der Kernenergie hat sich der Menschheit vor etwas mehr als zehn Jahren auf eine recht unliebsame Art und Weise vorgestellt. Seine Verkopplung mit dem Militärischen hindert noch heute und wohl noch in eine weitere Zukunft seine volle und uneingeschränkte Entfaltung. Darüber hinaus zeigt es sich, dass auch seine Zähmung und Verwertung für friedliche Zwecke recht viel neuartige und komplexe Probleme mit sich bringt. In wohl keinem anderen Gebiet der menschlichen Betätigung kann die Diskrepanz zwischen Aufwand und Ergebnis eindrücklicher veranschaulicht werden als gerade in der Verwertung der physikalischen Erforschung des Atomkerns zum Nutzen der menschlichen Gesellschaft.

Für den Physiker zeigt es sich, dass, je kleiner die Teilchen werden, die Gegenstand seiner Untersuchung sind, um so gigantischer die Maschinen und Einrichtungen sein müssen, mit denen er ihr Verhalten erforscht. — Der Techniker, der sich vor die verlockendsten Möglichkeiten der Konstruktion von Kraftquellen gestellt sieht, erschrickt vor der unabsehbaren Vielfalt der technischen, chemischen und metallurgischen Probleme, die ihm den Weg zur erfolgreichen und wirtschaftlichen Lösung versperren. — Wir alle, die wir von den ungeheuren technischen Möglichkeiten lesen und hören, fragen uns, woher die in diesem Masse nie vorher gebrauchten finanziellen Mittel zu beschaffen sind, die notwendig sein werden, um Anlagen und Einrichtungen zur Erforschung und zur Verwertung der Kernenergie zu entwickeln und zu bauen.

Dass der Menschheit nichts anderes übrigbleibt, als sich mit den neuen Gegebenheiten abzufinden, Mittel und Wege zu suchen, um der Ungewohnheiten und Gefahren Herr zu werden, ist heute unbestritten. Wenn wir den uns in den letzten Jahrhunderten erworbenen Lebensstandard beibehalten wollen, müssen wir in immer zunehmendem Masse neue Energiequellen erschliessen und mit Hilfe technischer Einrichtungen der Allgemeinheit zugänglich machen. Dass diese Auffassung heute Allgemeingut geworden ist, wird am besten durch die Tatsache bewiesen, dass das Wettrennen um die Atombombe abgelöst wurde durch den friedlichen Wettbewerb um die Ausnützung der Kernenergie für wirtschaftlich sinnvolle Zwecke.

Auch für die Schweiz stellt sich die Forderung nach der Nutzbarmachung der Kernenergie in recht eindrücklicher Weise. Wenn man sich deshalb heute auch in der Schweiz frägt, auf welche Art und Weise die technische Verwirklichung der sich stellenden Probleme anzupacken sei, so kann man sich in ausserordentlich eindrücklichem Masse auf diejenigen Vorarbeiten stützen, die an unseren wissenschaftlichen Instituten seit vielen Jahren, d. h. schon seit vor dem Kriege, im Gange sind. Diese Untersuchungen, die ohne Ausnahme mit einfachen Geräten von einigen wenigen überzeugten und anspruchslosen Wissenschaftern durchgeführt wurden, haben den Namen der Schweiz auf dem Gebiete der Atomphysik über die Landesgrenzen hinausgetragen. Stimmt es nicht nachdenklich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass ganz grundlegende Einrichtungen für die physikalische Forschung, wie zum Beispiel das Zyklotron an der ETH, heute deshalb veraltet sind, weil sie schon vor so langer Zeit in Betrieb genommen wurden und deren Ersatz durch moderne Maschinen die finanziellen Mittel, die für diesen Zweck bereitliegen, übersteigt? Es zeigt sich auch darin wieder die bekannte Tatsache, dass der schweizerische Staat wohl an der Spitze steht, was die Erziehung und Ausbildung seiner jungen Bürger anbetrifft, dass aber für die Forschung an den Hochschulen und Universitäten vom Staate nur in ungenügendem Masse Geldmittel zur Verfügung gestellt werden. Es muss jedoch anerkannt werden, dass man sich auch bei uns dieser Tatsache in zunehmendem Masse bewusst wird und dass insbesondere auf Grund des Vorbildes unserer hochentwickelten Industrie die Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung für unser Land erkannt wird.

Diese Entwicklung ist um so notwendiger, als sich auch die Erkenntnis durchsetzt, dass es der Schweiz nicht freigestellt ist, diese Opfer zu bringen oder nicht, wenn der bisherige hohe Lebensstandard in der Gemeinschaft der Völker erhalten bleiben soll. Ein eindrückliches Beispiel dafür kann man in England verfolgen, wo die Kohlenvorkommen zur Neige gehen und die Oelzufuhr aus abliegenden Gebieten schwersten politischen Bedrohungen ausgesetzt ist. Die erfolgreiche wirtschaftliche Ausnützung der Atomenergie ist für Grossbritannien eine Notwendigkeit, die schlechthin seine zukünftige Existenz bestimmt. Wenn auch in der Schweiz sich die Dinge nicht so drastisch darstellen, besteht trotzdem die Notwendigkeit, sich in dieses Gebiet möglichst rasch und umfassend einzuarbeiten.

