



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 668 315 A5

⑤① Int. Cl. 4: F 41 F 17/10

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑮① Gesuchsnummer: 1092/85

⑮② Anmeldungsdatum: 11.03.1985

⑮③ Priorität(en): 13.03.1984 DE 3409073

⑮④ Patent erteilt: 15.12.1988

⑮⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.12.1988

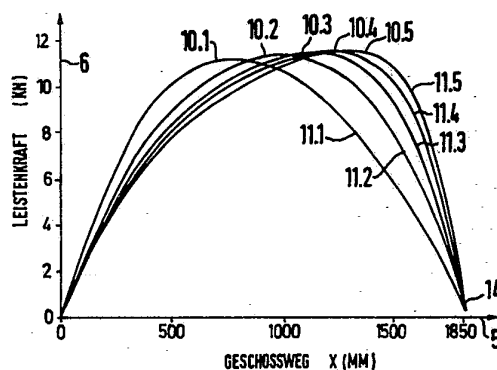
⑮⑦ Inhaber:
Mauser-Werke Oberndorf GmbH, Oberndorf
(DE)

⑮⑦ Erfinder:
Hoffmann, Dietrich, Dr., Schramberg (DE)
Weisser, Harald, Oberndorf (DE)

⑮⑦ Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑮④ Waffenrohr mit einem Zug-Feld-Profil.

⑮⑦ Das Waffenrohr weist einen Drallverlauf auf, der auf der kubischen Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$ hergeleiteten Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^d$ aufgebaut ist. Der Exponent des letzten Summanden ist in einem Bereich $d = 4$ bis 12 frei wählbar mit einem Zug-Feld-Profil. Durch den frei wählbaren Exponenten als Parameter lässt sich das Leistenkraftmaximum auf nahezu gleicher Höhe zwischen dem Bewegungsbeginn und der Rohrmündung verschieben. An der Rohrmündung fällt die Leistenkraft auf ein Minimum ab.



PATENTANSPRUCH

Waffenrohr mit einem Zug-Feld-Profil mit einem Drallverlauf, der auf der Gesetzmässigkeit der aus der kubischen Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$ hergeleiteten Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^d$ aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Exponent des letzten Summanden in einem Bereich von $d = 4$ bis 12 frei wählbar, der Drallverlauf über den gesamten Geschossweg innerhalb der Waffe durch diese Funktion geschlossen beschrieben und die zweite Ableitung der Drallkurve an der Rohrmündung auf den Wert Null gesetzt ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Waffenrohr mit einem Zug-Feld-Profil nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs.

Die Festlegung des Drallverlaufs von Waffenrohren erfolgt nach den jeweiligen Erfordernissen, wie beispielsweise der Flugsstabilität der Geschosse und der Beanspruchung der Waffenrohre sowie der Führungsbänder von Geschossen.

Aus «Waffentechnisches Taschenbuch», Rheinmetall, 1980, Seiten 523 bis 529, sind verschiedene Drallarten und der Verlauf der Leistenkraft über dem Geschossweg im Waffenrohr bekannt. Die am häufigsten verwendeten Drallarten sind dabei der konstante Drall, der parabolische Drall und der kreisförmige Drall. Alle diese Arten besitzen jedoch die unterschiedlichsten Nachteile.

Der konstante Drall hat einen starken Leistenkraftanstieg mit dem Nachteil einer hohen Belastung der Führungsbänder und der Geschosse beim Bewegungsbeginn im Waffenrohr. Verursacht wird dies dadurch, dass sich das Leistenkraftmaximum an der Stelle des maximalen Gasdrucks befindet.

Bei dem progressiven Drall, zu dem sowohl der parabolische als auch der kreisförmige Drall zählt, tritt das Leistenkraftmaximum an der Waffenrohrmündung auf und beeinflusst dabei negativ die Abgangsbalistik der Geschosse. Dem progressiven Drall wird häufig ein konstanter Drall angehängt, um so die Leistenkräfte in diesem Bereich zu reduzieren. An den Schnittstellen zwischen dem progressiven und dem konstanten Drall treten jedoch Sprünge im Verlauf der Leistenkraftkurve auf, was sich wiederum negativ durch den Verschleiss des Waffenrohres und auch negativ auf das Abgangsverhalten und das Trefferverhalten des Waffenrohres auswirkt.

