

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
11 **DE 31 17 446 A 1**

51 Int. Cl. 3:
G 21 C 17/10
G 01 L 9/14

21 Aktenzeichen: P 31 17 446.9
22 Anmeldetag: 2. 5. 81
43 Offenlegungstag: 3. 3. 83

71 Anmelder:
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, 7500 Karlsruhe,
DE

72 Erfinder:
Deckers, Hans, 7513 Stutensee, DE; Drexler, Horst; Reiser,
Herbert, 7515 Linkenheim, DE

Behördenstempel

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

54 **Meßelement zur Innendruckbestimmung von Brennstäben**

Die Erfindung betrifft ein Meßelement zur Innendruckbestimmung von Brennstäben, die mittels Endstopfen verschlossen sind und einen Spaltgassammelraum enthalten. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Brennstabes eine Druckmeßdose angeordnet ist, die einen magnetischen oder magnetisch beeinflussbaren Kern enthält, dessen Stellung relativ zu einer äußeren Stirnfläche eines Endstopfens des Brennstabes veränderbar ist. Erfindungsgemäß wird dem Konzept der Stabinnendruckbestimmung der Vorzug gegeben. Hierbei ist es erforderlich, daß jeder Brennstab unmittelbar über dem unteren Endstopfen, oder mit diesem verbunden, eine Druckmeßdose enthält. Diese kann aus einem geschlossenen Faltenbalg bestehen, in dem sich beim Anstieg des Brennstabinnendruckes ein Ferritkern axial verlagert. Dieser kehrt bei Abfall des Druckes in seine durch eine Anschlagfläche genau definierte Ausgangslage zurück. Zur Kontrolle auf einen Stabdefekt wird mit der speziellen Meßvorrichtung die Lage des Weicheisenkernes relativ zur Unterkante des Endstopfens abgetastet. (31 17 446)

DE 31 17 446 A 1

DE 31 17 446 A 1

Kernforschungszentrum
Karlsruhe GmbH

Karlsruhe, den 29.04.1981
PLA 8124 Ga/he

Patentansprüche:

1. Meßelement zur Innendruckbestimmung von Brennstäben, die mittels Endstopfen verschlossen sind und einen Spaltgassammelraum enthalten, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Brennstabes (6) eine Druckmeßdose (1) angeordnet ist, die einen magnetischen oder magnetisch beeinflussbaren Kern (4) enthält, dessen Stellung relativ zu einer äußeren Stirnfläche (14) eines Endstopfens (11) des Brennstabes (6) veränderbar ist.
2. Meßelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßdose (1) aus einem beidseitig mit Böden (3, 10) verschlossenen Faltenbalg (2) besteht und daß an einem Boden (3) der in den Innenraum des Faltenbalges (2) mit Abstand zur Stirnfläche (9) des unteren Bodens (10) hinweisende Kern (4) befestigt ist.
3. Meßelement nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßdose (1) innerhalb einer Distanzbüchse (5) angeordnet ist.
4. Meßanordnung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßdose (1) mit dem Endstopfen (11) eine Einheit bildet, wobei der Faltenbalg (2) direkt mit dem Endstopfen (11) verschweißt ist.

5. Meßkopf zur Feststellung der Stellung des Kernes des Meßelementes nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet durch einen ringförmigen Doppelspulenkörper (20, 22), der als Meßfühler über den Brennstab (6) bewegbar ist, durch einen Anschlagstempel (18), der gegen die äußere Stirnfläche (14) des Endstopfens (11) gepreßt wird, und durch eine Spannzange (19) mit der die Lage von Spulenkörper (20 - 22) zu Endstopfen (11) fixierbar ist.

3117446

- 3 -

Kernforschungszentrum
Karlsruhe GmbH

Karlsruhe, den 29.04.81
PLA 8124 Ga/he

Meßelement zur Innendruckbestimmung von Brennstäben

- 1 -

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Meßelement zur Innendruckbestimmung von Brennstäben, die mittels Endstopfen verschlossen sind und einen Spaltgassammelraum enthalten.

