

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 45 (1954)
Heft: 26

Artikel: Materialfragen beim Bau von Kernreaktoren
Autor: Rometsch, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058855>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

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

grundsätzlich weitergehenden Beschränkungen hinsichtlich seiner Betriebsart auferlegt sein, als sie vom Dampfkraftwerk her bekannt sind. Die Art seines Einsatzes wird deshalb eher durch andere, vorab wirtschaftliche Überlegungen bestimmt sein.

Literatur

- [1] Cole, T. E.: Design of a Control System for a Low-Cost Research Reactor. *Nucleonics* Bd. 11(1953), Nr. 2, Februar, S. 32...37.
 [2] Harrer, J. M.: Reactor Operation. *Nucleonics* Bd. 11(1953), Nr. 6, Juni, S. 35...40.

- [3] Lundby, A. und N. Holt: Kinetic Behavior of a Thermal Heavy-Water Reactor. *Nucleonics* Bd. 12(1954), Nr. 1, Januar, S. 22...25.
 [4] Beaudry, L. A.: Tomorrow's Nuclear Engineers. *Instrumentation* Bd. 8(1954), First Quarter, Nr. 2, S. 38.
 [5] Weaver, Charles H.: Basic Design of First Central Station Nuclear Power Plant. *Combustion* Bd. 25(1954), Nr. 12, Juni, S. 38...42.
 [6] Untermeyer, Samuel: Boiling Reactors: Direct Steam Generator for Power. *Nucleonics* Bd. 12(1954), Nr. 7, Juli, S. 43...47.

Adresse des Autors:

PD Dr. P. Profos, Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur (ZH).

Materialfragen beim Bau von Kernreaktoren

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 28. Oktober 1954 in Zürich,
 von R. Rometsch, Basel

621.039.4

Von den in der Entwicklung von Kernreaktoren in grosser Zahl auftretenden chemischen Problemen stehen drei Gruppen im Vordergrund: Die Beschaffung der Reaktormaterialien — Uran, wenn möglich angereichert an U^{235} , schweres Wasser, Graphit usw. —, die Verhinderung der Korrosion der Wärme produzierenden Teile und die Aufarbeitung des gebrauchten Uran-Brennstoffes.

Les difficultés à surmonter dans les réalisations d'énergie atomique sont, en grande partie, d'ordre chimique. Il s'agit de trois groupes principaux de problèmes: La production des matériaux essentiels comme l'uranium, l'eau lourde, le graphite, etc., le gainage de l'uranium et d'autres questions de corrosion et la récupération de l'uranium contaminé par des produits de fission radio-actifs.

A. Einleitung

In den Plänen und Bauprogrammen für Kernreaktoren steckt eine grosse Anzahl interessanter und bedeutungsvoller chemischer Probleme. Materialien, die noch vor wenigen Jahren fast Seltenheitswert besaßen, wie reinstes metallisches Uran, schweres Wasser, hafniumfreies Zirkonmetall, usw., werden tonnenweise benötigt. Sind die Atomkernreaktoren erst im Gang, so entstehen im Uran eine ganze Reihe anderer, neuer und bekannter Elemente. Zum Teil sind es Spaltprodukte, die aus dem Uran entfernt werden müssen, weil sie sonst durch Absorption von Neutronen den Fortgang der energispendenden Kettenreaktion unterbrechen. Zum Teil handelt es sich um aus dem Uran aufgebaute, in der Natur nicht vorkommende, schwerere Elemente, wie das Neptunium und das Plutonium. Das zweite ist selber wieder spaltbar und kann zum Bau neuer Kernreaktoren dienen. Dann treten auch schwierige Korrosionsprobleme auf; schwierig darum, weil man sie nicht einfach durch Verwendung bekannter, widerstandsfähiger Materialien lösen kann, da diese wiederum die Neutronenökonomie stören und die Kettenreaktion bremsen würden.

Aus der bisherigen Entwicklung der Atomkernreaktionen ersieht man, dass mindestens die Hälfte der Schwierigkeiten in der technischen Verwirklichung chemischer Natur waren. Beim Bau und Betrieb von eigentlichen Atomenergiekraftwerken wird dieses Verhältnis vermutlich noch höher ausfallen, hängt doch deren Wirtschaftlichkeit weitgehend von der Betriebssicherheit und damit der Korrosionsbeständigkeit ab, sowie von den Brennstoff-, d. h. Uranpreisen, und von den Moderatorpreisen, alles Produkte neuer, hochentwickelter chemischer und physikalisch-chemischer Verfahren. Wenn die chemischen Fragen trotzdem nur den kleinsten Teil des Programms der SEV-Diskussionsversammlung ausmachen, so mag das mit darin begründet sein, dass bereits Lösungen gefunden werden konnten für die in der schweizerischen Ent-

wicklung dringlichsten Aufgaben, die Materialbeschaffung für den Versuchsreaktor, zum Teil durch Zukauf aus dem Ausland. Was jedoch die weitere Zukunft betrifft, den in 10 bis 20 Jahren unumgänglichen Bau von Kernenergiewerken, so ist es ganz ungewiss, ob dannzumal das dazu notwendige Material von anderen Ländern bezogen werden kann. Es ist deshalb interessant, die Möglichkeiten näher zu betrachten, welche dazu führen könnten, in der Schweiz die wichtigsten Reaktormaterialien selbst zu produzieren.

