

Diss. ETH 5528

**Instationäre Strömungsvorgänge im Modell
eines Leichtwasserreaktors**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

GERARD CAPITAINE
dipl. Masch. Ing. ETH
geboren am 15. November 1943
von Roches (Kt. Bern)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. N. Rott, Referent
Prof. Dr. J. Ackeret, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1975

3.5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Untersuchung der Eigenschaften der strömungsbedingten Wanddruckschwankungen, die am Hitzeschild und in den Einlaufrohren des Modelles eines Leichtwasserreaktors auftreten.

3.5.1. Eigenschaften der gemessenen Druckschwankungen am Hitzeschild

Eliminiert man die akustisch bedingten Druckschwankungen (denn sie haben keine Modellähnlichkeit mit dem Original-Reaktor), so verbleiben die strömungsbedingten Druckschwankungen.

Im untersuchten Re-Bereich ist die dimensionslose Leistungsspektrumsdichte der strömungsbedingten Druckschwankungen unabhängig von der Reynolds-Zahl. Die im Modell gemessenen Druckschwankungen (bezogen auf einen charakteristischen Staudruck), haben die gleiche Grössenordnung wie diejenigen, die in einer Grossausführung gemessen wurden.

Frequenz

Die stärksten Druckschwankungen liegen im Frequenzbereich:

$$f^* = f \cdot D_E / u_E \leq 0,6$$

Die Leistungsspektrumsdichte der Drücke ist gekennzeichnet durch zwei Spitzen (SD1 und SD2). SD1 ($f^* = 0,07$) entspricht einer periodischen und SD2 ($f^* = 0,43$) einer schmalbandigen, stochastischen Druckschwankung.

Amplitude

Die Standard-Abweichung der Druckschwankungen beträgt $\sqrt{p^2}/q_E \leq 0,24$

Die Amplitudenwahrscheinlichkeitsdichte der Drücke am Hitzeschild entspricht im wesentlichen einer Gauss'schen Verteilung.

Räumliche Korrelationen

Die Druckschwankungen am Hitzeschild sind korreliert über Abstände, die von der Grössenordnung der Schildabmessungen sind. Die Druckschwankungen des einen Ringspaltes sind im allgemeinen schwach korreliert mit den Druckschwankungen des anderen Ringspaltes.

3.5.2. Ursachen der starken Druckschwankungen

Der Krümmer und der nachgeschaltete Diffusor, die in die Einlaufrohre eingebaut sind, verursachen Strömungsverhältnisse, bei denen SD1 und SD2 entstehen.

Am Hitzeschild findet in der Nähe der Eintrittskante offenbar eine Ablösung statt. Im Gebiet - stromaufwärts der Einläufe -, in welchem die Ablösungszone endet, zwingt der Einlauf dem Strömungsfeld einen starken positiven Druckgradienten auf. Dort entstehen die stärksten Druckschwankungen. Bemerkenswert ist, dass die Leistungsspektrumsdichte dieser starken Druckschwankungen denselben Charakter aufweist wie die Leistungsspektrumsdichte der Druckschwankungen im Einlaufrohr (gleichzeitiges Auftreten von SD1 und SD2).

Die Einlaufgeometrie kann somit einen tiefgreifenden Einfluss auf die Strömungsverhältnisse am Hitzeschild ausüben, insbesondere, was die Stärke und die Lage der grössten Druckschwankungen anbelangt.

3.5.3. Instationäre Lasten am Hitzeschild

Es wurde festgestellt, dass die Eigenfrequenz der Ovalisierungsschwingung (vom Hitzeschild in Leichtwasserreaktoren) im Frequenzband der grössten Druckschwankungen liegt.

Die maximalen beobachteten Amplituden der Druckschwankungen erreichen 70% des Staudruckes der Einlaufströmung. Umgerechnet auf die Grossausführung liegen diese Druckspitzen in der Grössenordnung von $4 \cdot 10^3 \text{ Kp/m}^2$. Es können also grosse instationäre Teillasten entstehen, die den Hitzeschild zu Ovalisierungsschwingungen anregen. Eine Abschätzung der generalisierten Last wurde in Anhang I hergeleitet. Wegen der Symmetrieeigenschaften (Polarsymetrie) der Verteilung der mittleren Drücke konnte keine mittlere Kraft ermittelt werden. Auch die Verteilung der Druckschwankungen und die Verteilung der räumlichen Korrelation lassen aus den vorliegenden Messungen keine resultierende instationäre Drucklast in Querrichtung mit Sicherheit bestimmen. Auf die Abschätzung einer oberen Schranke in Anhang I ist schon hingewiesen worden.