Während jeder Phase der Lebensdauer eines Brüter-Brennelementes können Schäden an einzelnen Brennstäben auftreten, die sich durch Austritt von Spaltprodukten und/oder Brennstoff in das Reaktorkühlmittel bemerkbar machen. Da Sekundärschäden durch chemische Reaktion zwischen dem Brennstoff und eingedrungenem Natrium möglich sind, ist - zumindest heute noch - ein längerer Betrieb eines Brennelementes mit Stabschäden problematisch. Der frühzeitige Austausch eines Brennelementes jedoch bedeutet in Anbetracht der hohen Herstellungs- und Wiederaufarbeitungskosten einen erheblichen Verlust.

Unter diesen Aspekten wurden Überlegungen angestellt, wie in einem als defekt erkannten Brennelement der oder die beschädigten Stäbe erkannt und mit einem Minimum an Zerlegeaufwand durch neue Brennstäbe ersetzt werden können.

Für die Defektstabdetektion und Reparatur von Brüter-Brennelementen sind zwei verschiedene Methoden denkbar. Eine Möglichkeit ist, das Brennelement mit Hilfe

der später ohnehin zur Verfügung stehenden Vorrichtung zu zerlegen, alle Stäbe auf Schäden zu überprüfen und danach das Brennelement wieder -gegebenenfalls unter Verwendung alter Strukturteile - zu assemblieren. Bei diesem Verfahren können für die Leckdetektion die Verfahren eingesetzt werden, die für LWR-Brennelemente entwickelt wurden, also visuelle Inspektion mit optischen Geräten, die verschiedenen Sipping-Verfahren oder die Wirbelstromprüfung der Stabhüllen. Nachteilig an diesem Reparaturverfahren sind der relativ große zeitliche Aufwand für Montagearbeiten in der Heißen Zelle, sowie die Notwendigkeit gewisser Wiederholungsprüfungen an den wiederzuverwendenden Stäben und Strukturteilen. Dazu kommt das Problem der Nachwärmeabfuhr während der verschiedenen Montagephasen.

Als Alternative zu diesem Reparaturverfahren wurde vorgeschlagen, das defekte Brennelement vom unteren Ende her nur so weit zu demontieren, daß die unteren Stabenden für eine Meßsonde zugänglich werden. Bei LWR-Brennelementen wird dann als Meßprinzip die Detektion von eingedrungenem Kühlwasser durch Ultraschallprüfung angewandt. Eine entsprechende Methode ist aber für natriumgekühlte Brennstäbe zu unsicher, da infolge des geringen Betriebsdruckes Natrium erst bei größeren Stabschäden in genügender Menge bis zum unteren Gasplenum vordringt.

Eine andere Möglichkeit wurde in der europäischen Patentanmeldung Nr. 0011214 beschrieben. Hierbei kommt ein schwingungsfähiges System mit einem Permanentmagneten und

daran befestigten Federn innerhalb einer Kapsel im Brennstab zur Anwendung, dessen Eigenfrequenz durch Veränderung der Länge eines Faltenbalges, an dem eine der Federn befestigt ist und der durch die Meßgröße mehr oder weniger zusammengepreßt wird, verändert wird. Die momentane Eigenfrequenz des Systems wird von außen berührungslos gemessen, indem ein Sender in der Nähe des zu untersuchenden Brennstabes variable Frequenzen abgibt und bei Resonanz zwischen Sender und System ein Signal auslöst. Diese Meßvorrichtung ist mechanisch und elektronisch kompliziert und die Zuverlässigkeit der Meßvorrichtung nicht immer zu garantieren.

Die der Erfindung gestellte Aufgabe besteht nunmehr darin, ein Meßelement und einen Meßkopf zu bieten, mit dem ein späteres Detektionsverfahren einzelner defekter Brennstäbe bzw. Brüter-Brennelemente ermöglicht wird.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 beschrieben.

Die übrigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder bzw. gemäß Anspruch 5 einen vorteilhaften Meßkopf zur Durchführung des Detektionsverfahrens.