Es darf deshalb wohl als ausserordentlich glücklicher Umstand bezeichnet werden, dass es gelungen ist, die Bestrebungen der eidgenössischen Behörden, der wissenschaftlichen Institute, der schweizerischen Industrie, der Banken und Versicherungen sowie auch insbesondere der in der Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft zusammengeschlossenen grossen Gruppe der Elektrizitätswerke auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, um die vorerwähnten Aufgaben anzupacken und einer technischen und wirtschaftlichen Lösung entgegenzuführen. Es erscheint in diesem Zusammenhang als sehr wohl am Platze, auf die unermüdlichen und aufopfernden Anstrengungen hinzuweisen, die durch die beiden Exponenten auf diesem Gebiete, Prof. Dr. *Paul Scherrer*, Präsident der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie, und Dr. *Walter Boveri*, Präsident der AG. Brown, Boveri & Cie., unternommen wurden und die am 1. März 1955 zur Gründung der Reaktor AG. Würenlingen führten. An der Finanzierung dieser Gesellschaft sind über 125 Aktionärfirmen beteiligt, die am Aktienkapital wie folgt partizipieren: Die Gruppe Industrie mit 49 %, die Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft mit 31 %, und die Gruppen Banken, Versicherungen und Finanzgesellschaften mit 20 %.

Der Verwaltungsrat besteht aus 15 Mitgliedern, wovon sieben dem Verwaltungsratsausschuss angehören. Der Geschäftsleitung stehen ausserdem elf Kommissionen beratend zur Seite, nämlich für

1. Bauprojektierung; 2. Betriebsfragen; 3. Schutzmassnahmen; 4. Energiefragen; 5. Metallurgie; 6. Chemie; 7. Maschinenbau; 8. Apparatebau; 9. Schweres Wasser; 10. Patente und Lizenzen; 11. Finanzfragen. Die Aufstellung einer zwölften Kommission für wissenschaftliche Fragen wird gegenwärtig geprüft.

Mit der Eidgenossenschaft bestehen zwei Verträge, von denen der eine einen Beitrag von 5 Mio Fr. an die Errichtung und den Betrieb eines Atomreaktors vorsieht, wobei der Spaltstoff in Form von Stäben aus natürlichem Uran darin mitenthalten ist. Der zweite Vertrag betreffend die Uebernahme der Betriebskosten eines Atomreaktors enthält Bestimmungen, wonach der Bund während des Baues zur Dekkung der laufenden Verwaltungs- und Entwicklungkosten einen Beitrag von höchstens 1,8 Mio Fr. zu zahlen bereit ist und darüber hinaus nach Fertigstellung des Reaktors einen jährlichen Beitrag von höchstens 1 Mio Fr. pro Jahr während fünf Jahren an die Betriebskosten beisteuert.

Für den Bau ihrer Einrichtungen besitzt die Reaktor AG. auf dem Gelände der Beznau in der Gemeinde Würenlingen ein zusammenhängendes Stück Land von rd. 60 000 m². Ein weiteres Stück von ähnlicher Grösse ist sichergestellt und kann im Bedarfsfalle von der Reaktor AG. erworben werden.

Auf Grund der von der Arbeitsgemeinschaft der drei Firmen AG. Brown, Boveri & Cie., Escher Wyss AG. und Gebrü-

[1]) Eine erste Veröffentlichung von Vorträgen dieser Tagung findet man in SBZ 1956, Nr. 21

