

12

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 87102412.1

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 04 D 29/46**

22 Anmeldetag: 20.02.87

30 Priorität: 24.04.86 DE 3613857

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
04.11.87 Patentblatt 87/45

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE ES FR GB IT LI

71 Anmelder: **A.G. Kühnle, Kopp & Kausch**  
Postfach 265 Hessheimer Strasse 2  
D-6710 Frankenthal/Pfalz(DE)

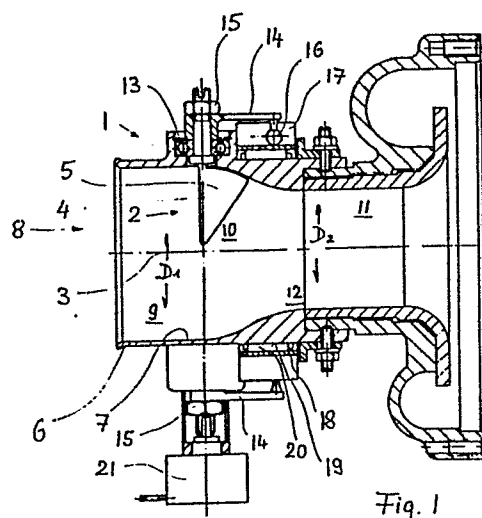
72 Erfinder: **Zloch, Norbert Dr.-Ing**  
Alkmaarstr. 7  
D-6100 Darmstadt(DE)

72 Erfinder: **Römuss, Christiane**  
Birkenstr. 1  
D-6711 Beindersheim(DE)

74 Vertreter: **Fleuchaus, Leo, Dipl.-Ing. et al,**  
Fleuchaus & Wehser Melchiorstrasse 42  
D-8000 München 71(DE)

54 **Axialdrallregler für einen Abgasturbolader für Verbrennungsmotoren.**

57 Ein Axialdrallregler für einen Abgasturbolader für Verbrennungsmotoren hat einen Strömungskanal, welcher aus einem Zylinderabschnitt und einen daran anschließenden Kugelabschnitt besteht, der über einen Düsenabschnitt in einen zweiten zylindrischen Abschnitt übergeht. Der Radius des Kugelabschnitts ist gleich dem Radius des ersten Zylinderabschnitts. Die Leitschaufeln bestehen im wesentlichen aus Kreisausschnitten, die bei völliger Schließung des Leitapparates den Querschnitt des ersten Zylinderabschnitts überdecken, wobei die Drehachsen der Leitschaufeln jeweils in der Schaufeleintrittskante liegen.



**FLEUCHAUS & WEHSER**

PATENTANWÄLTE  
Professional representatives before  
the European Patent Office

DIPL.-ING. LEO FLEUCHAUS  
8000 München 71  
Melchiorstraße 42  
☎ 089 - 79 28 00  
Telegramm: Transmarkpatent, München

DIPL.-ING. WULF WEHSER  
3000 Hannover 1  
☎ 0511 - 32 14 49

München, den 17. April 1986

KK26P-3202 EP

Aktiengesellschaft  
KÜHNLE, KOPP & KAUSCH  
Heßheimerstraße 2  
6710 Frankenthal

---

Axialdrallregler für einen Abgasturbolader für  
Verbrennungsmotoren

---

Die Erfindung betrifft einen Axialdrallregler für einen Abgasturbolader nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Abgasturbolader finden bei Verbrennungsmotoren Verwendung, um Leistung und Drehmoment bei günstigem Kraftstoffverbrauch zu erhöhen. Da Turbolader mit einem Radialverdichter aufgrund ihrer Druck-Volumen-Charakteristik nicht in der Lage sind, den gesamten Betriebsbereich der Verbrennungsmotoren zu überdecken, können sich einerseits bei niedriger Motordrehzahl und einem Vollastbetrieb Betriebszustände einstellen, die links von der Pump- bzw. Abreißgrenze des Verdichterkennfeldes und andererseits bei hohen Motordrehzahlen und Vollastbetrieb rechts von der Stopfgrenze des Verdichterkennfeldes liegen. Aus diesem Grund ist es üblich, Turbolader derart auszulegen, daß die Pump- bzw. Abreißgrenze bei niedrigen Motordrehzahlen sowie einem Teillast- bzw. Vollastbetrieb nicht nach links überschritten wird. Für die Regelung dieses Betriebsverhaltens sind auf der Turbinenseite Bypass-Ventile bekannt, z.B. durch die DE-OS 14 26 076, mit deren Hilfe ein Teil des Abgasstromes um die Turbine herumgeführt werden kann, um bei Vollast und hoher Drehzahl hohe Ladedrücke zu vermeiden. Bei dieser Regelung geht ein Teil der Abgasenergie ungenutzt verloren.

