



(10) **DE 10 2016 100 900 A1** 2017.07.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 100 900.8**

(22) Anmeldetag: **20.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **20.07.2017**

(51) Int Cl.: **F01D 17/10** (2006.01)

F02B 37/18 (2006.01)

F02C 9/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

**IHI Charging Systems International GmbH, 69126
Heidelberg, DE**

(72) Erfinder:

**Schawer, Ralf, Dipl.-Ing., 68723 Schwetzingen,
DE; Zweydinger, Jens, 68199 Mannheim, DE**

(74) Vertreter:

**Heeb-Keller, Annette, Dr., 83670 Bad Heilbrunn,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2012 101 322	A1
DE	11 2013 002 861	T5

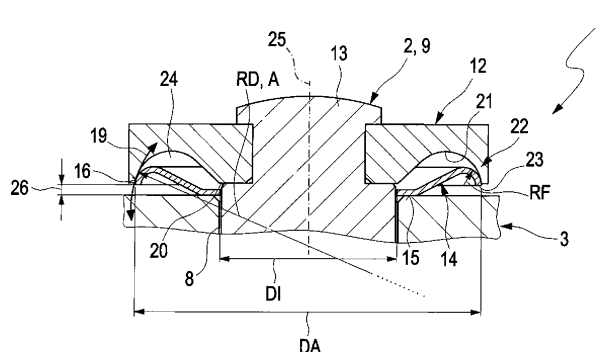
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verstellvorrichtung für einen Abgasturbolader und Abgasturbolader**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Regelvorrichtung für einen Abgasturbolader, mit einem durchströmbaren Abgasführungsabschnitt, welcher einen Umgehungskanal aufweist zur Umgehung eines im Abgasführungsabschnitt drehbar angeordneten Turbinenrades, und mit einem Verstellarm (3) zur Aufnahme eines Ventilelementes (2), welches zum Öffnen oder Schließen eines Strömungsquerschnitts des Umgehungskanals vorgesehen ist, wobei der Verstellarm (3) im Abgasführungsabschnitt bewegbar aufgenommen ist, und wobei zumindest zur Positionssicherung des Ventilelementes (2) am Verstellarm (3) ein Federelement (14) vorgesehen ist.

Erfindungsgemäß ist zur Reduzierung von Verstellkräften das Federelement (14) radial gleitbar ausgebildet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verstellvorrichtung für einen Abgasturbolader der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Abgasturbolader der im Oberbegriff des Patentanspruchs 8 angegebenen Art.

[0002] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2012 101 322 A1 geht eine Verstellvorrichtung für einen Abgasturbolader mit einer Turbine hervor, wobei die Turbine einen durchströmbaren Abgasführungsabschnitt und einen Umgehungskanal, welcher der Umgehung einer Abgasströmung eines im Abgasführungsabschnitt angeordneten Turbinenrades dient, aufweist. Die Verstellvorrichtung umfasst ein Ventilelement zum Schließen des Umgehungskanals, sowie einen Verstellarm, welcher das Ventilelement aufnimmt. Dieser Verstellarm ist im Abgasführungsabschnitt drehbar gelagert. Das Ventilelement ist am Verstellarm mit Hilfe eines Federelementes zur Vermeidung von Geräuschen während des Betriebs des Abgasturboladers positionsgesichert.

[0003] Problematisch ist, dass bedingt durch den Betrieb des Abgasturboladers, insbesondere in Verbindung des Abgasturboladers mit einer Brennkraftmaschine, der Abgasturbolader Temperaturschwankungen und Körperschwingungen ausgesetzt ist. Die Temperaturschwankungen führen zu einem ständigen Erwärmen und Abkühlen der einzelnen Komponenten des Abgasturboladers, wobei insbesondere im Bereich der Turbine des Abgasturboladers, aufgrund des den Abgasführungsabschnitt durchströmenden Verbrennungsprodukts der Brennkraftmaschine, die größten Temperaturschwankungen vorliegen. Je näher ein Bauteil des Abgasturboladers somit an einem das durchströmende Verbrennungsprodukt aufweisenden Kanal des Abgasführungsabschnitts angeordnet ist, desto höher ist eine Ausfallwahrscheinlichkeit dieses Bauteils. Denn die sich ständig wiederholenden Temperaturänderungen führen zu einer ständigen Änderung der Ausdehnung der Bauteile, wodurch es zu Lockerungen, Spannungen oder Materialermüdungen kommen kann. Da die bewegbare Verbindung mit Hilfe des Druckspannung ausübenden Sicherungselementes, somit die zu verbindenden Verstellglieder umfassend, ausgestaltet ist, ist eine Außenseite des Sicherungselementes nahe dem das Verbrennungsprodukt aufweisenden Kanal positioniert und unterliegt folglich den zuvor genannten Temperaturschwankungen.

