

Die Inbetriebnahme des Seibersdorfer Reaktors und die sich daraus ergebenden Aufgaben

Von Univ. Dozent Dr. Michael H i g a t s b e r g e r,
Wien.

Vortrag, gehalten am 21. Dezember 1960.

I. Einleitung.

Die Forschungsanlagen des Reaktorzentrums Seibersdorf und der ASTRA-Reaktor (Adaptierter Schwimmbecken Tank Reaktor Austria) sind am 29. September 1960 in Anwesenheit zahlreicher Ehrengäste des In- und Auslandes feierlich in Betrieb genommen worden.

Bereits am 25. September 1960 um 17.34 Uhr Ortszeit war im Reaktorkern das erste Mal eine sich selbständig erhaltende Kettenreaktion erreicht worden.

II. Entwicklung der Österreichischen Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H.

Im Jahre 1956 wurde die Österreichische Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H. (SGAE) gegründet. Nach dem ursprünglichen Ziel der Gründer sollte sie die Möglichkeiten der friedlichen Verwendung der Atomenergie in Österreich

studieren und Vorschläge ausarbeiten, in welcher Form und auf welche Art diese Tätigkeit am zweckmäßigsten ausgeübt werden sollte.

In knapp zwei Jahren wurde ein Atomenergieprogramm erstellt und alle Voraussetzungen für den Bau eines nationalen Forschungszentrums geschaffen. Die SGAE hat analysiert und vorgeschlagen und die praktische Atomenergieentwicklung in Österreich begonnen. Sie wurde schließlich durch Ministerratsbeschluß vom November 1957 beauftragt, die Projektierung, den Bau und den Betrieb eines allen Belangen Österreichs dienenden nationalen Forschungszentrums zu übernehmen. Die SGAE wurde außerdem beauftragt, alle Fragen, die sich aus der friedlichen Anwendung der Atomenergie in Österreich ergeben, zentral zu fassen und zu behandeln. Dazu gehört neben der Errichtung des Forschungs- und Reaktorzentrums unter anderem auch die Wahrnehmung der österreichischen Interessen bei den internationalen Prototyp-Reaktorprojekten der OEEC, dem norwegischen Halden Schwerwasser-Siedewasser-Reaktor und dem britischen DRAGON Hochtemperatur Reaktorprojekt sowie verschiedener anderer internationaler Aktivitäten.

Die wichtigsten Punkte des österreichischen Atomenergieprogrammes, wie sie von der SGAE formuliert wurden, umfassen: Errichtung eines

nationalen Forschungslaboratoriums und stufenweise folgende Reaktoren:

1. Ein Nieder-Energie-Reaktor für Studien- und Forschungszwecke an einer Hochschule.
2. Ein Forschungsreaktor höherer Leistung.
3. Ein Materialtestreaktor.
4. Ein Prototyp-Kraftwerksreaktor.

Punkt 1 wurde in die Tat umgesetzt, da gegenwärtig die österreichischen Universitäten und technischen Hochschulen bereits in Wien einen 100 kW Studienreaktor (Type General Dynamics M 2) errichten.

Punkt 2 und 3 des Programms werden durch den Forschungsreaktor ASTRA, einen Reaktor der Schwimmbecken-Tank-Type mit 5 MW, erweiterbar auf 12 MW thermischer Leistung, abgedeckt.

Punkt 4 des Programms wird vorläufig durch die Beteiligung Österreichs an internationalen Projekten realisiert.

Gegenwärtig sind Bemühungen im Gange, alle verfügbaren Kräfte für die Weiterverfolgung der internationalen Prototypreaktorprojekte zu konzentrieren. Die SGAE zählt es in dieser Phase zu ihren wichtigsten Aufgaben, die staatlichen Stellen und Interessenten der Atomenergiegewinnung wirtschaftlich richtig zu beraten und der Industrie bei der Lösung ihrer schwierigen Aufgabe durch das Forschungspotential von Seibersdorf beizustehen.

Durch die Sonderstellung, die das Bundesgesetz vom 8. März 1959 zur Förderung der Atomforschung der Studiengesellschaft einräumt, wird dieser ihre Aufgabe beträchtlich erleichtert. Durch dieses Gesetz wird die SGAE praktisch von allen Steuern befreit, und überdies besteht für die Gesellschafter die Möglichkeit, ihre Zuwendungen an die SGAE auf einen Erinnerungswert abzuschreiben.

