



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 010 877 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2000 Patentblatt 2000/25

(51) Int. Cl.⁷: **F02B 75/32**

(21) Anmeldenummer: **99125229.7**

(22) Anmeldetag: **17.12.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **18.12.1998 DE 19858758**

(71) Anmelder:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kappel, Andreas, Dr.**
85649 Brunnthal (DE)
• **Gottlieb, Bernhard, Dr.**
81739 München (DE)
• **Mock, Randolph, Dr.**
81739 München (DE)
• **Meixner, Hans**
85540 Haar (DE)

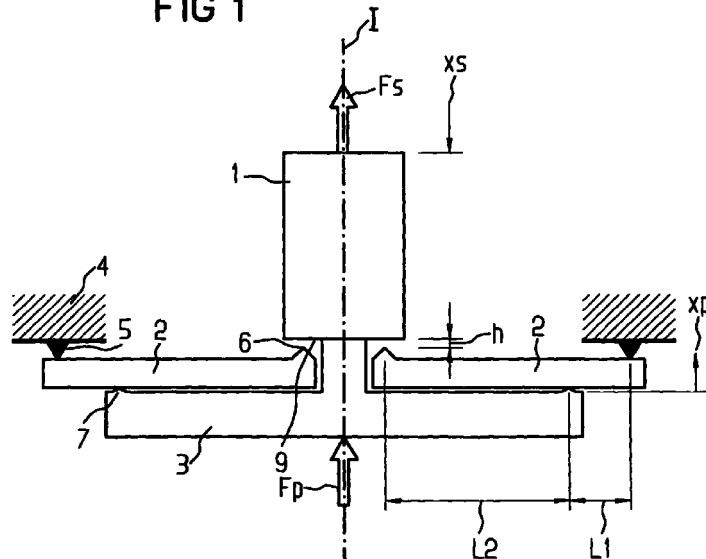
(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Hubübertragung**

(57) Vorrichtung zur Hubübertragung, aufweisend

- ein jeweils verschiebbares Hubelement (1) und Antriebselement (3),
- mindestens einen Hebel (2), welcher jeweils auf dem Antriebselement (3) aufliegt und jeweils auf dem Hubelement (1) und auf einem Lager (4) aufsetzbar ist, wobei

- bei einer gleichzeitigen Auflage des Hebels (2) auf dem Hubelement (1), dem Antriebselement (3) und dem Lager (4) ein Primärhub (xp) über eine Hebelwirkung der Hebel (2) auf das Hubelement (1) übertragbar ist, und - mit sich änderndem Primärhub (xp) ein Hubfaktor (II) durch Änderung mindestens eines Kontaktpunktes (5,6,7,71, ..., 7n,71', ..., 7n') veränderbar ist.

FIG 1



EP 1 010 877 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Hubübertragung zwischen einem Antriebselement und einem Hubelement.

[0002] Eine Hubübertragung wird oft in einem Bereich eingesetzt, in dem eine Trennung eines Antriebssystems in ein Antriebselement und ein Hubelement vorteilhaft ist, beispielsweise aufgrund einer vereinfachten Herstellung, einer werkstofftechnisch unterschiedlichen Ausführung oder einer Hubänderung.

[0003] Bei der Hubübertragung stellt sich ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem Sekundärhub x_s des Hubelementes und dem Primärhub x_p des Antriebselementes ein, ausgedrückt durch den Hubfaktor $\Pi = x_s / x_p$.

Eine Hubübersetzung, entsprechend einem Hubfaktor $\Pi < 1$, wird beispielsweise in Systemen realisiert, bei denen ein vergleichsweise großhubiger Motor ein Hubelement mit einem kleinen Stellweg antreiben soll.

Eine neutrale Hubübertragung, entsprechend einem Hubfaktor $\Pi = 1$, ist beispielsweise gewünscht, falls der Hub eines Stellantriebs präzise über ein werkstofftechnisch unterschiedlich ausgeführtes Hubelement weitergegeben werden soll.

Eine Hubübersetzung tritt bei einem Hubfaktor $\Pi > 1$ auf, beispielsweise bei kleinhubigen Aktoren, deren Hub über ein Hubelement zur notwendigen Anwendungssicherheit vergrößert werden soll.

[0004] Zur Hubübertragung, insbesondere bei der Hubübersetzung, ist aus DE 195 19 191 A1 und DE 43 06 072 C2 der Einsatz einer Hydraulikkammer zwischen dem Antriebselement und dem Hubelement bekannt, wobei das Verhältnis der druckausgesetzten Fläche des Antriebselementes zur druckausgesetzten Fläche des Hubelementes direkt den Hubfaktor bestimmt.

[0005] Ein Problem bei der Hubübertragung besteht darin, daß oft eine Kombination von verschiedenen Arten der Hubübertragung benötigt wird, z. B. eine neutrale Hubübertragung am Anfang eines Betätigungsvorgangs mit folgender Hubübersetzung, z. B. bei einem Hubübertrag von einem piezoelektrischen Aktor auf eine Düsennadel zum Betrieb eines servoventilgesteuerten Kraftstoff-Einspritzers.

Dabei muß zum anfänglichen, präzisen Öffnen einer Servoventilkammer eine hohe Kraft aufgewendet werden. Unmittelbar nach dem Aufstoßen fällt der Druck in der Ventilkammer auf einen geringen Wert ab, so daß zum weiteren Öffnen eine wesentlich geringere Kraft ausreicht. Zur Reproduzierbarkeit des Öffnungsverhaltens innerhalb enger Toleranzen (Einspritzmenge, Spritzbeginn) ist eine weite Öffnung der Ventilkammer erforderlich. Aufgrund des geringen Nutzhubes des Piezoaktors ist dazu eine Hubübersetzung notwendig.

[0006] Eine Methode zur Hubübertragung mit vom Primärhub x_p abhängigen Hubfaktor Π ist nicht bekannt.

[0007] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Möglichkeit zur Hubübertragung mit variablem Hubfaktor Π bereitzustellen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß der Merkmale des Anspruchs 1 sowie mittels eines Verfahrens gemäß der Merkmale der Ansprüche 13 und 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den nachgeordneten Ansprüchen entnehmbar.

[0009] Dazu werden ein verschiebbares Antriebselement, ein in die gleiche Richtung verschiebbares Hubelement und mindestens ein Hebel verwendet.

[0010] Falls nichts anderes ausgesagt, wird zum besseren Verständnis unter „ein Hebel“ mindestens ein Hebel verstanden, während die Einzahl mittels „genau ein Hebel“ ausgedrückt wird.

[0011] Der Hebel liegt dauernd auf dem Antriebselement auf und ist auf dem Hubelement und auf einem Lager aufsetzbar. Bei welchem Primärhub x_p der Hebel tatsächlich auf dem Hubelement und dem Lager aufliegt, hängt von der jeweiligen Ausführungsform und vom Primärhub x_p ab.