[0004] Das Federelement dient der Positionssicherung des Ventilelements in jeder Stellung. In einer Schließstellung ist der Strömungsquerschnitt mit Hilfe des Ventilelementes leakagefrei zu schließen, damit keine Wirkungsgradeinbußen des Abgasturboladers auftreten. In einer geöffneten Stellung des

Ventilelementes, in welcher es den Strömungsquerschnitt teilweise oder vollständig freigibt, kann aufgrund der Abgasströmung im Umgehungskanal das Ventilelement zu Schwingungen angeregt werden. Auch diese gilt es zu vermeiden, da sie klappernde Geräusche mit sich bringen können.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine verbesserte Regelvorrichtung für einen Abgasturbolader bereitzustellen. Die weitere Aufgabe ist es einen verbesserten Abgasturbolader herbeizuführen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Verstellvorrichtung für einen Abgasturbolader mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die weitere Aufgabe wird durch einen Abgasturbolader mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Die erfindungsgemäße Regelvorrichtung für einen Abgasturbolader weist ein an einem Verstellarm der Regelvorrichtung aufgenommenes Ventilelement auf. Das Ventilelement ist in einem durchströmbaren Abgasführungsabschnitt des Abgasturboladers in einem Umgehungskanal des Abgasführungsabschnitts angeordnet und dient einem Öffnen oder Schließen eines Strömungsquerschnitts des Umgehungskanals. Mit Hilfe des Umgehungskanals besteht die Möglichkeit ein im Abgasführungsabschnitt drehbar angeordnetes Turbinenrad zu umgehen, welches bei geschlossenem Strömungsquerschnitt von der gesamten den Abgasführungsabschnitt durchströmenden Abgasmenge durchströmt wird. Der Verstellarm ist im Abgasführungsabschnitt bewegbar aufgenommen. Zur Positionssicherung des Ventilelements ist am Verstellarm ein Federelement vorgesehen. Erfindungsgemäß ist zur Reduzierung von Verstellkräften das Federelement radial gleitbar ausgebildet.

[0008] Üblicherweise sind Federelemente gemäß dem Stand der Technik in entlang einer Ventillängsachse axialer Richtung bewegbar. Mit anderen Worten lassen sie sich zusammendrücken, so dass ihre axiale Ausdehnung verringert wird, oder sie entspannen, so dass ihre axiale Ausdehnung zunimmt. Dies erfolgt in Abhängigkeit der das Ventilelement beaufschlagenden Kräfte. Eine dezentrale Belastung des Ventilelements führt zu einer hohen Belastung des Federelementes mit hohen Kompressionskräften sowie gesteigerten Verstellkräften, die vom Aktuator aufzubringen sind. Damit einher geht ein hoher Verschleiß des Federelementes, welcher eine reduzierte Lebensdauer der Regelvorrichtung mit sich bringt.

[0009] Das Federelement der erfindungsgemäßen Regelvorrichtung weist durch seine radiale Gleitbar-

keit die Möglichkeit auf innerhalb des Systems, bestehend aus Ventilelement und Verstellarm, aus der dezentralen Belastung hervorgerufene Kippbewegungen zu kompensieren und entsprechende relative Bewegungen der Bauteile zuzulassen ohne selbst zusätzlich zu verspannen. Daher entstehen nur geringe zusätzliche Belastungen für den Aktuator und für die Federscheibe selbst. Dies führt zu einer gesteigerten Lebensdauer der Regelvorrichtung und der Möglichkeit den Aktuator kleiner zu dimensionieren. Ebenso werden insbesondere beim Schließen des Umgehungskanals auftretende Klappergeräusche vermieden.