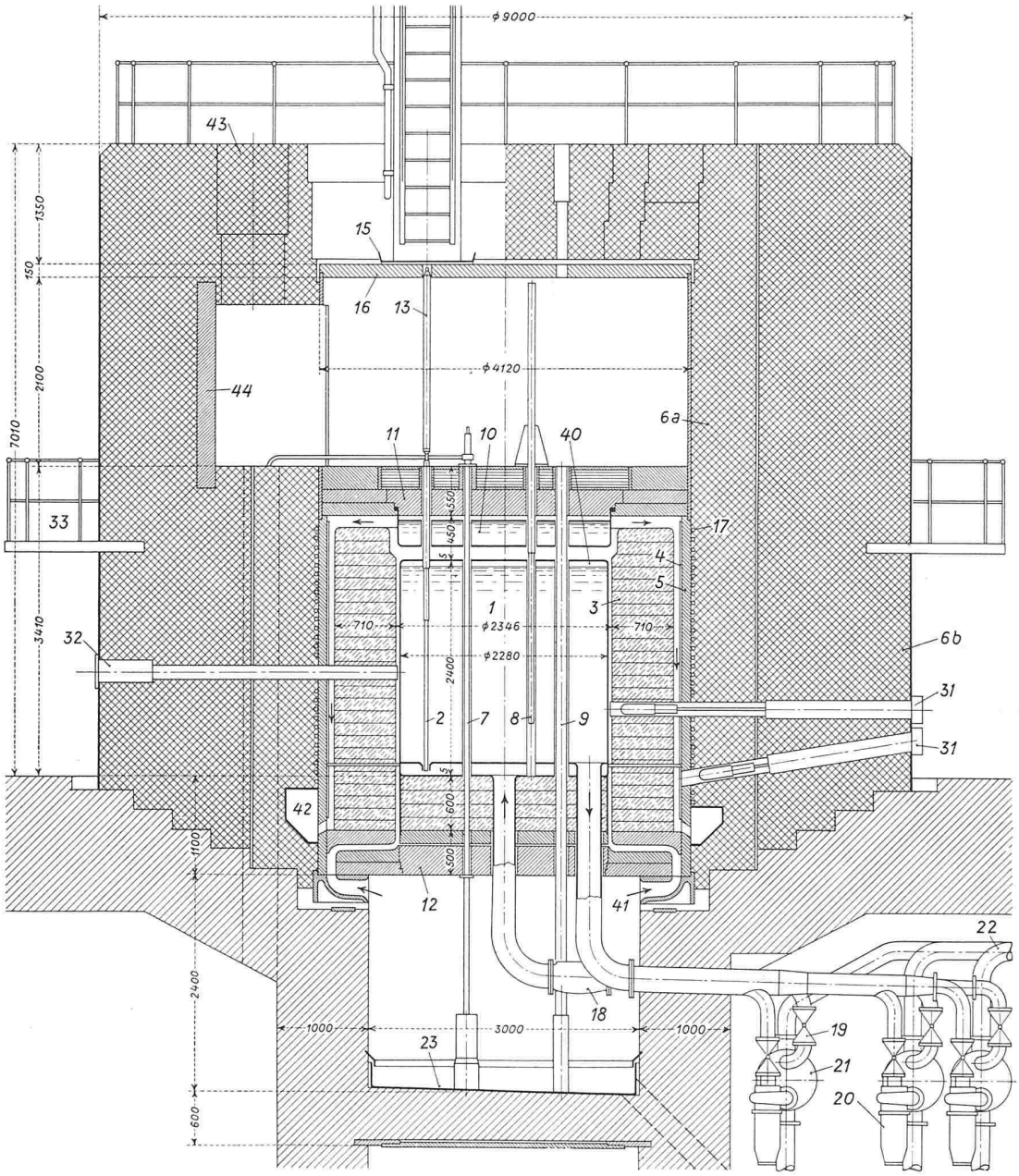

Bild 1. Schnitt durch den schweizerischen Versuchsreaktor, 1:75

Legende zu den Bildern 1 und 2

1 Moderator (Schweres Wasser)
2 Brennstoffelement (Natürliches Uran)
3 Reflektor (Graphit)
4 Neutronen-Absorber (Bor)
5 Thermische Abschirmung aus Gusseisen
6 Biologische Abschirmung
a innere Abschirmung aus Colemanit-Beton
b äussere Abschirmung aus Baryt-Beton
7 Versuchskanäle für Kreisläufe mit hohen Temperaturen
8 Kontrollstäbe aus Cadmium
9 Vertikaler Bestrahlungskanal
10 Abschirmung aus leichtem Wasser
11 Obere Abschirmung aus Gusseisen, darüber Eisenkonstruktion mit Schutzfüll'g
12 Untere Abschirmung aus Gusseisen
13 Stabwechsel-Werkzeug
14 Transportflasche
15 Zentriervorrichtung
16 Bedienungsboden
17 Wasserkühlung
18 Durchflussmengenmesser
19 Absperrventil
20 Umwälzpumpe
21 Wärmeaustauscher
22 Kühlwasser (Aarewasser)
23 Auffangschale
24 Auffang- bzw. Vorratstank
25 Apparate für Versuche bei hoher Temperatur (in Verbindung mit 7)
26 Absperrorgan für 7
27 Bedienung von 26
28 Beobachtungsperiskop
29 Transportflasche
30 Fahrgestell
31 Messkanäle
32 Bestrahlungskanal
33 Bedienungsgalerie
34 Kran
35 Druckknopfsteuerung für 34
36 Zuschauergalerie
37 Kommandoraum
38 Werkstatt
39 Kühlluftanschluss
40 Schutzgas (Helium)
41 Kühlluft-Eintritt
42 Ringkanal, von dem die warme Kühlluft über Filter nach dem Kamin abströmt
43 Montageöffnung
44 Schutzschild aus Gusseisen

der Sulzer AG. sowie der Ingenieurgemeinschaft der zwei Firmen Elektro-Watt AG. und Motor-Columbus AG. geleisteten Vorarbeiten wurde im April 1955 ein Projekt für einen schweizerischen Versuchsreaktor ausgearbeitet und den zuständigen Stellen zur Einsichtnahme übergeben. Dieser Reaktor hat als Spaltstoff natürliches Uran in Form von Stäben und Schweres Wasser als Moderator. Als im Sommer 1955 die Internationale Konferenz über Fragen der friedlichen Verwertung der Atomenergie in Genf zu Ende ging, verstärkte sich sehr bald der Eindruck, dass das damalige Projekt im Hinblick auf die in Genf zutage getretenen Erkenntnisse überprüft werden müsse. Es wurde deshalb nach eingehenden Besprechungen der Beschluss gefasst, durch Vermehrung der Uran-Spaltstoffelemente sowie durch Vergrösserung der Schwerwassermenge die Nennleistung des Reaktors um 25 % zu erhöhen, wodurch bedeutende zeitliche und technische Vorteile für die Durchführung von Versuchen erreicht werden. Dieser Entschluss konnte um so leichter gefasst werden, als in Genf von der amerikanischen Atomenergie-Kommission bekanntgegeben wurde, dass das Schwere Wasser zum Preise von 26,5 Rp. pro g loco USA lieferbar sei. Das neu überarbeitete Projekt ist in der Zwischenzeit vom Verwaltungsrat der Reaktor AG. genehmigt worden, und die Vorarbeiten für den Bau sind in vollem Gange. Mit der Inbetriebnahme des Reaktors wird auf Ende 1958 gerechnet.