Wie insbesondere Bild 1137, Seite 525 aus «Waffentechnisches Taschenbuch», Rheinmetall, 1980, verdeutlicht, liegt beim konstanten Drall das Leistenkraftmaximum an der Stelle des Gasdruckmaximums. Der starke Leistenkraftanstieg gleich zu Beginn der Geschossbewegung hat zur Folge, dass neben der grossen Belastung des Führungsbandes und des Geschosses die Pulvergase in diesem Bereich sehr heiss sind, wodurch die Rohrerrosion stark beschleunigt wird. Dagegen ist die Geschoss- und Führungsbeanspruchung beim parabolischen Drall bei Bewegungsbeginn geringer. Der Anstieg der Leistenkraft verläuft relativ flach. Allerdings wirken auf das Geschoss beim Verlassen des Waffenrohres an der Rohrmündung grosse Leistenkräfte ein, was sich negativ auf die Treffgenauigkeit der Geschosse auswirkt.

Aus Hänert «Geschütz und Schuss» 1940, Seiten 71, 76 und 77 ist eine kubische Drallkurve mit dem Ansatz $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ bekannt. Wie ersichtlich ist, besitzt der letzte Summand zwei Konstante, von denen eine im Exponenten steht. Der Drallansatz weist insgesamt vier Freiheitsgrade auf, um die Koeffizienten a_0 , a_1 , a_2 und a_3 zu bestimmen. Bei dem Ansatz der Drallkurve nach Hänert lauten die vier Bedingungen:

— Festlegung des Koordinatensystems mit der Wahl des Koordinatenursprungs;

— Festlegung des Wendepunktes der Drallkurve, was die Minimierung der Leistenkraft an einer einzigen, gewollten Stelle X_L bedeutet;

— Festlegung des Drallwinkels an einer gewollten Stelle X_A ;

— Festlegung des Drallwinkels an einer zweiten gewollten Stelle X_B ($\neq X_A$).

Mit diesen Bedingungen ist die Drallkurve eindeutig bestimmt. Das Maximum der Leistenkraft ist zwangsläufig festgelegt und nicht mehr frei wählbar.

Ferner ist der Anstieg der Drallkurve im Bereich der Rohrmündung nicht ansteigsfrei, wie sich aus der zweiten Ableitung der kubischen Drallkurve nach Hänert ergibt; denn danach besitzt $y'' = 2a_2 + 6a_3x$ nur eine einzige Nullstelle. Wenn diese an die Stelle $x = 0$ im Ort des Gasdruckmaximums gelegt wird, kann sie folglich nicht gleichzeitig auch an der Rohrmündung liegen. Umgekehrt kann $x = 0$ an die Stelle der Rohrmündung gelegt werden, wodurch sich eine ansteigsfreie Drallkurve an der Rohrmündung ergibt. Allerdings ist aus dem Verlauf der Drallkurve bei Hänert ersichtlich, dass der Beginn der Drallkurve im Koordinatenursprung Null bis zum Ansatz der Funktion angesetzt worden ist. So wie häufig an einen progressiven Drall ein konstanter Drall angehängt wird, um an der Rohrmündung ansteigsfrei zu sein, so wird bei Hänert die Drallkurve an ihrem Beginn konstruktiv oder durch eine andere als die kubische Drallkurve ergänzt, weil die gesamte Drallkurve nach der Funktion $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ nicht erfasst wird. Dies hat zur Folge, dass an der Schnittstelle der beiden Kurven wieder ein Sprung im Verlauf der Leistenkraftkurve mit der negativen Auswirkung auf einen höheren Verschleiss des Waffenrohres auftritt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Waffenrohr der eingangs genannten Art zu schaffen, welches eine erhöhte Lebensdauer besitzt, zuverlässig ein verbessertes Trefferbild zulässt und die Beanspruchung der Geschosse und Führungsbänder beim Rohrdurchgang vermindert.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Kennzeichens des Patentanspruchs gelöst.

