

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 550 847 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92121123.1**

(51) Int. Cl.⁵: **F41A 21/18**

(22) Anmeldetag: **11.12.92**

(30) Priorität: **07.01.92 DE 4200171**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.07.93 Patentblatt 93/28

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI SE

(71) Anmelder: **Rheinmetall GmbH**
Pempelfurtstrasse 1 Postfach 1663
W-4030 Ratingen 1(DE)

(72) Erfinder: **Krumm, Herbert Dr.**
Adlerstrasse 1a
W-4044 Kaarst 1(DE)

(54) **Waffenrohr.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Waffenrohr mit einem Drallverlauf mit einem veränderlichen Drallwinkel und einer beim Verschießen eines Geschosses wirkenden Leistenkraft $R(x)$ über den Geschößweg (x) im Waffenrohr, wobei das Kaliber d , die Geschößmasse m_G , das Massenträgheitsmoment J um die Geschößlängsachse, die Gaskraft $P(x)$ auf den Geschößboden und die Geschößgeschwindigkeit $v(x)$ vorgegeben sind. Um im Rahmen der Fertigungstoleranzen einen exakten Drallverlauf entsprechend diversen gewünschten Eigenschaften der Leistenkraft zu erzielen, ist vorgesehen, daß die Leistenkraft $R(x)$ entsprechend

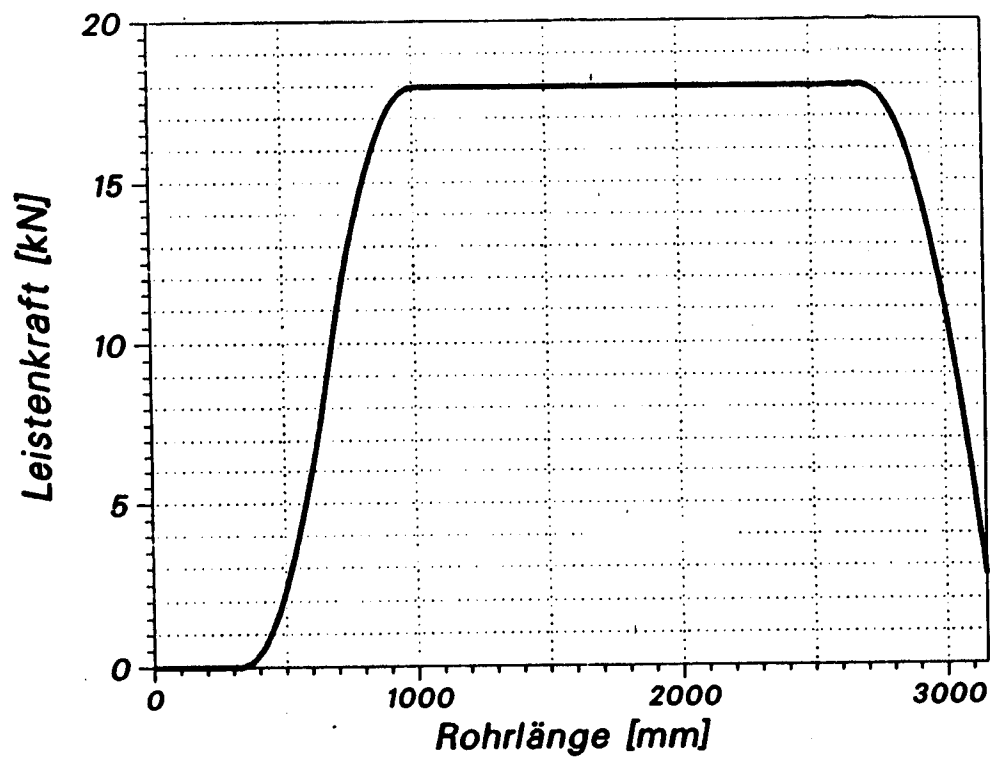
$$R(x) = R_{\max} R_n(x)$$

bestimmt wird, wobei $R_{\max}$ der von einem vorgegebenen Enddrallwinkel β_E abhängige Maximalwert der Leistenkraft und $R_n(x)$ ein vorgegebener normierter Leistenkraftverlauf mit einem bestimmten Drallbeginn, einem bestimmten Anfangsdrallwinkel und einem bestimmten Drallprofil ist, wobei die Abwicklung des Dralls auf dem Kaliberdurchmesser aus der Differentialgleichung

$$y'' = \frac{d^2 R_{\max} R_n(x)}{4 J v^2(x)} - \frac{P(x)}{H^m m_G v^2(x)} y'$$

und $R_{\max}$ beim vorgegebenen Enddrallwinkel β_E bestimmt werden.