Im Anfangsstadium der Tätigkeit der Gesellschaft wirkte sich besonders hemmend aus, daß außer einigen interessanten Überlegungen und Ansätzen besonders in der staatlichen Verwaltung und in der Industrie fast keine praktischen Erfahrungen auf dem Gebiet der Atomenergie existierten. Die erste Tätigkeit der SGAE galt daher zu Beginn 1956 der Errichtung von Arbeitskreisen mit fast 300 Experten aus Kreisen des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft. Aus den Empfehlungen der verschiedenen Fachkommissionen resultierten die Richtlinien für die Detailarbeit des wissenschaftlichen Personals der SGAE.

Parallel zum organisatorischen Aufbau wurde versucht, das Interesse der österreichischen Industrie zu wecken. Bereits bei der Reaktorwahl war die Forderung gestellt worden, eine Einheit zu entwerfen, die es gestattet, das vorgegebene Forschungsprogramm bestmöglich zu überdecken. Die besonderen Merkmale und die verschiedenen

Abänderungswünsche angebotener Standard-Forschungsreaktoren wurden in Form einer genauen Spezifikation an ein Dutzend ausländische Reaktorherzeugerfirmen ausgeschrieben und schließlich mit AMF Atomics, American Machine & Foundry Company, ein Vertrag verhandelt, durch den es der österreichischen Industrie und Wirtschaft ermöglicht wurde, das erste Mal beim Bau und der Montage eines hochgezüchteten Forschungsreaktors mitzuwirken. Dabei lieferte die amerikanische Firma alle Zeichnungen, Pläne und Bestandteile des Reaktors und stellte während der Montagearbeiten einen im Reaktorbau versierten Ingenieur zur Verfügung. AMF Atomics gab als Hauptkontraktor zahlreiche Unteraufträge an österreichische Firmen weiter, sodaß schließlich bei Fertigstellung etwa $\frac{3}{4}$ aller Einrichtungen und Anlage-
teile des Reaktors österreichischen Ursprung hatten.

Die Planung und Bauleitung der Forschungsinstitute, des Reaktors und der Nebenanlagen wurde von der Bauabteilung der Österreichischen Elektrizitätswirtschaft Aktiengesellschaft, VERBUNDGESELLSCHAFT, zusammen mit den Technikern der SGAE durchgeführt. Bei der Planung wurde eine möglichst einheitliche Gestaltung der Anlagen angestrebt und Erweiterungsmöglichkeiten vorgesehen.

III. Geländeauswahl.

Bereits zu Beginn 1958 waren Forschungs- und Untersuchungsteams damit befaßt, in der näheren Umgebung von Wien gelegene und in die engere Wahl gezogene Aufstellungsplätze für die Errichtung des Reaktorzentrums durchzumustern. Diese Fachleute versuchten gemeinsam mit den zuständigen Behörden die erforderlichen Maßnahmen abzustimmen, die notwendig erschienen, um den sicheren Reaktorbetrieb für die nähere und weitere Umgebung zu gewährleisten.

Nach anfänglich negativer Einstellung der Bevölkerung im Raum südöstlich von Wien, beschloß die Gemeinde Seibersdorf sich um die Aufstellung der Anlage in ihrem Gemeindegebiet zu bewerben. Die Detailuntersuchungen im Gebiete Seibersdorf fielen positiv aus und daher wurde dort im Juli 1958 ein Terrain von ca. 110 ha Land angekauft. Im November 1958 begannen die intensiven Bauarbeiten.

IV. Aufgabe des Reaktorzentrums.

Zu den wichtigsten Aufgaben des Reaktorzentrums zählt es, die Grundlagenforschung im eigenen Wirkungsbereich abzuführen, den wissenschaftlichen Forschungsinstituten in Österreich Mitarbeitsmöglichkeiten zu gewähren und vor allem Forschungs- und Entwicklungsaufträge für Industrie und Wirtschaft durchzuführen. Da das Gebiet

der Atomenergie fast alle Bereiche der Naturwissenschaft und Technik berührt, war es notwendig, neben dem Reaktor auch zahlreiche Laboratorien und Hilfsanlagen zu schaffen.

Der ASTRA-Reaktor liegt mit seinen Möglichkeiten zwischen der Gruppe der Forschungsreaktoren und der Materialtestreaktoren. Seine Neutronen- und Gammastrahlung wird für Untersuchungen zum Studium und Beeinflussung der Materie herangezogen. Der Reaktor ist also nicht Selbstzweck sondern Hilfsmittel. Zu seiner sinnvollen Ausnützung bedarf er entsprechender Meß- und Entwicklungslaboratorien. Institute für Elektronik, Physik, Chemie, Metallurgie, Biologie und Landwirtschaft sowie ein Strahlenschutzinstitut sind gebaut worden. Eine gut eingerichtete Zentralwerkstätte, ein Magazingebäude, ein Verwaltungsgebäude und eine zentrale Energie-, Wasser- und Heizstation stehen zur Verfügung.