Erfindungsgemäß wird dem Konzept der Stabinnendruckbestimmung der Vorzug gegeben. Hierbei ist es erforderlich, daß jeder Brennstab unmittelbar über dem unteren

Endstopfen, oder mit diesem verbunden, eine Druckmeßdose enthält. Diese kann aus einem geschlossenen Faltenbalg bestehen, in dem sich beim Anstieg des Brennstabinnendruckes ein Ferritkern axial verlagert. Dieser kehrt bei Abfall des Druckes in seine durch eine Anschlagfläche genau definierte Ausgangslage zurück. Zur Kontrolle auf einen Stabdefekt wird mit der speziellen Meßvorrichtung nach Anspruch 4 die Lage des Weicheisenkernes relativ zur Unterkante des Endstopfens abgetastet.

Während der Messung muß der Brennstab durch Spannzangen im Meßfühler festgehalten und in seiner axialen Stellung genau fixiert sein. Das Meßwerkzeug kann daher gleichzeitig zum Ziehen defekter Stäbe aus dem Bündel und zum Einsetzen neuer Stäbe benutzt werden.

Im folgenden wird anhand eines Ausführungsbeispiels mittels der Figuren 1 - 4 gezeigt, wie die Meßeinrichtung für die sichere Detektion von Stabdefekten in Brennelementen in der Heißen Zelle einsetzbar ist.

Der Druckgeber 1 nach Fig. 1 besteht im wesentlichen aus einem beidseitig geschlossenen Faltenbalg 2 von 6 mm Durchmesser, an dessen oberem Boden 3 ein Kern 4 (Weicheisenkern) von 3,8 mm Durchmesser befestigt ist. Der Faltenbalg 2 wird von einer Distanzbüchse 5 umschlossen, die zum einen über Stützrohr 16 das Gewicht der Brennstoffsäule aufnimmt und die zum anderen als Anschlag 7 für den Faltenbalg 2 dient. Im entlasteten Zustand liegt der Faltenbalg 2 ohne oder mit ganz geringer Vorspannung auf Anschlag 7, d.h. beim Einsetzen des Druckanstiegs im Brennstab 6 durch Spaltgasfreisetzung (die

Spaltgase wirken durch die Öffnung 8 in der Distanzbüchse 5 auf den Faltenbalg 2 ein) bewegt sich der Eisenkern 4 entsprechend der Federkonstante des Faltenbalges 2 mit ca. 0,3 mm pro bar Überdruck nach unten und erreicht nach maximal 1 mm Federweg den unteren Anschlag bzw. die Stirnfläche 9 des unteren Bodens 10. Beim Entweichen des Spaltgases - aber auch bei einem Leck am Faltenbalg 2 selbst - kehrt der Kern 4 in seine ursprüngliche Lage zurück (Abstand zur Stirnfläche 9).

Der Faltenbalg 2 kann bei Betriebstemperatur einen Überdruck von ca. 65 bar ertragen. Die Länge des gesamten Druckmeßsystems 1 beträgt bei einer vorteilhaften Auslegung ca. 20 mm. Die Teile des Systems 1 können mit den üblichen Toleranzen seriengemäß aus Werkstoff 1.4541 hergestellt und mit vorhandenen Methoden geschweißt und geprüft werden. Damit ergibt sich bei Herstellung in Großserie ein relativ niedriger Preis für das einzelne Meßsystem.

Der Boden 10 liegt auf der inneren Stirnfläche 27 des unteren Endstopfens 11 des Brennstabes 6 auf, während das Gehäuse 12 der Distanzbüchse 5 auf einem umlaufenden Sims 13 des Bodens 10 aufsitzt. Der Endstopfen 11 weist eine pilzförmige Ausbildung auf, die eine äußere Stirnfläche 14 besitzt. Verändert sich der Abstand Stirnfläche 15 des Stabes 4 zu Stirnfläche 9 des Bodens 10, so verändert er sich in gleichem Maße zur äußeren Stirnfläche 14 des Endstopfens 11.