EP 0 550 847 A2

Leistenkraftverlauf über der Rohrlänge*Fig.5*

Die Erfindung betrifft ein Waffenrohr mit einem Drallverlauf mit einem veränderlichen Drallwinkel und einer beim Verschießen eines Geschosses wirkenden Leistenkraft nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Gemäß "Waffentechnisches Taschenbuch", Rheinmetall GmbH, Düsseldorf, 1980 sind derartige Waffenrohre bekannt, bei denen verschiedene Drallarten vorgesehen sein können, die unterschiedliche Verläufe der Leistenkraft über der Bewegung der drallstabilisierten Geschosse verursachen. Am häufigsten werden konstante und parabolische Drallverläufe verwendet. Hierbei wird jedoch ein idealer Leistenkraftverlauf allenfalls näherungsweise erzielt, obwohl die Beziehung der Leistenkraft über den Geschossweg im Waffenrohr in guter Näherung durch

$$R(x) = \frac{4J}{d^2 m_G} \left(\frac{dy}{dx} P(x) + \frac{d^2 y}{dx^2} v^2(x) m_G \right) \quad (1)$$

hieraus bekannt ist, wobei d das Kaliber des Waffenrohrs, m_G das Geschossgewicht, J das Massenträgheitsmoment um die Geschosslängsachse, $P(x)$ die Gaskraft auf den Geschosßboden und $v(x)$ die Geschosßgeschwindigkeit ist.

Aus der DE-PS 34 09 073 ist es bekannt, den Drallverlauf im Waffenrohr durch ein Polynom bezüglich bestimmter Eigenschaften zu optimieren, während es aus der DE-OS 40 01 130 bekannt ist, entsprechend unter Zuhilfenahme einer Zerlegung des Drallwinkel in eine Fourierreihe vorzunehmen. Auch hierbei ergibt sich kein idealer Leistenkraftverlauf und dementsprechend Vor- und Nachteile der Lösungen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Waffenrohr nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, das im Rahmen der Fertigungstoleranzen einen exakten Drallverlauf entsprechend diversen gewünschten Eigenschaften der Leistenkraft aufweist.

Diese Aufgabe wird entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Hierdurch wird es ermöglicht, alle relevanten Parameter des Waffenrohrs vorzugeben, nämlich

- Kaliber d ,
- Rohrlänge,
- Geschossmasse m_G ,
- Geschossmassenträgheitsmoment j ,
- Innenballistik
 - Geschosßbodendruck $P(x)$,
 - Geschosßgeschwindigkeit $v(x)$,
- Drallbeginn (ab Hinterkante Waffenrohr),
- gewünschtes Drallprofil (Zug-, Feldgeometrie),
- Anfangsdrallwinkel β_A ,
- Enddrallwinkel β_E .

Darüberhinaus wird ein normierter Leistenkraftverlauf $R_n(x)$ vorgegeben, der qualitativ die gewünschte Leistenkraft für jede Geschosßstellung beschreibt. Die Festlegung der normierten Leistenkraft $R_n(x)$ erfolgt nach folgenden Gesichtspunkten:

- Reduzierung der maximalen Leistenkraft durch fülligen Leistenkraftverlauf zur Verringerung,
 - der Führungsbandbelastung,
 - der Rohrbeanspruchung (Verschleiß, Ermüdung),
 - des Drallmomentes (Rohrschwingungen/Drallaufnahme),
- Reduzierung der Leistenkraft an der Rohrmündung (Abgangsballistik),
- Verringerung der Drallwinkeländerungen beim Geschosßdurchlauf zur Vermeidung zu großer Verformungen des Führungsbandes.

Für ein 35mm Maschinenkanonenrohr erfüllt der in Fig. 1 dargestellte normierte Leistenkraftverlauf $R_n(x)$ (durchgezogene Linie) über die Rohrlänge x in idealer Weise die gestellten Anforderungen. Die über einen großen, bei einem Wert x_2 der Rohrlänge beginnenden Bereich konstante Leistenkraft ergibt einen fülligen Leistenkraftverlauf und ein geringes Drallmoment. Im Ansatzbereich wirkt keine Leistenkraft und es erfolgt ein sanfter Anstieg der Leistenkraft bei Drallbeginn, so daß sich ein geringer Rohrverschleiß und eine geringe Belastung des Führungsbandes ergibt. An der Rohrmündung wirkt ebenfalls nur eine geringe Leistenkraft, so daß eine verbesserte Abgangsballistik erreicht wird.

Bei Maschinenkanonen wird üblicherweise kein Wert auf eine verringerte Drallwinkeländerung, die die Umformungsarbeit des Führungsbandes des Geschosses begrenzen soll, gelegt. Vielmehr wird ein Anfangsdrallwinkel $\beta_E = 0^\circ$ und ein sanfter Anstieg gewünscht, damit Waffenrohr, Führungsband und Zünder gering belastet werden.

Bei Artilleriegeräten nimmt man höhere Belastungen in Kauf, legt dafür aber größeren Wert auf geringere Drallwinkeländerungen während des gesamten Geschößdurchlaufs (Anfangsdrallwinkel β_A möglichst groß).

Dementsprechend können andere Leistenkraftverläufe als der in Fig. 1 durchgezogene, etwa die gestrichelten bzw. strichpunktieren je nach Anwendungsfall zugrunde gelegt werden.

Der tatsächlich gewünschte Leistenkraftverlauf $R(x)$ ergibt sich aus der normierten Leistenkraft $R_n(x)$ durch

$$R(x) = R_{\max} R_n(x), \quad (2)$$

wobei $R_{\max}$ ein noch zu bestimmender Maximalwert der Leistenkraft ist, der unter anderem vor allem vom Enddrallwinkel β_E abhängig ist.

