Zerlegung und Nachuntersuchung des ersten KNK II-Defektelementes

H. Enderlein

Vortrag zur 20. Sitzung der Euratom-Arbeitsgruppe

"Heiße Laboratorien und Fernbedienungstechnik"

am 21./22.5.81 im Transurane-Institut, Karlsruhe

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	1
1. Einleitung	2
2. Brennelement	3
3. Zerlegevorrichtung	4
4. Zerlegung	5
5. Untersuchung der Einzelstäbe	5
6. Verbesserungen der gegenwärtigen Zerlegetechnik	8

Zusammenfassung

Der Vortrag behandelt die Untersuchung und Zerlegung des ersten defekten Brennelementes aus der KNK II. Dabei wird auf den Aufbau und die Daten des BE's eingegangen (Abbrand 1,2 %, Abkühlzeit seit 1.4.79, nicht von Natrium gereinigt). Der Aufbau der Zerlegevorrichtung und die Vorgehensweise bei der Zerlegung des BE's und der Stabvereinzelung werden beschrieben. Die Untersuchungen der Einzelstäbe haben das Ziel, den oder die defekten Stäbe zu identifizieren; sie bestehen aus einer visuellen Inspektion mit vorheriger Reinigung, einem Blasen-Lecktest und einer Gasmessung. Die dabei gefundenen Ergebnisse werden gezeigt. Schließlich werden Verbesserungen an einer zweiten geplanten Zerlegevorrichtung beschrieben.

1. Einleitung

Die Zerlegung von Brennelementen ist auch für die heißen Zellen in Karlsruhe nicht neu. Bisherige Arbeiten in dieser Richtung beschränkten sich jedoch auf die Demontage einiger Elemente aus dem FR2, dem MZFR und dem KNK I mit jeweils wenigen Stäben, die ohne besondere Hilfsvorrichtungen zerlegt wurden.

Die Demontage von KNK II-Elementen mit über 200 Stäben pro Element war auf diese Art jedoch nicht mehr möglich. Deshalb begann 1978 die Konstruktion von speziellen Geräten zur Vermessung und Zerlegung dieser BE's sowie zur Nachuntersuchung der Einzelstäbe.

Im April 1979 zeigte das erste Element im KNK II einen Schaden. Nach seiner Entnahme aus dem Reaktor wurde im August 79 bei der zuständigen Aufsichtsbehörde der Antrag auf Genehmigung der Nachuntersuchung in unseren Heißen Zellen gestellt, dem schließlich im Juli 80 nach Erzeugung von rund einem Ordner voll Akten stattgegeben wurde. Diese Prozedur war notwendig, weil die Betriebsgenehmigung der Heißen Zellen auf den Umgang mit max. 10 kg Spaltstoff beschränkt ist, das Element jedoch ca. 18 kg enthält.

Die Zwischenzeit bis zur Erteilung der Genehmigung wurde dazu genutzt, die noch nicht abgeschlossene Konstruktion der Zerlegevorrichtung in Richtung einer Vereinfachung hin zu überarbeiten, um ihre Fertigung beschleunigen zu können. Die Vorrichtung wurde im Mai 70 fertiggestellt, in den Heißen Zellen schloß sich eine 6-wöchige Erprobung mit einem BE-Dummy an.

2. Brennelement

Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau des KNK II-Brennelementes. Es ist 225 cm lang und enthält 211 Einzelstäbe von 6 mm ø und 156 cm Länge.

Da das Ziel der Zerlegung das Auffinden des schadhaften Stabes ist, war der Wunsch verständlich, die Stäbe auch bereits vor dem Vereinzeln wenigstens partiell inspizieren zu können. Das Zerlegekonzept sieht daher vor, den Hüllkasten vor der Stabvereinzelung abzuziehen. Dazu müssen 12 verschweißte Querstifte, die den Hüllkasten mit der Stabhalteplatte verbinden, entfernt werden. Danach kann der Hüllkasten mit dem Kopf vom Stab-Bündel über die 8 Abstandshalter abgezogen werden. Nach Entfernen von 12 Schrauben zwischen Stabhalteplatte und Fußteil kann das Fußteil entfernt werden.