Der Hauptzweck dieses Versuchs-Reaktors ist die Ermöglichung von Versuchen an Uran-Spaltstoffelementen bei kontrollierbaren hohen Temperaturen im Hinblick auf die Entwicklung und den Bau von Kraft-Reaktoren durch die schweizerische Industrie. Nach Fertigstellung des Reaktors kann etwa mit dem folgenden Versuchsprogramm gerechnet werden, wobei verständlicherweise vom Einfachen zum Schwierigen übergegangen wird.

1. Inbetriebsetzung und Ausmessung des Reaktors und dessen Hilfsbetriebe.
2. Sammeln von Betriebserfahrungen.
3. Durchführung einfacher Experimente, vorzugsweise in den horizontalen Versuchskanälen.
4. Aufbau und Durchführung von Schleifen-Experimenten in den vertikalen Kanälen.

Zu diesen Punkten ist im einzelnen folgendes auszuführen:

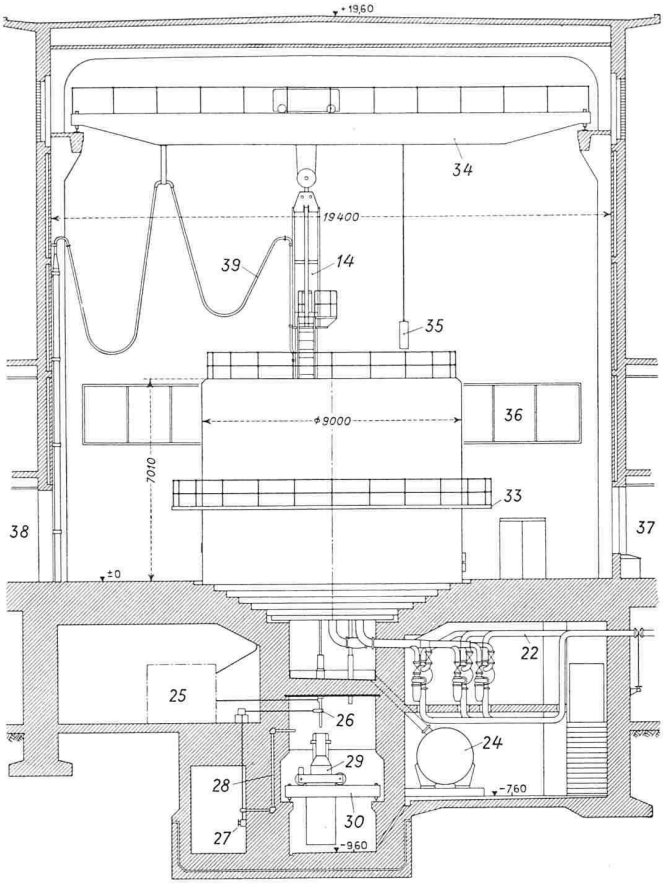

Bild 2. Einbau des Versuchsreaktors, 1:250

Die *Inbetriebsetzung und Ausmessung* wird insbesondere zeigen, ob die Berechnungsmethoden sowie deren Durchführung richtig waren. Dazu dient auch die Bestimmung der kritischen Höhe des Schwerwasser-Spiegels sowie die Wirkung und Wechselwirkung der Kontrollstäbe und anderer neutronenabsorbierender Bauelemente. Wichtig ist ferner die Kenntnis der Verteilung der schnellen und langsamen Neutronen, der Gammastrahlung sowie der Güte der Abschirmungen im grossen und im kleinen. Die Erwärmung in den verschiedenen Bauteilen muss genauestens erfasst werden, damit das erreichbare maximale Leistungsniveau bestimmt werden kann. Durch Ein- und Abschaltversuche muss das dynamische Verhalten des Reaktors untersucht und die notwendige Handfertigkeit des Bedienungspersonals geschult werden. Darüber hinaus müssen noch eine Anzahl nicht vorausbestimmbarer, ungenügend bekannter physikalischer Effekte in Erfahrung gebracht werden, wie z. B. Temperaturkoeffizienten, Reaktivitätsänderungen durch Verarmung des Spaltstoffes, Breeding sowie Vergiftung des Urans und Doppeleinfänge.

In der zweiten Versuchsperiode sollen hauptsächlich *Betriebserfahrungen* gesammelt werden. Hier fällt das Urteil über die Richtigkeit der angestellten Ueberlegungen sowie über die Qualität des verwendeten Materials. Anderseits gewinnen wir damit kostbaren Einblick in die Temperatur-Verteilung in den Uranstäben sowie in deren Deformation, Korrosion und Erosion. Beim Schwerwasser- und Schutzgassystem müssen eingehende Erfahrungen über Art und Herkunft der Verunreinigungen gesammelt werden sowie über deren Aktivität, Zersetzungsrate und Rekombination. Beim Graphit lernen wir die zeitliche Aenderung seiner Dimensionen kennen sowie dessen Festigkeit und thermische Leitfähigkeit.

