



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 045 951 A1** 2006.04.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 045 951.7**

(22) Anmeldetag: **22.09.2004**

(43) Offenlegungstag: **06.04.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60T 17/18** (2006.01)  
**F16D 65/56** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,  
80809 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 101 50 047 A1**

**EP 09 95 923 A2**

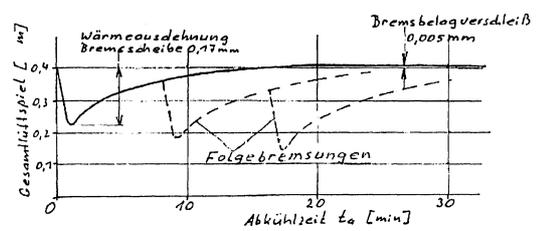
(72) Erfinder:  
**Baumgartner, Johann, 85368 Moosburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels einer Scheibenbremse**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels zwischen Bremsbelägen (4, 5) und einer Bremscheibe (3) einer pneumatisch betätigten Scheibenbremse mittels wenigstens einer oder mehreren elektromotorisch angetriebenen Nachstellvorrichtung(en) (7, 8), bei dem mittels eines Rechners Veränderungen des Lüftspiels infolge von Bremsungen sensorlos mittels einer rechnerischen Prognose ermittelt werden, wobei in die Prognose der bei der Bremsung auftretende Verschleiß und die zeitliche Veränderung von Komponenten der Bremse infolge der bei Bremsungen freigesetzten Energie einbezogen wird und die derart ermittelten Veränderungen in vorgegebenen Zeitabständen durch entsprechende Einstellvorgänge an der wenigstens einen Nachstellvorrichtung (7, 8) korrigiert werden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels zwischen Bremsbelägen und einer Bremsscheibe einer vorzugsweise pneumatisch betätigten Scheibenbremse mittels wenigstens einer oder mehreren elektromotorisch angetriebenen Nachstellvorrichtung(en).

**[0002]** Anwendungsgebiete der Erfindung sind einerseits das Nachstellen elektrisch angetriebener Nachstellvorrichtungen von pneumatisch oder hydraulisch angetriebenen Scheibenbremsen und andererseits das Nachstellen von Scheibenbremsen, bei denen nicht nur die Nachstellung sondern auch die Zustellung elektromotorisch erfolgt.

**[0003]** Ganz besonders eignet sich die Erfindung zum Einsatz bei Scheibenbremsen mit pneumatisch betätigter Zuspännvorrichtung bzw. mit einer pneumatischen Krafterzeugungsvorrichtung, die auf die Zuspännvorrichtung der Scheibenbremse einwirkt, wobei die Nachstellung der Scheibenbremse elektromotorisch erfolgt. Dabei ist es möglich, ein- oder bevorzugt beidseitig der Bremsscheibe eine oder mehrere elektromotorisch betriebene Nachstellvorrichtungen anzuordnen.

**Stand der Technik**

**[0004]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, bei der Nachstellung von elektromotorisch angetriebenen Verschleißnachstellsystemen zunächst das Lüftspiel jeweils aktuell z.B. mittels eines Sensors zu messen und anschließend eine Korrektur bzw. Nachstellung vorzunehmen. Insofern wird beispielsweise auf den gattungsgemäßen Stand der Technik der EP 0 995 923 A2 verwiesen.

**[0005]** Nachteilig ist hieran der Aufwand für die Sensierung der Bestimmungsgrößen und die Störanfälligkeit der in der Bremsmechanik wirkenden Kraft- und Weg- bzw. Drehwinkelsensoren.

**[0006]** Nachteilig ist ferner, daß ein Lüftspielmeßvorgang nur im Zusammenhang mit einer Bremsbetätigung erfolgen kann.

**Aufgabenstellung**

**[0007]** Es soll daher ein Verfahren zur Einstellung eines Lüftspiels einer Scheibenbremse mittels elektromotorisch angetriebener Nachstellvorrichtungen geschaffen werden, welches diese Nachteile vermeidet.

**[0008]** Dabei soll die Einstellung des Lüftspiels ohne zusätzliche Sensorik erfolgen und dennoch ein geringstmögliches Lüftspiel einstellbar sein, wobei auch der Nachteil eines sich ständig wiederholendes

schleifenden Anlegens der Bremsbeläge an die Bremsscheibe nicht bzw. nur in geringem Maße in Kauf genommen werden muß.

