

# DOSISMESSUNGEN IM UNTERRICHTSREAKTOR DER TU — BUDAPEST NACH DER REKONSTRUKTION

E. VIRÁGH

UNTERRICHTSREAKTOR DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT  
1521 BUDAPEST, UNGARN

Der Unterrichtsreaktor der TU — Budapest wurde zwischen 1979–81 rekonstruiert und die Reaktorleistung auf 100 kW erhöht. Diese Arbeit enthält die wichtigsten Messergebnisse des gemischten Reaktor-Strahlenfeldes.

## Einleitung

Der Unterrichtsreaktor der TU—Budapest ist seit Juni 1971 in Betrieb. Die Maximalleistung des Reaktors betrug anfangs 10 kW. Zwischen 1979–81 wurde der Reaktor rekonstruiert und auch die Reaktorleistung auf 100 kW erhöht. Auf Grund dieser erhöhten Leistungsfähigkeit werden in dieser Arbeit einige Messergebnisse vorgelegt.

## Der Unterrichtsreaktor in Budapest

Der Unterrichtsreaktor der TU—Budapest liegt in der Stadtmitte neben der Donau, unweit der Freiheitsbrücke. Das Reaktorgebäude ist ein halbkugelförmiger Bau (Abb. 1) in dessen Mitte der Reaktor mit biologischer Abschirmung untergebracht ist. Abb. 2 zeigt den Grundriss des Reaktors. In der Spaltzone befinden sich die Brennstoffkassetten, EK-10 Brennstoffelemente aus der UdSSR enthaltend, die mit 10%  $^{235}\text{U}$  angereichert wurden. Das Moderatormaterial im Reaktor besteht aus Graphit und Wasser. Der Reaktor hat 5 horizontale Kanäle, 1 sog. Bestrahlungstunnel und 23 senkrechte Kanäle (Abb. 3). Zur senkrechten Abschirmung befindet sich über der Spaltzone eine Wasserschicht von 4.80 m. Tabelle I zeigt die wichtigsten Angaben des Reaktors.

## Strahlungsmessgeräte und ihre Kalibrierung

Bei den Dosismessungen wurden verschiedene Strahlungsmessgeräte verwendet:

- VA-J-18 Gammadosisleistungsmessgerät (DDR) mit der VA-K-253 Ionisationskammer;
- VA-J-15 Gammadosisleistungsmessgerät (DDR);