Die Aufgabe des Meßkopfes 17 ist die Messung der axialen Lage des Kernes 4 im Brennstab 6 relativ zur ausgewählten Fläche (Stirnfläche 14) auf der äußeren Stabkontur. Der Meßkopf 17 besteht hierzu aus einem zentralen Anschlagstempel 18 für den Brennstab 6, einer geteilten Spannzange 19 und einem ringförmigen Spulenträgerkörper 20, der als Meßfühler mit zwei parallel liegenden Spulen 21, 22 über den Brennstab 6 bewegt werden kann. Ein Sicherungsrohr 23 sorgt für eine formschlüssige Verbindung zwischen Spannzange 19 und Endstopfen 11 (Stirnfläche 14 auf Stirnfläche 24).

Der Meßkopf 17 fährt zunächst mit dem Anschlagstempel 18 gegen die untere Stirnfläche 14 des Brennstabes 6 bzw. Endstopfens 11. Dabei gelangen die nach außen federnden Klauen der Spannzange 19 über das untere Stabende hinweg auf Höhe der Eindrehung 25 des Stabstopfens 11. Die Klauen werden durch Hochschieben des Sicherungsrohres 23 nach innen bewegt. Sie drücken beim Anziehen der Spannzange 19 den Endstopfen 11 gegen den Anschlagstempel 18.

Der Spulenkörper 20-22 hat 7,8 mm Innen- und 9,6 mm Außendurchmesser. Er kann daher in einem SNR-MkII-Brennelement innerhalb des Bündelverbandes über jedes Brennstabende geschoben werden.

Das Messen der Lage des Ferritkernes 4 relativ zum Meßfühler 17 erfolgt derart:

Es findet das Prinzip der induktiven Wegmessung über Differentialdrossel 21 - 22 Anwendung. Die an eine induktive Meßbrücke angeschlossene Drossel 21 - 22 erzeugt beim Eintauchen des Ferritkernes 4 am Ausgang eines Meßverstärkers z.B. folgenden Signalverlauf: "Definiertes Ausgangssignal; Minimum; Nulldurchgang (Symmetriepunkt); Maximum; definiertes Ausgangssignal". Als Kriterium der Lage des Ferritkernes 4 findet der Nulldurchgang des Signales Anwendung. Hierbei befindet sich der Ferritkern 4 symmetrisch zwischen den Spulenhälften der Differentialdrossel 21-22.

Messen der Lage des Ferritkernes 4 absolut zum Brennstabanschlag 14 - 24:

Hierbei wird der zurückgelegte Weg der Meßspule (Differentialdrossel 21 - 22) bis zum Symmetriepunkt erfaßt.

Das Anfahren der einzelnen Brennstabpositionen, die Meßwerterfassung, Verarbeitung und Auswertung wird durch ein Mikroprozessorsystem gesteuert, welches ausschließlich für diese Aufgaben ausgelegt wird. Das System steuert hierbei den Meßkopf 17 über zwei Achsen in jede Brennstabposition. Nach Erreichen der einzelnen Positionen werden die Messungen durchgeführt und die Meßwerte mit den zugehörigen Positionskennungen abgespeichert. Hierbei dient der Symmetriepunkt des Ferritkernes 4 als Interrupt für den zurückgelegten Weg

- 11 -

der Meßspule 21 - 22. D.h. beim Erreichen des Symmetriepunktes wird der Meßwert für den zurückgelegten Weg gespeichert. Durch Mittelwertbildung über alle Stäbe 6 des Bündels werden der mittlere Kernversatz sowie die mittlere Abweichung ermittelt. Die von dieser mittleren Abweichung stark verschiedenen Werte kennzeichnen die defekten Stäbe 6 und werden anschließend mit der zugehörigen Position dargestellt.

Zur Verifizierung des beschriebenen Detektionsverfahrens wurde ein Meßkopf 17 und ein Bündel von 19 Stäben in SNR-MkII-Geometrie hergestellt (Fig.2). Die Ferritkerne 4 waren bei 18₂₆ Stäben 6 fest im Endstopfen eingepreßt, in einem Stab/konnte der Kern axial bewegt werden, und ein Stab 25 wurde während der Versuchsserie zur Simulation eines großen Lecks mit Natrium gefüllt. Der Meßkopf 17 besteht aus dem Spulenkörper 21 - 22 in Originalabmessungen und einem Wegaufnehmer (Typ Hottinger W1T3) für die Erfassung der Lage des Ferritkernes 4 absolut zur Stabunterkante (Stirnflächen 14).