Wenn $y(x)$ die Abwicklung des Dralls auf dem Kaliberdurchmesser ist, dann gilt

$$\beta = \arctan \left(\frac{dy}{dx} \right) \text{ Drallwinkel}$$

$$y' = \frac{dy}{dx} = \tan \beta$$

$$y'' = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d\beta}{dx} \frac{1}{\cos^2 \beta} y'$$

Hiermit kann man unter Berücksichtigung der eingangs aufgeführten, bekannten Gleichung (1) für die Leistenkraft, die diese in guter Näherung beschreibt, folgende Differentialgleichung herleiten:

$$y'' = \frac{d^2 R_{\max} R_n(x)}{4Jv^2(x)} - \frac{P(x)}{m_G v^2(x)} y' \quad (3)$$

Mit der Lösung dieser Differentialgleichung (3) erhält man für die Annahme $R_{\max} = 1 \text{ N}$ und unter Zugrundelegung eines vorgegebenen Geschößbodendruckes und einer vorgegebenen Geschößgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Rohrlänge x , wie sie in Fig. 2 und 3 wiedergegeben sind, einen beliebigen Enddrallwinkel β_E , der in aller Regel mit der Vorgabe nicht übereinstimmt. Durch Variation von $R_{\max}$ und gegebenenfalls Extrapolation bzw. Interpolation erhält man für den vorgegebenen Enddrallwinkel β_E dann die genaue Lösung $y(x)$, nach der dasjenige Drallgesetz gefertigt werden kann, das alle an die Leistenkraft gestellten Bedingungen erfüllt.

So ergibt sich im Falle des genannten Beispiels der Drallauslegung eines 35mm Maschinenkanonenrohrs ein Drallwinkelverlauf $y(x)$ entsprechend Fig. 4. Dieser verursacht mit den geometrischen und innenballistischen Verhältnissen der Maschinenkanone einen Leistenkraftverlauf gemäß Fig. 5 mit einem Maximalwert $R_{\max} = 17981,111 \text{ N}$. Für die Fertigung des Drallprofils mit dem berechneten Drallgesetz wird die Abwicklung von $y(x)$ über die Rohrlänge gemäß Fig. 6 benötigt. Fig. 7 zeigt für diesen Fall die maximale Leistenkraft in Abhängigkeit von dem zugrundegelegten normierten Leistenkraftverlauf. Im Vergleich zu einer eingeführten Waffe (KDA) mit parabolischem Drall, bei der zudem diverse Maßnahmen zur Reduzierung von Belastungen, Schwingungen und Abgangsfehlerwinkel getroffen sind, ergibt sich eine Verringerung der Leistenkraft um etwa 15%.

Patentansprüche

1. Waffenrohr mit einem Drallverlauf mit einem veränderlichen Drallwinkel und einer beim Verschießen eines Geschosses wirkenden Leistenkraft $R(x)$ über den Geschößweg (x) im Waffenrohr, wobei das Kaliber d , die Geschößmasse m_G , das Massenträgheitsmoment J um die Geschößlängsachse, die Gaskraft $P(x)$ auf den Geschößboden und die Geschößgeschwindigkeit $v(x)$ vorgegeben sind, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Leistenkraft $R(x)$ entsprechend

$$R(x) = R_{\max} R_n(x)$$

bestimmt wird, wobei $R_{\max}$ der von einem vorgegebenen Enddrallwinkel β_E abhängige Maximalwert der Leistenkraft und $R_n(x)$ ein vorgegebener normierter Leistenkraftverlauf mit einem bestimmten Drallbeginn, einem bestimmten Anfangsdrallwinkel und einem bestimmten Drallprofil ist, wobei die Abwicklung des Dralls auf dem Kaliberdurchmesser aus der Differentialgleichung

$$y'' = \frac{d^2 R_{\max} R_n(x)}{4Jv^2(x)} - \frac{P(x)}{m_G v^2(x)} y'$$

und $R_{\max}$ beim vorgegebenen Enddrallwinkel β_E bestimmt werden.

2. Waffenrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Lösung der Differentialgleichung für einen vorgegebenen Wert von $R_{\max}$ durch Variation von $R_{\max}$ und Extra- bzw. Interpolation die genaue Lösung für $y(x)$ für den vorgegebenen Enddrallwinkel β_E bestimmt wird.