An dritter Stelle werden die *einfachen Experimente* vorzugsweise in den horizontalen Kanälen durchgeführt. Sie geben Aufschluss über das Verhalten und die Lebensdauer von Dichtungsmaterialien, elektrischen Leitern und Isolierstoffen sowie von Schmiermitteln und Oelen, ferner von Apparateteilen und Messwerken wie Schalter, Relais, Magnete, Motoren und Ionisationskammern, die dem Einfluss der Strahlung ausgesetzt sind. Dies alles sind Konstruktionselemente, die im Innern von Kraftreaktoren verwendet werden. Das Aktivierungsverhalten aller in Aussicht genommenen Baustoffe muss untersucht werden, damit die Aussiebung von strahlungsgefährdeten Metallen und deren Legierungen vorgenommen werden kann. In diese Gruppe von Experimenten gehört ferner die Herstellung verschiedener Isotope sowie auch besonders die Erzeugung kleiner Mengen von Plutonium 239 und Uran 233 für physikalische und chemische Untersuchungen.

Die vierte Gruppe von Arbeiten sind die wichtigsten und stellen die *Schleifenexperimente* in den Vertikal-Kanälen dar. Sie werden deswegen so genannt, weil durch den Reaktor hindurch mit Hilfe der vorgesehenen Vertikal-Kanäle in sich geschlossene Schleifen hergestellt werden, in denen bestimmte Temperatur- und Druckverhältnisse für ganz bestimmte Anordnungen erzeugt werden können. Es gehören in einem ersten Teil hieher die Untersuchungen von Uranproben im Strahlungsfeld bei höheren Temperaturen und Temperaturzyklen. Als Kühlungsmittel werden dazu vorzugsweise Gase unter Druck verwendet. In gleicher Weise interessieren auch das Verhalten von D_2O und H_2O gegen Strahlung bei höheren Temperaturen sowie insbesondere die Verschiebung des Gleichgewichtes und der Einfluss von Verunreinigungen.

In einem zweiten Teil müssen Untersuchungen über vollständige Spaltstoffelement-Wärmeträger-Systeme durchgeführt werden, wobei das Ziel in der Erreichung einer angemessenen Lebensdauer besteht. Bestimmend für das Verhalten solcher zu prüfenden Anordnungen wird dabei im allgemeinen eine oder eine Kombination der folgenden Einwirkungen sein:

a) Höchst zulässige Temperatur in einem der Werkstoffe, wobei insbesondere metallurgische Aenderungen sowie die Korrosions- oder Diffusionsrate eine massgebende Rolle spielen,
b) Wärmefluss, Wärmeübergang und damit verbundene Wärmespannungen,
c) Zahl der Temperatur-Zyklen.

Als Kombinationen von Spaltstoff, Umhüllung und Wärmeträger stehen im Vordergrund: natürliches oder leicht angereichertes Uran mit Aluminium oder Zirkon in Schwerem oder gewöhnlichem Wasser, stark angereichertes Uran mit Aluminium oder Zirkon in gewöhnlichem Wasser, leicht angereichertes Uran mit Zirkon oder rostfreiem Stahl in flüssigem Natrium oder Natrium-Kalium, natürliches Uran in Magnesium-Aluminium-Silizium mit CO_2 als Wärmeträger, stark angereichertes Uran in Keramik mit Helium als Wärmeträger.

In einem dritten Teil gehören zur vierten Gruppe von Experimenten solche an homogenen und dispersen Systemen, die jedoch hauptsächlich Probleme chemischer Natur mit sich bringen. Gleichermassen gehören dazu auch Untersuchungen über die Stabilität ihrer Zusammensetzung sowie die kontinuierliche Abtrennung der Spalt- und Zersetzungsprodukte. Aus dieser vielleicht etwas abstrakten Aufzählung ist ersichtlich, dass das Versuchsprogramm, das nach Inbetriebnahme des Versuchsreaktors anlaufen muss, recht vielfältig und weitläufig ist.

Der technische Aufbau der geplanten Reaktoren wurde schon verschiedentlich beschrieben, so dass dieser Abschnitt auf die Erwähnung einiger weniger Punkte beschränkt werden kann. In Bild 1 ist der Schwerwasser-Reaktor in einem Vertikalschnitt dargestellt und aus Bild 2 der generelle Aufbau ersichtlich. In einem Aluminiumgefäss von etwa 4 mm Wandstärke bei einer Höhe von rd. 240 cm und einem Durchmesser von rd. 230 cm sind 244 Stäbe aus natürlichem Uran in einem quadratischen Gitter angeordnet. Diese Stäbe sind 2,54 cm dick, rd. 220 cm lang und in Abständen von rd. 12 cm von Stab zu Stab angeordnet. Dazwischen befinden sich die neun Kanäle 7 für die vorerwähnten Schleifen-Versuche. Im Reaktor-Gefäss befinden sich im ganzen rd. 5 t Uran und rd. 10 t Schweres Wasser als Moderator und zugleich Kühlmittel. Als Reflektor dienen 60 t Graphit, das in Blöcken um den Reaktor herum aufgeschichtet ist. Die Steuerung erfolgt mit Hilfe von drei Gruppen von Regulierstäben 8 aus Cadmium. Eine Gruppe von Stäben dient der Grobregulierung, eine andere der Feinregulierung, und mit Hilfe einer dritten Anordnung von Stäben kann der Reaktor im Schnellschluss abgestellt werden.