Entsprechend der Wahl des Exponenten d auf einen Wert zwischen vier und zwölf ist der Scheitelpunkt der Leistenkraftkurve auf den letzten zwei Dritteln des Geschossweges zwischen den Bereichen des Gasdruckmaximums und der Rohrmündung auf gleicher oder nahezu auf gleicher Höhe verschiebbar.

Der Exponent d steuert als Parameter die Lage des Leistenkraftmaximums, so dass insgesamt einmal der Drallanstieg im Bereich der Rohrmündung bei abfallender Leistenkraft ansteigsfrei ist und zum anderen die Lage des maximalen Gasdrucks von dem Leistenkraftmaximum getrennt ist. Der Drallverlauf beginnt gemäss dem Vorschlag der Erfindung ausserdem mit einem langsamen Anstieg der Leistenkraft beim Bewegungsbeginn des Geschosses in der Waffe.

Von entscheidender Bedeutung ist es, dass die Funktion über den gesamten Verlauf der Drallkurve gilt und dadurch ein Ergänzen dieser Drallkurve zu Anfang oder am Ende vermieden wird. Es handelt sich um eine durchgehende Drallkurve, bei welcher Sprünge im Verlauf der Leistenkraftkurve nicht auftreten können.

Mit den Merkmalen dieser Erfindung wird bei einem Waffenrohr mit einem Zug-Feld-Profil die Lebensdauer erhöht, wobei gleichzeitig auch das Trefferbild verbessert wird.

Die gesamte Drallabwicklung vereinigt alle positiven Eigenschaften des konstanten, kubischen und des parabolischen Dralls, ohne deren Nachteile zu besitzen. Es treten keine Sprünge in der Leistenkraft mehr auf und es wird erstmals ermöglicht, die Lage des Leistenkraftmaximums beliebig zu verschieben.

Die erfinderische Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^d$ besitzt fünf Freiheitsgrade und hat die entscheidenden Bedingungen, dass der Exponent $d \neq 1, 2$ oder 3 ist, um so den konstan-

ten, den kubischen und den parabolischen Drall auszuschliessen. Die zweite Ableitung der Drallkurve an der Stelle der Rohrmündung $y''(X_E) = 0$, bewirkt eine Minimierung der Leistenkraft an der Rohrmündung. Der an sich bekannte Anteil $A + Bx + Cx^2$ erzeugt einen langsamen Anstieg der Leistenkraft bei Bewegungsbeginn des Geschosses. Der frei wählbare Exponent $= d$ bewirkt die Verschiebbarkeit des Leistenkraftmaximums im Waffenrohr.

Der grosse Vorteil dabei ist, dass sich der Maximalwert der Leistenkraft bei der Verschiebung nur unwesentlich verändert. Mit grösser werdendem Exponenten $= d$ verschiebt sich das Leistenkraftmaximum in Richtung der Waffenrohrmündung. Als günstigste Werte haben sich in Versuchen die Wertzahlen zwischen Vier und Zwölf erwiesen.

Zusammengefasst werden im wesentlichen die folgenden Vorteile durch die erfinderischen Massnahmen erzielt:

1. Minimierung der Leistenkräfte an der Rohrmündung zur Verbesserung des Abgangsverhaltens und daraus folgender Treffgenauigkeit der Geschosse;

2. Trennung der Maxima von Gasdruck und Leistenkraft zur Reduzierung der Rohrerosion im Bereich hoher Gasdrücke, die gekoppelt sind mit dem Auftreten hoher Rohrtemperaturen;

3. langsamer Anstieg der Leistenkraft bei Bewegungsbeginn zur Vermeidung starker bzw. sprungartiger Belastungen für die Führungsbänder, insbesondere für Kunststoff-Führungsbänder;

4. freie Wählbarkeit der Lage des Leistenkraftmaximums, angepasst an den jeweiligen Gasdruckverlauf einer vorliegenden Munition und an die Belastbarkeit eines Waffenrohres mit vorgegebener Geometrie und vorgegebenem Material.

