



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 261 432 A1

4(51) G 01 N 3/42

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

---

(21)	WP G 01 N / 303 087 6	(22)	25.05.87	(44)	26.10.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

---

(71) VEB Steinkohlenkokereien „August Bebel“ Zwickau, PSF 50, Zwickau, 9541, DD

(72) Auerbach, Jochen, Dr. Dipl.-Ing.-Ök.; Reitz, Frank; Hölzel, Michael, DD

---

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Härtemessung

---

(55) Baustoffe, Werkstofffestigkeit, Prüfling, Meßwertgewinnung, Qualitätssicherung, Fallrad, Prüfeindrücke, Prüfspur, Prüflingsoberfläche

(57) Das Ziel der Erfindung besteht in der Lösung der Aufgabe, die Bewertung der Festigkeit von Prüflingen an im wesentlichen unvorbereiteten Proben aus der laufenden Produktion auf einfache Weise und zerstörungsfrei zu ermöglichen. Aufwendige Laboreinrichtungen zur Probenvorbereitung sowie zur Meßwertgewinnung und -verarbeitung sollen nicht erforderlich sein. Die gesuchte Lösung soll zudem zur wirkungsvollen Qualitätssicherung unmittelbar in der Fertigungsstätte nutzbar sein. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Angaben zur Werkstofffestigkeit aus dem Verbrauch einer konstanten Energiemenge für das Herstellen einer Vielzahl definierter Eindrücke in die Werkstückoberfläche abgeleitet werden. Dazu wird mittels Prüfwerkzeug eine Prüfspur auf der Oberfläche des Prüflings erzeugt. Die Länge dieser Prüfspur wird als umgekehrt proportionaler Wert für die Prüflingsfestigkeit verwendet. Die Erfindung ist anwendbar bei der Bestimmung der Härte von mittelharten bis weichen Materialien, insbesondere bei der Messung der Härte von Baustoffen.

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Härtemessung an Prüflingen durch Herstellen von Eindrücken in die Prüflingsoberfläche mittels Eindringkörper und anschließendes Vermessen der Eindrücke, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Prüfling (1) in eine Prüflingshalterung (2) eingebracht wird, wobei die Prüflingshalterung (2) gemeinsam mit einer Führungsbahn (5) für das Prüfwerkzeug auf einem Prüfstander (3) angeordnet wird, daß ein abrollendes Werkzeug mit einer Vielzahl von Eindringkörpern angewendet wird, indem das Prüfwerkzeug zunächst mittels Halteklinke (6) an der Führungsbahn (5) in einer definierten Ausgangslage gehalten wird, bevor es nach Freigabe zwischen Führungsbahn (5) und Prüfling (1) zum Stillstand kommt, wobei auf der Prüflingsoberfläche eine Prüfspur (9) erzeugt wird und die Länge der erzeugten Prüfspur als umgekehrt proportionaler Wert für die Härte des Prüflings verwendet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Prüfergebnisse mittels Endstellungsanzeiger (7) an einer geeichten Meßskala (8) angezeigt werden.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß bedarfsweise an einem Prüfling (1) durch seitliches Verschieben des Prüflings (1) in der Prüflingshalterung (2) mehrere Meßergebnisse gewonnen werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Masse des an der Führungsbahn (5) beweglich angeordneten Prüfwerkzeuges, die Höhe zwischen der Oberkante des Prüflings (1) und der Ausgangslage des Prüfwerkzeuges und/oder die Prüfspurtiefe (11) für eine konkrete Prüfaufgabe derart variiert werden, daß für einen Prüfling mit der Normfestigkeit etwa eine Prüfspurlänge (10) zwischen 30 und 70% der Höhe des in der Prüflingshalterung (2) angeordneten Prüflings (1) erhalten wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Eichen der Meßskala (8) nach Festlegung der Werkzeugmasse, der Höhe der Ausgangslage und der Prüfspurtiefe (11) durch Prüfen verschiedener Prüflinge (1) bekannter Festigkeit und Zuordnen dieser Prüfwerte sowie interpolierter Werte zur Teilung der Meßskala (8) vorgenommen wird.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Prüfwerkzeug in Form eines Fallrades (4) mit einer Vielzahl von Eindringkörpern ausgebildet ist, das verschieblich an einer senkrechten Führungsbahn (5) angebracht ist, wobei das Fallrad (4) vorzugsweise eine Verzahnung aufweist.
7. Vorrichtung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Höhe der Verzahnung des Fallrades (4) wenigstens der gewählten Prüfspurtiefe (11) entspricht.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Härtemessung, wie sie insbesondere für die Druckfestigkeitsprüfung mittelharter bis weicher Materialien benötigt werden.