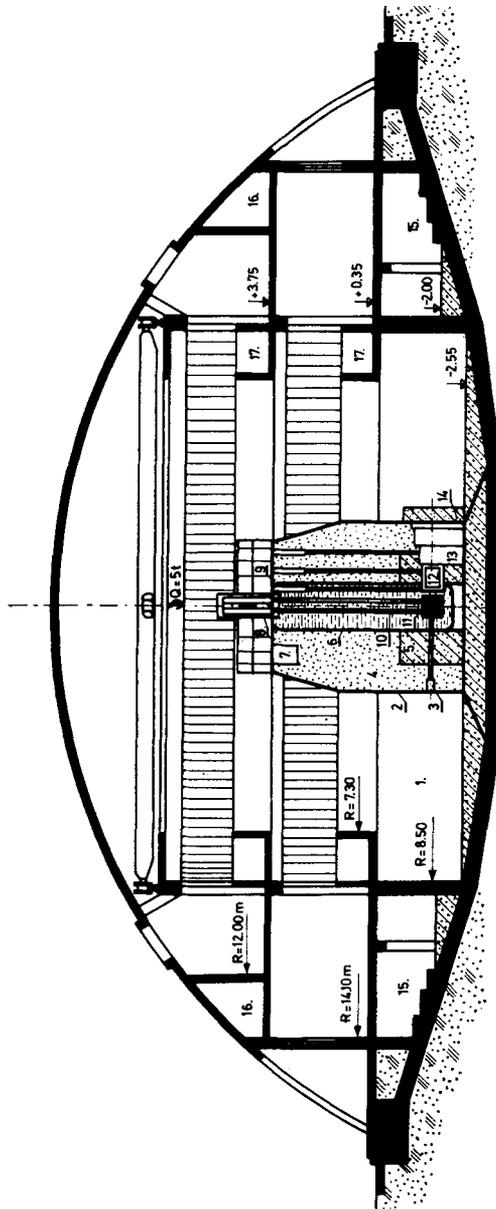


Abb. 1. Das Reaktorgebäude. 1 — Reaktorhalle; 2 — Reaktorblock; 3 — Horizontalkanal; 4 — Normalbetonabschirmung; 5 — Schwerbetonabschirmung; 6 — Reaktortank; 7 — Versuchsschacht; 8 — Plexiglasschutz; 9 — Vertikalkanäle; 10 — Sicherheits- und Regelungstäube; 11 — Aktive Zone; 12 — Wassertank; 13 — Bestrahlungstunnel; 14 — Schwerbetonblock für Zusatzabschirmung; 15 — Kellerräume; 16 — Technologische Räume; 17 — Innerer Rundkorridor.

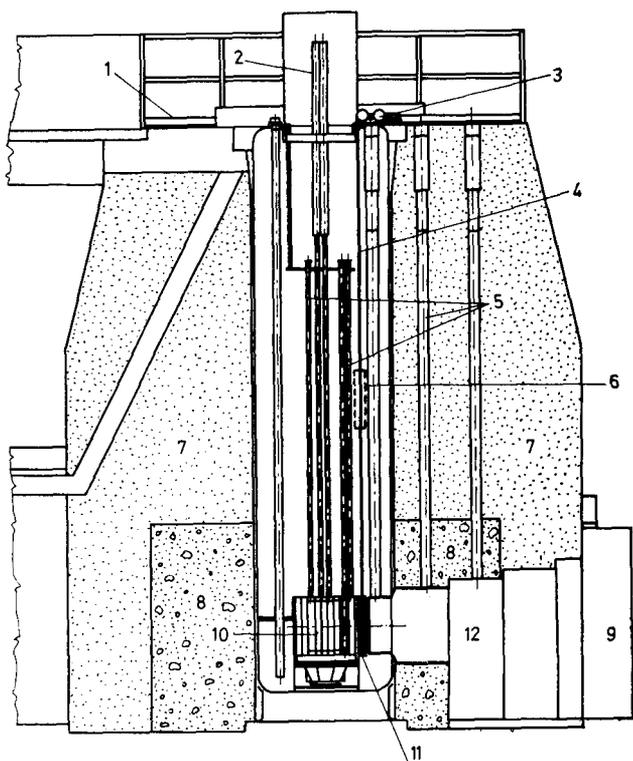


Abb. 2. Der Grundriss des Reaktors. 1 — Reaktorbrücke; 2 — Sicherheits- und Regelungsstäbe; 2 — Motor; 4 — Aufhängung der Bleiabschirmung; 5 — Vertikalkanäle; 6 — Bleiabschirmung während des Reaktorbetriebs; 7 — Normalbeton; 8 — Schwerbeton; 9 — Schwerbetonblock für Zusatzabschirmung; 10 — Aktive Zone; 11 — 7 cm Bleiabschirmung bei der Öffnung des Tunnels; 12 — Bestrahlungstunnel.

- RUP-I. Universalradiometer mit einer GM-Sonde für die Gammadosisleistungsmessung;
- RUST Strahlungsmessgerät (Polen) mit einer SSNT-2 Sonde, die ein Bonnerzähler für Neutronendosisleistungsmessungen ist;
- LiF und CaF<sub>2</sub> TL-Detektoren und das TL-Auswertegerät VICTOREEN 2800 (USA).

