

Hydrodynamische Schwingungsanregung und Stabilisierung im Core des Hochflußreaktors Grenoble

D. Hein, H. Klöpffer
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.

F. Mayinger
Technische Universität Hannover

Die hohe Neutronenfluß- und Leistungsdichte des Hochflußreaktors Grenoble machten zum Teil neuartige Konstruktionen und damit auch die Überprüfung der Realisierbarkeit und Sicherheit der vorgesehenen technischen Lösungen notwendig. So wird beim Brennelementwechsel das Strukturmaterial, das das Element umgibt und das dem hohen Neutronenfluß ausgesetzt ist, mit ausgewechselt. Das Brennelement sitzt frei auf einer balligen Fläche auf und kann im Kaminunterteil horizontale Bewegungen ausführen. Da die Gefahr besteht, daß durch ein Schlagen des Elementes eine mechanische Zerstörung des Kaminunterteils verursacht werden kann, wurden im Versuchsfeld für Kernkraftanlagen der *Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.* im Auftrag des *Instituts Max von Laue—Paul Langevin* Untersuchungen über das Schwingungsverhalten des hydraulisch zentrierten Brennelementes durchgeführt.

Um die Versuchsbedingungen den Reaktorverhältnissen möglichst weitgehend nachzubilden, wurde für die Untersuchungen ein Modell des Reaktors in natürlicher Größe errichtet. Die in Abb. 1 gezeigte Versuchsanordnung erlaubt Mengenströme bis zu 2000 m³/h, d. h. bis zum Nenndurchsatz des Reaktors. Aus Abb. 2 ist die Strömungsführung und die Anordnung des Brennelementes zu ersehen.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. D. Hein, Ing. H. Klöpffer, Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG., 8500 Nürnberg, Katzwanger Straße 101;
Prof. Dr. F. Mayinger, Technische Universität Hannover, 3000 Hannover, Welfengarten 1.

Das Element wird durch die Abwärtsströmung auf seinen Sitz gedrückt; die Zentrierung am Kopf des Elementes erfolgt durch eine Leckwassermenge, die zwischen Kaminunterteil und Brennelementkopf hindurchtritt. Die zentrierende Wirkung beruht dabei auf der Tatsache, daß sich bei einem exzentrischen Spalt die Mengenströme so einstellen, daß der Druckverlust über die einzelnen Segmente gleich ist. Damit ergeben sich in Abhängigkeit von der Spaltweite unterschiedliche Verläufe des statischen Druckes in den Segmenten, und das Brennelement wird in Richtung der Achse des Kaminunterteils gedrückt. Da die Kräfte mit kleiner werdender Exzentrizität abnehmen, ist zu erwarten, daß das Element geringe Bewegungen um seine zentrische Lage ausführt.

Während des Versuches wurden die Bewegungen des Brennelementes und des Kaminunterteils mit empfindlichen Wegaufnehmern in zwei zueinander senkrechten Ebenen relativ zu einem Fixpunkt aufgezeichnet. Den Fixpunkt bildete ein vom Versuchskreislauf völlig getrenntes Meßgerüst, womit eine Rückwirkung und damit Verfälschung der Schwingungen vermieden wurde. Zu Beginn einer Messung wurde ein genau definierter Nullpunkt festgelegt. Hierzu wurde das Element mit drei um 120° versetzten Schrauben im Kaminunterteil zentriert. Die genaue zentrische Lage wurde mit Präzisions-Fühllehren überprüft.

Die Zentrierfähigkeit des Systems durch die Leckmenge wurde durch folgende Versuche nachgewiesen:

- Verhalten des Elementes, wenn die Arretierung, die eine Zentrierung zu Beginn des Versuches garantiert, erst nach Erreichen des Nenndurchsatzes gelöst wird.
- Verhalten des Elementes beim Einschalten der Umwälzpumpe ohne vorherige Arretierung.

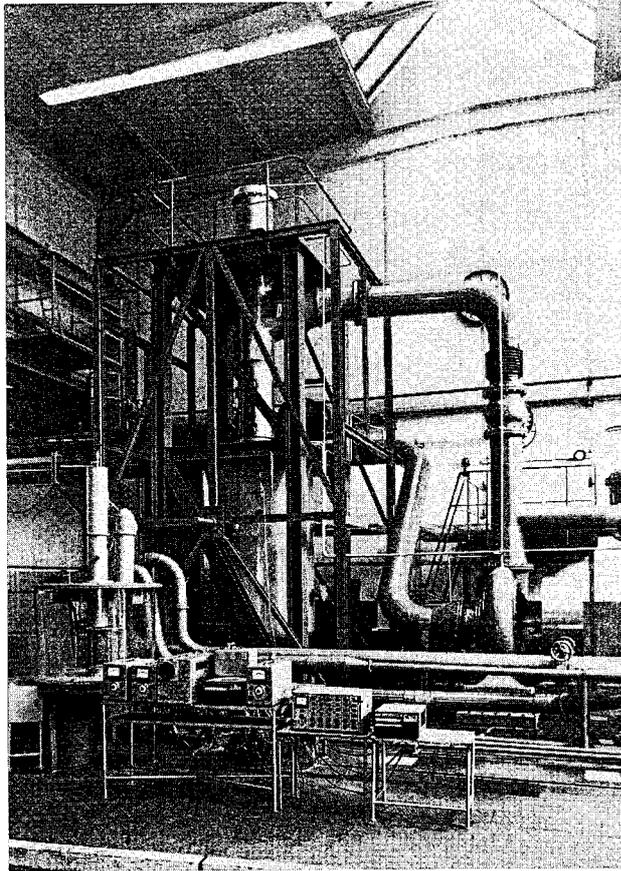


Abb. 1: Versuchskreislauf mit Modell des HochfluBreaktors Grenoble.