Eine andere turbinenseitige Regelung wird durch einen verstellbaren Düsenkranz gemäß der DE-OS 24 55 361 realisiert, wobei das Abgas besser ausgenutzt werden kann.

Generell

---

Generell aber beeinflussen turbinenseitige Regelungen für Turbolader nur die Leistung bzw. das Drehmoment. Sie sind geeignet, den augenblicklichen Leistungsbedarf des Verdichters innerhalb der durch die verfügbare Abgasmenge und Abgastemperatur gegebenen Grenzen den Erfordernissen anzupassen. Sie verändern dabei den Massenstrom, nicht jedoch das Verdichterkennfeld. Als Folge davon ist es durchaus möglich, daß der Verdichterbetriebspunkt aus dem Bereich guten Wirkungsgrades herauswandert oder gar in den Pumpbereich geraten kann.

Durch die DE-OS 14 26 076 ist auch eine verdichterseitige Turboladerregelung bekannt, wobei mittels einer Drosselklappe im Saugbereich der Volumenstrom reduziert, ja sogar ganz unterbunden werden kann. Eine Unterbindung des Volumenstroms kann wünschenswert sein, um bei einer vorübergehenden Entlastung des Motors, z.B. beim Auskuppeln, dafür zu sorgen, daß der Verdichter keine Leistung mehr aufnimmt und der Turboladerrotor nicht zu stark in der Drehzahl absinkt. Mit dieser verdichterseitigen Turboladerregelung ist eine Veränderung der nutzbaren Kennfeldbreite jedoch nicht möglich.

Durch die DE-AS 16 28 232 ist ein Axialdrallregler für Verdichter mit größeren Abmessungen bekannt, mit welchem eine Kennlinienverschiebung möglich ist. Bei diesem Axialdrallregler besteht der Strömungskanal, in welchem die Leitschaufeln des axialen Leitapparates angeordnet sind, aus zwei zylindrischen Mantelabschnitten mit nur geringfügig verschiedenen Durchmessern und einem dazwischen liegenden Kugelabschnitt, bei welchem der Kugelradius größer als der Radius des größeren zylindrischen Mantelabschnittes ist, d.h., der Strömungskanal erfährt im Bereich der Leitschaufeln eine Durchmesserergrößerung. Diese Durchmesserergrößerung im Strömungskanal führt zu einer Strömungsablösung und zu einer Vergrößerung der durch einen Geschwindigkeitssprung an den Leitschaufeln ausgelösten Wirbelschleppe. Da der verdichterseitig an den Kugelabschnitt anschließende zylindrische Mantelabschnitt einen nur unwesentlich kleineren Durchmesser als der erste zylindrische Mantelabschnitt hat, ist eine rasche Unterdrückung der Störung der Strömung vor dem Eintritt in den Verdichter nicht möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Axialdrallregler für einen Turbolader zu schaffen, mit dem der Vertriebsbereich des Verbrennungsmotors bei bestem Wirkungsgrad bzw. günstigem Kraftstoffverbrauch noch weiter erweitert

werden

---

werden kann. Insbesondere sollen bei jeder Motordrehzahl sowohl bei Vollast als auch bei Teillast diese optimalen Betriebsbereiche schnell und ökonomisch erreicht werden, das heißt, auch extreme Betriebszustände und deren plötzliche Änderungen wirtschaftlich gefahren werden können. Der nutzbare Regelbereich muß so breit und das Verdichter kennfeld so verschiebbar ausgelegt sein, daß der jeweilige Betriebspunkt im Bereich des besten Wirkungsgrades liegt und die Pumpgrenze durch die Verschiebung des Kennlinienfeldes den jeweiligen Betriebspunkt nicht tangiert.

Diese Aufgabe wird durch die die Erfindung im Anspruch 1 kennzeichnenden Merkmale gelöst.