Bei den Messungen wurden die Messergebnisse in Äquivalentdosis (Sv) angegeben, wobei in den Rechnungen der Zusammenhang

$$100 \text{ R} \sim 1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$$

berücksichtigt ist.

Bei der Kalibrierung der Dosismessgeräte wurden folgende Strahlungsquellen verwendet:

- <sup>137</sup>Cs Gammastrahlungsquelle mit 954 MBq (25,8 mCi) Aktivität;
- Pu-Be Neutronenquelle mit  $2.25 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$  Quellstärke.

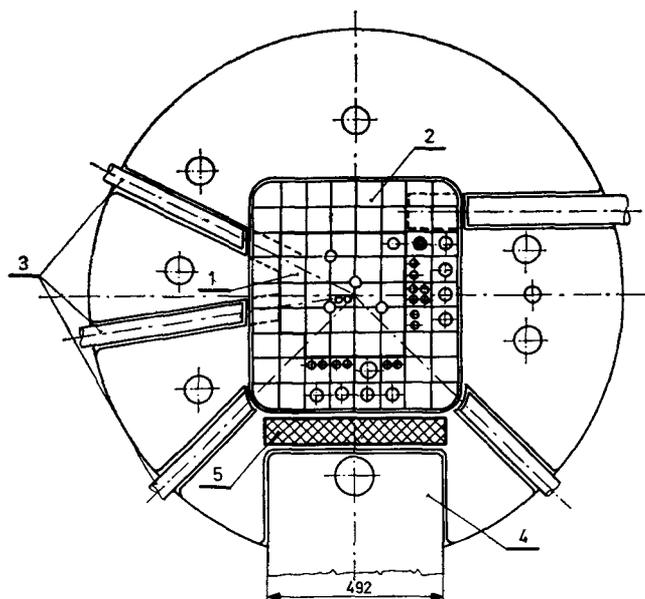


Abb. 3. Die aktive Zone (nach der Rekonstruktion). 1 — Brennstoffelemente; 2 — Graphit; 3 — Horizontalkanäle; 4 — Bestrahlungstunnel; 5 — 7 cm Bleischutz.

Tabelle I

Die wichtigsten Daten des Unterrichtsreaktors  
nach der Rekonstruktion

Reaktorleistung (thermisch)	100 kW
Typ der Brennstoffelemente	VVRS-EK-10
Kritische Masse in der Spaltzone (min.)	2470 g $^{235}\text{U}$
Eingebauter Brennstoff	2952 g $^{235}\text{U}$
Reaktivitätsmaximum	170 C
Neutronenfluss (thermisch bei 100 kW)	max. $2,7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Horizontale Kanäle	5
Senkrechte Kanäle	23
Bestrahlungstunnel	1
Abschirmung des Reaktors:	2 m Beton
in seitlicher Richtung	(1,1 m Schwerbeton + 0,9 m Normalbeton)
in senkrechter Richtung	4,8 m Leichtwasser

## Dosismessungen

Es werden die wichtigsten Messergebnisse der Neutronen- und Gammadosismessungen an verschiedenen Stellen des Reaktors zusammengefasst.

Viele Messungen wurden bei geöffneten Horizontalkanälen durchgeführt. Bei den Messungen wurde die VA-J-18, VA-K-253 Kombination angewendet. Die Gammadosisleistungen bei geöffneten Horizontalkanälen sind in Tabelle II zusammengefasst. Tabelle III zeigt den Zusammenhang zwischen Reaktorleistung und Gammadosisleistung bei Horizontalkanal II.

Der Bestrahlungstunnel ist potenziell die gefährlichste Stelle der Reaktorhalle, weil die äussere Strahlenbelastungsmöglichkeit *nach* dem Reaktorbetrieb

**Tabelle II**

Gammadosisleistung bei 100 kW im Primärbündel der Horizontalkanäle (VA-J-18)

Horizontalkanal	I.	II.	III.*	IV.	V.
Gammadosisleistung [Sv/h]	16,6	18,6	1,4	3,8	14,8

\* In diesem Kanal befindet sich eine Bi-Abschirmung.