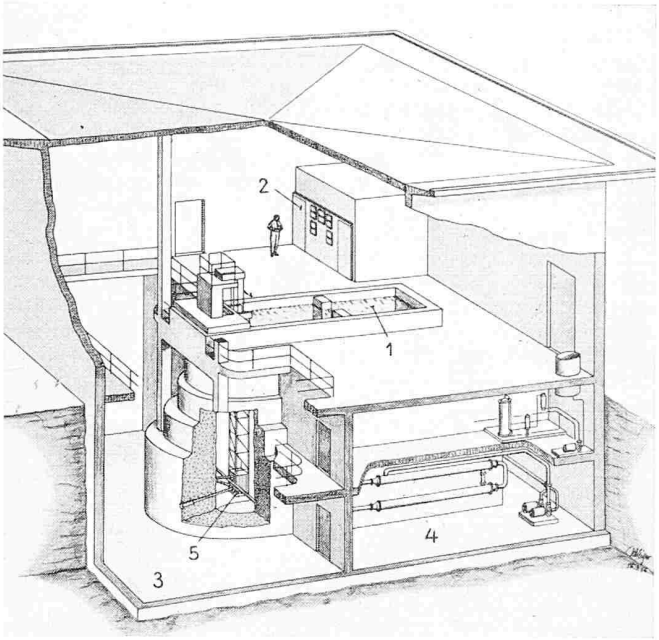

Bild 3: Swimming-Pool-Reaktor

1 Bassin
2 Schalttafel
3 Experimentierraum
4 Hilfsbetriebe
5 Reaktorkern

Die Wärme aus dem Reaktor wird mit Hilfe des Schweren Wassers über Wärmeaustauscher 21 an das Aarewasser abgegeben. Die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austritt des Aarewassers im Wärmeaustauscher beträgt etwa 15° C, die Wärme-Nennleistung des Reaktors 12,5 MW, und man darf hoffen, dass die Maximal-Leistung doppelt so hoch liegen wird.

Bekanntlich hat die Reaktor AG. in Genf im letzten Sommer von den Vereinigten Staaten von Amerika einen Swimming-Pool-Reaktor erworben. Dieser Reaktor, der mit angereichertem Uran und gewöhnlichem Wasser als Moderator und Kühlmittel arbeitet, kann infolge seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten als ideales Experimentiergerät für unsere Hochschulen und Universitäten angesprochen werden. In seiner neuen Behausung in Würenlingen, für die am 17. April dieses Jahres der Grundstein gelegt wurde, wird er mit Hilfe einer forcierten Kühlung mit 1 MW Leistung betrieben werden, d. h. bei zehnmal höherer Leistung, als ihn die Amerikaner in Genf gezeigt hatten. Es ist geplant, diesen Reaktor Ende dieses Jahres wieder in Betrieb zu nehmen, wodurch sich die Möglichkeit ergibt, sehr viel früher Erfahrungen zu sammeln und Betriebspersonal auszubilden, als dies beim Schwerwasser-Reaktor der Fall gewesen wäre. Für nächsten Sommer sind die ersten Uebungen im Zusammenhang mit Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule geplant. Bild 3 vermittelt Einblick in den Aufbau des Reaktors, der jetzt im Bau ist.

Tabelle 1. Verwendungsmöglichkeiten der beiden schweizerischen Reaktoren

Zweck	Swimming Pool Reaktor	Schwerwasser Reaktor (P 34)
Lehrbetrieb	gut	beschränkt
Ausbildung von Betriebspersonal	gut	mittel
Neutronenfluss therm.	mittel	gut
Neutronenfluss schnell	gut	mittel
Verfügbares Experimentiervolumen	beschränkt	gut
Zahl gleichzeitiger Experimente	mittel	gut
Neutronenstrahlexperimente	mittel	gut
Herstellung radioakt. Substanzen	mittel	gut
Herstellung von P_u^{239} und U^{233}	beschränkt	gut
Strahlungseinflüsse auf Mat. bei Raumtemperatur	mittel	gut
Strahlungseinflüsse auf Mat. bei Hoch- und Tieftemperatur	beschränkt	gut
Prüfung von Spaltstoffelementen	beschränkt	gut
Abschirmungsuntersuchungen	gut	beschränkt

Mit diesen beiden Reaktoren wird die Reaktor AG. nach deren Inbetriebsetzung über zwei Forschungs- und Experimentier-Anlagen verfügen, die sich in bezug auf die ihr übertragenen Aufgaben in idealer Weise ergänzen. Diese Aufgaben sind: Ausbildung von Fachkräften, wissenschaftliche Forschung und technische Untersuchungen an Materialien für die Entwicklung und den Bau von Kraftreaktoren. Darüber gibt Tabelle 1 in anschaulicher Weise Auskunft.

Die heute gültigen Kostenvoranschläge sehen die folgenden Aufwendungen vor:

Schwerwasser-Reaktor	
Reaktorgebäude inklusive Reaktor und Einrichtungen, jedoch ohne Schweres Wasser, Uran und Graphit	Fr. 6 846 000.—
Laboratorien	
miteingeschlossen Kesselhaus, Kanalisation und Umgebungsarbeiten	Fr. 5 928 000.—
Schweres Wasser	Fr. 6 400 000.—
Uran	Fr. 1 500 000.—
Graphit	Fr. 400 000.—
Swimming Pool Reaktor	
Gebäude einschl. Reaktor und Hilfsbetriebe	Fr. 2 041 000.—
Ganzes Bauprojekt	Fr. 23 115 000.—