Die Erfindung dient vorzugsweise der Qualitätssicherung am laufenden Fertigungsprozeß. Sie kann vor allem in der Baustoffindustrie angewendet werden.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Für das Bestimmen der Härte von Werkstoffen durch Herstellen von Eindrücken in der Werkstückoberfläche und durch anschließendes Ableiten von Festigkeitsangaben aus der Geometrie des erzeugten Eindruckes oder aus der für die Herstellung eines definierten Eindruckes erforderlichen Kraft wurden bereits vielfältige Lösungsvorschläge entwickelt. Diese praktisch zerstörungsfreien Prüfmethode gehen auf die von VICKERS und BRINELL begründeten Verfahren zurück.

Bei derartigen Lösungen wird außerdem zwischen Schlaghärte-Prüfungen und quasistatischen Messungen unterschieden, wobei die quasistatischen Messungen wegen der erreichbaren höheren Meßgenauigkeit eine größere Verbreitung gefunden haben.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, Lösungen für spezielle Anwendungsfälle und für höhere Genauigkeitsanforderungen zu entwickeln. So sieht die DE 2539661 die Belastung eines Eindringkörpers von Hand bis zum Erreichen einer bestimmten Eindringtiefe und die elektronische Bestimmung der dazu erforderlichen Kraft vor, wobei die Begrenzung der Eindringtiefe über einen ringförmigen Anschlag am Eindringkörper erreicht wird.

Diesem Meßprinzip entspricht auch das vom VEB Werkstoffprüfmaschinenbau Leipzig entwickelte Handprüfgerät HPK-t, das allerdings mit einer mechanischen Meßwertanzeige für die aufgebrachte Prüfkraft ausgestattet ist.

Mit der DE 2737554 wird vorgeschlagen, einen vielseitigen pyramidenförmigen Eindruck in die Werkstückoberfläche zu erzeugen und einen die Materialhärte proportionalen Prüfwert dadurch zu erhalten, daß die Diagonallänge des Eindruckes durch das Auswerten der Ausgangssignale eines Bildwandlers bestimmt wird.

Mit der DD 132547 wird ein Härtemeßgerät bekannt gemacht, das die Härteprüfung an größeren Oberflächen von Werkstoffen geringerer Härte ermöglichen soll. Es sieht bei konstanter Eindringtiefe des Eindringkörpers eine veränderliche Belastung vor, wozu neben einer speziellen Belastungseinrichtung eine Härteanzeigeeinrichtung mit Anzeigefixierung sowie eine Einstelleinrichtung zur Nullpunkteinstellung genutzt werden sollen. Das Gerät besitzt dazu ein Hebelsystem, das bei unbelastetem Eindringkörper zum gleichzeitigen Ausgleich von Unebenheiten vor dem Aufbringen der Prüflast auf den Eindringkörper geeicht wird. Die Anzeige der erforderlichen Prüflast bis zum Erreichen der konstanten Eindringtiefe besitzt eine Mechanik zur Fixierung des Prüfwertes und zur Maßstabsvergrößerung.

Für die Schnellprüfung von Baustoffen im eingebauten Zustand enthält die DD 139763 die Vorschrift zum stufenlosen und allmählichen Eindrücken eines Druckbolzens in den Baustoff, wobei die zu bestimmende Festigkeit aus Eindruckkraft und Eindringtiefe des Druckbolzens abzuleiten ist. Die vorgesehene Möglichkeit des Anklebens des Prüfgerätes an die Prüffläche soll eine Messung in unterschiedlichen Einbaulagen ermöglichen.