Falls aber eine gleichzeitige Auflage des Hebels auf dem Hubelement, dem Antriebselement und dem Lager vorhanden ist, resultiert daraus eine Hebelwirkung, so daß der Primärhub x_p über die Hebelwirkung des Hebels auf das Hubelement übertragbar ist. Dabei ist der Hubfaktor Π variabel einstellbar, also < 1 , $= 1$ oder > 1 .

[0012] Bei vorliegender Hebelwirkung wird eine primäre Antriebskraft vom Antriebselement über einen Krafteinleitungspunkt auf den Hebel und von dort über einen Hubpunkt auf das Hubelement übertragen. Der Hebel stützt sich an einem Drehpunkt auf dem Lager auf. Der Bereich des einseitigen Hebels zwischen Drehpunkt und Krafteinleitungspunkt entspricht somit einem Kraftarm der Länge L_1 und der Bereich zwischen Hubpunkt und Drehpunkt einem Lastarm der Länge $L_1 + L_2$, welche auch als wirksame Hebellänge bezeichnet wird.

[0013] Weiterhin ist die Hubübertragung so gestaltet, daß mit sich änderndem Primärhub x_p der Hubfaktor Π mindestens einmal durch Änderung mindestens eines Kontaktpunktes veränderbar ist.

Unter einem Kontaktpunkt wird ein Drehpunkt, ein Hubpunkt bzw. ein Krafteinleitungspunkt verstanden. Unter einer Änderung eines Kontaktpunktes wird eine Änderung einer Kontaktbedingung verstanden, also sowohl eine Herstellung eines Kontaktes, z. B. durch Aufsetzen des Hebels, als auch ein Wechsel des Drehpunktes, Hubpunktes oder Krafteinleitungspunktes.

[0014] Eine solche mechanische Hubübertragung besitzt den Vorteil, daß gegenüber einer hydraulischen oder mechanisch-hydraulischen Hubübertragung auf die Verwendung einer Fluidkammer verzichtet werden kann. Dadurch ergibt sich z. B. der Vorteil, daß der Sekundärhub x_s weitgehend unabhängig von der Betätigungsdauer ist.

[0015] Zudem ergibt sich der Vorteil einer verzögerungsfreien Hubübertragung.

[0016] Auch ist günstigerweise eine sehr flexible geometrische Ausgestaltung der einzelnen Bauteile möglich, so daß der Hubfaktor Π in einem weiten Bereich variierbar ist. So ist er, abhängig vom Primärhub x_p , stetig oder sprunghaft veränderbar. Der Hubfaktor Π kann z. B. wachsend, konstant, sinkend oder daraus beliebig kombiniert eingestellt werden.

[0017] Es ist zur einfachen Einstellung des Hubfaktors Π vorteilhaft, wenn der Hebel jeweils dauernd an einem Drehpunkt auf dem Lager aufliegt. In der Ausgangsstellung, also bei einem Primärhub $x_p = 0$, liegt das Hubelement lose auf dem Antriebselement auf, und es ist ein Abstand h zwischen dem Hebel und dem Hubelement vorhanden.

Bei einer Betätigung wird mittels einer Vergrößerung des Primärhubs x_p der Abstand h solange verringert, bis der Hebel an einem Umschaltpunkt $x_p = x_t$ auf dem Hubelement aufsetzt. Dadurch wird eine Hebelwirkung der Hebel auf das Hubelement übertragbar. In diesem Fall entspricht also die Änderung eines Kontaktpunktes dem Aufsetzen des Hebel auf dem Hubelement.

Ist der Primärhub x_p noch kleiner oder gleich als der Umschaltpunkt x_t , d.h. $x_p \leq x_t$, so beträgt aufgrund des direkten mechanischen Kontaktes zwischen Antriebselement und Hubelement der Hubfaktor $\Pi = 1$. Für $x_p > x_t$ gilt hingegen im allgemeinen $\Pi > 1$.

[0018] Zur einfachen Konstruktion, insbesondere beim Anwendung in einem servovalve-gesteuerten Kraftstoff-Einspritzen, wird für $x_p > x_t$ ein Hubfaktor Π zwischen 1 (z. B. anfängliche Öffnung des Servovalves mit hoher Kraft) bis 10 (z. B. weites Aufstoßen im Anschluß) bevorzugt.

[0019] Es kann zur einfacheren Justage günstig sein, in Ausgangsstellung den Hebels am Hubelement und nicht am Lager aufzusetzen, so daß ein Abstand zwischen Hebel und Lager auftritt. Die Wirkweise einer solchen Konstruktion ist analog zu derjenigen mit einem Abstand zwischen Hebel und Hubelement.

[0020] Es ist zur variablen Einstellung des Hubfaktors Π vorteilhaft, falls der Hebel dauernd auf dem Hubelement und dem Lager aufsitzt, so daß über den gesamten Hubvorgang ein mechanischer Kraftschluß zwischen Antriebselement und Hubelement über die Hebel vorliegt. Dies ist gleichbedeutend damit, daß die Hebelwirkung andauernd gegeben ist.

In Ausgangsstellung liegt dazu jeder Hebel jeweils über einen inneren Krafteinleitungspunkt auf dem Antriebselement auf. In der Ausgangsstellung bei $x_p = 0$ kann zusätzlich ein direkter mechanischer Kontakt zwischen Antriebselement und Hubelement gegeben sein.

Bei sich änderndem Primärhub x_p wird der Hebel so bewegt, daß jeweils der Krafteinleitungspunkt veränderbar ist. Mittels Änderung des Krafteinleitungspunktes ist wiederum der Hubfaktor Π veränderbar.

Dabei kann sich der Hubfaktor Π zumindest bereichsweise innerhalb eines Hubintervalls $\{x_p\}$ ändern, er kann aber auch bereichsweise konstant bleiben.

Es ist zur schnellen Änderung des Hubfaktors Π vorteil-

haft, wenn die äußeren Krafteinleitungspunkte, d. h. alle Krafteinleitungspunkte außer demjenigen für $x_p = 0$, voneinander räumlich separiert sind. Dadurch kann eine sprunghafte Änderung des Hubfaktors Π bei stetiger Änderung des Primärhubs x_p erreicht werden.

[0021] Zur vielseitigen Einstellung des Hubfaktors Π ist es vorteilhaft, wenn die (inneren und äußeren) Krafteinleitungspunkte mindestens bereichsweise kontinuierlich, d. h. räumlich ineinander übergehend, angeordnet sind. So ist es möglich, den Hubfaktor Π stetig bei stetiger Änderung des Primärhubs x_p zu variieren.