Die Konstanten A und B folgen bei vorgegebenen Systemparametern zwangsläufig. Bei fester Wahl des Exponenten $= d$ sind auch die weiteren Konstanten C und D eindeutig bestimmt.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 die Leistenkraft über dem Geschossweg im Kurvendiagramm;

Fig. 2 den Drallwinkel über dem Geschossboden im Kurvendiagramm;

Fig. 3 den Drallanstieg über dem Geschossweg im Kurvendiagramm;

Fig. 4 die Drallkrümmung über dem Geschossweg im Kurvendiagramm;

Fig. 5 die Leistenkräfte für ein Kaliber von 27 mm mit verschiedenen Exponenten; und

Fig. 6 die Leistenkräfte für ein Kaliber von 30 mm mit verschiedenen Exponenten.

Die Kurvendiagramme der Figuren 1 bis 4 beziehen sich immer auf ein Waffenrohr im Kaliber 25 mm. Ferner ist allen Kurvendiagrammen der Figuren 1 bis 4 gemeinsam, dass die Konstante A aus der Drallkurve $y = A + Bx + Cx^2$ immer auf Null gesetzt ist, weil der Drallbeginn jeweils in den Koordinatenursprung gelegt wurde.

Figur 1 macht die Vorteile der neuen Drallkurve 4 über die Leistenkräfte 6 deutlich, wobei hier der Vergleich mit der konstanten Drallkurve 1, der parabolischen Drallkurve 2 und der kreisförmigen Drallkurve 3 gewählt wurde.

Die Leistenkraft beim konstanten Drall 1 steigt auf kurzem Geschossweg 5 steil an. Nachteilig ist gerade an dieser Stelle das Gasdruckmaximum vertreten. Die Kurve 1 fällt sodann schnell ab und hat einen vorteilhaft geringen Wert an der Rohrmündung. Die Drallkurven 2 und 3 verlaufen nahezu gleich. Während der Leistenkraftanstieg langsam verläuft, bleiben die Kurven 2 und 3 auf grosser Höhe, was auf die grosse Leistenkraft an der Rohrmündung hindeutet. Die erfindungsgemässe Drallkurve 4 dagegen besitzt die Vorteile des langsamen Anstiegs der Kurven 2 und 3 und gleichzeitig auch den geringen Wert der Leistenkraft an der Rohrmündung. Verantwortlich für diesen

Kurvenverlauf ist der erfinderische Ergänzungswert Dx^d mit der Konstante D und einem frei wählbaren Exponenten d.

Figur 2 zeigt den Drallwinkel 7 in Grad über dem Geschossweg 5 für den konstanten Drall 1, den parabolischen Drall 2 und den kreisförmigen Drall 3 im Vergleich zum erfinderischen Drall 4. Während der konstante Drall 1 über den gesamten Geschossweg 5 ohne Winkelveränderungen verläuft, steigt die Kurve des Drallwinkels bei den im wesentlichen gleichen Drallkurven des parabolischen 2 und kreisförmigen Dralls 3 ständig an. Dies trifft auch auf den Bereich der Rohrmündung zu. Von Vorteil ist auch hier wieder der erfinderische Drall 4 mit seinem sanften Anstieg zu Beginn der Bewegung bis über einen Bogen zum Auslauf der Kurve 4 an der Rohrmündung, wo der Drallwinkel 7 mit dem konstanten Drall 1 gleichläuft.

In nahezu gleicher Weise verlaufen die Kurven des Drallanstieges 8 in Fig. 3 für den konstanten Drall 1, den parabolischen Drall 2, den kreisförmigen Drall 3 und den erfinderischen Drall 4, bei dem der Anstieg an der Rohrmündung Null ist. Der

Drallanstieg berechnet sich aus der 1. Ableitung $\frac{dy}{dx}$.