Normierter Leistenkraftverlauf über der Rohrlänge

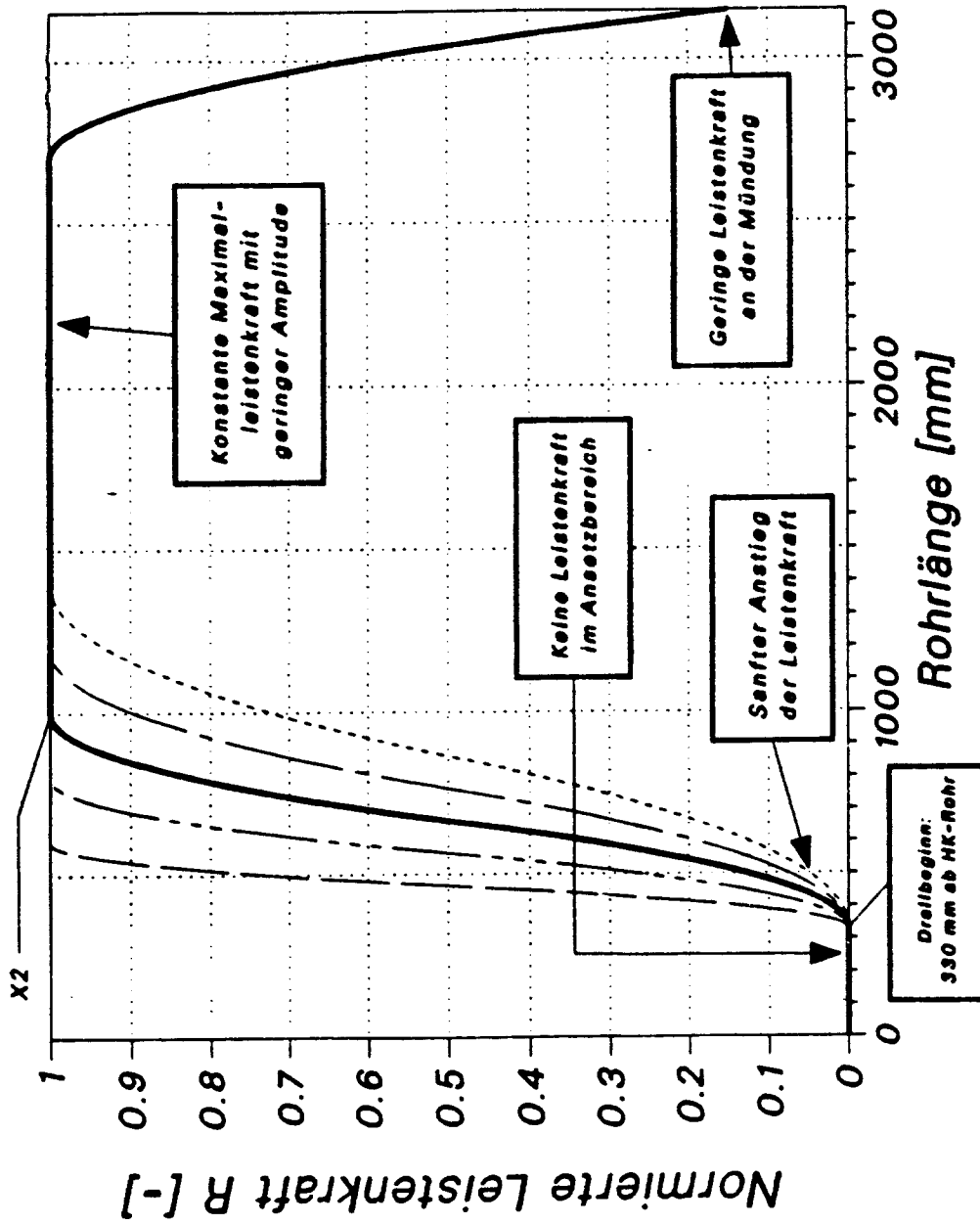


Fig. 1

Geschoßbodendruck als Funktion der Rohrlänge