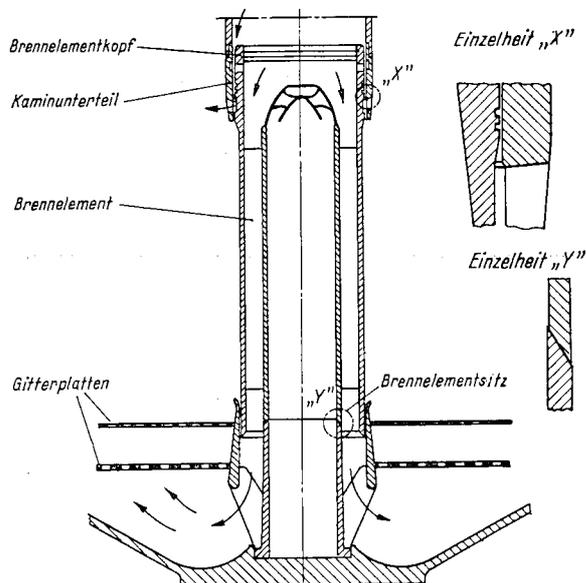


Abb. 2: Anordnung des Brennelementes und Strömungsführung.

Eine Aufzeichnung der Bewegungen des Brennelementkopfes in x- und y-Richtung für den ersten Fall ist in Abb. 3 wiedergegeben. Aus dem Oszillogramm ist zu entnehmen, daß das Brennelement die einmal eingennommene Lage beibehält und nur geringe Taumelbewegungen um die neue Nulllage ausführt, ohne jedoch das Kaminunterteil zu berühren. Auch bei der zweiten Versuchsreihe, bei der das Element zu Beginn des Versuches die größtmögliche Exzentrizität innehatte, nahm das Brennelement bei Erreichen des Nenndurchsatzes die gleiche Lage ein wie in Versuchsreihe 1.

Infolge einer rechtwinkligen Strömungsumlenkung in der Zuströmung zum Kamin und des dadurch bewirkten Staudruckes wird der Kamin leicht verformt. Dies hat zur Folge, daß das Kaminunterteil um ca. 200 μ auswandert. Auf Grund der guten Zentrierfähigkeit folgt das Element dieser Bewegung. Als Ergebnis kann somit festgehalten werden, daß das Brennelement stets im Kaminunterteil zentriert wird und auch bei Teillastmengenströmen eine Berührung von Element und Kamin nicht zu befürchten ist.

Neben der horizontalen Bewegung des Elementes war die Beanspruchung des Brennelementesitzes zu untersuchen. Stark wechselnde Kräfte können hier zu einem Kaltverschweißen der Sitzflächen führen. Messungen über den Geschwindigkeitsverlauf vor und hinter den Brennelementplatten sowie im Brennelement selbst lassen erkennen, daß sich Störungen in der Zuströmung nicht durch das Element hindurch fortpflanzen können. Damit können Kraftänderungen, die den Sitz gefährden, nur von Strö-

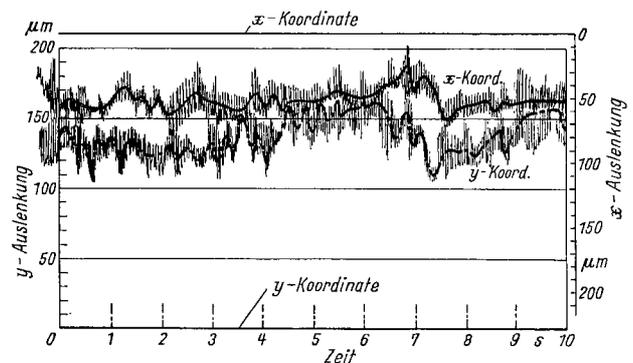


Abb. 3: Oszillogramm über die Bewegungen des Brennelementkopfes.

mungsschwankungen vor und hinter dem Element herführen.

Zur Messung der Kraft, mit der das Element auf seinem Sitz lastet, wurde eine Kraftmeßdose so eingebaut, daß zwischen den beiden Flächen des Sitzes ein Spalt von ca. 1 mm entstand. Als Ergebnis wurde festgestellt, daß das Element beim Nenndurchsatz des Reaktors mit einer Kraft von 11,5 Mp auf seinen Sitz drückt und die Kraftänderungen auf Grund von Strömungsschwankungen unbedeutend klein sind. Das bedeutet, daß der Brennelementsitz statisch beansprucht wird.

Damit konnte nachgewiesen werden, daß die hydraulische Zentrierung des Elementes den gestellten Anforderungen genügt und der Brennelementsitz nicht durch stark wechselnde Kräfte unzulässig beansprucht wird.

(Eingegangen am 16. 7. 70)