Das mit der DE 3216729 vorgeschlagene Härteprüfgerät ermöglicht dagegen das Erzeugen eines Eindruckes durch eine Belastungseinheit, die sowohl mit einem Signalgeber als auch mit einem Direktanzeiginstrument verbunden ist, wobei die Gerätejustierung mit Hilfe eines Mikroskopes erforderlich ist.

Mehrere Lösungsvorschläge konzentrieren sich auf das automatische Bestimmen der Härte durch geeignete Vermessungsmethoden für das Beurteilen des erzeugten Prüfeindruckes. Nach der DE 3401527 wird dazu ein Prüfeindruck mit definierter Prüfkraft und definiertem Prüfkörper hergestellt. Die automatische Auswertung erfolgt dann mittels optischer Vergrößerungseinrichtung und durch eine besondere Vorschrift zur Bildauswertung, die eine rechnerische Ermittlung der geometrischen Eindruckgrößen aus der erfaßten Lage der Randpunkte vorsieht. Ähnliche Lösungen sind auch in den DE 2248190, DE 2836822 und in der DE 2850957 enthalten.

Den bekannten Verfahren und Vorrichtungen zur Härtemessung haftet der gemeinsame Mangel an, daß mit ihrer Hilfe überwiegend nur derart kleine Prüflingsflächen einer Beurteilung durch den Prüfvorgang unterzogen werden, die bei heterogen zusammengesetzten Werkstoffen nur durch das Einbeziehen einer ausreichend großen Anzahl von Prüfwerten zuverlässige Rückschlüsse auf die tatsächliche Materialhärte ermöglicht. Bisher bekannte Lösungen erfordern zudem spezielle Vorbehandlungen der Prüflingsoberflächen oder zumindest gesonderte Eichvorgänge.

Andere Lösungen mit mechanischen oder elektronischen Meßwertverarbeitungs- und/oder -anzeigesystemen setzen das Bestimmen der exakten Ausgangslage voraus. Als nachteilig muß ebenfalls das von einigen Verfahren geforderte manuelle Belasten des Eindringkörpers bis zu einer geforderten Eindringtiefe des Eindringkörpers gewertet werden. Weitere Mängel bestehen für eine unter den robusten Bedingungen der laufenden Produktion, beispielsweise von Baustoffen, zu nutzende Härtebestimmungsmethode in der erforderlichen Energieversorgung für einige Lösungsvorschläge sowie in der teilweise komplizierten und aufwendigen Gerätetechnik.

Eine technische Lösung für das Bestimmen der Werkstoffhärte, das praktisch zerstörungsfrei zutreffende Werte wenigstens in der Genauigkeit liefert, wie sie von gebräuchlichen Baustoffprüfmethoden erhalten werden und die vorgenannten Nachteile nicht aufweist, wurde bisher nicht hervorgebracht.

### **Ziel der Erfindung**

Ziel der Erfindung ist das Schaffen der technischen Voraussetzungen für das schnelle, robuste und objektivierte Bewerten der Festigkeit von Prüflingen, insbesondere von Elementen aus gebräuchlichen Baustoffen, mit geringem Bau-, Bedien- und Wartungsaufwand.

### **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit deren Hilfe an im wesentlichen unvorbereiteten Prüflingen aus der laufenden Produktion zutreffende Bewertungen der Prüflingsfestigkeit erhalten werden können. Die zu entwickelnde Lösung soll aufwendige Laboreinrichtungen zur Probenvorbereitung sowie zur Meßwertgewinnung und -verarbeitung nicht erfordern und zur Qualitätssicherung unmittelbar in der Fertigungsstätte nutzbar sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß auf spezielle Weise auf der Prüflingsoberfläche Eindrücke erzeugt und anschließend vermessen werden.