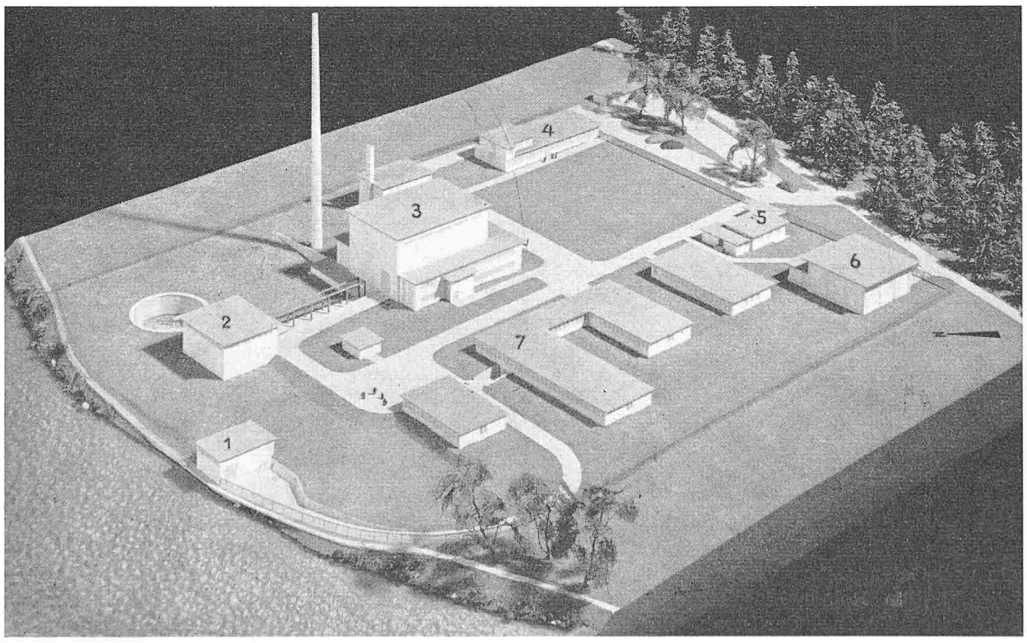

Bild 4. Uebersicht der Anlagen in Würenlingen

1 Pumpenhaus
2 «Hot»-Laboratorium
3 Schwerwasser-Reaktor
4 Verwaltungsgebäude
5 Pförtnerhaus
6 Schwimming-Pool-Reaktor
7 Laboratorium

In Bild 4 ist das ganze Projekt, so wie es sich einem Betrachter im Jahre 1959 aus der Luft darstellen wird, gezeigt.

Die Aufgaben der Reaktor AG. können nur erfüllt werden, wenn in den höheren Schulen und Universitäten unseres Landes eine möglichst grosse Anzahl von jungen Schweizerbürgern als Physiker, Chemiker und Ingenieure in die Theorie der Kernphysik eingeführt werden und sich damit diejenigen Kenntnisse und Voraussetzungen erwerben, die für die Entwicklung und den Bau der neuesten Krafterzeugungsmaschinen notwendig sind. Neben der Beschaffung von Unterlagen für die Industrie besteht die Aufgabe der Reaktor AG. darin, bei der Ausbildung und Schulung dieser wichtigen Arbeitskräfte mitzuhelfen. Darüber hinaus ist ihr die Abklärung derjenigen Massnahmen und Vorkehren übertragen, die notwendig sind, um das Personal und die Bevölkerung vor den Auswirkungen und den Begleiterscheinungen der Atomenergie zu schützen sowie auch den Behörden diejenige Unterlagen zu liefern, die für eine zweckmässige und sinnvolle Ueberwachung zukünftiger Kraftwerke und Unternehmungen benötigt werden, die aus der Kernreaktion Energie gewinnen. Insbesondere erscheint es wesentlich, dass alles getan wird, die Ausnützung der Kernenergie auf privatwirtschaftlicher Basis aufzubauen und auch für die Zukunft zu erhalten.

Adresse des Verfassers: Dr. *R. Sontheim*, Direktor der Reaktor AG., Würenlingen.

Spezielle Ergebnisse der Neutronenphysik

DK 539.185

Von Prof. Dr. **P. Huber**, Basel

1. Einleitung

Die experimentelle Bestimmung von Reaktionsquerschnitten für Kernprozesse ist heute noch unerlässlich, da die bisherigen Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Nukleonen so mangelhaft sind, dass sie keineswegs eine Berechnung von Querschnitten ermöglichen [1]). Es ist umgekehrt sogar notwendig, dass die experimentell ermittelten Daten dem Theoretiker Anhaltspunkte liefern für die Ansätze zu einer theoretischen Beschreibung von Kernprozessen. Dabei erhalten die mit Neutronen erzielten Messungen eine besondere Bedeutung, weil hier wegen der fehlenden Coulombkräfte einfachere Wechselwirkungen vorhanden sind. Neutronen liefern aber experimentelle Schwierigkeiten, da sie sich schlecht abschirmen lassen und mit Hilfe von Kern-Reaktionen hergestellt werden müssen.