B. Beschaffung der Reaktormaterialien

1. Uran

Im Vordergrund des Interesses steht natürlich der eigentliche Brennstoff, das Uran, das schwerste aller in der Natur vorkommenden Elemente. Man kennt es in metallischer Form schon seit über 100 Jahren. Es zeugt jedoch für die Schwierigkeit seiner Herstellung, dass man bis um 1940 herum seinen Schmelzpunkt etwa 500 °C zu hoch angenommen hat, ganz einfach darum, weil man nie reines, oxydfreies Material in Händen hatte. Nachdem noch Ende der dreissiger Jahre ein französischer Produzent auf die Frage eines Besuchers nach der schwierigsten Phase der Uranfabrikation mit Überzeugung antworten konnte «Das ist der Verkauf», hat die Entdeckung der Kettenspaltreaktion, vor allem in Amerika, zu einer raschen Entwicklung industrieller Herstellungsverfahren geführt, eine Entwicklung, wie sie leider nur mit militärischem Antrieb möglich zu sein scheint.

Man hat zunächst die von der Radiumfabrikation her bekannten, bis zu 60 % Uran enthaltenden Erze, die Pechblenden, auf reinstes Metall verarbeitet. Das neue Interesse am Uran hat aber natürlich auch zu intensiver Erforschung der Erdrinde nach weiteren Vorkommen geführt. Dabei hat man festgestellt, dass Uran viel verbreiteter ist, als man anfänglich angenommen hat. Die gesamten abbauwürdigen Vorräte auf der Erde werden von amerikanischer Seite auf rund 20mal höher eingeschätzt

—verglichen an der daraus produzierbaren Energiemenge — als diejenigen an Öl und Kohle zusammen genommen. Der grössere Anteil dieser Vorkommen liegt allerdings nicht in Form hochprozentiger eigentlicher Uranerze vor, vielmehr findet sich das Uran oft in niedrigen Konzentrationen von einigen Promille oder gar Zehntelpromille als Begleitstoff in anderen Mineralien, z. B. in den natürlichen Phosphaten von Florida und Marokko, in den Goldmineralien von Südafrika, oder in den bituminösen Schiefen in Schweden und Frankreich. Man hat in den letzten 6 Jahren gelernt, aus einigen dieser Stoffe mit Urankonzentrationen bis herunter zu 2 Promille noch rationell reines Uran herzustellen. Dazu eignen sich besonders diejenigen Mineralien, die man zu anderweitiger Verwertung ohnehin schon chemischen Behandlungen unterzieht. So wird Südafrika binnen kurzem der grösste Uranproduzent sein, wobei die Golderückstände als Rohmaterial dienen. Zur Zeit sind, besonders in Frankreich, grosse Anstrengungen im Gang, auch aus Schiefen mit wenigen Zehntelpromille noch wirtschaftlich Uranmetall zu erzeugen.

Damit rücken Uranvorkommen noch in den Bereich der Abbauwürdigkeit, wie sie in der Schweiz ebenfalls auftreten, wenn auch sehr spärlich. Betrachten wir einmal mengenmässig eines der wohl aussichtsreichsten Vorkommen, das durch Untersuchungen im Auftrag der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie (SKA) ermittelt worden ist. Es handelt sich um ein Braunkohlenlager in der Nähe von Horgen, dessen gesamte noch verwertbare Kohlenmenge auf rund 300 000 t geschätzt wird. Darin stecken pro Tonne — die Werte schwanken je nach Probeentnahme — 80...250 g Uran. Ein totaler Abbau der gesamten Kohlelagerstätten könnte somit bei guter Ausbeute ungefähr 50 t Uran liefern. Das ist nun allerdings nicht so viel, dass es sich lohnen würde, wegen des Urans den Abbau in Angriff zu nehmen, selbst wenn man berücksichtigt, dass ein Teil der Abbauskosten durch Verfeuern der Braunkohle gedeckt werden könnte. Vielmehr ist es wie mit den Braunkohlen selbst, sie bilden eine Art Notreserve, die man in normalen Zeiten am besten dort lässt, wo sie ist.

2. Schweres Wasser

Ein weiterer wichtiger und vielgenannter Grundstoff für Kernreaktoren ist das schwere Wasser, zu dessen Gewinnung sogar die rohstoffarme Schweiz genügend Ausgangsmaterial besitzt: das gewöhnliche Wasser. Es enthält auf 7000 Moleküle H_2O ein Molekül schweres Wasser oder Deuteriumoxyd (D_2O), und zwar sympathischerweise auf der ganzen Welt innert enger Grenzen gleich wenig.

Das Deuterium wurde erst 1932 entdeckt; es ist ein *Isotop* des Wasserstoffs, d. h. das Deuteriumatom unterscheidet sich vom Wasserstoffatom nur durch das Gewicht des Atomkerns. Die Ladung des Kerns und die Elektronenhülle beider Atome sind genau gleich. Darum sind auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Wasserstoff und Deuterium, sowie deren Verbindungen annähernd dieselben und die Zerlegung eines Gemisches eine schwierige Aufgabe.