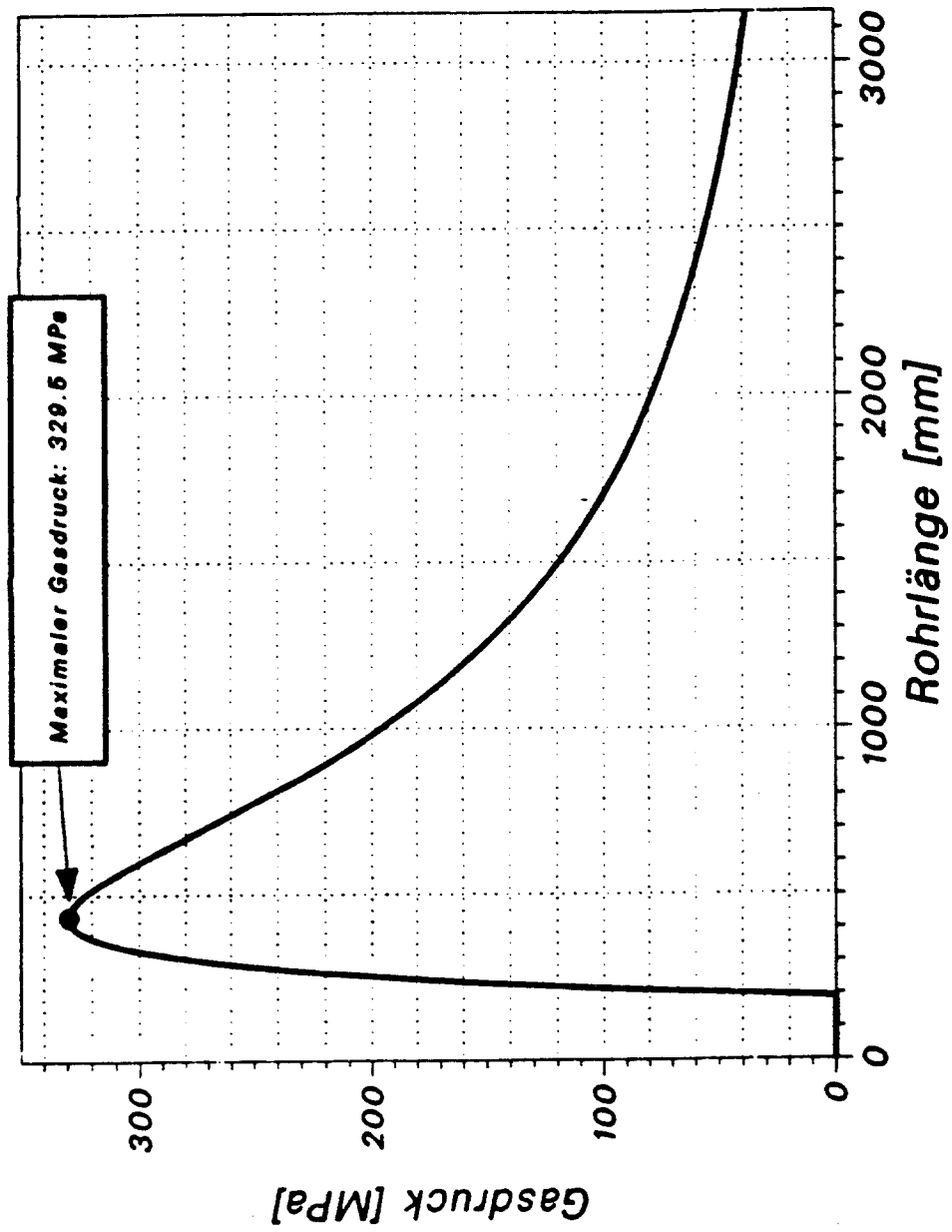


Fig. 2

Geschoßgeschwindigkeit als Funktion der Rohrlänge

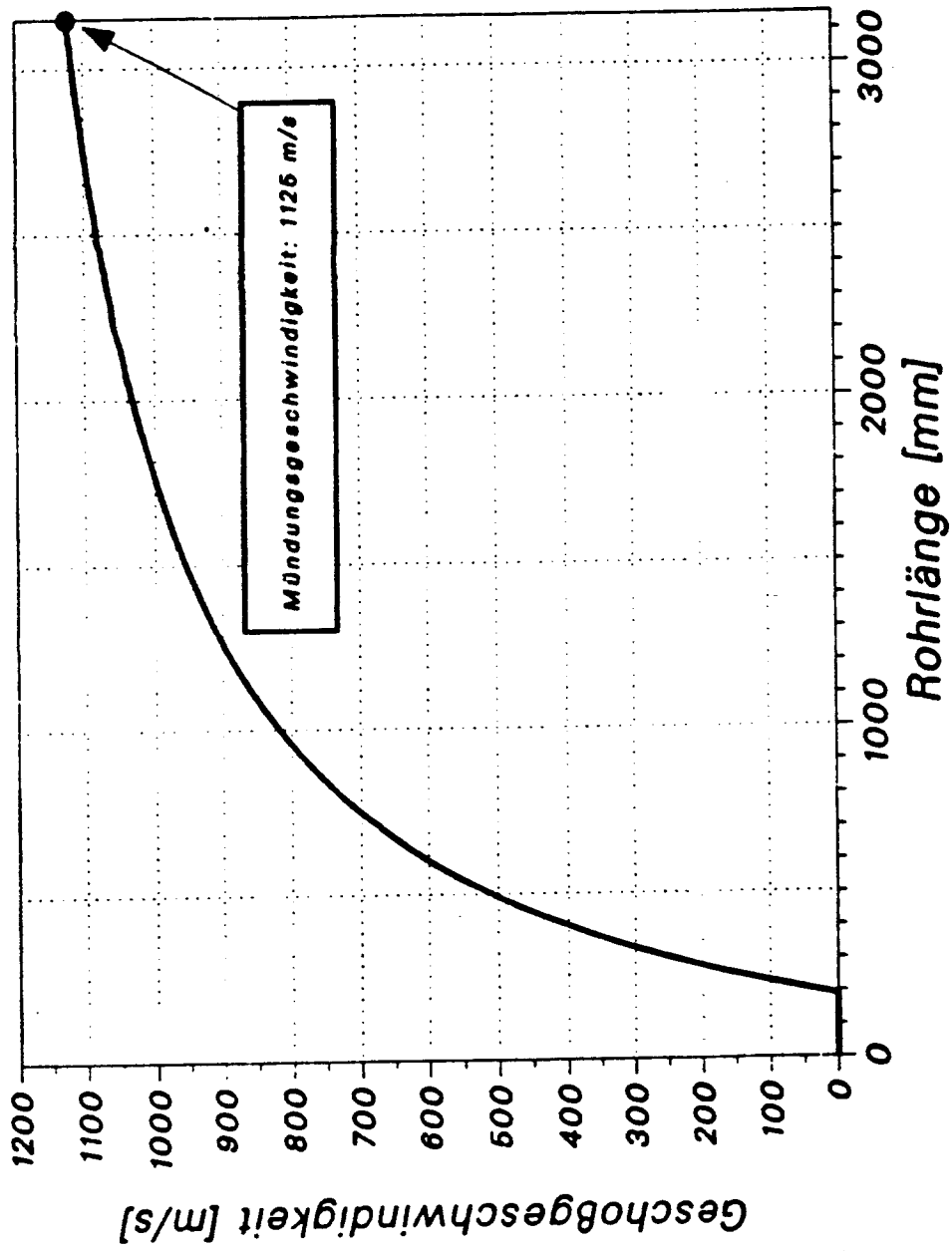