[0010] Des Weiteren entstehen bereits bei der Montage des Ventilelements am Verstellarm deutlich geringere Vorspannkräfte des Federelementes als bei bekannten Systemen, da es im Vergleich zu den bekannten Systemen nicht bzw. deutlich geringer komprimiert wird.

[0011] In einer Ausgestaltung ist das Federelement um einen Kippunkt des Ventilelements gleitbar ausgebildet. Somit ist bereits der mögliche Kippunkt, welcher konstruktionsbedingt ausgebildet ist, bestimmt und das Federelement kann diesem Kippunkt angepasst dimensioniert werden. Dies führt zu einer weiteren Verbesserung der Regelvorrichtung durch eine weitere Reduzierung der Verstellkräfte.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung ist das Federelement zwischen einer Deckscheibe und dem Verstellarm aufgenommen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, das Federelement zwischen diesen beiden Bauteilen entsprechend anzuordnen und die radiale Gleitbarkeit an einem dieser beiden Bauteile auszubilden.

[0013] Bevorzugt ist die Deckscheibe zur Unterstützung der radial gleitenden Bewegung des Federelementes ausgebildet. Das zur radial gleitenden Bewegung ausgebildete Bauteil ist entsprechend zu bearbeiten und die Deckscheibe bietet aufgrund ihrer Handhabbarkeit eine kostengünstige Herstellung im Vergleich zum Verstellarm.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung weist die Deckscheibe an ihrer dem Federelement zugewandt ausgebildeten Deckfläche eine Nut auf. Dies begünstigt ein Eingreifen und ein Abstützen des Federelementes. Insbesondere sofern die Nut eine zumindest teilweise bogenförmige Querschnittsfläche aufweist, ist ein gemäß dem Kippunkt angepasster Radius auszubilden, innerhalb dessen die Federscheibe radial gleiten kann.

[0015] Der zweite Aspekt der Erfindung betrifft einen Abgasturbolader, welcher einen durchströmbaren Abgasführungsabschnitt mit einem Umgehungs- kanal aufweist zur Umgehung eines im Abgasfüh-

rungsabschnitt drehbar angeordneten Turbinenrades, und mit einer Regelvorrichtung zum Öffnen und Schließen eines Strömungsquerschnitts des Umgehungs- kanals, wobei die Regelvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist. Somit ist ein Abgasturbolader bereitgestellt, der neben einer gesteigerten Lebensdauer auch ein schnelles Ansprechverhalten der Regelvorrichtung aufweist. Dies kann zu einer Reduktion einer Abgasemission der Verbrennungskraftmaschine führen, mit welcher der Abgasturbolader verbunden ist.

[0016] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0017] Die Zeichnung zeigt in:

[0018] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Regelvorrichtung eines Abgasturboladers gemäß dem Stand der Technik,

[0019] Fig. 2 eine perspektivische Schnittansicht der Regelvorrichtung gem. Fig. 1,

[0020] Fig. 3 einen Ausschnitt eines Längsschnittes der Regelvorrichtung gem. Fig. 1,

[0021] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Regelvorrichtung eines erfindungsgemäßen Abgasturboladers,

[0022] Fig. 5 eine perspektivische Schnittansicht der Regelvorrichtung gem. Fig. 4, und

[0023] Fig. 6 einen Ausschnitt eines Längsschnittes der Regelvorrichtung gem. Fig. 4.

[0024] Eine Regelvorrichtung 1 eines nicht näher dargestellten Abgasturboladers gemäß dem Stand der Technik ist wie in Fig. 1 dargestellt ausgebildet. Der Abgasturbolader weist einen durchströmbaren nicht näher dargestellten Abgasführungsabschnitt auf, welcher im Betrieb des Abgasturboladers von einem Fluid, in der Regel von Abgas durchströmt wird. Das Abgas ist im Allgemeinen ein Verbrennungsprodukt einer nicht näher dargestellten Brennkraftmaschine. Derartige Regelvorrichtungen sind unter dem Begriff der Wastegate-Vorrichtung bekannt.