Immerhin sind heute vier grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Abtrennung von D_2O aus gewöhnlichem Wasser bekannt, deren Durchführung im grossen technisch möglich ist; drei davon sind bereits jahrelang erprobt.

Das älteste beruht auf der Tatsache, dass bei der *elektrolytischen* Zersetzung des Wassers H_2O etwas leichter zersetzt wird und D_2O sich somit im zurückbleibenden Wasser anreichert. Man kann dies so weit treiben, bis man nur noch schweres Wasser hat, doch bekommt man auf diese einfache Art nur einen Bruchteil der an sich schon kleinen D_2O -Menge aus dem Wasser heraus, da mit steigender Konzentration natürlich auch grössere Anteile von D_2O elektrolytisch mit zersetzt werden. Um dies zu verhindern, lässt man das Wasser durch mehrere Elektrolyseure hintereinander fliessen, verbrennt das aus den höheren Stufen austretende Wasserstoff-Deuterium-Gemisch mit Sauerstoff wieder zu Wasser und führt dieses der vorangehenden Stufe zu. So behält man im Endeffekt das Deuteriumoxyd weitgehend in der Apparatur zurück und kann schliesslich, wenn die Anlage genügend lang eingelaufen ist, in den Anfangsstufen reines, schweres Wasser

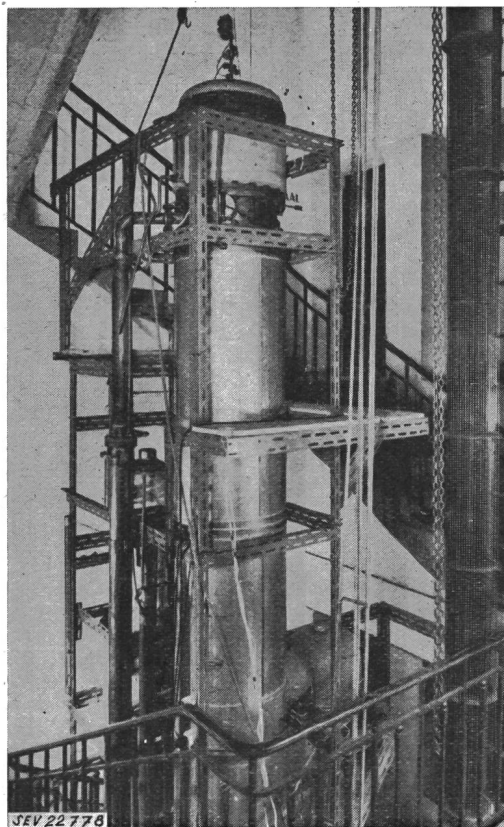


Fig. 1

Destillationskolonne zur Aufkonzentrierung von schwerem Wasser von 0,1 auf 10 % oder von 1 auf 50 % im Treppenhaus des physikalisch-chemischen Instituts der Universität Basel. Die Kolonne enthält 100 parallel geführte, 6 m lange Rohre, die mit kleinen Netzfüllkörpern beschickt sind.

abzapfen. Auf diese Weise, und in neuerer Zeit verbessert durch teilweisen Ersatz der Verbrennungsstufen durch katalytischen Austausch zwischen Wasserstoff und Wasser, fabriziert man in Norwegen seit mehr als 10 Jahren schweres Wasser. Die Jah-

resproduktion beträgt zur Zeit 25 Tonnen D_2O ; sie ist auf etliche Jahre hinaus ausverkauft.

Das zweite Verfahren nützt den Unterschied zwischen den Siedepunkten von H_2O und D_2O aus. Er beträgt zwar nur $1,4^\circ C$; aber in raffinierten *Destillationskolonnen* kann man trotzdem das D_2O in guter Ausbeute herausholen. Prof. Werner Kuhn (Basel) hat sich seit vielen Jahren im Zusammenhang mit seinen allgemeinen Arbeiten über multiplikative Fraktionierverfahren für dieses Problem interessiert. An seinem Institut sind im Auftrag der SKA Pilotanlagen gebaut worden. Die grössere, mit der Wasser von 1 Promille D_2O auf rund 10%, oder von 1% auf 50% aufkonzentriert wird, ist in Fig. 1 und 2 wiedergegeben. Bis heute sind damit und mit einer kleineren Kolonne für die Schlussdestillation 30 kg des kostbaren Produktes gewonnen worden. Die ganze Anlage kann mit einer Produktionskapazität von 150 bis 200 kg im Jahr betrieben werden. Für den schweizerischen Versuchsreaktor braucht man jedoch 12 Tonnen D_2O , und wir stehen heute vor der Frage, ob eine grosse und sehr teure Destillationsanlage gebaut, oder das in Norwegen bewährte, aber sehr viel Energie benötigende Elektrolyseverfahren eingeführt werden soll.

