**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 77 (1986)

**Heft:** 23

**Artikel:** Der Hochtemperaturreaktor : eine technische Innovation

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-904313

**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:** 10.07.2025

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

# Der Hochtemperaturreaktor – eine technische Innovation

Der Hochtemperaturreaktor (HTR) mit kugelförmigen Brennelementen hat als fortschrittliche Reaktorlinie die Schwelle der Marktreife erreicht. Das erste deutsche HTR-Projekt ist das von BBC und ihrer Beteiligungsgesellschaft Hochtemperatur-Reaktorbau GmbH (HRB) errichtete 15-MW-AVR-Versuchskernkraftwerk in Jülich (Nordrhein-Westfalen). Dieser Reaktor ging 1967 in Betrieb. Hohe Verfügbarkeit, hohe Abbrandwerte der Brennelemente, Kühlmitteltemperaturen von 950 °C, eine äusserst niedrige Kühlgasaktivität und Strahlenbelastung kennzeichnen den Betrieb des AVR.

Der zweite deutsche HTR ist das 300-MW-Prototyp-Kernkraftwerk THTR-300 in Hamm-Uentrop. Diese vom Firmenkonsortium BBC/HRB/Nukem errichtete Anlage liefert seit November 1985 Strom in das öffentliche Netz. Mit dem THTR-300 wurde das atomrechtliche Genehmigungsverfahren in der Bundesrepublik eingeführt, mit dem dafür erforderlichen Gutachter- und Behörden-Know-how. Ebenso wurde hiermit die kompetente Zuliefer-, Hersteller- und Betreiberindustrie aufgebaut.

Nächster Schritt der Markteinführung des HTR ist der Bau der HTR-500-Zweikreisanlage für Stromerzeugung, mit der Möglichkeit der Prozessdampfauskopplung.

## Funktionsweise

Der Kugelbett-Hochtemperaturreaktor ist ein Kernreaktor mit sehr einfachem Aufbau. Die nukleare Wärmequelle besteht aus einer losen Schüttung von tennisballgrossen Brennelementen, die den Reaktorkern bilden (Fig. 1). Die kugelförmigen Brennelemente mit einem Durchmesser von etwa 60 mm bestehen aus Graphit, in dem der Brennstoff Uran in Form von beschichteten Teilchen von weniger als 1 mm Durchmesser eingebettet ist. Die Beschichtung der Brennstoffteilchen mit Pyrokohlenstoff und Siliziumkarbid dient der Spaltproduktrückhaltung. Die Brennstoffteilchen können neben Uran auch Thorium enthalten; dieses ist selbst nicht spaltbar, wird aber während des Reaktorbetriebs in hochwertiges, spaltbares Uran umgewandelt und trägt so zur Leistungserzeugung bei. Etwa 30 000 solcher Brennstoffteilchen befinden sich innerhalb einer Kugel, jedes mit einem eigenen Aktivitätseinschluss. Etwa 300 000 bis 1 Million dieser Kugeln – entsprechend der Leistung zwischen 100 und 500 MW – bilden den Reaktorkern.

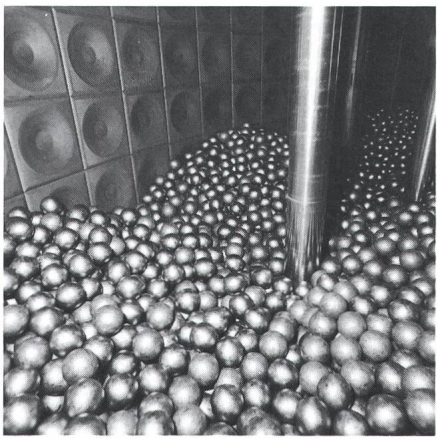

**Fig. 1 Blick in den Reaktorkern des Kugelbett-Hochtemperaturreaktors THTR-300**

Der schematische Aufbau und die Wirkungsweise eines Hochtemperaturreaktors als Zweikreisanlage zur Strom- und Prozessdampferzeugung sind in Figur 2 dargestellt. Der Reaktorkern ist von einem als Reflektor wirkenden, zylindrischen Graphitaufbau umschlossen. Die grosse Graphitmasse hat eine hohe Wärmekapazität, so dass bei Störfällen nur langsame Temperaturtransienten möglich sind.