Im Zeitprogramm war die Fertigstellung der Projekte Zentralwerkstätte und Magazin an erster Stelle vorgesehen. Bereits nach 9 Monaten Bauzeit waren diese Objekte fertiggestellt. Es war eine Stahlkonstruktion und eine Hallenbauweise gewählt worden, um spätere Erweiterungen und Änderungen leichter zu ermöglichen. Dadurch wurde auch die frühzeitige Fertigstellung gesichert und bei den Montagearbeiten am Reaktor konnte bereits eigenes Werkstättenpersonal eingesetzt werden.

Die wichtigsten Phasen beim Aufbau des Reaktorentrums erstreckten sich über die Jahre 1959 und 1960. Bis zum Eröffnungstag wurden in ca. 600 Arbeitstagen ungefähr 100.000 Mannschichten gearbeitet. Mehr als $\frac{2}{3}$ davon waren Facharbeiterschichten. Im Durchschnitt waren täglich etwa 200 Arbeiter fast 2 Jahre hindurch beschäftigt. Der Spitzeneinsatz von Arbeitern betrug fast 400. Mehr als 170 Firmen waren in Seibersdorf tätig und durchschnittlich arbeiteten mindestens 20 gleichzeitig am Reaktorzentrum. Die wichtigsten Baumaterialposten umfassen ca. 600 t Baustahl, 3000 t Zement und 800.000 Ziegel. Es wurde eine Fläche von 9.938 m² verbaut und 73.340 m³ Raum umbaut.

Für die Reaktoranlage waren 60 Firmen eingesetzt, etwa 30 davon Mittelbetriebe und der Rest je zur Hälfte Groß- und Kleinbetriebe. Der gesamte Aufwand für den Reaktor betrug 43 Mill. ö. Schillinge und für das gesamte Reaktorzentrum etwa 130 Mill. Schillinge.

Da keine wesentliche industrielle Betätigung unmittelbar in der Umgebung von Seibersdorf selbst existiert, wurde der Wunsch nach breiter Streuung der Aufträge streng nach dem Prinzip des Bestbieters bei technisch akzeptablen Lösungen auf natürliche Weise unterstützt und gefördert. Bei der Vergabe der größeren Aufträge ergab sich auf Grund der natürlichen Auslese eine günstige Ver-

teilung über das ganze Bundesgebiet. Zu Beginn der Bauarbeiten in Seibersdorf, als die allgemeine Konjunktur ihren Höhepunkt noch nicht erreicht hatte, konnten Arbeitskräfte aus den niederösterreichischen Notstandsgebieten herangeführt und eingesetzt werden. Diese Maßnahme mag auch einen kleinen Anteil zur rascheren Überwindung der dortigen Nachkriegsschwierigkeiten beigetragen haben.

Aus den Erfahrungen und der Statistik ist zu ersehen, daß bereits beim ersten Reaktorprojekt in Österreich ein repräsentativer Querschnitt unserer wichtigsten Firmen mitwirken konnte. Viele der beteiligten Firmen stellten die Sammlung von Erfahrungen vor finanziellen Gewinn. Viele prinzipielle Probleme wurden durch grundsätzlich neue Methoden und Verfahren gelöst. Die kleinen Familienbetriebe standen dabei an Intuition den größten Firmen nicht nach.

Die Bauphase ist in der Hauptsache abgeschlossen. Die Forschungsinstitute werden gegenwärtig personell auf das richtige Maß erweitert, sodaß die guten technischen Voraussetzungen, die in Seibersdorf gegeben sind, auch richtig genutzt werden können. Gegenwärtig sind etwa 150 Wissenschaftler, Techniker, Laboranten und Hilfskräfte tätig und während des nächsten Jahres werden weitere 100 Personen zur SGAE stoßen. Sehr befruchtet wird die Arbeit durch den engen Kontakt

mit der International Atomic Energy Organization, die neben den Anlagen der SGAE ebenfalls in Seibersdorf ihre eigenen funktionalen Laboratorien errichtet.