Dazu ist es günstig, wenn der Hebel jeweils auf einer mindestens bereichsweise gekrümmten Fläche des Antriebselementes aufliegt, so daß mittels des Primärhubs x_p mindestens bereichsweise eine kontinuierliche Änderung des Hubfaktors Π einstellbar ist.

Dies kann vorteilhafterweise dadurch geschehen, daß die Oberfläche abwechselnd konvex und konkav gekrümmt ist, so daß der Hubfaktor Π zwischen stetigen Sprüngen kontinuierlich veränderbar ist und zudem Werte < 1 , $= 1$ und > 1 annehmen kann.

[0022] Es ist weiterhin zur präzisen Hubübertragung vorteilhaft, wenn genau ein Hebel vorhanden ist, weil dadurch eine aufwendige, z. B. durch Herstellungstoleranzen bedingte, Justage der Position mehrerer Hebel vermeidbar ist.

[0023] Es ist günstig, falls ein Primärhub x_p von 10 μm bis 100 μm ausführbar ist. Dies ist typischerweise der Fall, wenn das Antriebselement von einem Piezoaktor oder einem magneto- oder elektrostriktiven Element angetrieben wird. Dabei wird eine Verwendung eines keramischen Vielschicht-Piezoaktors besonders bevorzugt.

[0024] Der Einsatz eines Hubübersetzers in einem Kraftstoff-Einspritzer ist wegen der verzögerungsfreien Schaltung besonders vorteilhaft.

[0025] In den folgenden Ausführungsbeispielen wird die Hubübertragung schematisch näher dargestellt,

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Hubübertragung mit änderbarem Hubfaktor Π ,

Figur 2a bis Figur 2c zeigen einen Hubübertrager in verschiedenen Stadien eines Hubvorgangs,

Figur 3a bis Figur 3c stellen die Abhängigkeit verschiedener Variablen des Hubübertragers zueinander dar,

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Hubübertragers,

Figur 5 zeigt noch eine Ausführungsform eines Hubübertragers.

[0026] In Figur 1 ist als Schnittdarstellung in Seitenansicht ein Mittel zur Hubübertragung in Ausgangsstellung dargestellt, bei dem während eines Hubvorgangs zwei unterschiedliche Hubfaktoren Π nutzbar sind.

[0027] Ein Hubelement 1 sitzt lose auf einem Antriebselement 3 auf. Es sind zwei einseitige Hebel 2

dargestellt, welche jeweils an einem Krafteinleitungspunkt 7 auf dem Antriebselement 3 aufliegen. Jeder Hebel 2 liegt zusätzlich an einem Drehpunkt 5 eines Lagers 4 auf. Die Hebel 2 sind zudem jeweils an einem Hubpunkt 6 auf dem Hubelement 1 aufsetzbar, in diesem Ausführungsbeispiel durch Aufsatz auf eine dem Antriebselement 3 zugewandte Aufsatzfläche 9.

[0028] Das Hubelement 1 und das Antriebselement 3 sind so ausgeführt, daß sie jeweils entweder unter einer beliebigen Drehung um die Rotationsachse I (vollkommen rotationssymmetrisch) oder nach einer Drehung um einen Winkel von $360^\circ/n$ (n -fach rotationssymmetrisch) geometrisch ähnlich in sich selbst überführbar sind.

Beispielsweise können n Hebel ($n \in \mathbb{N}_+$) gleichmäßig in einem Winkelabstand von $360^\circ/n$ zueinander verteilt sein, das Hubelement 1 vollkommen rotationssymmetrisch ausgeführt sein und das Antriebselement 3 in einem Winkelabstand von $360^\circ/n$ Stege als Krafteinleitungspunkte 7 aufweisen. Das Antriebselement 3 kann aber auch vollkommen rotationssymmetrisch ausgeführt sein, so daß die Krafteinleitungspunkte 7 auf einem Ring des Antriebselement 3 um die Rotationsachse I liegen. In diesem Ausführungsbeispiel werden ein vollkommen rotationssymmetrisches Antriebselement 3 und $n = 3$ Hebel bevorzugt.

[0029] Der Abstand zwischen Hubpunkt 6 und Drehpunkt 5 wird als Lastarm der Länge $L_1 + L_2$ und der Abstand zwischen Krafteinleitungspunkt 7 und Drehpunkt 5 wird als Kraftarm der Länge L_1 bezeichnet.

[0030] In Ausgangsstellung bei einem Primärhub $x_p = 0$ des Antriebselementes 3 ist dieses so weit zurückgezogen, daß im Bereich des Hubpunktes 6 ein Abstand h zwischen Hebel 2 und Hubelement 1 besteht. Aus $x_p = 0$ folgt, daß auch der Sekundärhub $x_s = 0$ ist. In Ausgangsstellung tritt also keine Hebelwirkung über die Hebel 2 auf, sondern es existiert ausschließlich ein direkter Kraftschluß über die Kontaktfläche von Hubelement 1 und Antriebselement 3.

[0031] Während eines Betätigungsvorgangs mittels der Aufbringung einer primären Antriebskraft F_p entlang der Rotationsachse I wird der Primärhub x_p relativ zum Lager 4 erhöht. Die primäre Antriebskraft F_p wird über einen Stellantrieb, z. B. einen Piezoaktor, aufgebracht, wobei das Antriebselement 3 ein Teil des Stellantriebs sein kann. Mittels der Bewegung des Antriebselementes 3 wird das Hubelement 1 um seinen Sekundärhub x_s in die gleiche Richtung verschoben, wobei eine sekundäre Antriebskraft F_s weiterleitbar ist.

[0032] Figur 2 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht schematisch einen Hubübertrager gemäß Figur 1, und zwar in Ausgangsstellung (Figur 2a), zum Zeitpunkt des Aufsetzens der Hebel 2 auf dem Hubelement 1 (Figur 2b), und nach Einsetzen der Hebelwirkung (Figur 2c).

[0033] Figur 2a zeigt das zu Figur 1 analoge Bild des Hubübertragers in Ausgangsstellung.

[0034] Figur 2b zeigt den Hubübertrager, wenn der Primärhub x_p den Umschaltpunkt $x_t = h \cdot (L_1/L_2)$ erreicht, bei dem die Hebel 2 am Hubpunkt 6 auf der Auflagefläche 9 des Hubelementes 1 zur Auflage kommen.

[0035] Die Bewegung zwischen den Zuständen aus Figur 2a und Figur 2b bei anwachsendem Primärhub x_p zeichnet sich dadurch aus, daß aufgrund des direkten Kraftschlusses der Hubfaktor $\Pi = 1$ ist. Wegen der Verschiebung von Antriebselement 3 und Hubelement 1 relativ zum Lager 4 verringert sich mit steigendem Hub x_p bzw. x_s der Abstand h zwischen Hubpunkt 6 und Hubelement 1 stetig.