Die Drallkrümmung 9 als 2. Ableitung $\frac{d^2y}{dx^2}$ für die Drallar-

ten konstant 1, parabolisch 2, kreisförmig 3 und der Erfindung 4 zeigt Fig. 4. Hier ist deutlich sichtbar, wie allein nur beim erfinderischen Drall 4 die Kurve der Drallkrümmung 9 bogenförmig bis auf den Wert Null abfällt.

In den Figuren 5 und 6 sind die Leistenkräfte 6 in Kilonewton über dem Geschossweg 5 am Beispiel einer Maschinenkanone Kaliber 27 mm (Fig. 5) und Kaliber 30 mm (Fig. 6) bei unterschiedlichen Exponenten dargestellt. Der Ansatz für die Drallabwicklung erfolgt in beiden Fällen durch $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^d$.

Die Prämissen lauten für die Kurven nach Fig. 5:

$X_A = Y_A = 0$ für den Drallbeginn

$Y'(X_A) = \tan \alpha_A$; $\alpha_A = 0^\circ$ Anfangsdrallwinkel

$Y'(X_E) = \tan \alpha_E$; $\alpha_E = 7^\circ 50'$ Enddrallwinkel

$Y''(X_E) = 0$ für die Minimierung der Leistenkraft an der Rohrmündung.

Bezieht man nun die obigen Randbedingungen in den Ansatz der Drallfunktion ein, so ergeben sich die Ausdrücke:

$$A + Bx_A + Cx_A^2 + Dx_A^d = 0$$

$$B + 2Cx_A + d \cdot Dx_A^{d-1} = \tan \alpha_A$$

$$B + 2Cx_E + d \cdot Dx_E^{d-1} = \tan \alpha_E$$

$$2C + (d-1) \cdot d \cdot Dx_E^{d-2} = 0$$

Daraus ergeben sich nach Einsetzen, Subtrahieren und Zusammenfassen:

$$A = 0$$

$$B = \tan \alpha_A$$

$$C = \frac{(d-1)(\tan \alpha_A - \tan \alpha_E)}{(d-2)2X_E}$$

$$D = \frac{\tan \alpha_A - \tan \alpha_E}{(d-2)dx_E^{d-1}}$$

Daraus wird erkenntlich, dass als freie Grösse nur die Potenz $= d$ übrigbleibt.

Durch geeignete Wahl von d lässt sich das Leistenkraftmaximum an nahezu jede beliebige Stelle zwischen x_A und x_E schieben.

Fig. 5 zeigt nun die Verschiebung des Leistenkraftmaximums bei Punkt 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 und 10.5 für die frei gewählten Exponenten $= d$: 11.1 mit dem Wert 4, 11.2 mit dem Wert 6, 11.3 mit dem Wert 8, 11.4 mit dem Wert 10 und 11.5 mit dem Wert 12. Mit steigendem Exponenten nach 11.5 verschiebt sich das Leistenkraftmaximum in Richtung der Waffenrohrmündung, wo es dann entsprechend der Entfernung von

der Rohrmündung mehr oder weniger steil abfällt. Das Leistenkraftmaximum verbleibt trotz der Verschiebung auf nahezu gleicher Höhe.

Ganz ähnlich verhalten sich die Kurven in Fig 6. Bei diesem Beispiel an der Maschinenkanone im Kaliber 30 mm wurden die Prämissen gewählt:

$$X_A = Y_A = 0 \text{ für den Drallbeginn}$$

$$Y'(X_A) = \tan \alpha_A; \alpha_A = 2.5^\circ \text{ Anfangsdrallwinkel}$$

$$Y'(X_E) = \tan \alpha_E; \alpha_E = 8.5^\circ \text{ Enddrallwinkel}$$

$Y''(X_E) = 0$ für das Leistenkraftminimum an der Rohrmündung.