In beiden Fällen arbeitet man ökonomischer durch Verwendung des als Nebenprodukt anfallenden Elektrolyseabwassers, das bereits rund 7mal mehr D_2O enthält, als das gewöhnliche Wasser. Bei der Lonza in Visp und bei der Hovag in Ems wird soviel Wasser — für andere Zwecke — elektrolysiert, dass man daraus theoretisch 6 Tonnen D_2O jährlich gewinnen könnte. Die Lonza erzeugt in einer vierstufigen Anlage mit zwei Stufen Rückverbrennung das 1% Deuteriumoxyd enthaltende Wasser, das z. Zt. in der Basler Destillationsanlage auf 99,7% aufkonzentriert wird.

Siedepunkte bei $-253^\circ C$. Mit diesem Verfahren, das theoretisch am günstigsten arbeitet, hat man noch am wenigsten Erfahrung. Die Société de l'Eau Lourde in Frankreich wird voraussichtlich die erste Grossanlage bauen.

In Amerika hat man während des Krieges in grossem Stil Wasser destilliert (Fig. 3), gleichzeitig aber

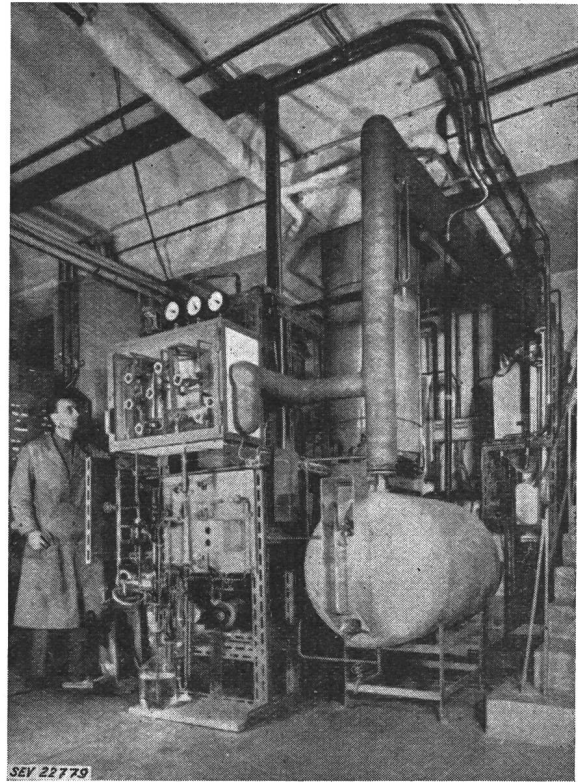


Fig. 2

Unterer Teil der Kolonne Fig. 1 mit Regel- und Entnahmeeinrichtungen, die einen praktisch wartungsfreien Betrieb ermöglichen

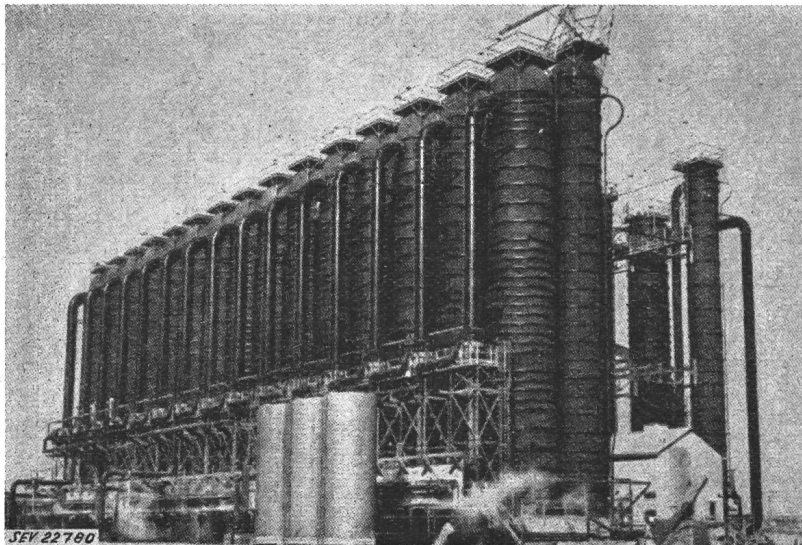


Photo: Chem. Engng. Progr.

Das dritte D_2O -Verfahren verwendet ebenfalls einen *Destillationsprozess*, jedoch wird statt Wasser flüssiger Wasserstoff destilliert. Vorteilhaft ist dabei die relativ grosse Siedepunktdifferenz zwischen H_2 und D_2 , von Nachteil dagegen die tiefe Lage der

katalytische Austausch-Verfahren entwickelt, die den Unterschied im Gleichgewicht zwischen Wasser und Wasserstoff einerseits und zwischen Deuteriumoxyd und Deuterium andererseits ausnützen. Zu diesem Zweck lässt man Wasser durch 30...40 m hohe Katalysator-Türme (Fig. 4) im Gegenstrom zu aufsteigendem Wasserstoffgas, das am untern Ende jeder Kolonne elektrolytisch erzeugt wird, fließen.