[0036] Als Antriebsmittel zur Verschiebung des Antriebselementes 3 können alle Arten von Aktoren bzw. Stellantrieben eingesetzt werden. Zur schnellen Schaltung, besonders bei einer Verwendung in einem servo-gesteuerten Kraftstoff-Einspritzer, bietet sich ein Piezoaktor als Antriebsmittel an.

[0037] Figur 2c zeigt den Hubübertrager bei einem Primärhub $x_p > x_t$.

[0038] Nach Aufsetzen der Hebel 2 auf das Hubelement 1 liegt eine Hebelwirkung vor, so daß nun ein Hubverhältnis $\Pi = L_2/L_1$, hier: $\Pi > 1$, vorliegt. Bei Hubübersetzung hebt das Hubelement 1 vom Antriebselement 3 ab und wird allein aufgrund der Hebelwirkung verschoben.

Zur Vermeidung einer unerwünschten Verschiebung des Hubelementes 1 bei einer thermisch bedingten Längenänderung des Antriebselementes 3 kann in Ausgangsstellung zusätzlich zum Abstand h ein Abstand zwischen Antriebselement 3 und Hubelement 1 vorgesehen werden.

[0039] Es ist somit möglich, einen ausschließlich vom Hub x_p des Antriebselementes 3 abhängigen Sekundärhub x_s auszulösen. Gegenüber einer hydraulischen oder mechanisch-hydraulischen Hubübertragung ist diese rein mechanische Hubübertragung fluidunabhängig. Dadurch ergibt sich z. B. der Vorteil, daß der Sekundärhub x_s weitgehend unabhängig von der Betätigungsdauer ist.

[0040] Figur 3 zeigt für ein mittels eines piezoelektrischen Aktors angetriebenes Antriebselement 3 eine Auftragung des Sekundärhubs x_s gegen den Primärhub x_p (Figur 3a), eine Auftragung der sekundären Antriebskraft F_s des Hubelementes 1 gegen den Primärhub x_p (Figur 3b) und eine Auftragung der sekundären Antriebskraft F_s gegen den Sekundärhub x_s (Figur 3c), jeweils für einen reinen Hebelantrieb mit Hubfaktor $\Pi = 2$ (grob gestrichelt), einen reinen mechanischen Direktantrieb (fein gestrichelt) mit Hubfaktor $\Pi = 1$ und einen Hubübertrager nach Figur 1 und 2 mit Hubfaktor $\Pi = 1$ und $\Pi = 2$ (durchgezogene Linie).

[0041] In Figur 3a wird dokumentiert, daß anfänglich der Hubübertrager mit dem gleichen Hubfaktor $\Pi = 1$ überträgt wie der Direktantrieb und nach Erreichen des Umschaltpunktes $x_t = 10$ (in beliebigen Einheiten) auf den Hubfaktor $\Pi = 2$ des Hebelantriebs umschaltet.

[0042] Figur 3b zeigt, daß bis zum Erreichen des Umschaltpunktes x_t die Werte des Hubübertragers denjenigen des Direktantriebs entsprechen und nach Erreichen des Umschaltpunktes x_t schnell auf die Werte des reinen Hebelantriebs abfallen.

[0043] In Figur 3c wird gezeigt, daß nach Erreichen des Umschaltpunktes x_t die sekundäre Antriebskraft F_s des Hubübertragers unter den Wert für den Hebelantrieb absinkt, wobei der Unterschied aufgrund des ursprünglichen Abstands h zwischen Hebel 2 und Hubelement 1 am Hubübertrager zustande kommt.

[0044] Es ist somit aus den Figuren 3a bis 3c klar ersichtlich, daß mittels des Hubübertragers zu Beginn des Betätigungsvorgangs eine hohe Kraft übertragbar ist, und nach Umschalten auf eine rein hebelunterstützte Antriebsweise die Wegcharakteristik eines reinen Hebelantriebs ausgenutzt wird.

[0045] Figur 4 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hubübertragers in Ausgangsstellung.

[0046] In Ausgangsstellung liegen die mindestens zwei Hebel 2 an einem inneren Krafteinleitungspunkt 71 auf dem Antriebselement 3 auf. Gleichzeitig liegt das Hubelement 1 an jeweils einem Hubpunkt 6 auf den Hebeln 2 und an einem Drehpunkt 5 auf dem Lager 4 auf. Somit wird durch die Hebel 2 ein mechanischer Kraftschluß zwischen dem Antriebselement 3 und dem Hubelement 1 vermittelt.

[0047] Der innere Krafteinleitungspunkt 71 und der Hubpunkt 6 eines Hebels 2 liegen auf einer zur Rotationsachse I parallelen Linie. Dadurch wird erreicht, daß bei Aufsatz des Hebels 2 nur am inneren Krafteinleitungspunkt 71 die Länge L_1 des Kraftarms der gesamten wirksamen Hebellänge L_1+L_2 entspricht, so daß wegen der fehlenden Hebelwirkung eine neutrale Hubübertragung $\Pi = 1$ auftritt.

[0048] Bei einem Betätigungsvorgang wird das Antriebselement 3 entlang der Rotationsachse I relativ zum Lager 4 verschoben. Weil die Länge L_1 des Kraftarms gleich der wirksamen Länge L_1+L_2 des Hebels 2 ist, wird mittels der Hebel 2 keine Hebelwirkung erzeugt, sondern der Primärhub x_p direkt hubverlustfrei auf das Hubelement 1 übertragen. Gleichzeitig werden durch die Bewegung des Hubelementes 3 relativ zu den Lagern 4 die Hebel 2 in Richtung des Antriebselementes 3 verdreht, wobei der innere Krafteinleitungspunkt 71 als Angelpunkt wirkt.

[0049] Sobald der Primärhub x_p so groß ist, daß die Hebel 2 auf einem anderen, äußeren Krafteinleitungspunkt 72, ..., 7n ($n \in \mathbb{N}_+$) als dem inneren Krafteinleitungspunkt 71 aufsetzen (sich also ein Kontaktpunkt ändert), ändert sich die Länge L_1 des Kraftarms, die nun kleiner ist als die Länge L_1+L_2 des Lastarm.

Durch die Hebel 2 ist also ein Hubfaktor $\Pi = 1 + L_2 / L_1$ gegeben, so daß sich mit weiter steigendem Primärhub x_p die Hebel 2 vom inneren Krafteinleitungspunkt 71 abheben.

[0050] In diesem Ausführungsbeispiel existiert

genau ein weiterer Krafteinleitungspunkt 72, der weiter von der Rotationsachse I entfernt ist als der innere Krafteinleitungspunkt 71. Es können aber in einer anderen Ausführungsform beliebige n äußere Krafteinleitungspunkte 71, 72, ..., 7n verwendet werden, wobei gewöhnlich n mit der Entfernung von der Rotationsachse I wächst.