**[0009]** Die Erfindung löst diese Aufgabe durch das Verfahren des Anspruchs 1.

**[0010]** Sie schafft damit ein Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels zwischen Bremsbelägen beidseits einer Bremsscheibe einer Scheibenbremse mittels wenigstens einer elektromotorisch angetriebenen Nachstellvorrichtung, bei dem mittels eines Rechners – beispielsweise an der Bremse – Veränderungen des Lüftspiels infolge von Bremsungen mittels einer rechnerischen Prognose oder Simulation ermittelt werden, wobei in die Prognose die Veränderung von Komponenten der Bremse infolge der bei Bremsungen freigesetzten Energie einbezogen wird, und die derart ermittelten Veränderungen in vorgegebenen „geringen“ Zeitabständen von z.B. einigen Sekunden (z.B. 2 bis 60 sec) durch entsprechende Einstellvorgänge korrigiert werden.

**[0011]** Insbesondere wird nach einer Bremsung in die Prognose die zunächst erfolgende Ausdehnung der Bremskomponenten und dann das Schrumpfungsverhalten dieser Komponenten infolge der darauffolgenden Abkühlung einbezogen und dann diese einmalige Prognose nach einer Bremsung zur Durchführung mehrerer aufeinanderfolgender Einstellvorgänge nach der Bremsung verwendet.

**[0012]** Es ist zweckmäßig, wenn in die Berechnung der sich bei der Bremsung ausdehnenden und darauffolgend schrumpfenden Bremskomponenten zumindest die Bremsbeläge und die Bremsscheibe einbezogen werden.

**[0013]** Es ist vorteilhaft, ergänzend in relativ zum Zeitabstand der Einstellvorgänge durch die Prognose groß zu wählenden Zeitabständen z.B. jeweils nach einigen Minuten oder z.B. einer halben Stunde eine vollständige Neueinstellung des Lüftspiels mittels eines schleifenden Anlegens der Bremsbeläge mit den Nachstellvorrichtungen an die Bremsscheibe und eines nachfolgenden Zurückstellens auf das Soll-Lüftspiel vorzunehmen. Derart wird das Lüftspiel immer wieder bei längerer Fahrt anhand eines Anlegens der Bremsbeläge an die Scheibe auf den korrekten Wert eingestellt und mögliche Abweichungen der Simulation von den tatsächlichen Verhältnissen korrigiert. Dieser Verfahrensschritt wird zwischen Bremsungen mit einem genügend langen zeitlichen Abstand vorgenommen, wenn genügend Zeit zur Durchführung dieser Einstellung besteht. Wird diese Einstellung z.B. durch eine erneute Bremsung überbrochen, wird zunächst weiter auf die Lüftspieleinstellung anhand der Simulation zurückgegriffen.

## Ausführungsbeispiel

[0014] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

[0015] [Fig. 1](#) ein Diagramm zur Veranschaulichung der Wärmedehnungs- und Schrumpfungprozesse an einer Scheibenbremse eines Nutzfahrzeugs; und

[0016] [Fig. 2](#) eine Scheibenbremse in einer geschnittenen, schematischen Seitenansicht,

[0017] In der [Fig. 1](#) ist eine hier beispielhaft als Festsattelbremse ausgebildete Scheibenbremse für Nutzfahrzeuge dargestellt, die einen als Festsattel ausgebildeten Bremssattel **2** aufweist, der eine Bremsscheibe **3** übergreift, die axial verschiebbar und verdrehgesichert auf einem als Achsflansch **1** ausgebildeten Fahrzeugteil angeordnet ist. Der Festsattel **2** ist am Achsflansch **1** unbeweglich fixiert.