Durch die Maßnahmen der Erfindung wird erreicht, daß hinter den schwenkbaren Leitschaufeln der an den Kugelabschnitt anschließende zweizylindrische Abschnitt einen wesentlich kleineren Radius hat und damit die Verkleinerung des Querschnitts des Strömungskanals eine beschleunigte Düsenströmung erzeugt, wodurch die Nachlaufstörungen der Leitschaufeln, und insbesondere die durch den Grenzschichteffekt ausgelösten Nachlaufzellen, rasch unterdrückt werden und eine gesunde, gleichmäßige Zuströmung zum Verdichterlaufrad gewährleistet wird.

Dadurch kann man erreichen, daß durch eine Verstellung der Leitschaufeln die Pumpgrenze so weit nach links verschoben wird, daß die in Abhängigkeit von der Motorbelastung, dem Kraftstoffbedarf und der Motordrehzahl erforderliche Ladeluftmenge und der erforderliche Ladeluftdruck auch bei extremen Betriebszuständen und deren plötzlichen Änderung zur Verfügung stehen, wobei das Kennlinienfeld so verschoben ist, daß der Betriebsdruck immer rechts von der Pumpgrenze liegt.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Für die vorteilhafte Wirkung der Erfindung haben sich Verhältnisse der Durchmesser vom ersten Zylinderabschnitt zum zweiten Zylinderabschnitt zwischen 1,4 und 1,6 und vorzugsweise zwischen 1,45 und 1,5 als besonders zweckmäßig erwiesen, wobei die Maßnahmen der Erfindung die Möglichkeit bieten, auch bei den heutzutage im Kraftfahrzeugbau verwendeten Turboladern mit sehr kleinen Verdichterraddurchmessern dafür zu sorgen, daß optimale Betriebsbedingungen im gesamten Motorbetriebsbereich möglich sind.

Bei den

---

Bei den geringen Abmessungen der für den Kraftfahrzeugbereich üblichen Turbolader - wobei der erste zylindrische Mantelabschnitt bei Standardturboladern im Bereich von 60 mm und kleiner liegen kann - ist es besonders wichtig, dafür Sorge zu tragen, daß die unvermeidlichen Fertigungstoleranzen, die sich bei den kleinen absoluten Abmessungen beim Zusammenbau verhältnismäßig stark auswirken, die Funktionsweise nicht stören. Daher sieht die Erfindung Maßnahmen vor, daß der Leitapparat so zusammenbaubar ist, daß eine einwandfreie Einstellung ohne Klemmen möglich wird, und daß erst danach durch eine kraftschlüssige Verschraubung die Fixierung erfolgt. Zu diesem Zweck ist vorgesehen, daß die Wellen der Drehachsen der Leitschaufeln im Gehäuse wälzgelagert sind und außerhalb des Gehäuses die Verstellhebel tragen, und daß die Leitschaufeln, das Wälzlager und die Verstellhebel kraftschlüssig verspannt sind. Ferner ist vorgesehen, daß das freie Ende der Verstellhebel einen Kugelpapfen trägt, der in einer zur Laderachse parallelen Nut in dem Verstellring geführt ist, wobei der Verstellring konzentrisch zur Laderachse auf dem Außenumfang des Gehäuses auf einer zylindrischen Ringfläche gelagert ist. Dieses Lager ist vorzugsweise ein Nadellager.

Die Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Ansprüchen und der Zeichnung. Es zeigen:

Fig.1 einen Schnitt durch einen an einem Deckel eines Verdichtergehäuses montierten Axialdrallregler;

Fig.2 ein Kennlinienfeld, aus welchem die Verschiebung der Pumpgrenze in Abhängigkeit von der Schaufelstellung für zwei Umfangsgeschwindigkeiten dargestellt ist;

Der in Fig. 1 dargestellte und auf dem Spiralgehäuse des Verdichters eines Turboladers für Verbrennungsmotoren montierte Axialdrallregler 1 besteht aus einem Gehäuse 6, in dessen Innern der Strömungskanal verläuft, in welchem ein Leitapparat 2 mit verstellbaren Leitschaufeln 5 angeordnet ist. Der Strömungskanal hat einen ersten Zylinderabschnitt 9, der sich vor dem Leitapparat 2 erstreckt und in einen Kugelabschnitt 10 übergeht, dessen Kugelradius gleich dem Radius des ersten Zylinderabschnittes 9 ist. An den Kugelabschnitt 10 schließt

ein zweiter

---

ein zweiter Zylinderabschnitt 11 an, dessen Durchmesser wesentlich kleiner als der erste Zylinderabschnitt 9 ist und in welchen der Kugelabschnitt mit einem als Düsenabschnitt 12 ausgebildeten Teil übergeht. Ein Diffusorabschnitt, in welchem sich das Verdichterrad dreht, schließt an den zweiten Zylinderabschnitt 11 an.