Fig. 3

Eine der drei während des Krieges in Amerika erstellten Destillationsanlagen zur Trennung des schweren Wassers vom gewöhnlichen Wasser

Da der Katalysator nur in trockenem Zustand einen guten Austausch vermitteln kann, sind in den Türmen abwechslungsweise überhitzte Katalysatorabschnitte für den Austausch zwischen Wasserstoff und trockenem Wasserdampf, und gewöhnliche De-

stillationsglockenböden für den Austausch zwischen Wasserdampf und flüssigem Wasser, angeordnet. Durch die Elektrolyse tritt eine zusätzliche Fraktionierung auf; die grösste Anreicherung erfolgt je-

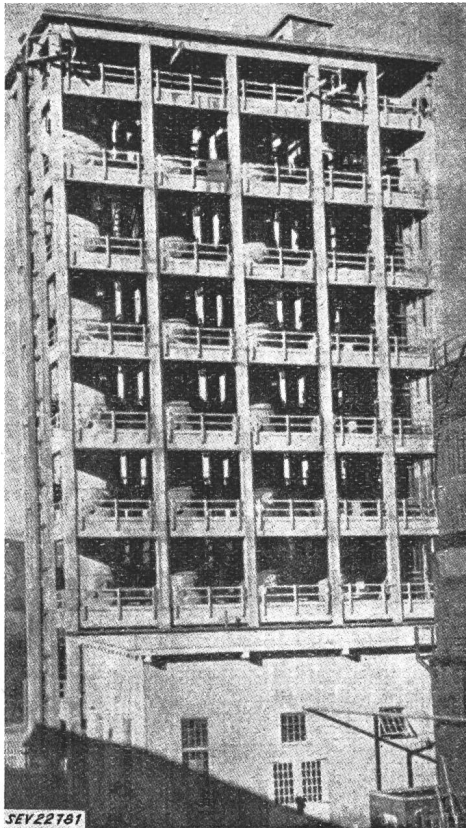


Photo: Chem. Engng. Progr.

Fig. 4

Älteste amerikanische Anlage zur Gewinnung von schwerem Wasser nach dem katalytischen Austauschverfahren Anfangsstufen

doch in den Austauschkolonnen, so dass dieses Verfahren eindeutig von den eigentlichen elektrolytischen unterschieden werden muss. Dies drückt sich auch im Energieverbrauch aus, der hier besonders günstig ist, da der gesamte elektrolytisch erzeugte Wasserstoff nach dem Durchströmen der Kolonne anderweitig — z. B. zur Ammoniaksynthese — verwendet werden kann, und die Energiekosten der

Fig. 5

Uranhexafluorid-Diffusionsanlage zur Gewinnung von U^{235} in Capenhurst (G. B.)

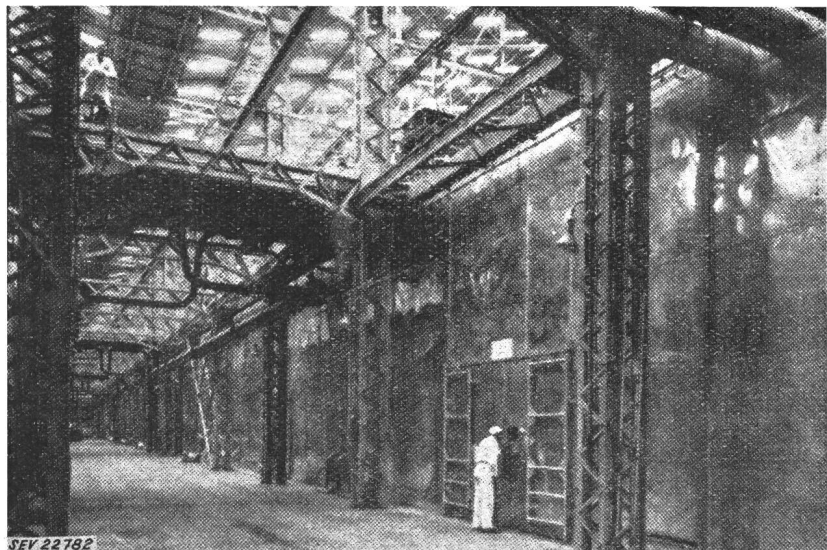


Photo: Nucleonics

Elektrolyse somit nicht zu Lasten des D_2O gehen. Auf diesem Prinzip aufgebaute neue Anlagen in den USA stellen heute ein Mehrfaches der norwegischen Produktion her. Der amerikanische Eigenbedarf an D_2O ist fürs erste annähernd ge-

deckt, und es ist «nur» noch eine politische Frage, wann den Norwegern auf dem Weltmarkt eine ernsthafte Konkurrenz erwachsen wird. Die USA dürften den norwegischen Monopolpreis beträchtlich unterbieten; denn ihre Anlagen sind bereits weitgehend abgeschrieben und funktionieren mit sehr geringem Energiebedarf.