V. Erste Ergebnisse.

Knapp vor dem ersten kritischen Experiment mit dem ASTRA Reaktor waren die Forschungsinstitute Physik und Elektronik in Seibersdorf bezogen worden. Diese beiden Institute hatten bereits seit über einem Jahr praktische Arbeitsmöglichkeiten, weil die Vorstände des 1. Physikalischen Institutes und des Radiuminstitutes Wien entgegenkommender Weise den Physikern und Elektronikfachleuten der Studiengesellschaft Laboratoriumsräume zur Verfügung gestellt hatten. Es ist daher erklärlich, daß bereits 2 Monate nach Eröffnung des Reaktorzentrums die Institute Physik und Elektronik im vollen Umfang in Betrieb sind, obwohl gewisse Professionistenarbeiten an den Instituten und Laboratorien noch laufen.

Mit dem ASTRA-Reaktor wurden Nullergie-Experimente begonnen und die ersten Ergebnisse liegen vor:

- a) Kritisches Experiment und die Bestimmung der kritischen Masse:

Das erste und wichtigste Experiment bei einem jungfräulichen Reaktor ist das sogenannte kriti-

sche Experiment. Die Bodenplatte des ASTRA Reaktors, in der die Brennstoffelemente eingesetzt werden können, erlaubt eine 9×6 Anordnung aufzubauen. Als Reaktorcore I wurde eine 5×4 Anordnung gewählt, die möglichst mit Wasser umgeben sein sollte.

Das Core erstreckt sich von der Position (3) (5) bis (3) (2) und von (7) (5) bis (7) (2). Die 5 Kontrollelemente und das Regelement wurden diagonal als erstes eingesetzt um die größte Wirksamkeit beim Zuladen der Standardelemente auszuüben.

Die Neutronenquelle war so angebracht, daß möglichst viele Brennelemente zwischen ihr und der registrierenden Spaltkammer plaziert waren. Die Messung erfolgt nach Zuladen eines Standardelementes bei 2 Positionen, nämlich bei 50% ausgefahrenen Absorberstäben und bei voll ausgefahrenen Absorberstäben. Die Zählrate wird als Funktion der Zahl der Brennstoffelemente oder des U-235 Gewichtes aufgetragen.

Durch Extrapolieren kann die kritische Masse bei Zählrate ∞ bestimmt werden.

Um gegen eventuelle Meßfehler gefeit zu sein, wurde an zwei von einander unabhängigen Spaltkammern gemessen. In der Nähe der kritischen Masse wurde anfänglich nur ein Teilelement zugeladen, das ca. die Hälfte U-235 enthielt als ein Standardelement. Ein Standardelement mit 18 Platten in Form von Kühlrippen ausgebildet, besitzt im

Durchschnitt 192 g U-235, während ein Kontrollelement nur etwa 96 g U-235 besitzt. Von Dr. Gr ü m m und Mitarbeitern wurde mit der IBM 650 der Technischen Hochschule Wien die Reaktivität und die Neutronenflußverteilung für das 5×4 Core berechnet. Die experimentellen Ergebnisse stimmen mit den Rechnungen innerhalb von 10 % überein. Die Rechnungen wurden auf der Basis der Zwei-Gruppentheorie ausgeführt.

Mit 14 Standardelementen und 6 Kontrollelementen wurde der Reaktor kritisch, wobei der gesamte Reaktivitätsüberschuß $0.31 \% \frac{\Delta k}{k}$ beträgt. Die genaue kritische Masse liegt bei etwa 3150 g.

b) Überschußreaktivität des Reaktorcores I mit zwei zusätzlichen Brennstoffelementen.

Um die Wirkung der Kontrollstäbe und des Regelstabes messen zu können — beim 5×4 Core sind die Kontrollstäbe voll ausgefahren und der Regelstab nur zu einem Bruchteil eingefahren — mußten zwei weitere Standardelemente zugeladen werden. Die Überschußreaktivität, die dadurch erzielt wurde, betrug $2.7 \% \frac{\Delta k}{k}$

c) Stabeichungen.

1. 5×4 Core.

Die Abschaltreaktivität des Regelstabes wurde mit Hilfe der Periodenmessung bestimmt. Die

Reaktivität der Kontrollstäbe nach der Stabfallmethode.

2. 5×4 Core und 2 Standardelemente

Da die Stabfallmethode wegen der starken Abhängigkeit der Anzeige von der Lage der Spaltkammer zu ungenaue Werte liefert, wurde das Core mit der vorhererwähnten Überschußreaktivität von 2.7 % geladen, (Zwei zusätzliche Standardelemente). Es konnten dann auch die Trimm-Abschaltestäbe mit Hilfe der Periodenmessung geeicht werden. Dabei ergaben sich folgende Resultate:

Stab Nr. 1	3,2 % Abschaltreaktivität
Stab Nr. 2	1,73 % Abschaltreaktivität
Stab Nr. 3	2,3 % Abschaltreaktivität
Stab Nr. 4	1,23 % Abschaltreaktivität
Stab Nr. 5	2,84 % Abschaltreaktivität
Regelstab	0,27 % Abschaltreaktivität

In dem relativ kleinen Core und durch die eng zusammenliegenden Abschaltstäbe kommen Schatteneffekte stark zur Wirkung.

d) Reaktivitätswert eines zusätzlichen Elementes als Funktion seiner Stellung relativ zum 5×4 Core.