Der Leitapparat 2 besteht aus einem Kranz von Leitschaufeln 5, welche sich über den Querschnitt des Strömungskanals erstrecken und im wesentlichen einen Kreisausschnitt von solcher Form und Teilung haben, daß die Leitschaufeln 5 bei völliger Schließung des Leitapparates 2 den Querschnitt des Strömungskanals fast ganz überdecken. In der Darstellung gemäß Fig. 1 ist lediglich eine Leitschaufel 5 dargestellt.

Die Drehachse der einzelnen Leitschaufeln 5 verläuft jeweils in der Schaufeleintrittskante, so daß die nach außen ragende Welle der Leitschaufeln in der Verlängerung der Eintrittskante verläuft. Im Bereich der Ebene der Drehachse beginnt der Kugelabschnitt 10, der - wie bereits erwähnt - einen dem Radius des ersten Zylinderabschnittes 9 entsprechenden Kugelradius hat. Die Basis der Leitschaufeln verläuft ebenfalls kreisbogenförmig mit einem Radius, der dem Kugelradius entspricht, so daß sich bei dem Verschwenken der Leitschaufeln eine gleichbleibende, gleichmäßige Spaltbreite für alle Winkelstellungen ergibt und die Hinterkante der Leitschaufel der Kanalkontur folgt. Die Welle der Leitschaufeln 5 ist im Gehäuse 6 mit einem Wälzlager 13 gelagert und trägt auf dem außerhalb des Gehäuses 6 befindlichen Abschnitt einen Verstellhebel 14, dessen freies Ende mit einem radial nach innen weisenden Kugelzapfen 16 versehen ist. Die jeweilige Leitschaufel 5 und das dazugehörige Wälzlager sowie der dazugehörige Verstellhebel 14 werden mit Hilfe einer Schraubenmutter 15 kraftschlüssig gegeneinander verspannt. Das Wälzlager 13 ist in einer auf der Außenseite des Gehäuses 6 angebrachten Buchse fixiert. Im Bereich neben der Buchse ist das Gehäuse konzentrisch zur Laderachse 3 mit einer zylindrischen Ringfläche 19 versehen, auf der ein Verstellring 18 mit Hilfe eines Nadellagers 20 gehaltert und gelagert ist. Der Verstellring ist auf seiner Außenseite mit zur Laderachse parallel verlaufenden Nuten 17 versehen, in welche die Kugelzapfen 16 eingreifen. Durch Drehen des Verstellringes kann somit über die Verstellhebel 14 der Leitschaufelkranz in der gewünschten Weise winkelverstellt werden, um den Drall der Strömung zu beeinflussen. Da die absoluten Abmessungen aufgrund der Größe des Turboladers

verhältnismäßig

---

verhältnismäßig klein sind und infolgedessen die unvermeidlichen Toleranzen beim Zusammenbau verhältnismäßig stark wirksam sind, werden die jeweilige Leitschaukel, das Wälzlager und der dazugehörige Verstellhebel zunächst ohne Verklemmen bzw. Verspannen zusammengebaut und die erforderlichen Verstellpositionierungen vorgenommen, bevor die Schraubmutter 15 angezogen wird, um die einzelnen Teile in der genau positionierten Lage kraftschlüssig zu verspannen. Bei der Verwendung einer formschlüssigen Verspannung wäre wegen der unvermeidlichen Fertigungstoleranzen eine genaue Positionierung äußerst schwierig.