Das Leistenkraftmaximum 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 und 12.5 bleibt auch hier auf nahezu gleicher Höhe, während es über dem Geschossweg 5 entsprechend dem frei gewählten Exponenten = d: für 13.1 mit dem Wert 4, für 13.2 mit dem Wert 6, für 13.3 mit dem Wert 8, für 13.4 mit dem Wert 10 und für 13.5 mit dem Wert 12 in Richtung zur Rohrmündung versehen ist.

Bei der Angabe der Randbedingungen bedeutet X_A immer

die Koordinate bei Bewegungsbeginn und X_E die Koordinate der Rohrmündung.

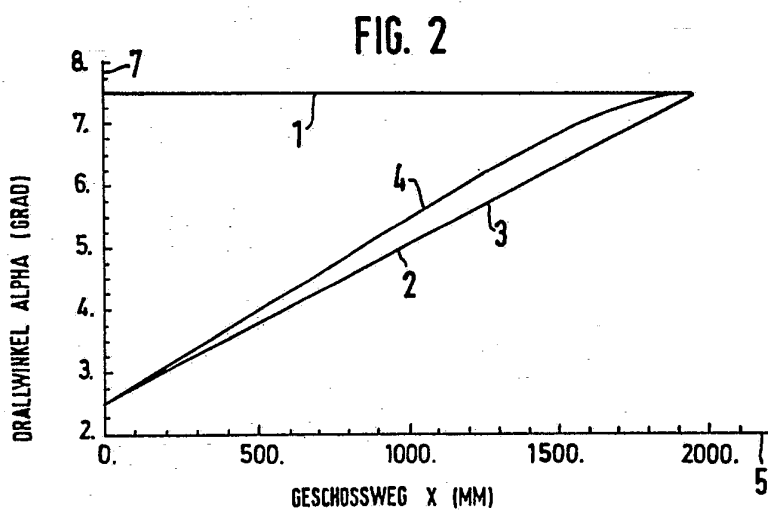
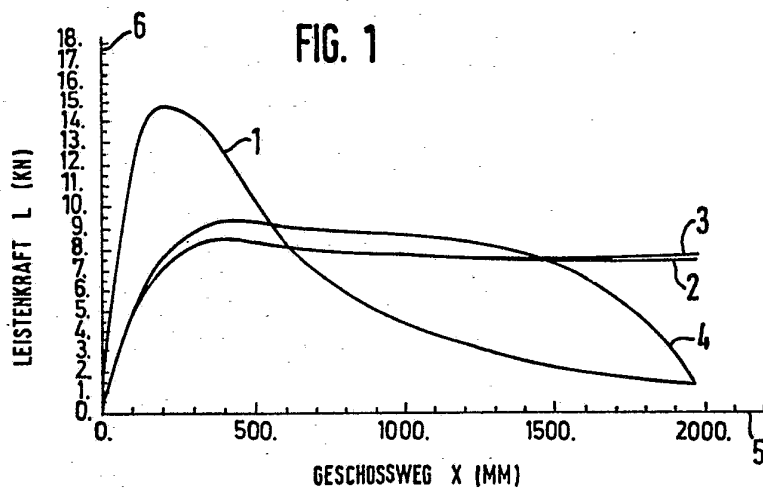
Die entscheidenden und auch in dem Kurvendiagramm erkenntlichen Erfindungsmerkmale sind zusammengefasst:

— sanfter Anstieg der Leistenkraftkurve bis zum Maximum, sodann kontinuierlicher Abfall ohne Sprung auf ein Minimum 14, 15 an der Rohrmündung. Kurzzeitige Leistenkraftspitzen treten nicht auf;

— Drallanstieg sanft und kontinuierlich, im Endteil der Kurve bogenförmig in eine horizontale Tangente auslaufend, daher ist die Steigung des Drallanstiegs Null. Dies bedeutet, dass die Drallkrümmung den Wert Null hat;

— alle Kurven nach der Erfindung verlaufen kontinuierlich und sind beliebig oft differentierbar;

— der Parameter = d bestimmt, wie schnell die Leistenkraft auf ein Minimum abfällt. Je kleiner der Wert für d gewählt wird, je flacher ist der Abfall. Umgekehrt bedeutet dies, dass bei einem grossen Wert für den Parameter = d ein steiler Abfall erfolgt.