3. Angereichertes Uran

Die amerikanische D_2O -Preispolitik wird übrigens auch von der Überlegung beeinflusst, dass Reaktoren mit natürlichem Uran als Brennstoff und D_2O als Moderator ungefähr gleich wirtschaftlich sein sollten wie Reaktoren, die mit wenig oder gar keinem D_2O auskommen, dafür aber mit an spaltbarem Uran 235 angereichertem Brennstoff arbeiten. Im natürlichen Uran sind von diesem Isotop nur 0,7% vorhanden, und die Aufkonzentrierung kann nach grundsätzlich ähnlichen Fraktionierverfahren vorgenommen werden wie die Gewinnung von schwerem Wasser. Praktisch erfordert die Uranisotopen-trennung jedoch einen wesentlich höheren Aufwand, wegen der relativ geringeren Unterschiede und der besonderen chemischen Eigenschaften der Uranverbindungen. Um rationell arbeiten zu können, sind Apparate von ungeheuren Ausmassen notwendig, wovon man sich einen Begriff machen kann an Hand von Fig. 5, die einen der Kontrollgänge zwischen den Reihen von Diffusionszellen in der englischen Uranseparationsfabrik zeigt. Wenn es gelingt, für diese Trennprozesse einfachere, oder in kleineren und billigeren Anlagen noch rationell arbeitende Verfahren zu finden — es sprechen keine prinzipiellen Gründe gegen solche Möglichkeiten — so bekommen die Zukunftsaussichten der Kernenergiegewinnung auch für die kleineren Länder ein anderes Gesicht.

C. Korrosionsprobleme

Von den mannigfaltigen Korrosionsproblemen in einem Kernreaktor möchte ich nur dasjenige kurz streifen, das für die bei uns vorläufig einzig in Frage stehende Art von Energiereaktoren ge-

radezu lebenswichtig ist. Es handelt sich um die Umhüllung der Uranstäbe, in denen die Wärme entwickelt wird und wegtransportiert werden muss. Wärmetechnisch wäre es natürlich am günstigsten, die Uranstäbe einfach tel quel ins schwere Wasser zu stecken. Das darf man aber keinesfalls tun; denn dabei würde das chemisch unbeständige Uran sehr schnell in pulveriges Oxyd zerfallen und dazu noch das schwere Wasser zersetzen. Man muss das Uran umhüllen; die Frage ist nur, womit. Die Anforderungen an ein geeignetes Material sind nämlich sehr hoch und vielfältig: es darf nur sehr wenig Neutronen absorbieren, es muss selber widerstandsfähig sein gegen reines Wasser bei hohen Temperaturen und gegen Temperaturwechsel, es muss die Volumen- und Formänderungen des Urans bei wechselnden Temperaturen mechanisch aushalten, es muss so bearbeitbar sein, dass es möglichst satt auf

von strömendem oder gar verdampfendem Wasser bei 250 °C auszuhalten.

D. Uranregeneration, Plutoniumgewinnung und Beseitigung der radioaktiven Spaltprodukte

Zum Schluss sei noch auf ein Materialproblem eingegangen, das sich beim Betrieb der Reaktoren früher oder später in irgendeiner Form einstellen wird und das auf alle Fälle in nächster Nähe des Reaktors selbst gelöst werden muss. Es ist die Frage, wie man mit dem in beträchtlichen Mengen entstehenden, hoch radioaktiven Material fertig wird. Sie ist eng verknüpft mit dem Problem der möglichst vollständigen Ausnützung des Urans und wird mit entscheiden, welche der verschiedenen möglichen Energiereaktoren in Zukunft bestehen werden.

Im zunächst für uns einzig in Frage stehenden Reaktor mit natürlichem Uran entsteht mit zunehmender Spaltung des nur zu 0,7% vorhandenen Uranisotops 235 aus dem Uran 238 spaltbares Plutonium 239. Dieses kann als Ersatz für das schwindende Uran 235 dienen. Gleichzeitig bilden sich aber in steigendem Masse Spaltprodukte, die Neutronen absorbieren und damit die Ausnützung des Urans, trotz dem neu gebildeten Plutonium, begrenzen, indem die Kettenreaktion schliesslich vollständig abgestoppt wird, und zwar je kleiner der Reaktor ist, um so rascher.

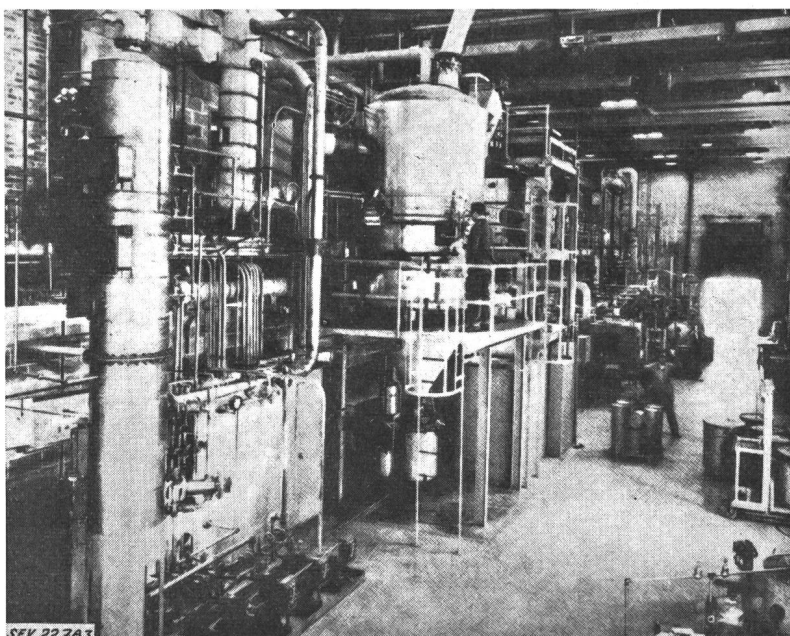


Photo : Progr. Atom. Res.