Im Interesse einer optimalen Regelung auch bei extremen Betriebszuständen und deren plötzlichen Änderung muß dafür gesorgt werden, daß - wie bereits erwähnt - Nachlaufstörungen an den Leitschaufeln möglichst rasch unterdrückt und ausgeglichen werden. Dies geschieht durch die Beschleunigung der Strömung im Bereich des Düsenabschnittes 12, wobei durch die Verjüngung des Querschnittes die gewünschte Strömungsbeschleunigung erzielt wird. Als besonders vorteilhaft hat sich für die Verjüngung ein Durchmesser Verhältnis  $D1/D2$  von etwa 1,4 bis etwa 1,6 ergeben. Vorzugsweise liegt dieses Verhältnis zwischen 1,45 und 1,5, wobei die Anzahl der Leitschaufeln für Unterschiede in den Verhältniswerten ausschlaggebend sein kann. Es hat sich gezeigt, daß mit einem Leitapparat, bestehend aus 5 bis 14 Leitschaufeln die gewünschte Verschiebung des Kennlinienfeldes zur Optimierung des Motorbetriebs auch bei extremen Betriebszuständen erzielbar ist.

Aus Fig. 2 geht ein Kennlinienfeld hervor, bei dem das Verhältnis des ausgangsseitigen Druckes zum eingangsseitigen Druck über dem eingangsseitigen Volumenstrom aufgezeichnet ist. Das Diagramm läßt erkennen, daß sich bei einer Winkelverstellung der Leitschaufeln 5 mit zunehmendem Winkel eine Verschiebung der strichpunktiert dargestellten Lage der Pumpgrenze nach links erzielen läßt, wobei die Betriebspunktkennlinien für zwei Umfangsgeschwindigkeiten eingezeichnet sind. Die ausgezogene Kurvenschar ist der niederen Umfangsgeschwindigkeit und die gestrichelte Kurvenschar der höheren Umfangsgeschwindigkeit zugeordnet. Die auf der Abszisse aufgetragenen Werte des Volumenstroms sind relativiert und in Prozent aufgetragen, wobei 100% dem an der Stopfgrenze auftretenden Volumenstrom zugeordnet ist.

**FLEUCHAUS & WEHSER**

**PATENTANWÄLTE**  
Professional representatives before  
the European Patent Office

DIPL.-ING. LEO FLEUCHAUS  
8000 München 71  
Melchiorstraße 42  
☎ 0 89 - 79 28 00  
Telegramm: Transmarkpotent, München

DIPL.-ING. WULF WEHSER  
3000 Hannover 1  
☎ 05 11 - 32 14 49

17. April 1986

München, den

KK26P-3202 EP

Aktiengesellschaft  
KÜHNLE, KOPP & KAUSCH  
Heßheimerstraße 2  
6710 Frankenthal