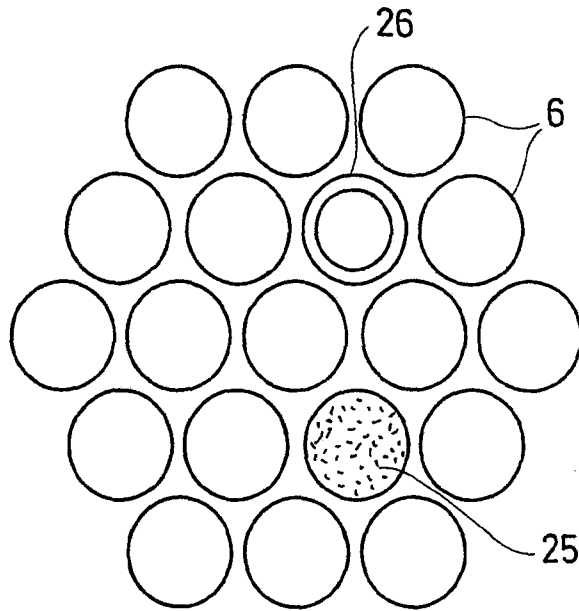
Zur Meßwerterfassung wurde ein Norland Waveform Analyzer Typ 3001 verwendet. Dieser Analyzer ist programmierbar und eignet sich somit für einen halbautomatischen Meßzyklus der 19 Stäbe 6. Bei der von Hand ausgeführten Vermessung eines Stabes 6 werden die Ausgangssignale der Differentialdrossel 21 - 22 und des Wegaufnehmers in je einen Speicherbereich des Analyzers geladen (Speicherbereich: 2 x 1 K Worte; 10 bit). Per

Programm wird nun der Symmetriepunkt ermittelt und der zugehörige Wegwert in einem Register abgelegt. Anschließend ist der Analyzer frei für die nächste Messung. Nach Abschluß aller 19 Messungen wird die Auswertung und Darstellung automatisch vorgenommen, wobei der Mittelwert der gespeicherten Werte errechnet wird und die Streuung als Balkendiagramm zur Darstellung kommt.

Die Fig. 3 und 4 zeigen die Meßergebnisse. Für die erste Messung wurde der Ferritkern 4 eines Stabes 26 (s. Fig. 2) in Nullstellung gebracht; Stab 25 enthielt kein Natrium. Fig. 3 zeigt oben das Streuband von 19 Messungen, das allein durch die Signalverarbeitung bedingt ist. Darunter ist das Streuband bei Vermessung aller 19 Stäbe des Bündels dargestellt, dessen Breite hauptsächlich durch die Toleranzen bei Herstellung und Einbau der Ferritkerne 4 entsteht. In Fig. 4 sind nochmals die Meßwerte des 19-Stabbündels als Balken aufgetragen. Während der ersten Messung (oben) waren wieder alle Ferritkerne 4 in Nullstellung, während bei der zweiten Messung der Kern in Stab 26 zur Simulation eines Druckabfalles um 0,5 mm verschoben war. Das hohe Meßsignal von Stab 25 wird bei feststehendem Ferritkern 4 nur durch Vorhandensein von Natrium im Stab hervorgerufen.