Die Brennelemente werden während des Leistungsbetriebs kontinuierlich von oben zugegeben, durchwandern den Reaktorkern und werden schliesslich in einem oder mehreren trichterförmigen Kugelabzugsrohren durch Schwerkraft abgegeben.

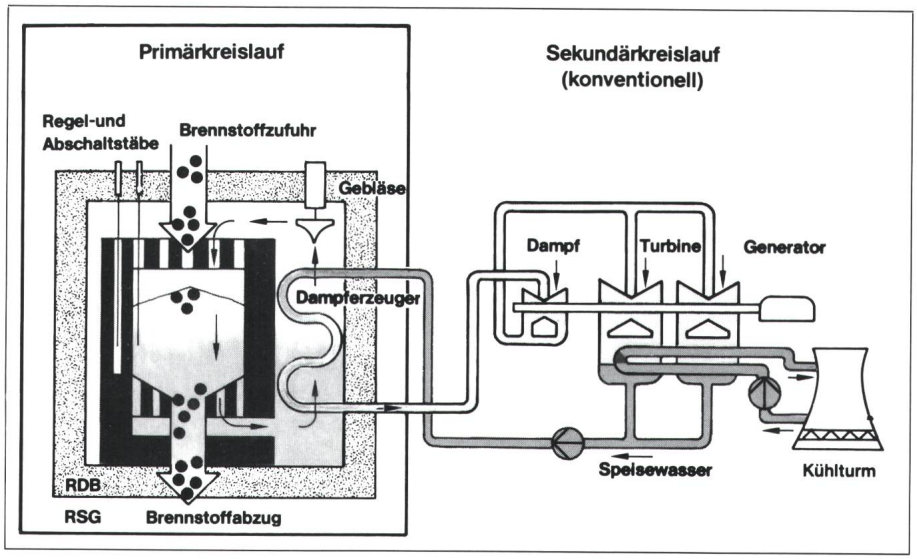


**Fig. 2 Schematischer Aufbau eines Hochtemperaturreaktors als Zweikreisanlage zur Strom- und Prozessdampferzeugung**

*Quelle:* BBC-Presseinformation

Durch die kontinuierliche Beschickung des HTR entfallen Abschaltpausen zum Brennelementwechsel, d.h. der Kugelbett-HTR ermöglicht deshalb eine hohe Verfügbarkeit. Die Kühlung des Kugelbettes erfolgt durch Helium, das durch die Kugelschüttung strömt. Es wird dabei je nach Anwendungszweck auf 700 bis 950 °C erhitzt und gibt seine Wärme in Wärmetauschern, insbesondere in Dampferzeugern, wieder ab. Gebläse fördern das abgekühlte Helium zum Kugelbett zurück. Zur Regelung und Schnellabschaltung eines Kugelbettreaktors dienen Absorberstäbe, die in senkrechte Bohrungen des Seitenreflektors bzw. direkt in das Kugelbett einfahren.

Alle Komponenten des Primärkreislaufs sind in einem Reaktordruckbehälter eingeschlossen (integrierte Bauweise). Ab einer Leistung von 300 MW wird der Reaktordruckbehälter als Spannbetonbehälter ausgeführt. Kleinreaktoren mit 100-MW-Leistung besitzen einen Stahldruckbehälter. Der Sekundärkreislauf ist beim HTR konventionell ausgeführt.

Der HTR bietet folgende wesentliche Vorteile:
- Hoher thermischer Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung (etwa 40%), daher geringe Abwärmebelastung der Umgebung,
- Eignung für Trockenkühlung und damit für wasserarme Standorte, keine Dampfschwaden,
- Bedienung des gesamten Wärmemarktes mit Temperaturen bis zu 950 °C,
- hohe inhärente Sicherheit, damit Eignung für verbrauchernahe Errichtung,
- kontinuierliche Zu- und Abgabe der Brennelemente, damit Wegfall von Abschaltpausen beim Brennelement-Wechsel,
- Flexibilität bei der Brennstoffversorgung durch den Einsatz von hoch-, mittel- und niedrigangereichertem Uran. Umstellung des Brennstoffkreislaufs in bestehender Anlage möglich,
- Flexibilität bei der Entsorgung aufgrund der Eignung abgebrannter Brennelemente für Langzeitlagerung,
- einfache Handhabung und «gutmütiges» Betriebsverhalten.