Fig. 3

Optimierter Drallwinkelverlauf über der Rohrlänge

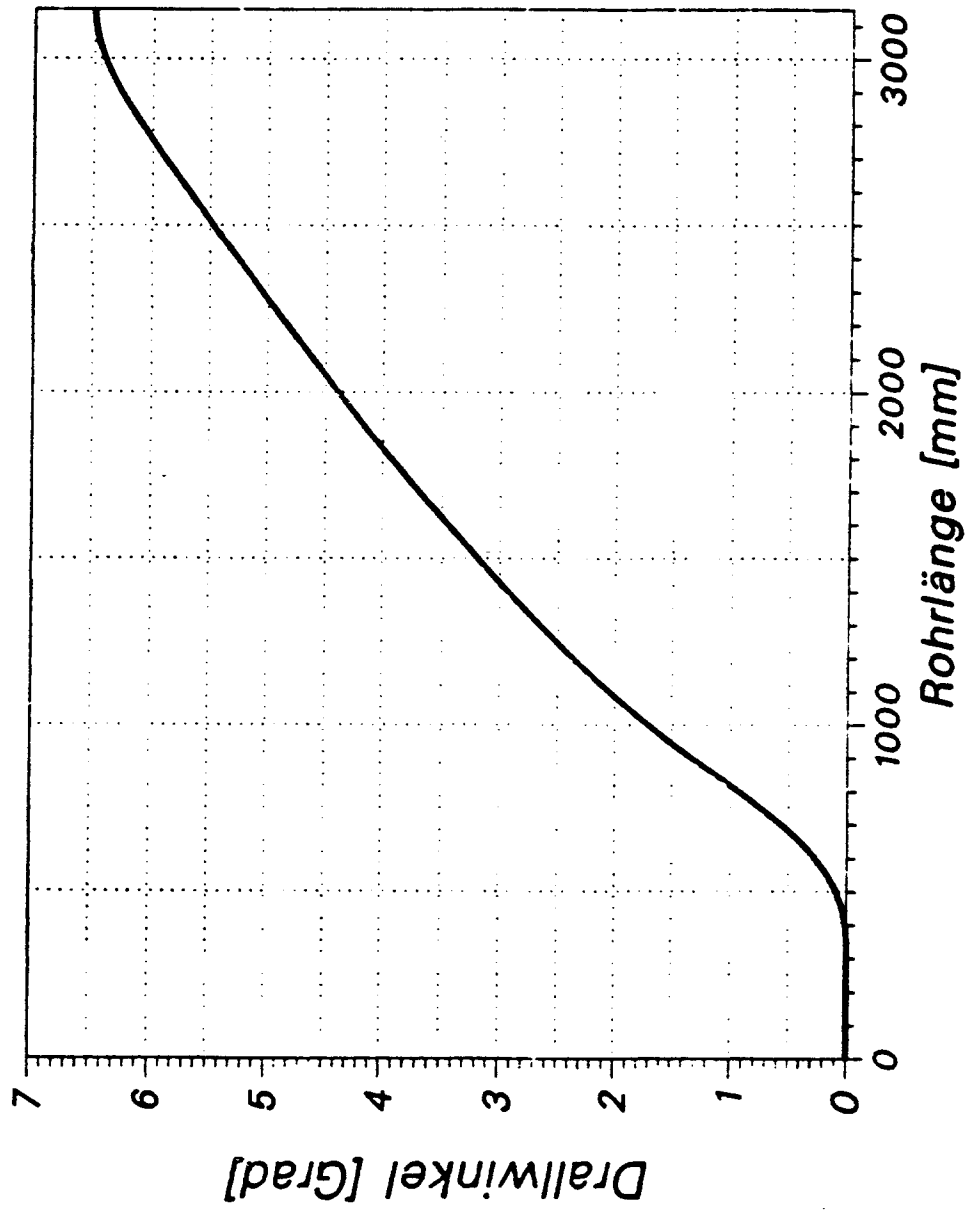


Fig. 4

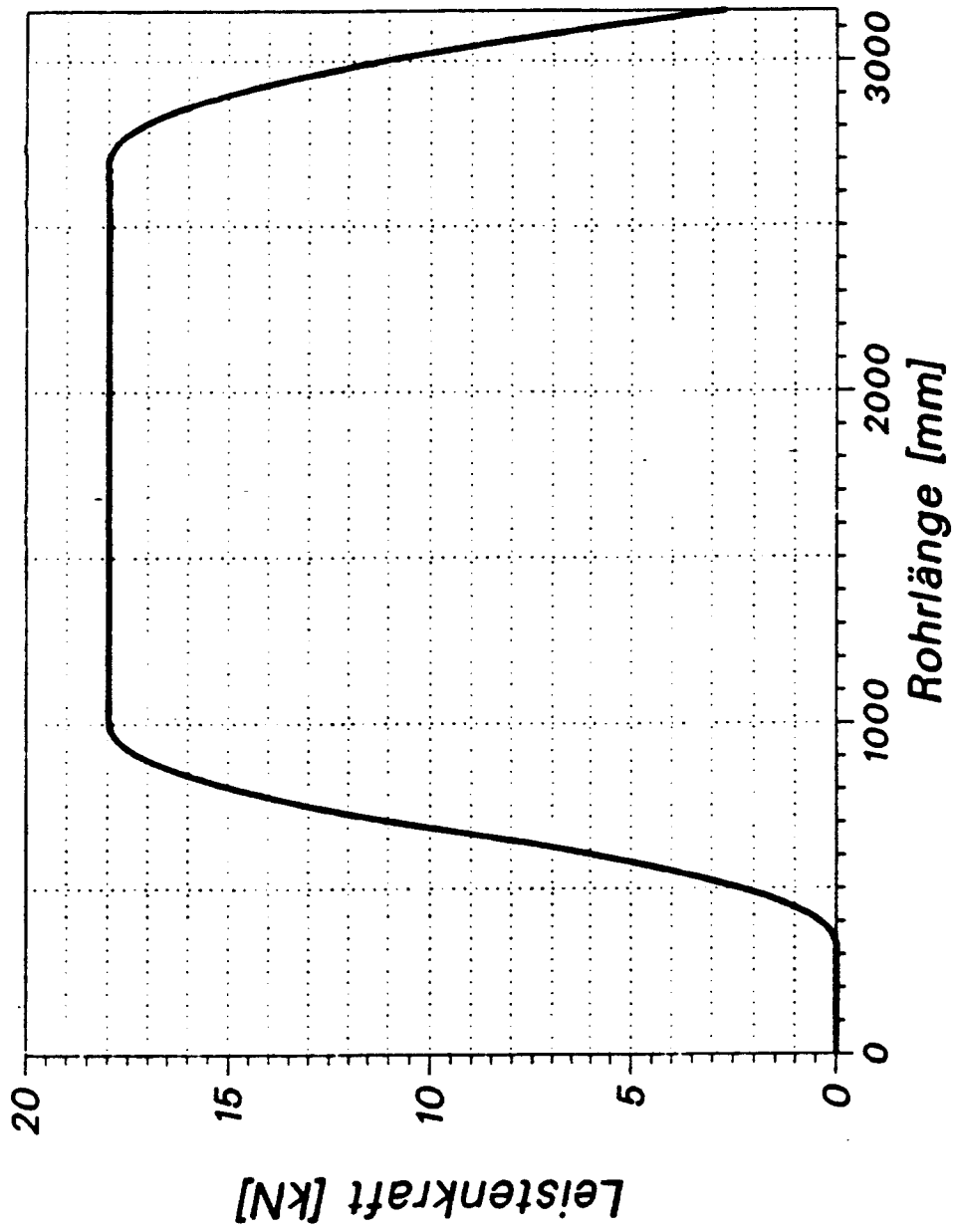