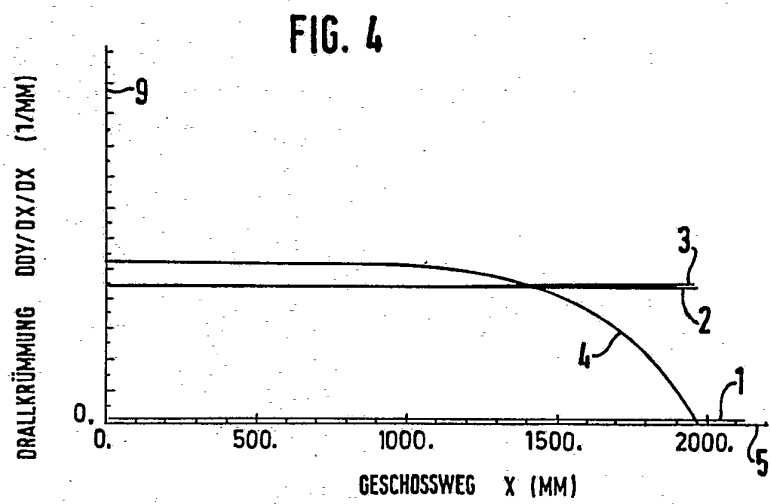
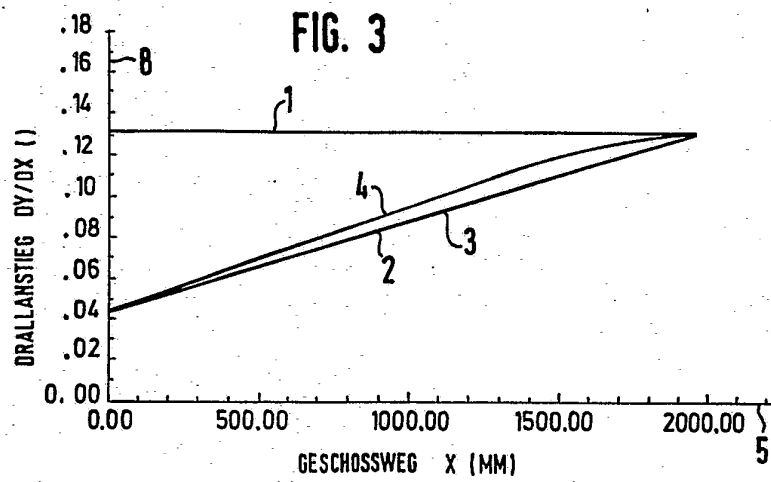


FIG. 5

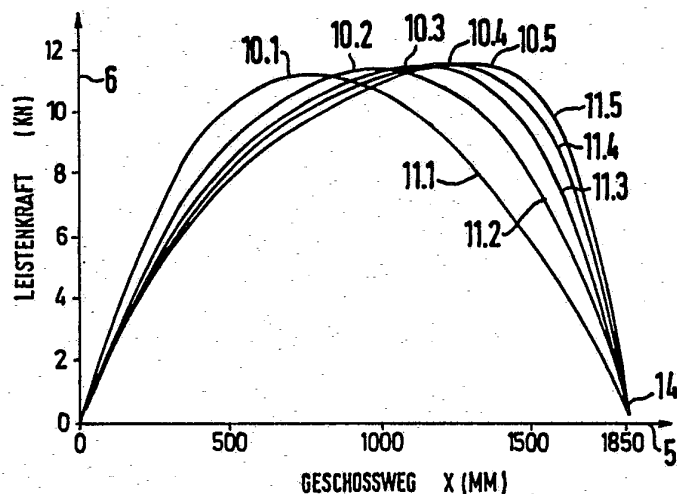


FIG. 6