Die Stäbe selbst sind mit der Stabhalteplatte verschraubt, die Befestigungsmuttern mit den Endstopfen der Stäbe verschweißt. Zur Vereinzelung der Stäbe werden die einzelnen Muttern mit dem Gewindestück der Endstopfen in axialer Richtung abgebohrt, danach ein Stab nach dem anderen etwa 50 mm nach oben ausgestoßen und von oben aus dem Stabverband herausgezogen.

Das Defekt-BE hat einen mittleren Abbrand von 1,2 AT %, es kühlt seit April 79 ab.

Um den gesuchten Stabschaden nicht durch Reaktionen des Natriums zu verändern, wurde das Element lediglich mit einem trockenen Gasstrom abgeblasen. Hüllkasten und Stäbe sind infolgedessen mit den Abstandshaltern durch nicht abgetropftes Na verklebt; die gesamte Zerlegung und Schadenssuche muß unter Inertgas erfolgen.

3. Zerlegevorrichtung

Die Zerlegevorrichtung (Bild 2) ist ein Provisorium, das aus einer unter Zeitdruck getätigten Konstruktion und Fertigung resultiert. Sie ist 510 cm lang und belegt dadurch 2 der 3 Arbeitsplätze der Eingangszelle.

Im Prinzip besteht sie aus einem Grundgestell mit einem längsverfahrbaren Schlitten, der über zwei Hydraulikzylinder bewegt wird, und 2 festen Widerlagern an beiden Enden des Grundgestells. Auf dem Schlitten wird das BE beim Abziehen des Hüllkastens am Fuß, beim Ziehen der Einzelstäbe an 2 Abstandshaltern gespannt und längsbewegt. Beim Stabziehen stützt sich das BE außerdem axial über 6 Strukturstäbe seines Skeletts auf die Vorrichtung ab. An den Widerlagern sind senkrecht stehende Koordinatentische befestigt. Auf einem der Tische wird wechselweise die Bohrvorrichtung zum Abbohren der Muttern und der Bolzen zum Ausstoßen der Stäbe angebracht, auf dem anderen die Spannzange zum Festhalten des jeweils ausgedrückten Stabes. Das Bündel wird für jeden Stab zweimal gegen den ersten Tisch gefahren zum Bohren und Ausstoßen, danach zum gegenüberliegenden Tisch, wo der hervorstehende Stab gespannt wird. Beim Zurückfahren zum ersten Tisch wird dieser Stab aus dem Verband herausgezogen. Beide Tische werden motorisch in die Koordinaten der Achse des jeweiligen Stabes gefahren mit Hilfe einer digitalen Steuerung.

4. Zerlegung

Die Zerlegung des Brennelementes begann im September 80. Alle Einzelschritte liefen wie geplant ab.

Zum Abziehen des Hüllkastens vom Bündel wurde eine überraschend hohe Kraft von 660 kp benötigt. Die erreichbare Maximalkraft der Vorrichtung ist 800 kp.

Bilder 3 und 4 zeigen zwei Abschnitte des Bündels nach dem Abziehen des Hüllkastens und vor dem Ziehen der Stäbe, Bilder 5 - 7 das Abbohren der Muttern, das Ausstoßen und das Ziehen der Stäbe.

Die Druck- und Zugkräfte können über eine Druckmeßdose gemessen werden. Die Ausstoßkraft für einen Stab lag zwischen 9 und 12 kp, die Zugkraft beim Ziehbeginn betrug 1,5 kp.

Temperaturmessungen ergaben
am Hüllkasten des unzerlegten Elementes max. 95 °C,
am Stabbündel mit abgezogenem Hüllkasten max. 144 °C,
an Einzelstäben max. 5 K über Raumtemperatur.

5. Untersuchung der Einzelstäbe

Primäres Ziel der Untersuchungen war das Auffinden von Stabschäden. Beim Ziehen der Stäbe erfolgte jeweils vor Beginn einer neuen Stabreihe eine visuelle Inspektion der Oberseiten der oben liegenden Stäbe. Nach dem Vereinzeln wurde jeder Stab zunächst mit einer schwachen Säure feucht gereinigt, danach erfolgte eine detaillierte visuelle Inspektion. Dieser Arbeitsschritt war zeitbestimmend für die gesamte Zerlegung und Schadensuche.