[0051] Bei weiterer Verschiebung des Antriebselementes 3 nach Aufsetzen auf einen äußeren Krafteinleitungspunkt 72, ..., 7(n-1) kann jeder Hebel 2 sukzessive auf weitere äußere Krafteinleitungspunkte 73, ..., 7n aufsetzen, wobei sich jedesmal die Länge des Kraftarms L_1 sprunghaft verringert. Mittels einer solchen Anordnung können n Hubverhältnisse Π in Abhängigkeit vom Primärhub x_p eingestellt werden.

[0052] In Figur 5 ist in Ausgangsstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel als Schnittdarstellung in Seitenansicht dargestellt.

[0053] Hier sind im Gegensatz zu Figur 4 keine diskreten Krafteinleitungspunkte 71, ..., 7n mehr vorhanden, vielmehr setzen die Hebel 2 auf einer gekrümmten Fläche des Antriebselementes 3 auf, was einer Zuordnung $n \rightarrow \infty$ entspricht.

[0054] Dadurch wird erreicht, daß bei einer Verschiebung des Antriebselementes 3 eine kontinuierliche Änderung der Länge L_1 des Kraftarms möglich ist.

[0055] Dabei kann die Oberfläche auch so gekrümmt sein, daß bei einer Verschiebung des Antriebselementes 3 eine neutrale Hubübertragung stattfindet.

Auch kann die Oberfläche so geformt sein, daß sich der Hubfaktor Π lediglich abschnittsweise stetig ändert, beispielsweise indem die Oberfläche in Richtung des Hubelementes 1 abschnittsweise konkav und konvex ausgebildet ist.

[0056] Es ist zur verbesserten Variation des Hubfaktors Π vorteilhaft, wenn der mindestens eine Hebel 2 ebenfalls eine gekrümmte, mindestens auf einem Kontaktpunkt 5,6,7,71, ..., 7n,71', ..., 7n' aufliegende Oberfläche aufweist.

[0057] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn genau ein Hebel 2 eingesetzt wird, weil dann eine Justage mehrerer Hebel 2 zur Sicherstellung einer gleichen Hebelwirkung entfällt. Eine mögliche Dezentrierung des Hubelementes 1 kann mittels einer Führung des Hubelementes 1, z. B. in einer Bohrung, weitgehend ausgeglichen werden.

[0058] Als Hebellager eignen sich alle aus der Hebeltechnik bekannten Ausführungen, z. B. Schneidenlager oder Rollen- und Biegelager sowie Kombinationen derselben.

Auch kann ein anfänglicher direkter Kraftschluß zwischen Antriebselement (3) und Hubelement (1) auch über seitlich an den Hebeln (2) vorbeiführenden Nocken erfolgen.

Patentansprüche**1. Vorrichtung zur Hubübertragung, aufweisend**

- ein verschiebbares Hubelement (1) und ein in 5
die gleiche Richtung verschiebbares Antriebselement (3),
- mindestens einen Hebel (2), welcher jeweils
auf dem Antriebselement (3) aufliegt und wel- 10
cher jeweils auf dem Hubelement (1) und auf
einem Lager (4) aufsetzbar ist,
wobei
- bei einer gleichzeitigen Auflage des minde- 15
stens einen Hebels (2) auf dem Hubelement
(1), dem Antriebselement (3) und dem Lager
(4) ein Primärhub (xp) des Antriebselementes
(3) über eine Hebelwirkung der Hebel (2) auf
das Hubelement (1) übertragbar ist, und
- mit sich änderndem Primärhub (xp) ein Hub- 20
faktor (II) durch Änderung mindestens eines
Kontaktpunktes (5,6,7,71, ..., 7n,71', ... , 7n')
mindestens eines Hebels (2) veränderbar ist.

2. Vorrichtung zur Hubübertragung nach Anspruch 1, bei der

- der mindestens eine Hebel (2) jeweils an 25
einem Drehpunkt (5) auf dem Lager (4) auf-
liegt, und
- in Ausgangsstellung das Hubelement (1) und 30
das Antriebselement (3) lose aufeinander auf-
sitzen, und ein Abstand (h) zwischen dem
Hebel (2) und dem Hubelement (2) vorhanden
ist, und
- mittels eines vergrößerbaren Primärhubs (xp) 35
der Abstand (h) solange verringerbar ist, bis ab
einem Aufsetzen mindestens eines Hebels (2)
auf dem Hubelement (1) der Primärhub (xp)
über eine Hebelwirkung auf das Hubelement
(1) übertragbar ist. 40

3. Vorrichtung zur Hubübertragung nach Anspruch 1, bei der

- der mindestens eine Hebel (2) jeweils am Hub- 45
punkt (6) auf dem Hubelement (1) aufliegt, und
- in Ausgangsstellung das Hubelement (1) und
das Antriebselement (3) lose aufeinander auf-
sitzen, und
- ein Abstand zwischen dem Hebel (2) und dem 50
Lager (4) vorhanden ist, und
- mittels eines vergrößerbaren Primärhubs (xp)
der Abstand solange verringerbar ist, bis ab
einem Aufsetzen mindestens eines Hebels (2)
auf dem Lager (4) der Primärhub (xp) über eine 55
Hebelwirkung auf das Hubelement (1) über-
tragbar ist.

4. Vorrichtung zur Hubübertragung nach Anspruch 1, bei der

- der mindestens eine Hebel (2) auf dem Hub-
element (1) und dem Lager (4) aufsitzt, so daß
ein mechanischer Kraftschluß zwischen
Antriebselement (3) und Hubelement (1) über
mindestens einen Hebel (2) vorliegt,
wobei
- in Ausgangsstellung der mindestens ein Hebel 10
(2) jeweils an einem inneren Krafteinleitungs-
punkt (71, 71') des Antriebselementes (3) auf-
liegt,
- bei sich änderndem Hub (xp) des Antriebsele-
mentes (3) die Hebel (2) so bewegbar sind,
daß sie jeweils auf einem äußeren Krafteinlei-
tungspunkt (72, ... , 7n,72', ... , 7n') aufsetzbar
sind, so daß der Hubfaktor (II) mindestens
bereichsweise veränderbar ist.