Dazu wurde die überraschend getroffene Feststellung genutzt, daß von Werkstoffen mit überwiegend uneinheitlichem Gefüge, von denen mit bekannten zerstörungsfreien Prüfverfahren nur in sehr begrenztem Maße verlässliche Prüfwerte gewonnen werden konnten, Angaben zur Werkstofffestigkeit aus dem Verbrauch einer konstanten Energiemenge für das Herstellen einer Vielzahl von Eindrücken in die Werkstückoberfläche erhalten werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Härtemessung sieht das Herstellen von Eindrücken in die Prüflingsoberfläche mittels Eindringkörper und das anschließende Vermessen dieser Eindrücke vor. Zur Messung wird der Prüfling in eine Prüflingshalterung eingebracht, die eine ausreichend präzise Fixierung der Lage der zu bewertenden Prüflingsoberfläche gewährleistet. Die Prüflingshalterung wird dazu gemeinsam mit einer Führungsbahn für das Prüfwerkzeug auf einem Prüfstander angeordnet. Für das Herstellen der Eindrücke in die Prüflingsoberfläche wird ein an der Führungsbahn beweglich angeordnetes und an der Prüflingsoberfläche abrollendes Prüfwerkzeug verwendet, wobei das Prüfwerkzeug eine Vielzahl von Eindringkörpern aufweist. Die Härtemessung erfolgt dadurch, daß das Prüfwerkzeug zunächst mittels einer Halteklinke in einer definierten Ausgangslage an der Führungsbahn gehalten wird, um nach erfolgter Freigabe auf der Prüflingsoberfläche eine charakteristische Anzahl von Eindrücken zu erzeugen, bevor das Prüfwerkzeug zwischen Führungsbahn und Prüfling zum Stillstand kommt.

Die aufeinanderfolgenden Eindrücke bilden auf der Prüflingsoberfläche eine Prüfspur, deren Länge als ein umgekehrt proportionaler Wert für die Härte des Prüflings verwendet wird.

Zum Wesen der Erfindung gehört ebenfalls, daß die erzeugten Prüfergebnisse mittels Endstellungsanzeiger an einer geeichten Meßskala angezeigt werden. Unabhängig davon lassen sich die erzeugten Prüfspuren auch nach der Entnahme der Prüflinge aus

dem Prüfstander meßtechnisch auswerten. Sie stellen neben einer Summierung unterschiedlicher Eindrücke zu einem repräsentativen Wert für die durchschnittliche Werkstoffhärte zugleich eine maßstabsvergrößernde Meßwertanzeige dar. Bedarfsweise können an einem einzigen Prüfling durch seitliches Verschieben des Prüflings in der Prüflingshalterung vor jeder neuen Prüfung mehrere Meßergebnisse gewonnen werden.

Damit lassen sich die Aussagen zur Prüflingsfestigkeit weiter verdichten.

Die Erfindung läßt sich mit geringem Aufwand für sehr unterschiedliche Meßaufgaben nutzen. Dazu wird die Masse des an der Führungsbahn beweglich angeordneten Prüfwerkzeuges, die Höhe zwischen der Oberkante des Prüflings und der Ausgangslage des Prüfwerkzeuges und/oder die Tiefe der zu erzeugenden Prüfspur als die aufeinanderfolgenden Eindrücke der Eindringkörper für eine konkrete Prüfaufgabe derart variiert, daß für einen Prüfling mit der Normfestigkeit etwa eine Prüfspurlänge zwischen 30 und 70% der Höhe des in der Prüflingshalterung angeordneten Prüflings erhalten wird. Abweichungen von der Normfestigkeit werden auf diese Weise in Form veränderter Prüfspurlängen gut sichtbar und sofort auswertungsfähig gemacht.

Zur vereinfachten Nutzung des Verfahrens zur Härtemessung ist eine Meßskala vorgesehen, die dadurch geeicht wird, daß nach Festlegung der Werkzeugmasse, der Höhe der Ausgangslage und der Prüfspurtiefe verschiedene Prüflinge bekannter Festigkeit gemessen werden. Die gewonnenen Prüfwerte sowie die zwischen diesen Werten interpolierbare Angaben werden den Teilungen der Meßskala zugeordnet.