Der Inspektion schloß sich eine Dichtheitsprüfung an, bei der je 5 Stäbe in einem auf 150°C aufgeheizten Rezipient von außen mit 30 bar Argon eine Stunde lang beaufschlagt wurden. Danach wurden sie rasch in ein Silikonölbad gelegt, das ebenfalls auf 150°C aufgeheizt war. Ein kleines Leck zeigt sich dabei durch Blasenbildung an, ein größeres wird zuvor bei der visuellen Inspektion entdeckt. Das Druckgas wurde beim Entspannen zusätzlich über eine Ionisationskammer geleitet, die einen Austritt von Spaltgas anzeigen sollte, es wurde also eine Art sipping-test durchgeführt. Das anhaftende Silikonöl wurde anschließend trocken abgewischt.

Die Prüfmethode des Blasentestes wurde bereits mehrfach erfolgreich angewendet, ihre Brauchbarkeit wurde auch jetzt an einem Dummy mit einem Testleck nachgewiesen. Bei den 211 Stäben des KNK-Elementes versagte sie jedoch; es wurde kein Leck gefunden.

Parallel dazu wurde an 32 bereits geprüften Stäben, die zur Wiederaufarbeitung in der Karlsruher Laboranlage MILLI bestimmt waren, der Spaltgasdruck gemessen. Dabei stellte sich einer der Stäbe als drucklos heraus; beim Auftrennen des Stabes wurde im Spaltgasraum eingedrungenes Natrium festgestellt. Damit wurde vorher nicht gerechnet. Nun war es verständlich, warum der Blasentest negativ verlaufen war. Er wurde zwar bei Temperaturen durchgeführt, die oberhalb der Natrium-Schmelztemperatur lagen, aber das reichte offensichtlich nicht aus, um Natrium-Reaktionsprodukte, die sich im Stabinneren gebildet hatten und das Leck verklebten, zu schmelzen.
Inzwischen hatte eine Wägung des Stabes eine Gewichtszunahme

um 4,8 g ergeben, damit war eine zweite Indikationsmethode zur Entdeckung von defekten Stäben gefunden worden.

Auch eine Wirbelstromprüfung zeigte das eingedrungene Natrium an. Bei ähnlichen Anzeigen bei der Wirbelstrommessung anderer Stäbe konnte jedoch nach dem Auftrennen kein Natrium gefunden werden. Leider stehen wir mit dieser Meßmethode erst am Beginn unserer Erfahrungen und können zur Zeit nur über ein Gerät mit einer fest einstellbaren Frequenz von 150 kHz verfügen.

Es wurde schließlich beschlossen, alle noch für einen weiteren Defekt in Frage kommenden Stäbe einem sipping-test bei höheren Temperaturen, und zwar bei 400 bis 500°C, zu unterziehen. Jeweils 10 bis 15 Stäbe werden dabei in einem Rezipient aufgeheizt, das Gas im Rezipienten abgesaugt und über eine γ-Durchflußmeßkammer geleitet. Ist deren Meßrate deutlich höher als der Nulleffekt, so wird die Messung mit der Hälfte der Stäbe wiederholt usw., bis der defekte Stab erkannt ist. Parallel dazu findet eine Gewichtskontrolle der Einzelstäbe statt.

Der hot-sipping-test wird in Frankreich seit 1972 bei der Prüfung von Rapsodie-Brennelementen erfolgreich angewendet. Leider wird dabei nicht der genaue Ort des Lecks gefunden. Nach dem Auffinden eines defekten Stabes muß deshalb das Leck noch lokalisiert werden, indem der Stab z.B. in einem Silikonölbad mit einem Gasinnendruck von 30 - 50 bar beaufschlagt und gleichzeitig auf einige Hundert K aufgeheizt wird, wobei sich das Leck durch Blasenbildung zeigen sollte.

Der oder die defekten Stäbe werden schließlich einer eingehenden Nachbestrahlungsuntersuchung unterzogen, wobei die Ursache des Lecks im Vordergrund der Untersuchungen steht.