5. Vorrichtung zur Hubübertragung nach Anspruch 4, bei der die äußeren Krafteinleitungspunkte (72, ... , 7n) voneinander räumlich separiert sind.**6. Vorrichtung zur Hubübertragung nach Anspruch 4, bei der die äußeren Krafteinleitungspunkte (72', ... , 7n') mindestens bereichsweise räumlich kontinuierlich ineinander übergehen.****7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Hebel (2) jeweils auf einer mindestens bereichsweise gekrümmten Fläche des Antriebselementes (3) aufliegen, so daß mittels des Hubs (xp) des Antriebselementes (3) mindestens bereichsweise eine kontinuierliche Änderung des Hubfaktors (II) einstellbar ist.****8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der genau ein Hebel (2) vorhanden ist.****9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei mittels des Antriebselementes (3) ein Hub (xp) von 10 µm bis 100 µm ausführbar ist.****10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Hubfaktor (II) im Bereich zwischen 1 und 10 liegt.****11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei das Antriebselement (3) mittels eines keramischen Vielschicht-Piezoaktors verschiebbar ist.****12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Einsatz in einem Kraftstoff-Einspritzer.**

13. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung nach Anspruch 2, bei dem

bei einem Betätigungsvorgang aus der Ausgangsstellung heraus das Antriebselement (3) 5
das Hubelement (1) unter Verringerung des Abstands (h) hubverlustfrei so lange verschiebt, bis der mindestens eine Hebel (2) auf dem Hubelement (1) aufsetzt, worauf bei sich 10
weiter vergrößerndem Primärhub (xp) das Hubelement (6) durch den vom Antriebselement (3) über den Hebel (2) übertragenen Kraftschluß hubübersetzt verschoben wird.

14. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung nach Anspruch 5, bei dem 15

bei einem Betätigungsvorgang aus der Ausgangsstellung heraus das Antriebselement (3) 20
das Hubelement (1) über den mindestens einen Hebel (2) bei neutraler Hubübertragung so lange verschiebt,
bis durch einen Wechsel von einem inneren 25
Krafteinleitungspunkt (71) zu einem äußeren Krafteinleitungspunkt (72, ..., 7n) sich weiter vergrößerndem Primärhub (xp) das Hubelement (1) hubübersetzt verschoben wird.