Weiterhin ist eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen. Diese Vorrichtung besteht darin, daß das Prüfwerkzeug in Form eines Fallrades ausgebildet ist, das verschieblich an einer senkrechten Führungsbahn angebracht ist. Das Fallrad weist eine Vielzahl von Eindringkörpern auf und ist dazu vorzugsweise mit einer Verzahnung ausgestattet. Im Interesse einer möglichst hohen Anzeigegegenauigkeit ist eine verhältnismäßig große Anzahl von Eindringkörpern am Fallrad angeordnet. Jedoch ist es erfindungswesentlich, daß die Höhe der Zähne am Fallrad zumindest der gewählten Tiefe der Prüfspur entspricht.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend mit einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der beiliegenden Zeichnung zeigt

Fig. 1: eine schematische Draufsicht auf den Prüfstander mit Prüflingshalterung und Prüfling, mit Führungsbahn und Führungselementen sowie mit dem Fallrad zur Erzeugung von Prüfspuren

Fig. 2: die schematische Ansicht eines Prüflings mit mehreren angebrachten Prüfspuren zum Bewerten der Prüflingsfestigkeit

Fig. 3: die schematische Seitenansicht der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung mit der Lage des Prüfwerkzeuges beim Beginn des Erzeugens von Eindrücken in den Prüfling

In einer Fertigungsstätte für Wandbausteine werden aus Flug- und Rostaschen von rohbraunkohle-befeuerten Dampferzeugern unter Zusatz von Kalkhydrat mittels Preßverdichtung eines Feuchtgemischs und anschließende Autoklavhärtung Bauelemente im normalen Ziegelformat hergestellt.

Aus einer Fertigungsperiode wurden zwei gleichartige Stichproben entnommen.

Während eine der beiden Stichproben im Umfang von jeweils 60 Prüflingen einer Festigkeitsprüfung mittels Prüfpresse im Baustoffprüflabor unterzogen wurde, ist an der zweiten Stichprobe die Härtemessung durch Erzeugen von Prüfspuren mittels Fallrad vorgenommen worden.

Dazu wurden die 60 Prüflinge 1 ohne besondere Vorbehandlung der Prüflingsoberflächen derart in die Prüflingshalterung 2 eingespannt, daß eine der beiden flachen Seitenflächen der Bauelemente fest an den Anlageflächen der Prüflingshalterung 2 anlag. Auf dem Prüfstander 3 war ebenfalls eine Führungsbahn mit dem Prüfwerkzeug befestigt. Die Halteklinke zum Fixieren der Ausgangslage des Prüfwerkzeuges wurde so eingestellt, daß sich ein Fallweg für das Prüfwerkzeug bis zum Eingriff des Fallrades 4 in den Prüfling 1 von 250 mm ergab.

Bei den einzelnen Prüfungen wurden je Prüfling drei Meßwerte gewonnen, wobei der anschließenden Vergleichsauswertung der arithmetische Mittelwert aus den drei Messungen zugrunde gelegt wurde. Bei den Prüfungen wurde das Prüfwerkzeug mit einer Gesamtmasse von etwa 1,1 kg jeweils in die Ausgangslage gebracht und von dieser Stellung aus mittels Betätigung der Halteklinke 6 ausgelöst. Als Fallrad 4 wurde ein Zahnrad mit 2 mm breiten und 2 mm hohen Zähnen benutzt. Die Prüfspurtiefe 11 betrug im Mittel 1 mm. Das Maß der Prüfspurlänge 10 bewegte sich überwiegend zwischen 70 und 125 mm.

Die Lage des zum Stillstand gekommenen Prüfwerkzeuges wurde jeweils mit Hilfe des Endstellungsanzeigers 7 an der Meßskala 8 abgelesen, wobei die Meßskala 8 zuvor durch das Bewerten von Prüflingen 1 bekannter Festigkeit geeicht wurde.