### P a t e n t a n s p r ü c h e

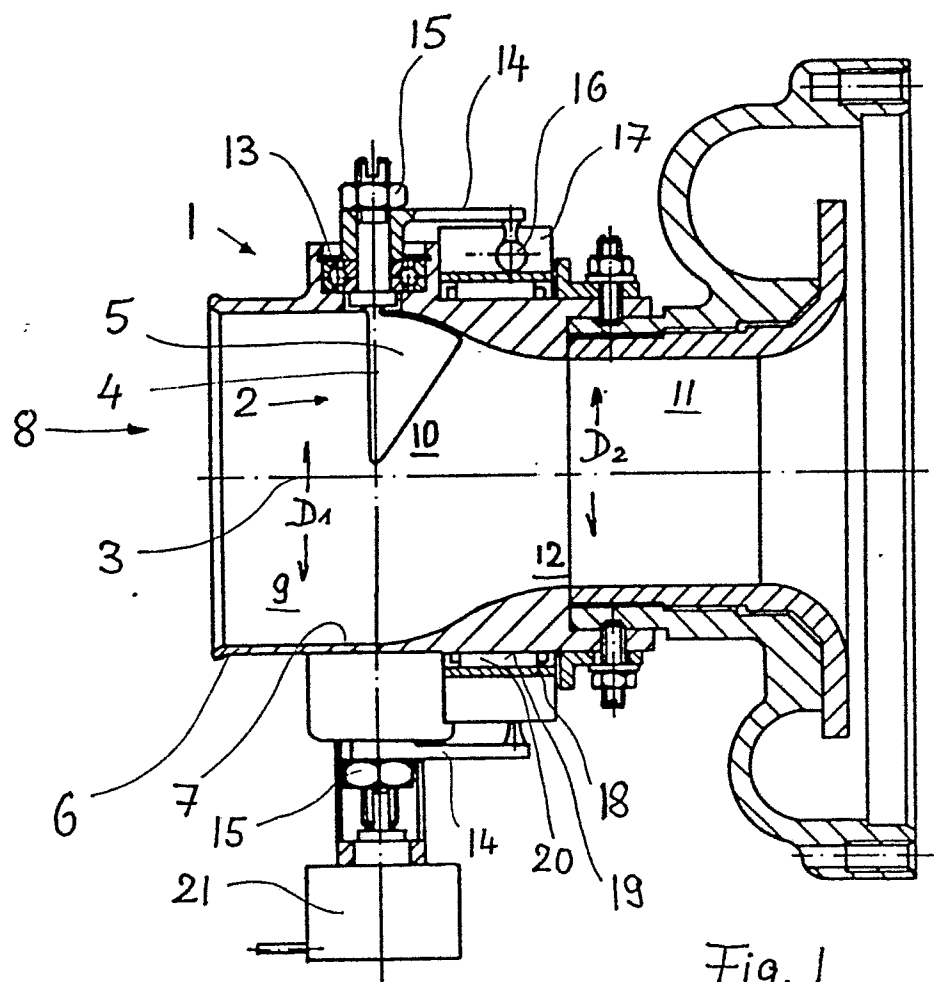
1. Axialdrallregler für einen Abgasturbolader für Verbrennungsmotoren mit Radialverdichter, bestehend aus einem axialen Leitapparat (2) mit einem Kranz sich radial zur Laderachse (3) erstreckenden, um radial ausgerichtete Drehachsen (4) schwenkbaren Leitschaufeln (5), welche in einem Strömungskanal in einem Gehäuse (6) angeordnet sind, dessen innere Wand (7) in Strömungsrichtung (8) gesehen einen ersten Mantel eines Zylinderabschnittes (9) und einen Mantel eines Kugelabschnittes (10) umfaßt, und mit an den entlang der Drehachsen (4) nach außen ragenden Wellen der Leitschaufeln (5) angeordneten Verstellhebeln (14), welche in einen das Gehäuse (6) konzentrisch schließenden Verstellring (18) eingreifen,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
  - daß der Kugelradius des Kugelabschnittes (10) gleich dem Radius des ersten Zylinderabschnittes (9) ist;
  - daß der Kugelabschnitt (10) düsenförmig in einen zweiten Zylinderabschnitt (11) von wesentlich kleinerem Radius übergeht;
  - daß die Leitschaufeln (4) im wesentlichen Kreisausschnitte von solcher Form und Teilung sind, daß sie bei völliger Schließung des Leitapparates (2) den Querschnitt des Strömungskanals fast ganz überdecken;
  - und daß die Drehachsen (4) der Leitschaufeln jeweils in der Schaufeleintrittskante liegen.

./.



2. Axialdrallregler nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Kugelabschnitt (10) im Gehäuse (6) den ganzen Schaufelbereich umschließt.
3. Axialdrallregler nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Übergang des Gehäusemantels vom ersten Zylinderabschnitt (9) zum Kugelabschnitt (10) in der Ebene der Drehachsen (4) der Leitschaufeln (5) liegt.
4. Axialdrallregler nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Verhältnis der Durchmesser vom ersten Zylinderabschnitt (9) zum zweiten Zylinderabschnitt (11) zwischen 1,4 und 1,6 und vorzugsweise zwischen 1,45 und 1,5 liegt.
5. Axialdrallregler nach den Ansprüchen 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
- daß die Wellen der Drehachsen der Leitschaufeln (5) im Gehäuse (6) wälzgelagert sind und außerhalb des Gehäuses die Verstellhebel (14) tragen,  
- und daß die Leitschaufeln (5) das Wälzlager (13) und die Verstellhebel (14) durch eine Schraubmutter (15) kraftschlüssig verspannt sind.
6. Axialdrallregler nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das freie Ende der Verstellhebel (14) einen Kugelzapfen (16) hat, der in einer zur Ladeachse parallelen Nut (17) in dem Verstellring (18) geführt ist.
7. Axialdrallregler nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Verstellring (18) auf einer konzentrisch zur Ladeachse (3) auf dem Außenumfang des Gehäuses befindlichen zylindrischen Ringfläche (19) gelagert ist.