30

35

40

45

50

55

FIG 1

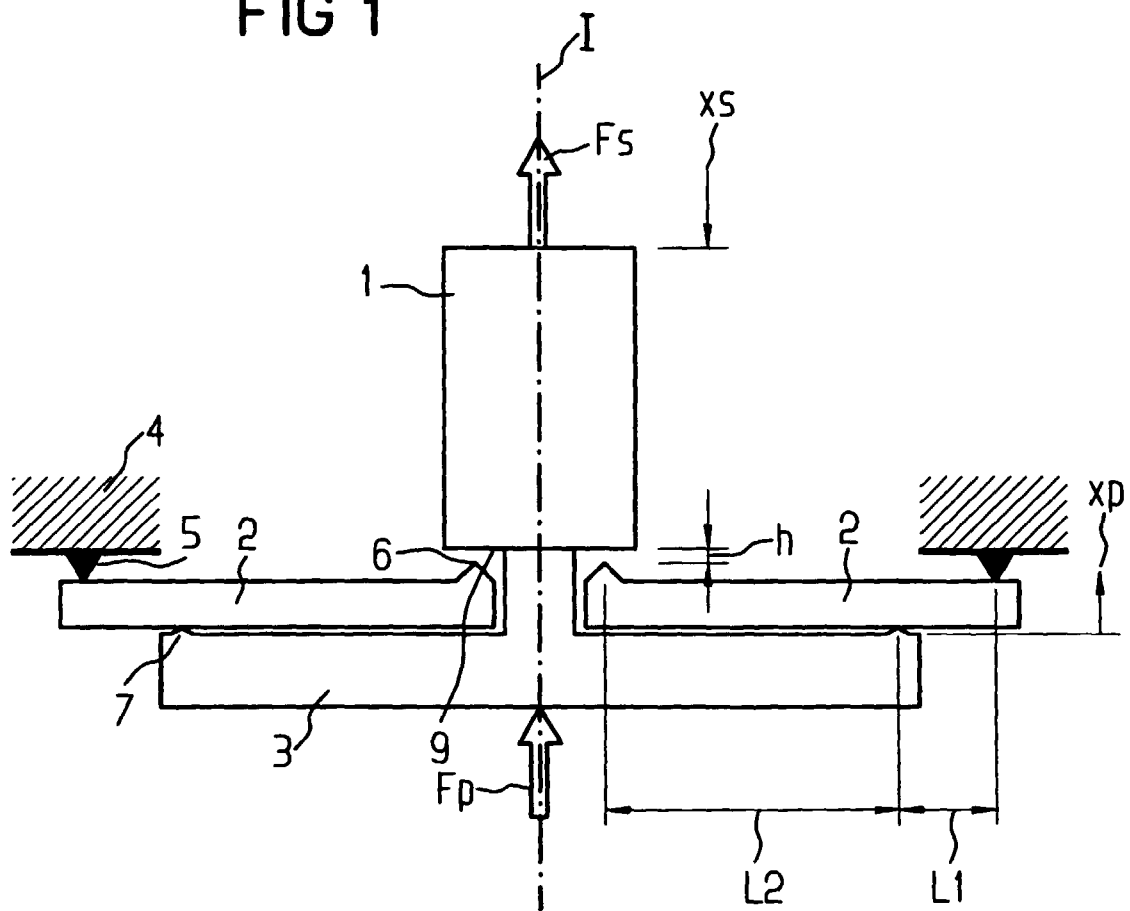


FIG 2A

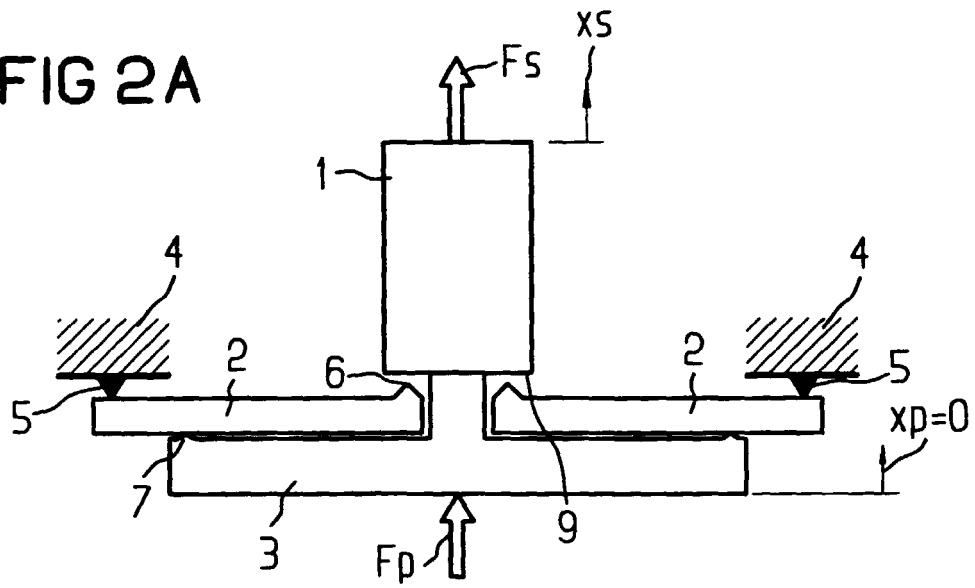


FIG 2B

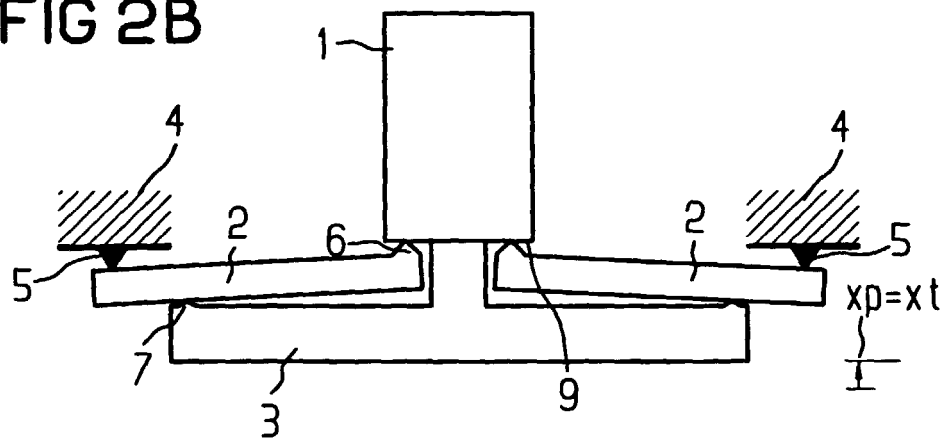


FIG 2C

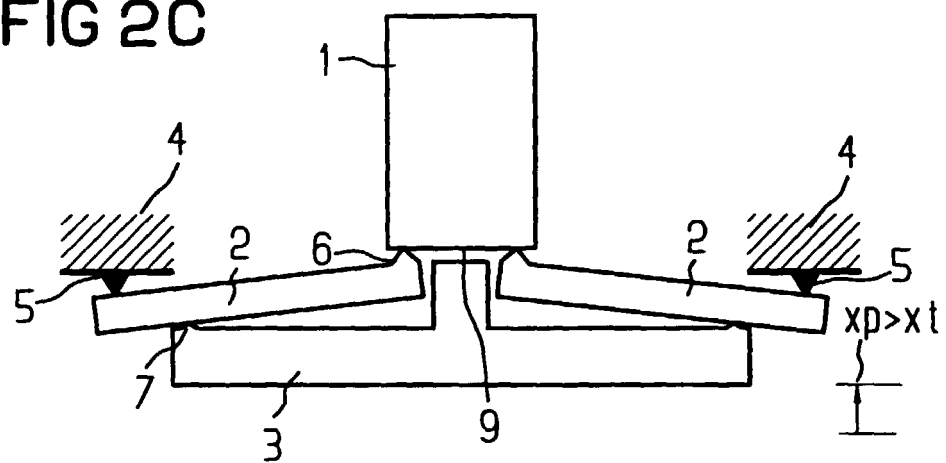