Fig. 6
Einrichtungen zur Behandlung radioaktiver Abfälle im Argonne National Laboratory (USA)

das Uran aufgebracht werden kann, und schliesslich muss es einen hermetischen Verschluss gewährleisten, um die gasförmigen und radioaktiven Spaltprodukte zurückzuhalten. Erstaunlicherweise gibt es tatsächlich ein solches Wundermetall, das alle diese Bedingungen recht gut erfüllt: das Zirkonium. Es hat nur einen Fehler: es ist in der Reinheit, wie sie für Kernreaktoren erforderlich ist, sehr teuer. Vorderhand hat es auch noch Seltenheitswert, da man die ausgezeichneten Eigenschaften des an sich schon lange bekannten Metalls erst im Zusammenhang mit den Kernreaktoren richtig erkannt hat und rationell in grossem Maßstab durchführbare Produktionsmethoden erst noch entwickelt werden müssen. Vorläufig verwendet man deshalb meistens noch das ja sehr viel leichter zugängliche Aluminium, das aber besonders in reinem Wasser wesentlich korrosionsempfindlicher ist. Aus den bisherigen Versuchen kann noch nicht mit Sicherheit geschlossen werden, ob es gelingen wird, Aluminium von geeigneter Reinheit und Oberflächenbehandlung dazu zu bringen, die Dauerbelastung

Am einfachsten, aber am unökonomischsten wäre es, das ganze Uran eines in diesem Stadium befindlichen Reaktors als Abfall zu betrachten und unter einem Betonberg als Strahlenschutz zu begraben; denn es besitzt nun eine Radioaktivität, die einigen 100 kg Radium entspricht. Für diese Art Reaktor haben die Franzosen den treffenden Ausdruck «piles pyramides» geschaffen.

Interessanter ist die chemische Verarbeitung dieses Urans, wobei drei Probleme zu lösen sind. Man muss das Plutonium gewinnen, womit neue Reaktoren gebaut werden können. Man muss zweitens das Uran in reiner Form regenerieren und die gesamten daraus entfernten Spaltprodukte in eine hochkonzentrierte Form bringen, so dass man sie, ohne Gefährdungen durch die ausgesandte Strahlung riskieren zu müssen, rationell lagern kann. Alle diese Prozesse sind wegen der hohen Strahlungsaktivität der zu verarbeitenden Produkte in vollkommen ferngesteuerten Anlagen auszuführen, mit Ausnahme vielleicht eines Teils der Abfallkonzentrierung. Die relativ kleine, zu diesem

Zweck im Argonne National Laboratory (USA) erstellte Anlage ist in Fig. 6 wiedergegeben. Man ersieht daraus, dass allein schon das scheinbar nebensächliche Problem der Abfallbeseitigung beträchtliche Investitionen erfordern kann.

Die eigentlichen Plutoniumgewinnungsverfahren und die Trennung des Urans von den Spaltprodukten werden überall, auch in Frankreich, noch geheim gehalten. Wir wissen nur, dass es sich vielfach um Gegenstrom-Extraktionen zwischen zwei flüssigen Phasen handelt, die sich einerseits besonders leicht automatisieren lassen, andererseits durch systematische Wiederholungen besonders feine Fraktionierungen gestatten. Diese sind nötig, da die chemischen Unterschiede zwischen Uran und Plutonium zu klein sind, als dass scharfe Trennungen auf Grund von einfachen Fällungen oder dergleichen möglich wären. Auf diesem Gebiet haben wir noch besonders viel Entwicklungsarbeit zu leisten.

E. Schlussbemerkung

In den meisten anderen Ländern, in denen die Entwicklung auf dem Gebiet der Kernenergie schon weiter fortgeschritten ist als in der Schweiz, ging die Initiative, vorab aus militärischen Gründen, vom Staate aus. Die chemische Industrie erhielt willkommene Staatsaufträge, zum Teil mit langfristigen Verträgen, die auch die Forschungsarbeit umschlossen. Bei uns gab das ausschliesslich auf friedliche Verwendung gerichtete Interesse privater Unternehmungen den Anstoss, und die schweizerische chemische Industrie hilft ihrerseits finanziell am Bau des Versuchsreaktors mit. Sie wird auch nicht verfehlen, auf der technischen Seite mitzuwirken, wobei es zunächst darauf ankommt, die notwendigen Forschungsstätten zu schaffen und Spezialisten in das neuartige und zukunftsreiche Gebiet einzuarbeiten.