[0018] Im Festsattel **2** ist eine von einer Kolbenstange eines Bremszylinders betätigbare Zuspännvorrichtung **16** mit einem im Bremssattel exzentrisch gelagerten Drehhebel **17** angeordnet, die derart ausgelegt und konstruiert ist, dass bei einem Verschwenken des Drehhebels **17** Druckstücke (hier nicht detailliert zu erkennen) auf dieser Seite der Bremsscheibe **3** (Zuspannseite genannt) parallel zur Bremsscheibenachse verschoben werden, die eine zuspännseitig angeordnete Bremsbacke **4** gegen die Bremsscheibe **3** pressen, welche sich bei weiter fortschreitender Zuspännbewegung axial in Richtung der weiteren auf der anderen Seite der Bremsscheibe (Reaktionsseite) verschiebt, bis sie dort zur Anlage kommt und die eigentliche Bremswirkung zwischen der Bremsscheibe **3** und den Bremsbelägen **4, 5** einsetzt. Durch die reibende Anlage beider Bremsbacken **4, 5** werden die Bremsscheibe **3** und mit ihr die Radnabe **1** bzw. ein angeschlossenes, nicht dargestelltes Rad abgebremst. Zur Funktion einer beispielhaften Zuspännvorrichtung sei ergänzend auf die WO 02/14708 verwiesen. Ein Rechner in einem Deckel **14** an der Scheibenbremse dient zur Ansteuerung der Elektromotoren **6** und zur Durchführung des nachfolgend beschriebenen Verfahrens zur Lüftspieleinstellung.

[0019] Beiden Bremsbacken bzw. -belägen **4, 5** sind jeweils zuspännseitig und reaktionsseitig wenigstens eine, insbesondere je zwei, Nachstellvorrichtungen **7, 8** zugeordnet, mit der ein betriebsbedingter Verschleiß der Bremsbacken **4, 5** ausgleichbar ist, d. h., beispielsweise nach jedem oder mehreren Bremsvorgang(bzw. -vorgängen) erfolgt eine Zustellung der Bremsbacken **4, 5** in Richtung der Bremsscheibe **3** um die Abriebdicke. Die Nachstellvorrichtungen sind elektromechanisch angetrieben, wobei hier auf jeder Seite der Bremsscheibe jeweils ein Elektromotor **6** vorgesehen ist, von denen hier der

zuspännseitige Elektromotor **6** zu erkennen ist, der über eine Antriebsverbindung auf Drehspindeln oder dgl. einwirkt, welche bei einem Verdrehen die axiale Position der Druckstücke relativ zur Bremsscheibe **3** verändern. Der Vorteil dieser Nachstellvorgänge liegt unter anderem in der Möglichkeit zur Nutzung „intelligenter“ Lüftspielfunktionen, die über ein bloßes Nachstellen der Bremse weit hinausgehen.

[0020] Um zu gewährleisten, daß die Bremsscheibe **3** nach Beendigung des Bremsvorganges in ihre Ausgangsposition zurückgeschoben wird, so daß zwischen der äußeren Bremsbacke **5** und der Bremsscheibe **3** ein ausreichendes Freispiel entsteht, sind erfindungsgemäß in Verschieberichtung der Bremsscheibe **3** federnde Druckelemente **9** vorgesehen, an denen die Bremsscheibe **3** anliegt.

[0021] Nach einer hier nicht zu erkennenden Variante sind mehrere in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilte Druckelemente **9** vorgesehen, die vorzugsweise im Bereich des axial inneren Randes der Bremsscheibe **3** anliegen.

[0022] Die durch die Druckelemente **9** bedingte Verschiebung der Bremsscheibe **3** wird begrenzt durch Anschläge **12**.

[0023] Die feststehenden Anschläge **12** sind durch Schrauben **13** gehalten, die stirnseitig in den Achsflansch **1** eingedreht sind.

[0024] Nach [Fig. 1](#) ist das Druckelement **9** beispielhaft in kompakter Anordnung zweiteilig ausgebildet. Es umfasst ein Kontaktstück **11**, das an der Bremsscheibe **3** anliegt und eine als Schraubenfeder ausgebildete Druckfeder **10** zur Erzeugung der elastischen Vorspannung zwischen dem Anschlag **12** und der Bremsscheibe **3**.

[0025] Durch die zweiteilige Ausbildung wird wirksam verhindert, daß beim Bremsen entstehende Reibwärme von der erwärmten Bremsscheibe **3** auf die Druckfeder **10** übertragen wird.

[0026] Die Druckelemente **9** sind jeweils in eine sich axial erstreckende Ausnehmung **15** des Achsflansches **1** eingesetzt.