FIG 3A

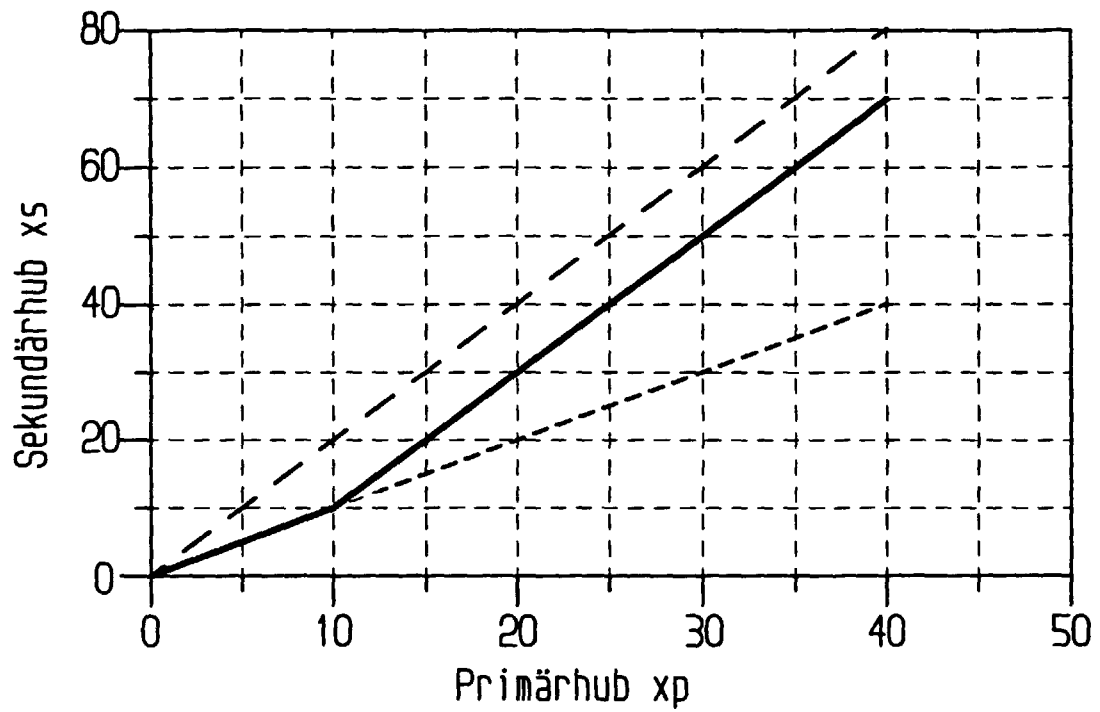


FIG 3B

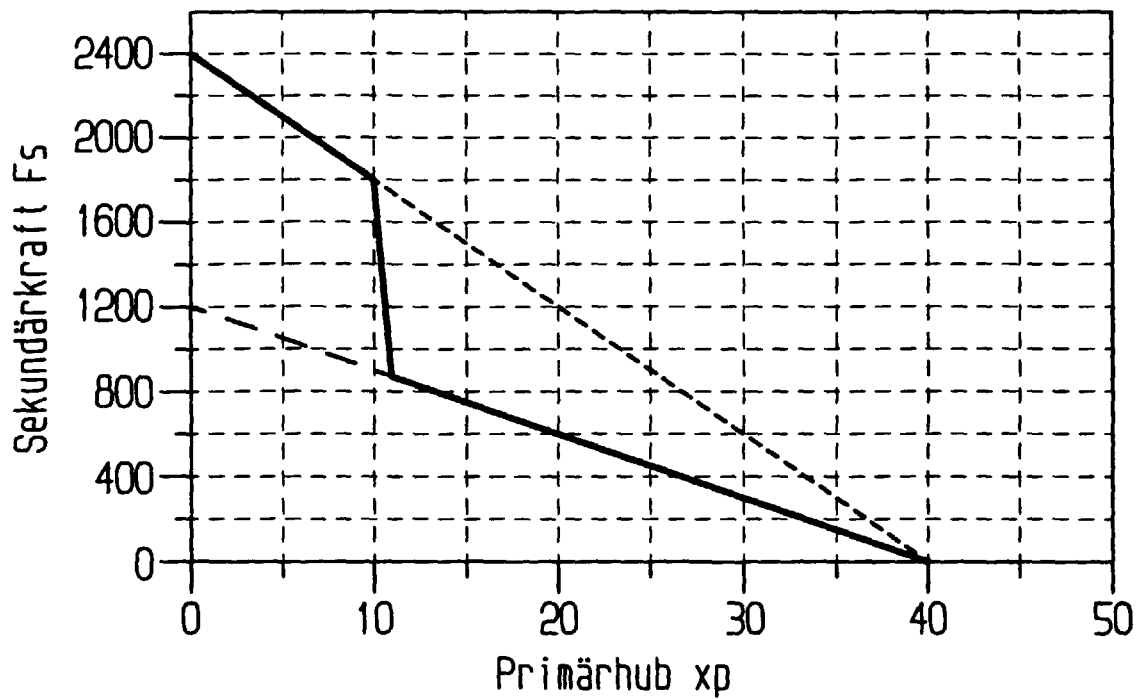


FIG 3C

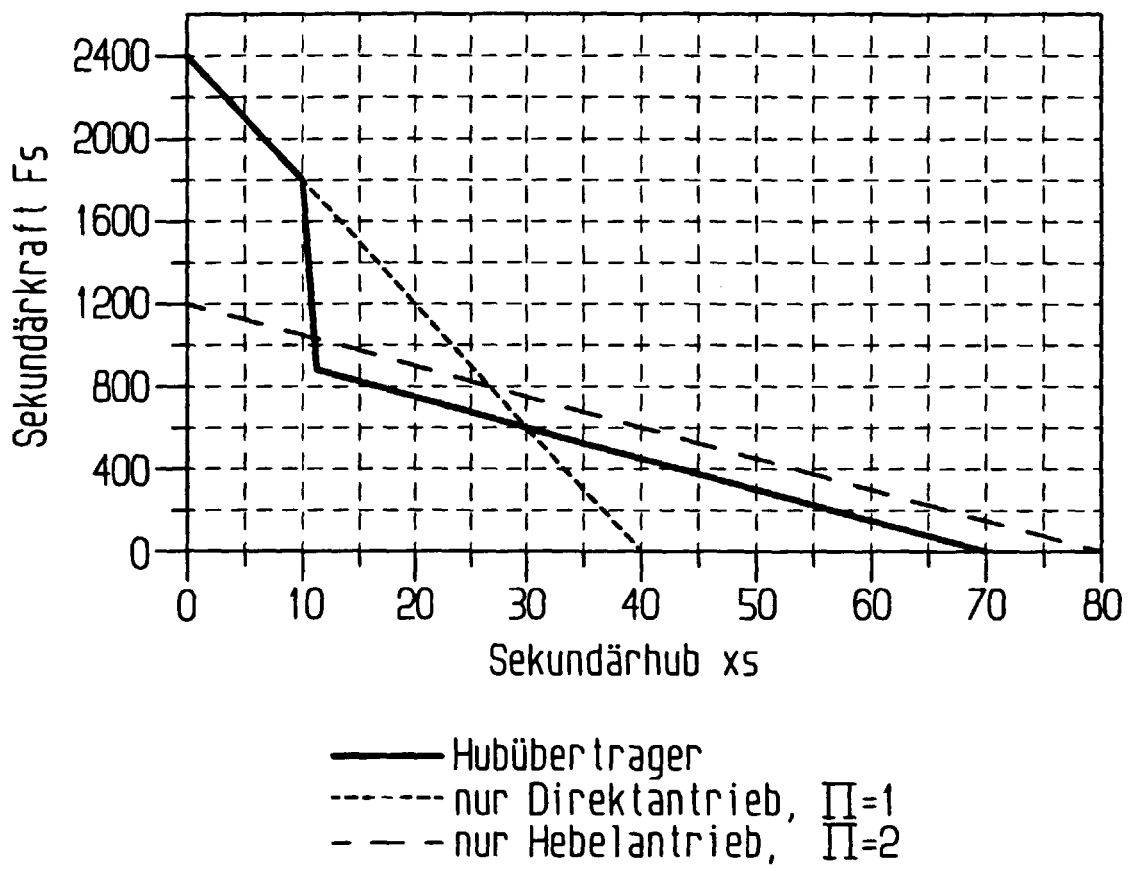


FIG 4

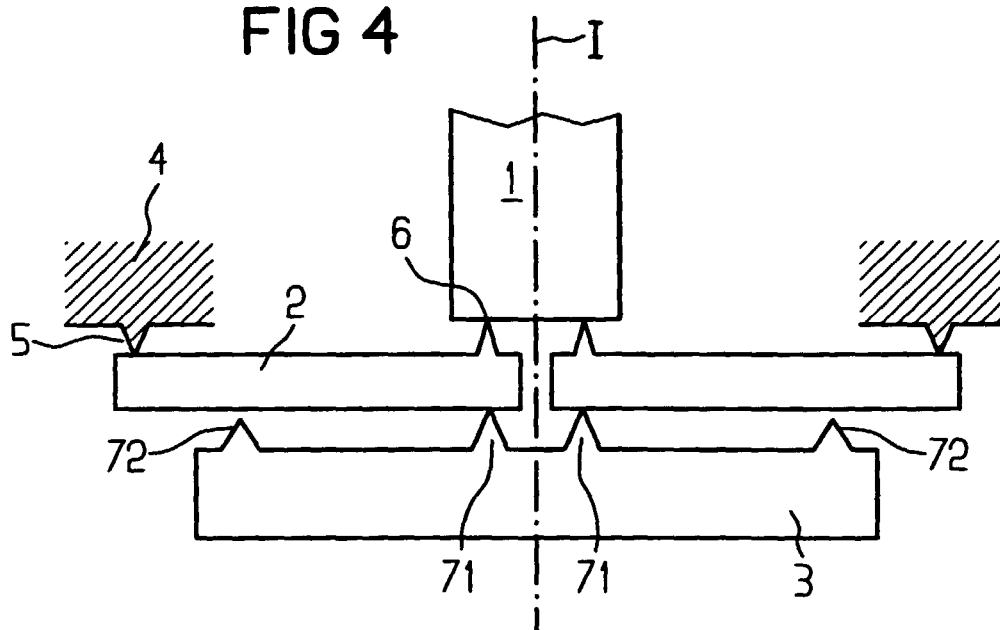


FIG 5