6. Verbesserungen der gegenwärtigen Zerlegetechnik

Das nächste KNK II-Brennelement mit einem Stabschaden wird ab Herbst dieses Jahres auf der gleichen Zerlegevorrichtung demontiert werden, sein Abbrand beträgt 4,2 at.%.

1985 beginnt voraussichtlich die Zerlegung der Elemente des gesamten Erstkernes der KNK II in unseren Heißen Zellen, einschließlich der Nachuntersuchung ausgewählter Stäbe. Der Abbrand dieser Elemente wird mindestens 7 at.% betragen.

Um diese Elemente schneller zerlegen zu können, ist eine neue Zerlegevorrichtung in Planung mit folgenden Verbesserungen:

- Ansteuerung der Stabachsen über einen Rechner
- Zusammenbau aus einzelnen Baugruppen. Bei Nichtgebrauch ist eine schnelle Zerlegung möglich, um für anderes benötigten Zellenraum zu gewinnen
- mechanischer Antrieb wegen geringerer Baulänge und höherer Zuverlässigkeit in der Zelle
- Bewegungsmöglichkeiten des Elementes auch in der y-Koordinate, um einen Laserstrahl zum Trennen der Hüllkästen mit einsetzen zu können.

Eine weitere Beschleunigung bei der Zerlegung von BE's ohne Schäden läßt sich erreichen, indem bei nicht schadhaften BE's auf das Abziehen des Hüllkastens verzichtet wird und als erstes zwei Trennschnitte durch Kopf und Stabhalteplatte vor der Stabvereinzelung vorgenommen werden. Das zerstörungsfreie Demontieren mit anschließendem Ausbohren der Stäbe kann dann entfallen, und anstelle von Einzelstäben können Stabreihen oder sogar das ganze Bündel aus Hüllkasten und Abstandshaltern gezogen werden. Im einzelnen hängt die Vorgehensweise vom Typ des Brennelementes ab und von den einzelnen Untersuchungen, die daran vorgenommen werden sollen.