13
~~12~~

Fig. 2



3117446

14

Fig. 3

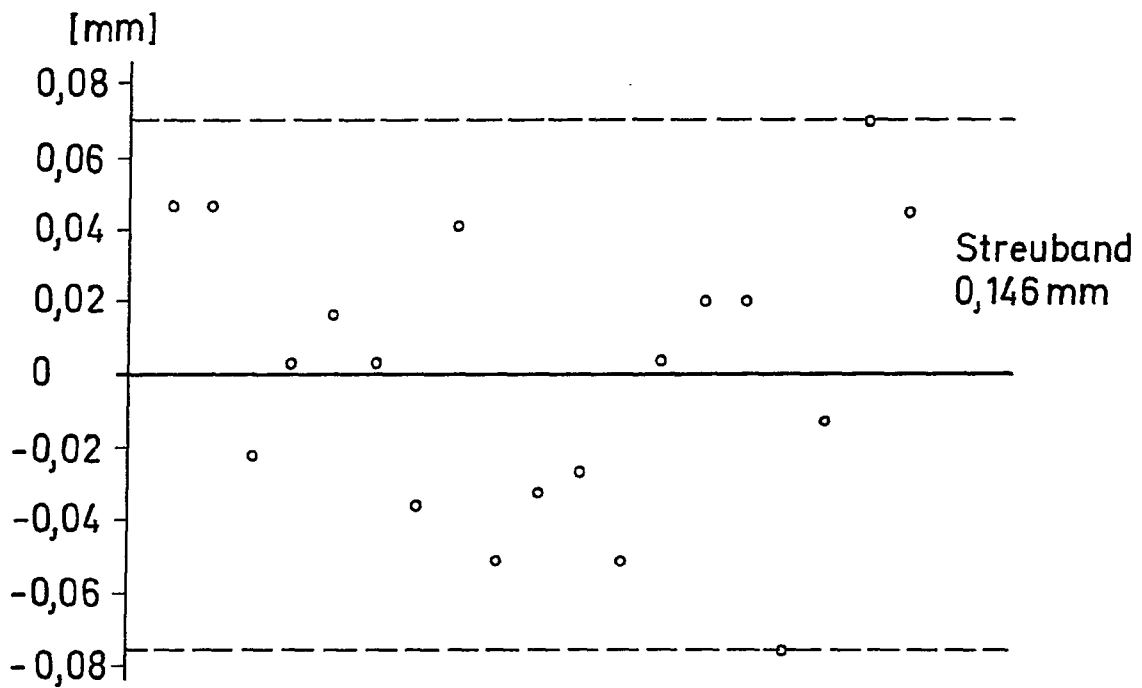
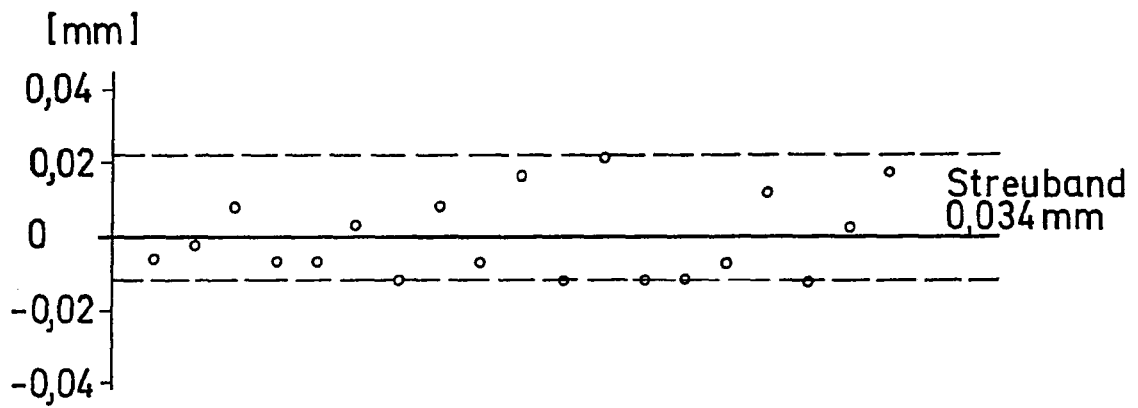
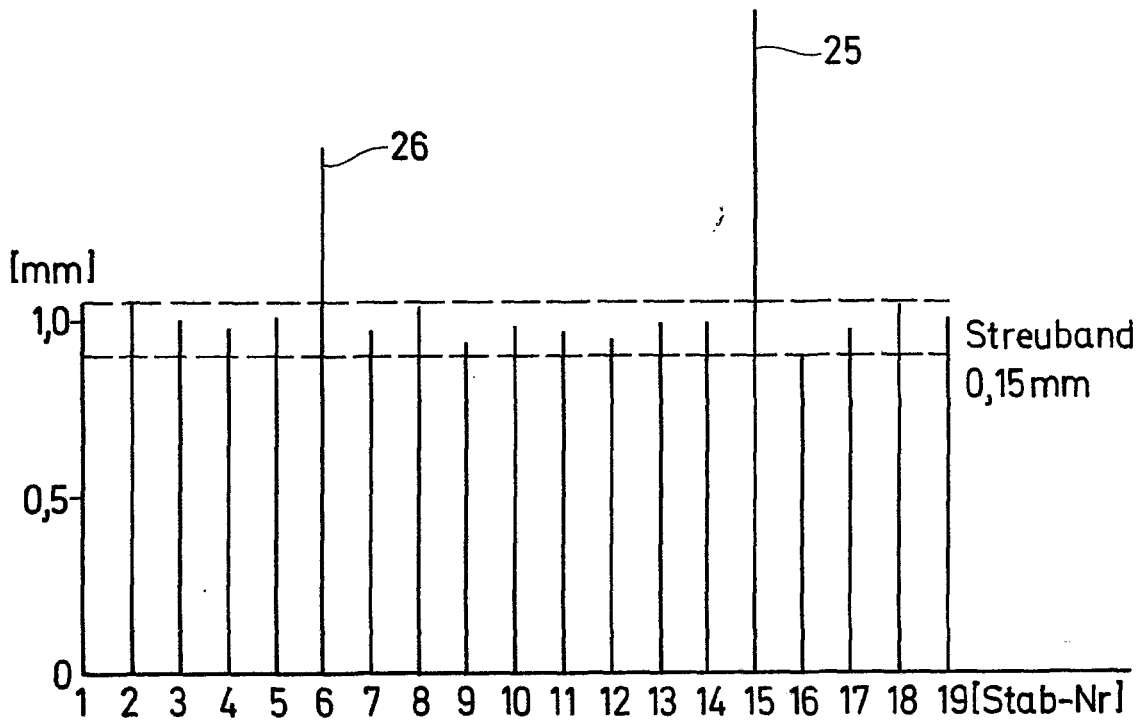