[0027] Der Anschlag **12** befindet sich dabei auf der Zuspännseite, so dass die Bremsscheibe von der Reaktionsseite her in Richtung der Zuspännseite nach einer Bremsung zurückgestellt wird. Nach dem Start oder längerer Fahrt wird z.B. mittels sequentiellen Abtastung der Bremsbelagpositionen beider Bremsscheibenseiten (Anfahren der Nachstellvorrichtungen **7, 8** an die Bremsscheibe und Erkennen der Anschlagpositionen beispielsweise aus einer Veränderung der Strom- und/oder Spannungscharakteristik der Versorgungsspannungen bzw. -ströme für die

Elektromotoren **6**) und einer anschließenden Neupositionierung der Bremsbacken bzw. Bremsbeläge **4, 5** relativ zur Bremsscheibe ein Sollluftspiel eingestellt. Sodann wird dieses anhand einer rechnerischen Prognose nachgestellt.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt ein Diagramm, welches die Änderung des Gesamtluftspiels einer Nutzfahrzeugscheibenbremse im Verlauf einer Bremsung im sog. Hitzeristest veranschaulicht. Die Daten des Bremsvorgangs sind:

- Fahrgeschwindigkeit 85 km/h,
- Bremsdauer 40 sec,
- Bremsmoment 2,5 kNm,
- Bremsscheibendurchmesser von 442 mm,
- Bremsscheibendicke 45 mm,
- Bremsscheibenmasse 25 kg und
- Bremsbelagdicke 21 mm.

**[0029]** Infolge der Bremsung ergibt sich eine Dickenzunahme der Bremsscheibe aufgrund ihrer Erwärmung um 0,17 mm, was zu einer entsprechenden Verkleinerung des Luftspiels fhrt.

**[0030]** Erst nach einer Abkühldauer von mehr 10 Minuten wird wieder die Ausgangstemperatur erreicht und erst dann wird der mit 0,005 mm bei diesem Beispiel eingetretenen Bremsbelagverschleiß in einer Luftspielvergrerung wirksam.

**[0031]** Die ebenfalls das Luftspiel verkleinernd wirkende thermische Ausdehnung des Bremsbelages, welche durch noch komplexere Zusammenhänge bestimmt ist, wird hier nicht näher betrachtet.

**[0032]** Bei Folgebremungen in Zeitabständen von z.B. weniger als 10 Minuten reicht die Abkühldauer nicht aus, um wieder den Ausgangszustand zu erreichen. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung der Bremsscheibentemperatur und zu einer noch weiteren Reduzierung des Luftspiels.

**[0033]** Um derartige Zustände sicher zu beherrschen, muß entweder ein ausreichend großes Ausgangsluftspiel gewählt werden oder es wird eine Steuerung des Nachstellsystems angewendet, welche dazu in der Lage ist, das Luftspiel ständig den veränderten Gegebenheiten anzupassen.

**[0034]** Das vergrößerte Luftspiel bewirkt dabei große Bettigungswege der Bremse und ein verzögertes Ansprechverhalten.

**[0035]** Gerade diese Nachteile mechanischer Nachstellvorrichtungen werden durch eine erfindungsgemäße Ansteuerung der elektromotorischen Nachstellvorrichtungen **7, 8** beseitigt.

**[0036]** Derart werden nach Einstellung des Luftspiels mittels eines Anlegens der Bremsbeläge **4, 5**

an die Bremsscheibe **3** und mittels eines nachfolgenden Zurückstellens auf das Luftspiel z.B. nach jedem Start des Fahrzeuges oder nach längerer Fahrt Veränderungen des Luftspiels, welche z.B. durch Verschleiß, Wärmeausdehnung und Schrumpfungsvorgnge der Reibkörper eintreten, durch eine rechnerische Prognose mittels Auswertung der zwischenzeitlichen Bremsaktivitten unter Einbeziehung der Konstruktions- und Materialdaten der Bremsenbauteile sowie der Fahrzustände ermittelt und die entsprechend eingetretenen Veränderungen in geringen Zeitabständen durch entsprechende Einstellvorgänge an den Elektromotoren **6** und den diesen zugeordneten Nachstellvorrichtungen **7, 8** korrigiert.

**[0037]** Das Verhalten der Scheibenbremse kann beispielsweise einmalig ausgemessen werden, wobei diese Messwerte dann als Grundlage für das Prognoseverfahren dienen.

**[0038]** Bei der Einbeziehung des bei der Bremsung auftretenden Verschleißes und der über die Zeit, insbesondere geometrischen Veränderungen von Komponenten der Bremse infolge der bei Bremsung freigesetzten Energie empfiehlt es sich, folgende Parameter einzubeziehen.

**[0039]** Veränderungen des Luftspiels ergeben sich im allgemeinen durch Verschleiß von Bremsbelägen und Bremsscheibe sowie durch Wärmeausdehnung bzw. Schrumpfung von Bremsbelägen, Bremsscheibe oder Bremsenbauteile.