[0025] Dem Abgasturbolader ist ein nicht näher dargestellter durchströmbarer Luftführungsabschnitt sowie ein zwischen dem Abgasführungsabschnitt und dem Luftführungsabschnitt positionierter nicht näher dargestellter Lagerabschnitt zugeordnet, wobei im Lagerabschnitt ein nicht näher dargestelltes Laufzeug drehbar aufgenommen ist. Das Laufzeug weist ein nicht näher dargestelltes Verdichterrad und ein nicht näher dargestelltes Turbinenrad auf, welche miteinander mit Hilfe einer nicht näher dargestellten Welle drehfest verbunden sind. Das Verdichterrad ist in einer nicht näher dargestellten ersten Radkammer des Luftführungsabschnitts zum Ansaugen von im Allgemeinen Frischluft und das Turbinenrad ist in einer nicht näher dargestellten zweiten Radkammer des Abgasführungsabschnitts drehbar aufgenommen. Das Turbinenrad wird im Betrieb des Abgasturboladers von dem den Abgasführungsabschnitt durchströmenden Abgas beaufschlagt und angetrieben, wobei es eine Drehbewegung ausführen kann. Diese Drehbewegung ist mit Hilfe der Welle auf das Verdichterrad übertragbar, welches somit simultan zur Drehbewegung des Turbinenrads eine Drehbewegung ausführen kann. Mit Hilfe des Verdichterrades und dessen Drehbewegung wird Frischluft angesaugt, welche im Luftführungsabschnitt verdichtet wird.

[0026] Der Abgasturbolader ist als so genannter Wastegate-Lader ausgebildet, das heißt, er weist die Regelvorrichtung **1** zur vollständigen oder teilweisen Umgehung des Turbinenrades mit Hilfe eines im Abgasführungsabschnitt ausgebildeten, nicht näher dargestellten Umgehungskanals, auf. Diese Regelvorrichtung **1**, welche zur Regelung eines nicht näher dargestellten Strömungsquerschnitts des Umgehungskanals ausgebildet ist, weist ein diesen schließ- und offenbar ausgebildetes Ventilelement **2** vorzugsweise in Form einer Klappe, im Allgemeinen als Waste-Gate-Klappe oder Waste-Gate-Ventil bezeichnet, sowie eine nicht näher dargestellte Verstellvorrichtung zur Betätigung dieses Ventilelementes **2** auf.

[0027] Das Ventilelement **2**, aufweisend eine Ventilelementlängsachse **25**, ist an einem Verstellarm **3** der Verstellvorrichtung angeordnet. Der Verstellarm **3** weist an seinem von einer Verstellwelle **4** des Verstellarms **3** abgewandt ausgebildeten Ende **5** eine gabelförmige Aufnahmeöffnung **6** zur Aufnahme eines Sicherungsstiftes **7** auf.

[0028] Der Sicherungsstift **7** dient einer Verdrehsicherung des Ventilelementes **2**, welches in einer weiteren Aufnahmeöffnung **8** des Verstellarmes **3** mit Hilfe eines stift- oder bolzenförmig ausgebildeten Zapfens **9** aufgenommen ist. Der Zapfen **9** und der Sicherungsstift **7** sind an einer dem Verstellarm **3** zugewandt ausgebildeten ersten Ventilfläche **10** ausgestaltet. Eine von der ersten Ventilfläche **10** abgewandt ausgebildete zweite Ventilfläche **11** des Ven-

tilelementes **2** ist dem zu regelnden Strömungsquerschnitt zugewandt positioniert.

[0029] Das Ventilelement **2** ist mit Hilfe einer Deckscheibe **12** am Verstellarm **3** fixiert. Der Zapfen **9** ragt durch die weitere Aufnahmeöffnung **8** hindurch und in die Deckscheibe **12** hinein. An seinem von der zweiten Ventilfläche **11** abgewandten Zapfenden **13** ist er nietartig mit dem Verstellarm **3** mit Hilfe der Deckscheibe **12** verbunden. Ebenso kann er auch verschweißt oder verschweiß und vernietet sein.

[0030] Zwischen dem Verstellarm **3** und der Deckscheibe **12** ist ein Federelement **14** zur Verspannung des Ventilelementes **2** angeordnet, wodurch Klappergeräusche bei einer Bewegung des Ventilelementes **2** reduziert werden. Des Weiteren dient dieses Federelement **14** einem Spielausgleich, insbesondere auch einem Spielausgleich aufgrund hoher Temperaturwechsel im Betrieb des Abgasturboladers. Dadurch wird der Verschleiß zwischen dem Verstellarm **3**, dem Ventilelement **2** und der Deckscheibe **12** vermindert.