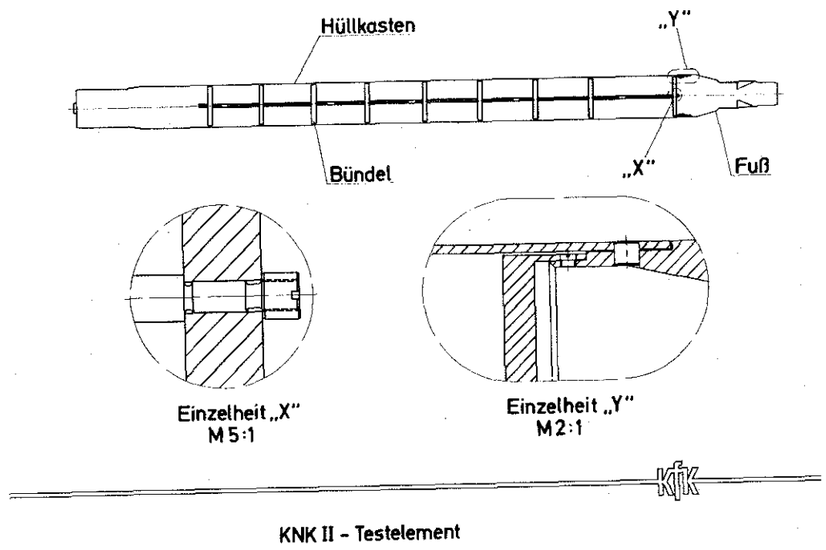


Bild 1: Schematischer Aufbau eines KNK-II-Brennelementes

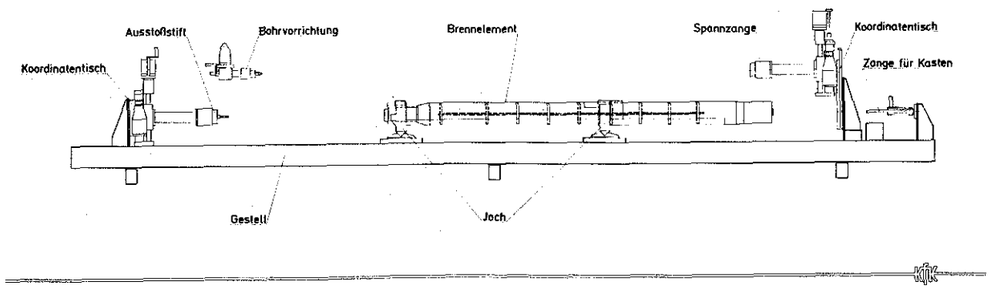


Bild 2: Schema der Zerlegevorrichtung für KNK-II-Brennelemente

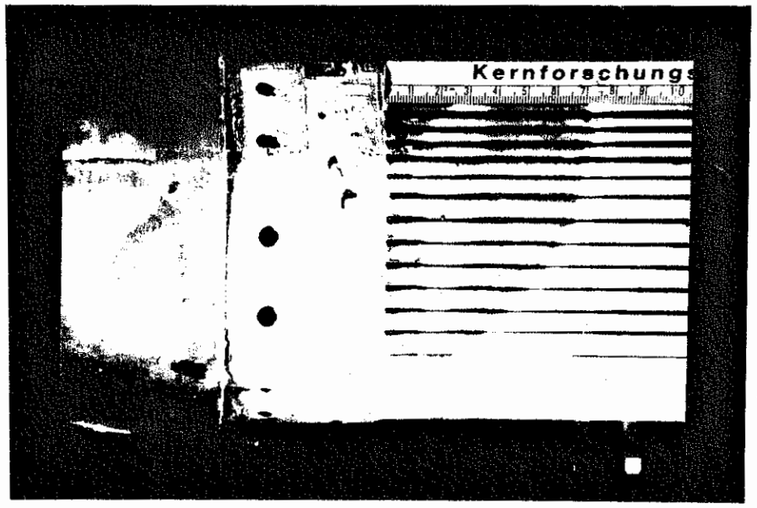


Bild 3: Unteres Teil des Stabbündels mit BE-Fuß nach Abziehen des Hüllkastens

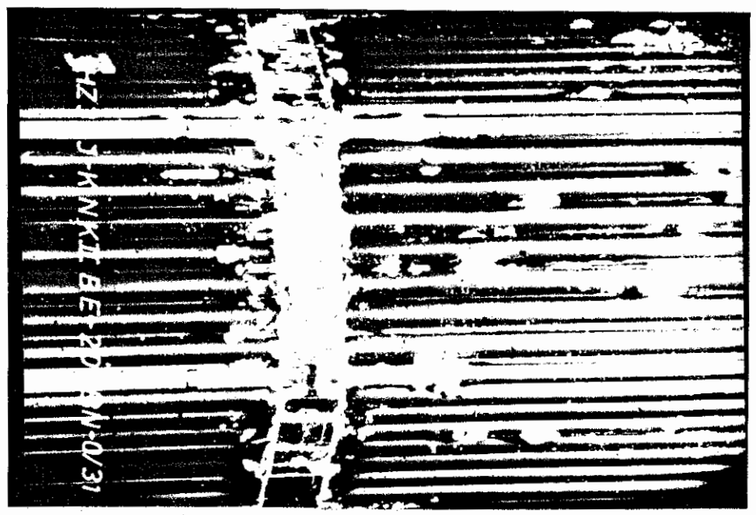


Bild 4: Abschnitt des Stabbündels mit einem Wabenabstandshalter und Natrium-Resten