**[0040]** Luftspielvergrerungen erfolgen dabei im allgemeinen durch den Verschleiß von Bremsbelägen und Bremsscheibe, durch die Schrumpfung von Bremsbelägen und Bremsscheibe infolge Abkühlung, durch Schrumpfung der Spreizeinrichtung (Hebel, Druckstempel, EDC) infolge Abkühlung und/oder durch Ausweitung des Sattelrahmens infolge einer Wärmeausdehnung.

**[0041]** Luftspielverkleinerungen erfolgen dagegen durch Wärmeausdehnung von Bremsbelägen und Bremsscheibe, durch Wärmeausdehnung der Spreizeinrichtung und/oder Schrumpfung des Sattelrahmens infolge Abkühlung.

**[0042]** All die vorgenannten Parameter können entweder einzeln oder in Kombination in die Prognose mit einbezogen werden.

**[0043]** Im allgemeinen laufen dabei die Vorgänge, die Luftspiel vergrößernde und Luftspiel verkleinernde Auswirkungen haben, zeitlich parallel mit stark unterschiedlicher Temperatur- und Zeitabhängigkeit ab.

**[0044]** Der Verschleiß der Reibkörper (Bremsbeläge und Bremsscheibe) ist im wesentlichen durch die Bremsarbeit, d.h. durch die relativ exakt ermittelbare

Bremsenergie bestimmt.

**[0045]** Ein weiterer Einfluß ist durch die Temperatur der Reibkörper gegeben. Dieser Einfluß ist für den Bremsbelagverschleiß deutlich stärker ausgeprägt als für die Bremsscheibe und entgegengesetzt gerichtet. Der Verschleiß der Bremsbeläge ergibt sich in einem Hitzeresttest bei 650 °C beispielsweise typischerweise mehr als zweimal so hoch wie bei einem Verschleißtest mit 250 °C Bremsscheibentemperatur. Die Temperatur von Bremsscheibe und Bremsbelägen ist wiederum ursächlich von der an der Bremse in Wärme umgewandelte Reibarbeit sowie den Abkühlbedingungen abhängig.

**[0046]** Die Reibarbeit der Bremse läßt sich auf einfache Weise ermitteln, wenn der Bremsvorgang in eine Vielzahl kleiner Raddrehwinkelabschnitte unterteilt wird, wobei die Größe dieser Raddrehwinkelabschnitte so gewählt wird, daß für eine genügend genaue Betrachtung der Bremszylinderdruck innerhalb dieses Abschnittes als konstant betrachtet werden kann.

**[0047]** Für die Bestimmung des Bremsbelag- und Bremsscheibenverschleißes (als Summenwert) bietet es sich dagegen an, experimentell ermittelte Durchschnittswerte zugrunde zu legen. Ein typischer Wert ist z.B. 0,132 mm spezieller Summenverschleiß von Bremsbelägen und Bremsscheibe pro 100 MJ umgewandelter Reibenergie.

**[0048]** Je nach Auslegung des jeweiligen Bremsystems läßt sich derart vorzugsweise aus einer Mischung von experimentell ermittelten Daten und rechnerisch ermittelten Werten ein geeigneter Parametersatz bestimmen, der in die Prognose mit einbezogen werden kann.

**[0049]** Ergänzend kann z.B. die Kühlleistung der Bremsscheibe auf einem Schwungmassenprüfstand oder im Fahrzeugversuch aus Abkühlkurven ermittelt werden.

**[0050]** Ausgewertet wird z.B. der Temperaturverlauf nach Beendigung der Aufheizungen durch die Bremsvorgänge.

#### Bezugszeichenliste

1	Achsflansch
2	Bremssattel
3	Bremsscheibe
4	Bremsbacke
5	Bremsbacke
6	Elektromotor
7	Nachstellvorrichtung
8	Nachstellvorrichtung
9	Druckelement
10	Druckfeder

11	Kontaktstück
12	Anschlag
13	Schraube
14	Deckel
15	Ausnehmung
16	Zuspannvorrichtung
17	Drehhebel

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels zwischen Bremsbelägen (4, 5) und einer Bremsscheibe (3) einer vorzugsweise pneumatisch betätigten Scheibenbremse mittels wenigstens einer oder mehrerer elektromotorisch angetriebenen Nachstellvorrichtung(en) (7, 8), bei dem