Das auffallendste Merkmal für die Wechselwirkung von schnellen Neutronen mit Kernen in Abhängigkeit von der Neutronenenergie ist das Auftreten von Resonanzen [2]). Von Kern zu Kern zeigen sich grosse Unterschiede. Im Resonanzgebiet, welches bei leichten Kernen unterhalb einiger MeV, bei schweren Kernen dagegen unter einigen 10^5 eV liegt, zeigen totaler und differentieller elastischer Streuquerschnitt [3]) grosse Aenderungen bei kleinen Verschiebungen der einfallenden Neutronenenergie. Zwei Beispiele sind auf den Bildern 1 und 2 dargestellt. Diese Aenderungen sind durch die Art des für die Resonanz verantwortlichen Zwischenkerns bestimmt. Abgesehen vom Schalenmodell, das wenige Resonanzen verständlich macht, ist heute noch keine Theorie imstande, diese Querschnittsverläufe, die man allgemein als Feinstruktur bezeichnet, befriedigend zu erklären. Benutzt man aber Neutronen mit einer so grossen Energieverschmierung ΔE, dass die Resonanzen nicht mehr einzeln aufgelöst werden, so zeigen die beobachteten Wirkungsquerschnitte nur noch langsame Aenderungen mit der Energie. Man spricht dann von der Grobstruktur der Resonanzen. Hier kommen

[1]) Schiesst man schnelle Teilchen auf Kerne, so werden Kernreaktionen ausgelöst. Zur Angabe der Häufigkeit einer bestimmten Reaktion dient ihr Wirkungsquerschnitt. Darunter versteht man eine den Kern umgebende Kreisfläche, die senkrecht zur einfallenden Teilchengeschwindigkeit gestellt wird. Ihre Fläche ist so bemessen, dass alle Teilchen, die die Kreisfläche treffen, Reaktionen vom betreffenden Typus auslösen. Wirkungsquerschnitte werden daher in cm^2 angegeben. Eine übliche Einheit ist 1 barn = 10^{-24} cm^2. Dies entspricht der Grössenordnung des geometrischen Querschnittes eines Kernes.

[2]) Als Resonanz wird die Eigenschaft bezeichnet, dass der Querschnitt einer Reaktion innerhalb eines bestimmten Energieintervalles einen buckelartigen Verlauf aufweist.

[3]) Elastische Reaktionen sind solche, bei denen der Kern nur Rückstossenergie, aber keine Anregungsenergie aufnimmt. Im totalen Querschnitt sind sämtliche möglichen Reaktionen enthalten. Der differentielle Querschnitt bezieht sich auf Reaktionen, für die das wegfliegende Teilchen den Kern in einer bestimmten Raumrichtung verlässt. Diese Querschnitte werden immer auf das Schwerpunktsystem der Reaktion bezogen.

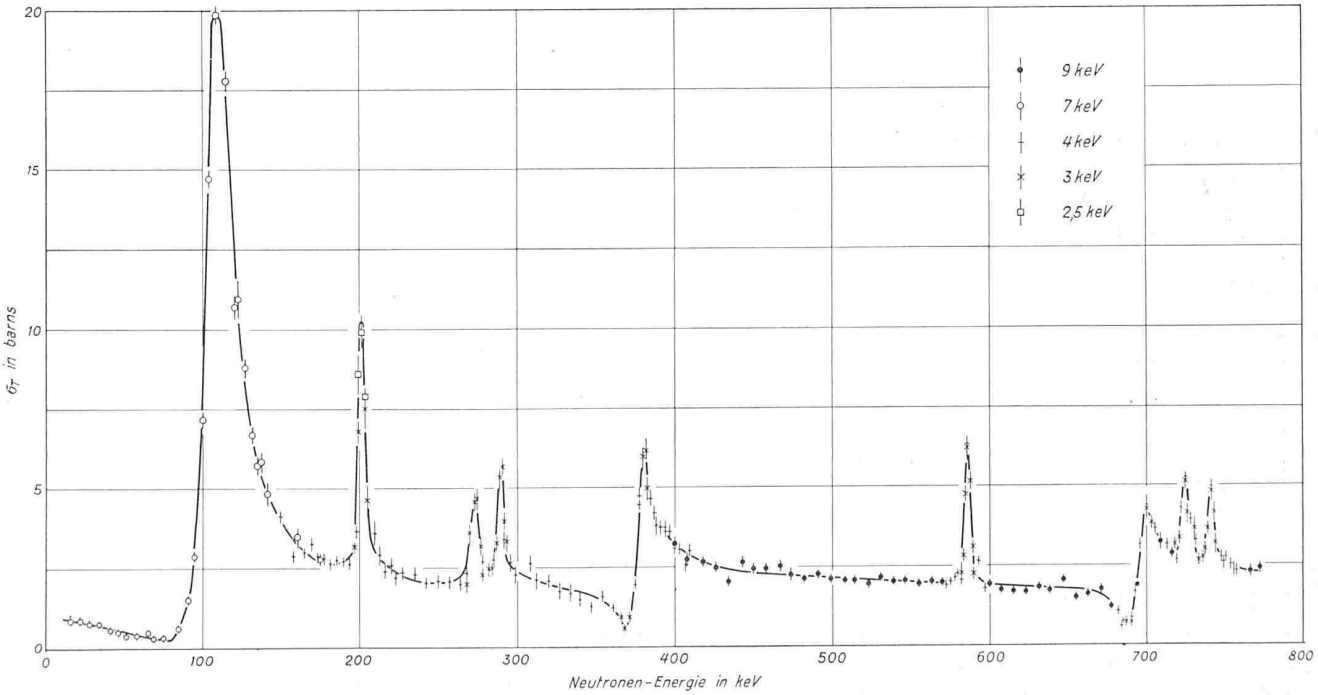

Bild 1. Totaler Wirkungsquerschnitt für Schwefel in Abhängigkeit von der Neutronenenergie. (Nach *R. E. Peterson, H. H. Barschall* und *C. K. Bockelman*, «Phys. Rev.» 79, S. 594, 1950).