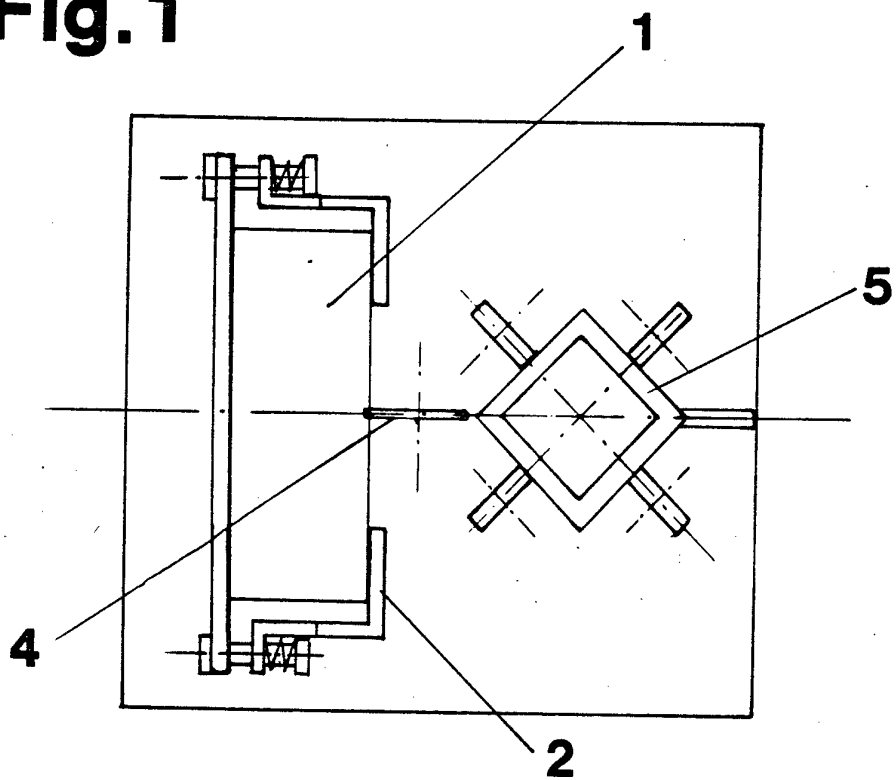
Die Prüflinge wurden durch die vorgenommene Härtemessung in ihrem Gebrauchswert praktisch nicht beeinträchtigt.

Der abschließende Vergleich der beiden Prüfungen an jeweils 60 Prüflingen zeigte folgendes:

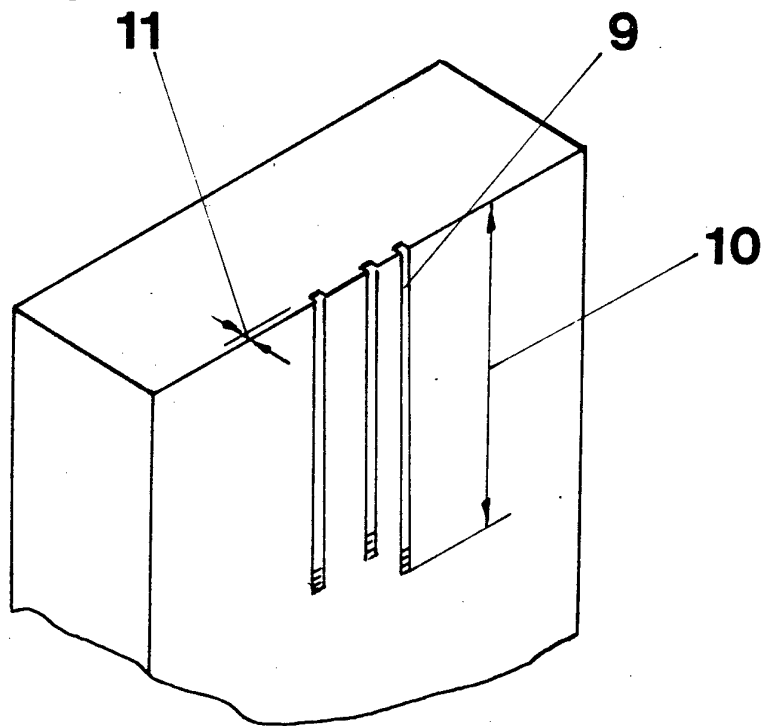
	Prüfung gem. Prüfstandard	Prüfung mittels Fallrad-Belastung
— Mittelwert	6,22 N/mm <sup>2</sup>	6,33 N/mm <sup>2</sup>
— Standardabweichung	1,93 N/mm <sup>2</sup>	1,14 N/mm <sup>2</sup>

Aus dem Ergebnis läßt sich ableiten, daß offensichtlich durch das Anwenden des erfindungsgemäßen Verfahrens zufällige Fehler bei der Meßwertgewinnung eingeschränkt und trotz Abgehens von einer quasistationären Prüfbelastung zutreffende Meßergebnisse gewonnen werden können.

**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