- a) mittels eines Rechners Veränderungen des Lüftspiels infolge von Bremsungen sensorlos mittels einer rechnerischen Prognose ermittelt werden,
- b) wobei in die Prognose
  - der bei der Bremsung auftretende Verschleiß und
  - die zeitliche Veränderung von Komponenten der Bremse infolge der bei Bremsungen freigesetzten Energie einbezogen wird,
- c) und die derart ermittelten Veränderungen in vorgegebenen Zeitabständen durch entsprechende Einstellvorgänge an der wenigstens einen oder den mehreren Nachstellvorrichtung(en) (7, 8) korrigiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer Bremsung in die Prognose die zunächst erfolgende Ausdehnung der Bremskomponenten und dann das Schrumpfungsverhalten dieser Komponenten infolge der darauffolgenden Abkühlung einbezogen wird und dass diese einmalige Prognose nach einer Bremsung zur Durchführung mehrerer aufeinanderfolgender Einstellvorgänge nach der Bremsung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in relativ zum Zeitabstand der Einstellvorgänge durch die Prognose groß zu wählenden Zeitabständen eine Neueinstellung des Lüftspiels mittels eines schleifenden Anlegens der Bremsbeläge (4, 5) mit den Nachstellvorrichtungen (7, 8) an die Bremsscheibe (3) und eines nachfolgenden Zurückstellens auf das Soll-Lüftspiel erfolgt.

4. Verfahren zur Einstellung des Lüftspiels, dadurch gekennzeichnet, dass in die Berechnung der sich bei der Bremsung ausdehnenden und darauffolgend schrumpfenden Bremskomponenten zumindest die Bremsbeläge (4, 5) und die Bremsscheibe (3) einbezogen werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

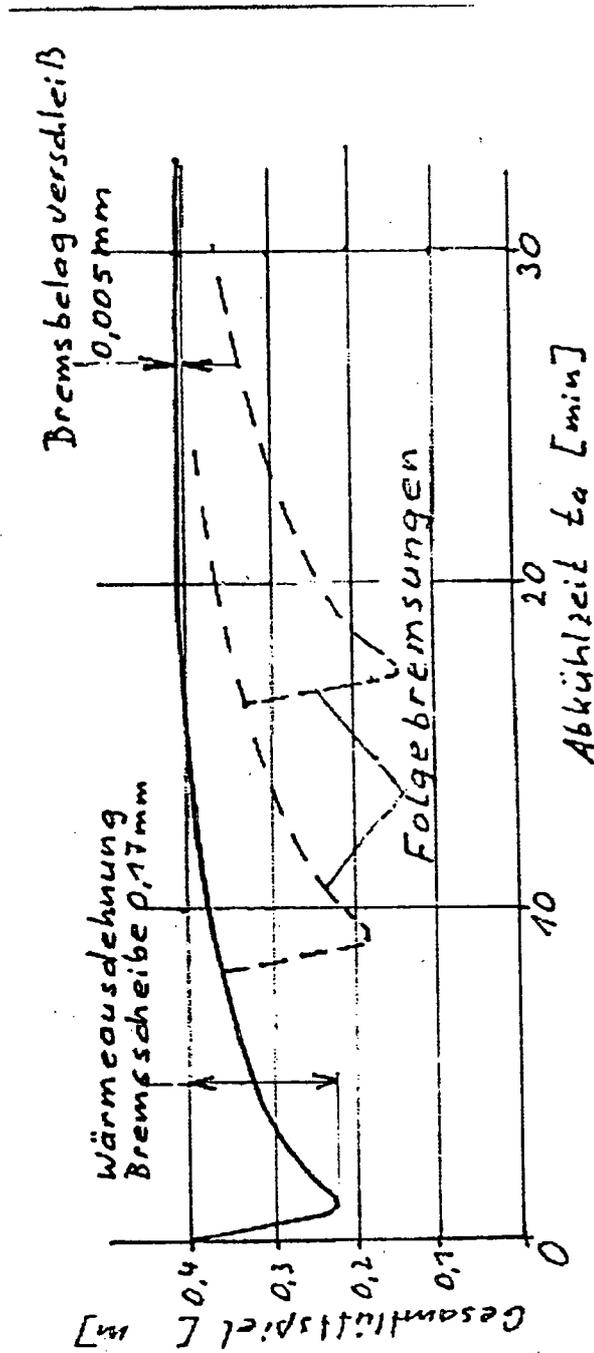


Fig. 1