1. Bestimmung aus der Stellung der Trimm-Abschaltestäbe.

Dabei wurden alle Abschaltstäbe 100%-ig ausgefahren und nur der weit Entfernteste verändert. Diese Methode ist jedoch ungenau, da einerseits der Trimm-Abschaltstab mit einem anderen Core bestimmt wurde ($5 \times 4 + 2$ St), andererseits der Fluß stark verändert wurde.

2. Bestimmung aus der Reaktivität eines Trimm-Abschaltstabes, der mit der Periodenmethode geeicht wird.

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, daß die Reaktivität für das tatsächlich vorliegende Core bestimmt wird.

3. Bestimmung mit Hilfe einer unterkritischen Methode.

Bei eingebrachter Neutronenquelle wird am gerade noch unterkritischen Reaktor der Kehrwert der Zählrate bestimmt, dieser mit der resultierenden Zählrate nach rascher Entfernung des Elementes in Beziehung gesetzt. Als Vergleichswert für das Verhältnis der reziproken Zählraten dient die Reaktivität des Regelstabes.

e) Experimentelle Bestimmung der Gewichtsfunktion.

Zur Bestimmung der Temperaturverteilung, bzw. des Abbrandes der einzelnen Brennstoffele-

mente als Funktion ihrer Position im Core ist die Ermittlung der Gewichtsfunktion erforderlich. Rechnerisch ist diese Funktion aus Fluß und adjungierten Fluß gleichzusetzen. In der Praxis ist das das Quadrat des Flusses. Experimentell wurde die Gewichtsfunktion durch Einbringen von Absorberstreifen in die verschiedenen Elemente und Messen der resultierenden Reaktivitätsänderung auf Grund einer Periodenmessung bestimmt. Eine weitere Bestimmung der Gewichtsfunktion ist durch die Auswertung der relativen Flußmessung gegeben.

f) Bestimmung der Reaktorleistung.

Durch Aktivieren einer Goldfolie wurde die Leistungseichung des Reaktors durchgeführt. Bei allen bisherigen Nullenergieversuchen wurde eine Leistung von 10 Watt nicht überschritten, da die Versicherungspolizze bei Leistungen bis zu 10 Watt nur die halbe Prämie vorsieht.

g) Flußmessungen.

Die absolute Flußmessung wurde mit Goldfolien vorgenommen. Der derzeitige Fluß im Reaktor beträgt bei 10 Watt 10^8 n/cm²sec.

Mit Hilfe von Manganindrähten wurden relative Flußverteilungen bestimmt. Manganindrähte wurden in verschiedenen Brennstoffelementpositionen eingesetzt, die so aktivierten Drähte in Stücke

zerschnitten, und die Aktivität gemessen. Aus den gemessenen Kurven erkennt man deutlich die Zunahme des thermischen Flusses an der Unterseite des Reaktorcores. (Wirkung des Reflektors Aluminiumbodenplatte unten; oben Reflektorwirkung der Abschaltestäbe). Im Mittelteil ist ein cos-ähnlicher Verlauf gegeben.

Verschiedene Reaktorcoreanordnungen werden in der Folge auf ähnliche Art durchgemessen werden, wobei besonders der Einfluß der thermischen Kolonne und der Strahlrohre beachtet werden wird. Mit Beginn 1961 wird die Reaktorleistung auf ca. 25 kW erhöht werden, und mit Beginn April 1961 wird der Reaktorbetrieb bei voller Leistung möglich sein.

Am 20. Dezember 1960, also etwas mehr als zwei Monate nach der ersten Inbetriebnahme des Reaktors zeigt die Betriebsstatistik:

46 Inbetriebsetzungen mit einer Gesamtbetriebsdauer von 216 Stunden, 134 Stunden davon wurde die vorgegebene Leistung von 10 Watt erreicht.

Die Reaktorexperimente wurden von den Herren Dr. Bildstein, Dipl. Ing. Burtscher und Mitarbeitern ausgeführt.

Das erste Strahlrohrexperiment wurde kürzlich begonnen. Es handelt sich um die Herstellung und den Einbau einer Einrichtung zur Erzeugung und Messung eines kollimierten Strahles thermischer Neutronen.