8. Axialdrallregler nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Lagerung für den Verstellring (18) ein Nadellager (20) ist.
  9. Axialdrallregler nach Anspruch 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Leitschaufelverstellung Endbegrenzungen aufweist.
  10. Axialdrallregler nach den Ansprüchen 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das äußere Ende einer der Leitschaufelwellen ein Potentiometer (21) zum elektrischen Abgreifen der Schaufelanstellung trägt.
-

$\frac{1}{2}$ 

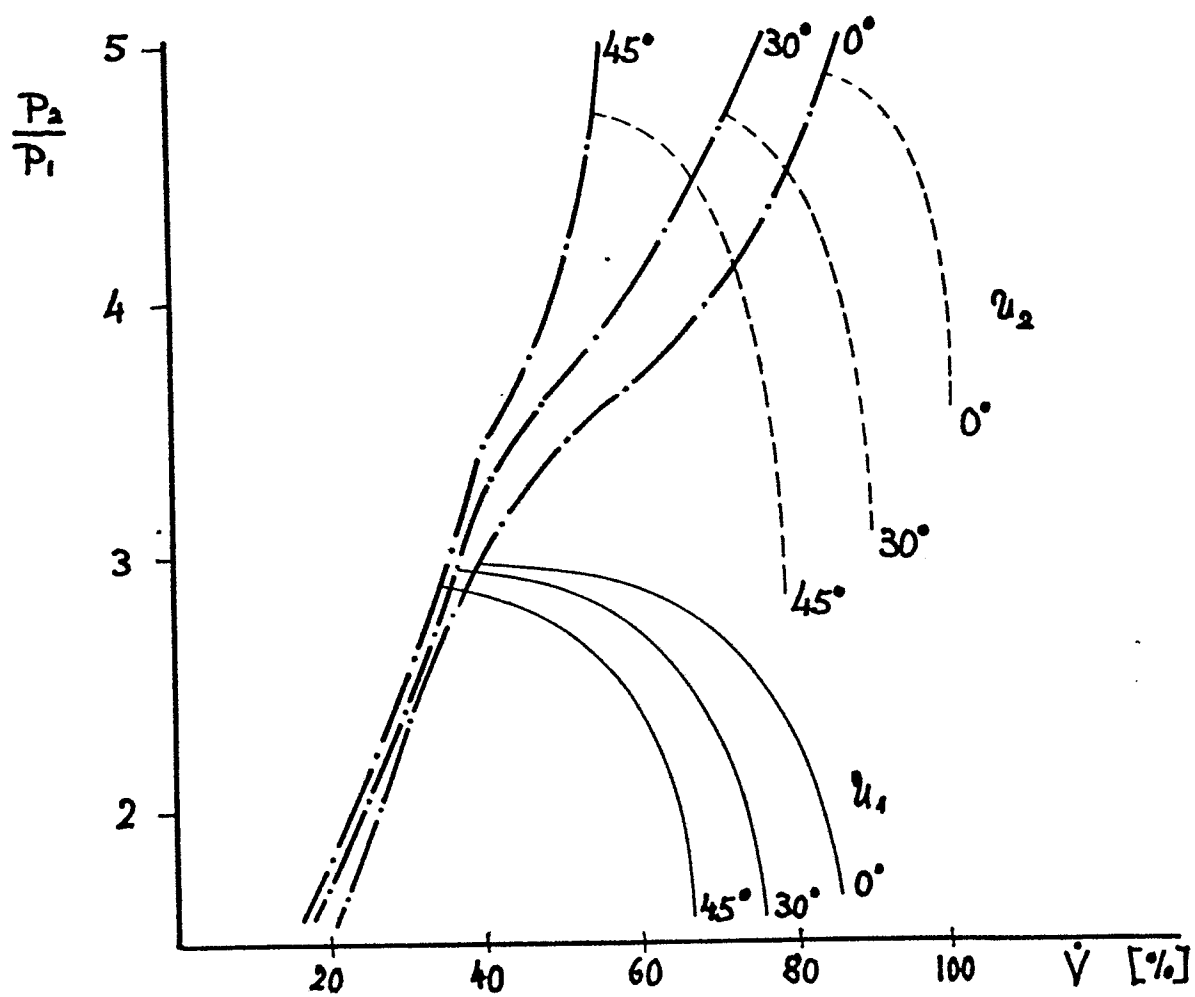
$\frac{2}{2}$ 

Fig. 2