Leistenkraftverlauf über der Rohrlänge

Fig. 5

Abwicklung $y(x)$ über der Rohrlänge

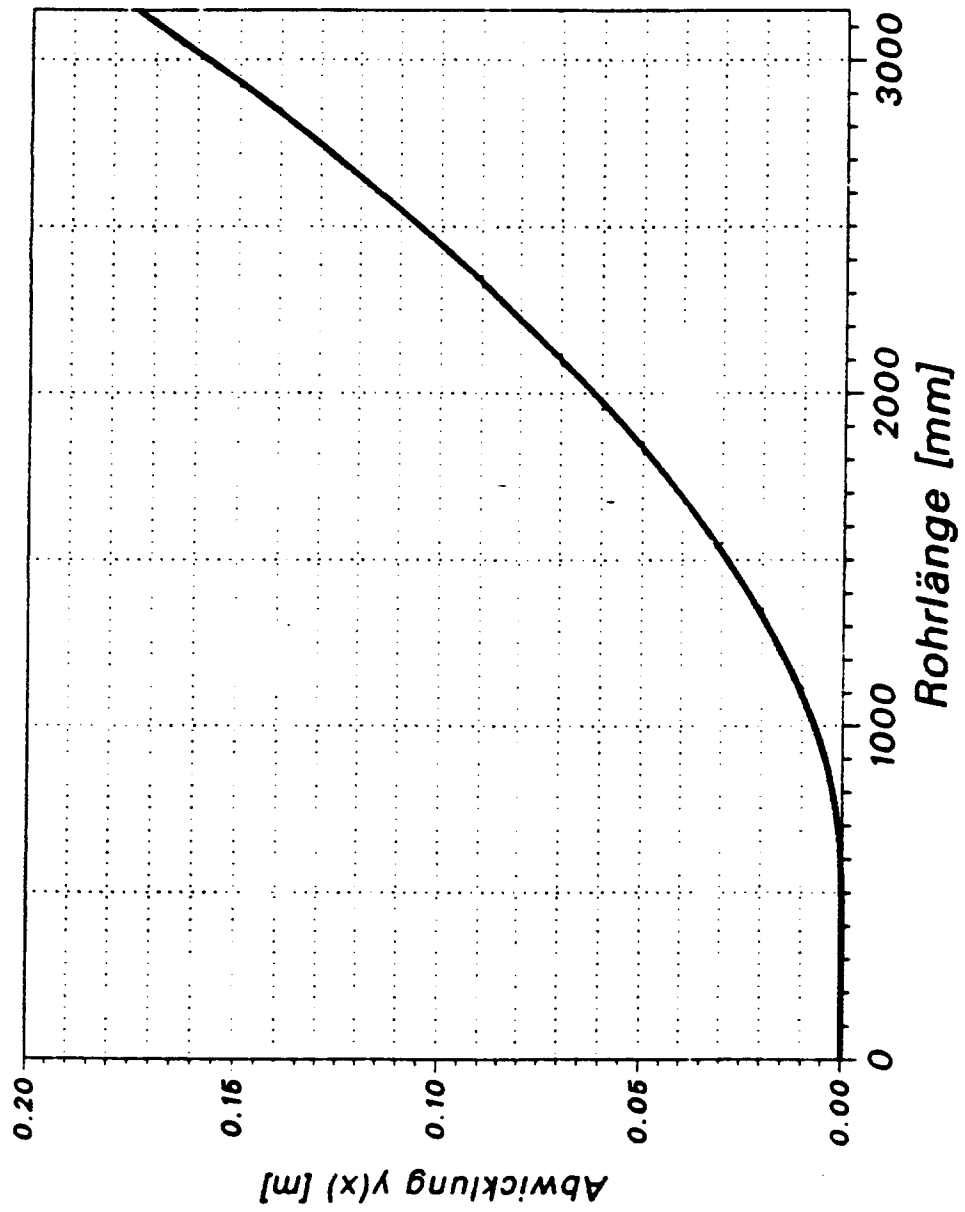


Fig. 6