Adresse des Autors:

Dr. R. Rometsch, Chemiker, Ciba A.-G., Basel.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Kurzgefasste Geschichte der CEI

Zusammengestellt aus Anlass der 50-Jahrfeier der CEI

Delegierte des International Electrotechnical Congress, die im September 1904 in St. Louis (USA) unter dem Vorsitz von Prof. Elihu Thomson zusammenkamen, sprachen das Verlangen aus, auf der ganzen Welt über eine Organisation zu verfügen, die sich der Zusammenarbeit der Länder auf dem Gebiet der einheitlichen Nomenklatur und der Klassifikation der elektrischen Maschinen und Apparate annimmt. Der 15. September 1904 gilt daher als der Gründungstag der CEI, deren Statuten zwar erst 1908 genehmigt wurden. Die Schaffung der Stelle eines Generalsekretärs wurde vorgeschlagen und dieser mit der Aufzählung von Abweichungen unter den in verschiedenen Ländern angewendeten Methoden beauftragt. Schon am 16. September 1904 wurden die Delegierten, unter denen sich kein Schweizer befand, aufgefordert, ihre heimatlichen technischen Vereine einzuladen, ihrerseits alles zu unternehmen, was der Förderung der internationalen Normalisierung auf dem Gebiet der Elektrotechnik diene. Dieser Aufruf von 1904 wäre würdig, nach 50 Jahren wiederholt zu werden.

Im Juni 1906 fand in London unter dem Vorsitz von Alexander Siemens eine weitere Sitzung statt. An dieser nahmen 15 schweizerische Delegierte unter der Führung von Prof. Farny teil¹⁾. Damals wurde der Vereinigung der Name Comité Electrotechnique International gegeben. Als erster Präsident wurde Lord Kelvin erwählt, was heute nicht mehr weitherum bekannt ist. Colonel Crompton wurde erster Honorary Secretary und Ch. Le Maistre erster Sekretär. Jene Zusammenkunft war mit Empfängen und Besichtigungen besonders reich dotiert und führte die Teilnehmer von London nach Manchester, Liverpool, Glasgow, Edinburg und Newcastle.

Im Oktober 1908 trat in London der Council der CEI zum erstenmal zusammen. Er wurde durch den späteren Lord Balfour willkommen geheissen. Ch. Le Maistre wurde zum Generalsekretär ernannt, welchen Posten er bis zu seinem Tod am 5. Juli 1953 ausfüllte. Durch seine vieljährigen Dienste wurde er zu einem der besten Kenner der Entwicklungsgeschichte der CEI. Anfänglich stand die elektrotechni-

sche Terminologie im Vordergrund der Arbeiten der CEI. Das mag der Grund sein, weshalb das das Vocabular noch heute bearbeitende CE die Nr. 1 trägt. Im übrigen betraf die Tätigkeit der CEI die Normalisierung der elektrischen Maschinen und ihrer Prüfmethoden. Es gelang, vor Ausbruch des Ersten Weltkrieges, eine erste Liste von Definitionen und Ausdrücken für das Gebiet der elektrischen Maschinen und Apparate zu veröffentlichen. Im Oktober 1919 wurde nach der durch den Krieg verursachten Unterbrechung der Arbeiten eine erste Vollversammlung der CEI in London abgehalten. Das Jahr 1923 brachte die Hinzuwahl des Comité d'Action. Die erste Zusammenkunft in den USA nach den Gründungssitzungen von 1904 fiel in das Jahr 1926, als eine von 19 Ländern mit 120 Delegierten besetzte Versammlung stattfand. Diese wurden vom damaligen USA-Präsidenten C. Coolidge im Weissen Haus in Washington empfangen. An diese Zusammenkunft reiht sich eine Kette von grossen Versammlungen der Zwischenkriegszeit, die an den verschiedensten Orten Europas abgehalten wurden, so in Bellagio und Rom (1927), Kopenhagen, Stockholm und Oslo (1930), Prag (1934), Scheveningen und Brüssel (1935) und Torquay (1938). Jede dieser Zusammenkünfte hatte ihr besonderes Gepräge und hinterliess tiefe Eindrücke in den Teilnehmern. Im Jahre 1938 erschien die erste Auflage des Vocabulaire Electrotechnique International, von dem im Jahre 1954 die Gruppen 05 (Grundlegende Definitionen) und 10 (Maschinen und Transformatoren) revidiert herausgegeben worden sind (CEI-Publikationen Nr. 50).

Der Zweite Weltkrieg riss eine weitere Lücke in die Reihe dieser internationalen Zusammenkünfte. Erst 1948 konnte in Stockholm wieder eine grosse Versammlung abgehalten werden. Von da an fanden sie alljährlich statt, nämlich in Stresa (1949), Paris (1950), Estoril (1951), Scheveningen (1952), Opatija (1953) und Philadelphia (1954). Von diesem glanzvoll verlaufenen Jubiläums-Meeting mag hier festgehalten sein, dass sie unter dem Vorsitz von Dr. H. S. Osborne (USA) stattfand und dass am offiziellen Bankett in Washington Harold E. Stassen, Direktor der Foreign Operations Administration zum Thema «Technical Progress in the free Nations» das Wort ergriff. Präsident Dwight D. Eisenhower

¹⁾ Bull. SEV Bd. — (1907), Nr. 41, Mai, S. 1...11.