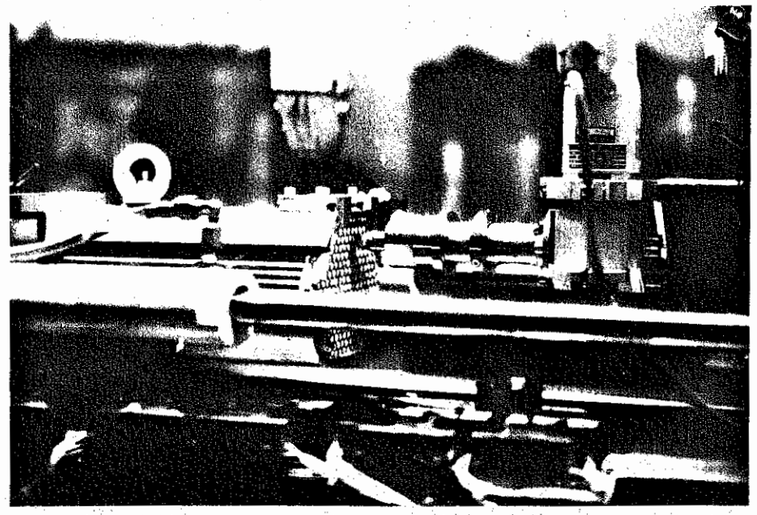


Bild 5: Abbohren der Befestigungsmuttern von den unteren Endstopfen der Brennstäbe

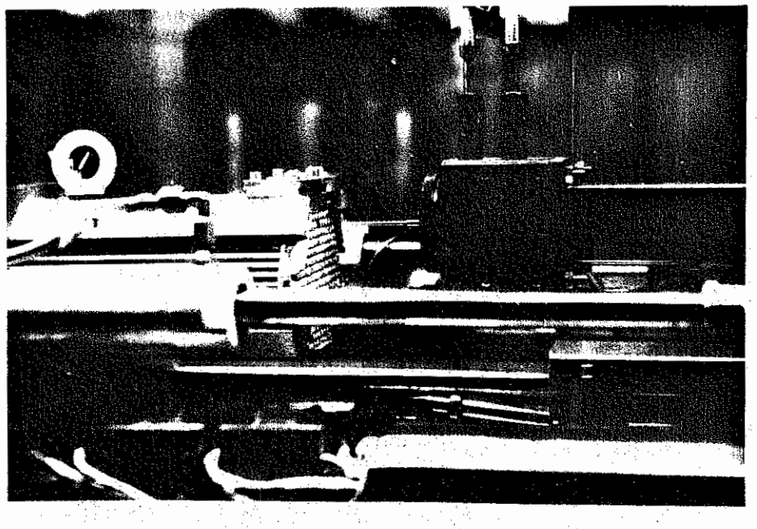


Bild 6: Ausstoßen von Einzelstäben aus dem Stabverband

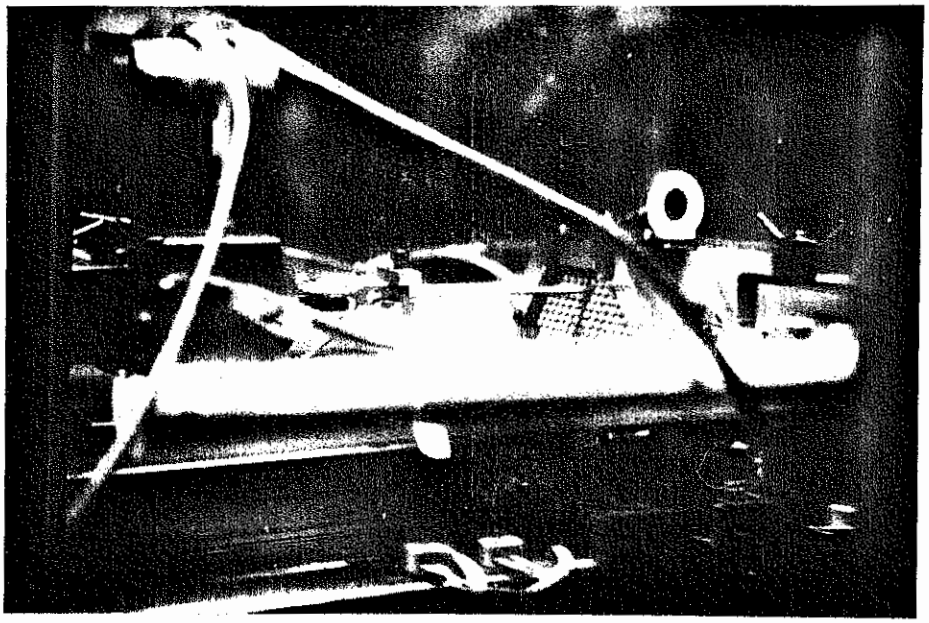


Bild 7: Ziehen eines Einzelstabes aus dem Stabverband