# *Neue Trolleybusse für die Verkehrsbetriebe Zürich*

Aus wirtschaftlichen Gründen waren die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) gezwungen, während mehrerer Jahre die Investitionen auf ein Minimum zu beschränken. Dies hatte zur Folge, dass für den Ersatz von Bussen und Strassenbahnwagen ein zehnjähriger Beschaffungsstopp (1975–1985) eingeleitet wurde.

Nach der verlängerten Einsatzzeit wird nun aber der Ersatz ausgedienter Fahrzeuge unumgänglich: erhöhter Unterhalt, Schwierigkeiten mit Ersatzteilen, Umweltprobleme (Abgase, Lärm), betriebliche Nachteile (Fassungsvermögen, Heizung, Türen). Das Einsatzende zweier Trolleybusserien ist auf 1986/87 festgelegt:

32 Gelenktrolleybusse Nr. 102–133 (1959–1964)

10 Standardtrolleybusse Nr. 1–10 (1956–1957)

Nach Unterlagen einer Pressekonferenz der Verkehrsbetriebe Zürich sowie Dokumenten von BBC-Sécheron SA.

Die 31 Gelenktrolleybusse Nr. 70–100 aus den Jahren 1974/75 sollen dagegen noch bis 1995 betrieben werden. In den kommenden Jahren müssen aber auch 92 Autobusse und 94 Gelenkautobusse stillgelegt werden.

Die Anzahl der zu beschaffenden Trolleybusse ist noch nicht festgelegt. Grundsätzlich ist geplant, den Trolleybusbetrieb zulasten der Dieselfahrzeuge etwas auszudehnen; auch denkt man an verschiedene Verlängerungen bestehender Linien (Klusplatz–Bellevue, Hegibach–Seefeld).

## Mechanischer Teil

Die zeitlich fast zusammenfallenden Beschaffungen von Autobussen und Trolleybussen haben zur Forderung geführt, dass alle Fahrzeuge auf möglichst vielen identischen Normelementen basieren, d.h. die Standardbusse, Gelenkautobusse und Gelenktrolleybusse sollen einer einzigen «Busfamilie» entstammen. Dies hat u.a. den Vorteil, dass am Ersatzteillager gespart werden kann, weniger Spezialwerkzeuge benötigt werden und zudem der Aufwand für die Instruktion des technischen Personals und des Fahrpersonals, aber auch für Unterhaltsvorschriften kleiner ist.

Dem Stand der technischen Kenntnisse entsprechend ist es heute möglich, eine Fahrzeugqualität zu fordern, bei der ausser dem mechanischen Unterhalt auf Generalrevisionen im herkömmlichen Sinn verzichtet werden kann, d.h. dass die Fahrzeuge während etwa 15 Jahren mit geringem Unterhaltsaufwand eingesetzt werden können.

Die zu ersetzenden Gelenktrolleybusse verfügen über einen zweiachsigen Antrieb. Aus Spargründen wird bei den neuen Fahrzeugen die zweite Achse von einem serienmässigen Dieselaggregat angetrieben, das bei Bedarf zugeschaltet wird und auch als Notaggregat dient.

Die Wahl fiel auf die Busfamilie 0405 GTZ von Mercedes-Benz. In Anbetracht der geplanten Grossserie von Fahrzeugen wurde zuerst ein Prototyptrolleybus «ab Stange» bestellt, bei dem nur die wichtigsten VBZ-Spezialwünsche berücksichtigt wurden. Dieser Prototyp ist nun seit einigen Wochen im Kurseinsatz (Fig. 1). Er weist insbesondere folgende Merkmale auf:
- drei (statt bisher vier) Türen,
- grösseres Sitzplatzangebot, stoffbepolsterte Schalensitze,
- tiefere Wagenböden, grosse Innenhöhe, flache Ein- und Ausstiegswinkel,
- verbesserter Fahrkomfort dank Luftfederung,
- verbesserte Elektrowasserheizung,
- geräuschgekapselter Fahrmotor, ebenso Hilfsbetriebsgruppe und Notfahraggregat,
- grössere Fahrsicherheit dank Antischlupfsystem,
- ein Sitz mit verschiedenen Zusatzeinrichtungen für Behinderte.