Maximale Leistenkraft in Abhängigkeit von dem zugrundegelegten normierten Leistenkraftverlauf

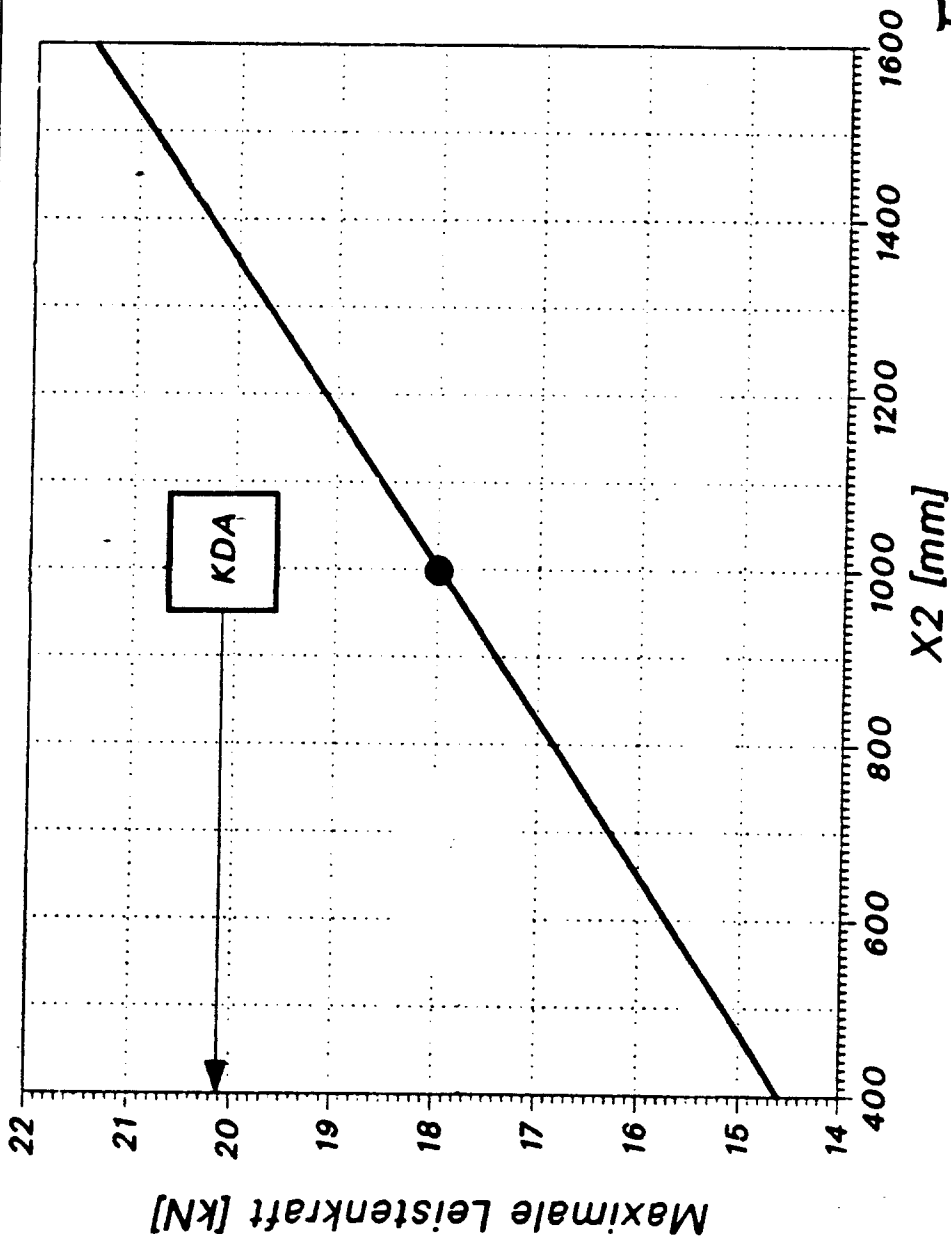


Fig. 7