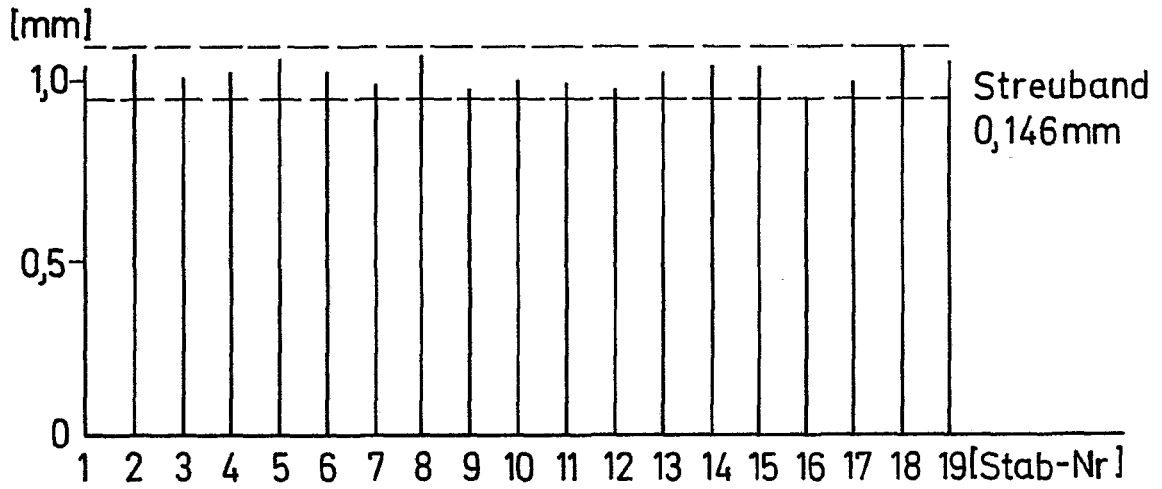


Fig. 4



3117446

FLA 0124

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

3117446
G21C 17/10
2. Mai 1981
3. März 1983

16

Fig. 1