**Tabelle III**

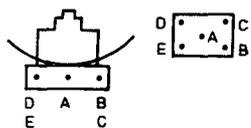
Zusammenhang Reaktorleistung—Gammadosisleistung im Primärbündel des Horizontalkanals II

Reaktorleistung [kW]	1	10	20	40	100
Gammadosisleistung [Sv/h]	0,18	1,86	3,78	6,72	18,6

**Tabelle IV**

Dosisleistungswerte in der Nähe des Bestrahlungstunnels bei 50 kW

Messtelle	A	B	C	D	E*
$\dot{D}_n + \dot{D}_\gamma$ [ $\mu$ Sv/h]	99	8	10	3	8



**Tabelle V**

Dosisleistungswerte auf dem oberen Teil des Reaktors bei 100 kW

Messtelle	A	B	C	D	E	F
$\dot{D}_n + \dot{D}_\gamma$ [ $\mu$ Sv/h]	129	141	136	133	151	8,5

an der Öffnung des Bestrahlungstunnels relativ hoch ist, wenn Personen in der Umgebung des Tunnels nicht vorsichtig sind. Aus Sicherheitsgründen wurde eine bewegliche Abschirmungswand aus 7 cm Blei in den Reaktortank eingebaut, die bei der Tunnelöffnung zwischen der Spaltzone und dem Bestrahlungstunnel herunterlassbar ist. Die 7 cm Bleiabschirmung reduziert die Gammadosisleistung nach unseren Messungen mit einem Faktor 20–25.

Der Bestrahlungstunnel ist zur Zeit mit Graphit als thermische Säule ausgekleidet. Vor dem Bestrahlungstunnel befindet sich ein 70 cm starker Betonschutz. Die Gamma- und Neutronendosisleistungen vor der biologischen Abschirmung sind in Tabelle IV zusammengefasst.

Abschliessend werden die Messergebnisse über dem 4.80 m hohen Wasserschutz der Spaltzone ausführlich dargelegt (siehe Tabelle V).

Viele Messungen wurden noch in verschiedenen Stellen des Reaktorgebäudes, z.B. in Laboratorien, bei den technischen Anlagen, u.s.w. durchgeführt, deren Ergebnisse hier jedoch nicht spezifiziert werden.

### Diskussion

Die gefährlichsten Stellen im Reaktorgebäude während des Reaktorbetriebs sind die Reaktorhalle mit den Horizontalkanälen und dem Bestrahlungstunnel, die Reaktorbrücke und die technischen Räume im Keller. Nach Ermittlung dieser Messergebnisse wurden im Interesse des Personals und der Studenten neue Vorschriften für den 100 kW Reaktorbetrieb herausgegeben. Einige wichtigere Punkte der neuen Strahlenschutzvorschrift sind:

1. Während des Reaktorbetriebes muss unter dem Betriebspersonal auch ein Strahlenschutzfachmann (Messtechniker) anwesend sein.

2. Der Versuchsleiter hat eine sogenannte "Versuchserlaubnis" auszufüllen und sie vom technischen Vizedirektor und dem Leiter der Strahlenschutzgruppe genehmigen zu lassen. Auf der Versuchserlaubnis ist auch der Abschirmungsplan angegeben.

3. Bei den Versuchen auf der Reaktorbrücke, in der Reaktorhalle und bei der Arbeit in den technischen Räumen ist die Anwesenheit des Messtechnikers notwendig. Von diesem ist vor Beginn des Versuches die Dosisleistung an allen Arbeitsplätzen zu ermitteln.

### LITERATUR

E. VIRÁGH, Dosismessungen bei erhöhter Leistung (100 kW). Beilage 1 der Genehmigungsdokumentation, Unterrichtsreaktor der TU Budapest, März 1981 (ungarisch).