[0031] Das Federelement **14** ist in Form einer Tellerfeder ausgebildet und weist einen Innendurchmesser DI und einen Außendurchmesser DA auf. Im Bereich des Innendurchmessers DI ist eine erste Auflagefläche **15** ausgebildet, welche eben mit dem Verstellarm **3** ausgestaltet ist. Mit anderen Worten liegt die erste Auflagefläche **15** auf dem Verstellarm **3** flächig auf. Im Bereich des Außendurchmessers DA ist eine zweite Auflagefläche **16** ausgebildet, welche eben mit der Deckscheibe **12** ausgestaltet ist. Mit anderen Worten stützt sich die zweite Auflagefläche **16** flächig an der Deckscheibe **12** ab.

[0032] Im Betrieb der Regelvorrichtung **1** rotiert bzw. schwenkt das Ventilelement **2** um eine Rotationsachse **17** der Verstellwelle **4**. Dabei ist ein so genannter Kippunkt **18** des Ventilelementes **2** ausgebildet, um welchen es aufgrund einer dezentralen Belastung kippt. Dies führt zu einer zusätzlichen Belastung des Federelementes **14**, woraus hohe Stellkräfte resultieren. Diese Stellkräfte sind vom nicht näher dargestellten Aktuator aufzubringen, welcher eine Verstellung des Ventilelementes **2** bewirkt.

[0033] In den Fig. 4 bis Fig. 6 ist eine erfindungsgemäße Regelvorrichtung **1** dargestellt. Die erfindungsgemäße Regelvorrichtung **1** weist das Federelement **14** auf, welches so ausgestaltet ist, dass das Federelement **14** im Betrieb des Abgasturboladers eine radial gleitende Bewegung entlang des Pfeiles **19** ausführen kann. Das Federelement **14** weist im Bereich seines Innendurchmessers DI die erste Auflagefläche **15** auf. An seinem Außendurchmesser DA ist das Federelement **14** gebogen ausgebildet, wobei ein Federelementradius RF am Außendurchmesser DA ausgebildet ist. Die erste Auflagefläche **15**, wel-

che eben mit dem Verstellarm **3** ausgestaltet ist, dient während der Montage einer Zentrierung des Federelementes **14**.

[0034] Die Deckscheibe **12** weist an ihrer dem Federelement **14** zugewandt ausgebildeten Deckfläche **20** eine Nut **21** auf, welche eine bogenförmig ausgestaltete Querschnittsfläche **24** besitzt. Die Querschnittsfläche **24** weist in einem an die Deckfläche **20** angrenzenden Bewegungsbereich **22** einen Deckscheibenradius RD auf, welcher einem Abstand A zwischen dem Kipppunkt **18** und einer Außenkante **23** des Federelementes **14** entspricht.

[0035] Mit Hilfe des Federelementradius RF ist die zweite Auflagefläche **16** quasi linienförmig ausgebildet, da die Außenkante **23** nicht am Verstellarm **3** aufliegt und zwischen der Außenkante **23** und dem Verstellarm **3** ein weiterer Abstand **26** ausgebildet ist.

[0036] Im Betrieb der Regelvorrichtung **1** kann das Federelement **14** eine Rotation um den Kipppunkt **18** ausüben, wodurch eine Entlastung des Federelementes **14** herbeigeführt wird. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass das Federelement **14** um den Kipppunkt **18** des Ventilelements **2** mit Hilfe seiner gebogenen Außenkante **23** in der Nut **21** gleiten kann. Die Deckscheibe **12** ist zur Unterstützung der radial gleitenden Bewegung des Federelementes **14** ausgebildet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102012101322 A1 [0002]

Patentansprüche

Regelvorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

1. Regelvorrichtung für einen Abgasturbolader, mit einem durchströmbaren Abgasführungsabschnitt, welcher einen Umgehungskanal aufweist zur Umgehung eines im Abgasführungsabschnitt drehbar angeordneten Turbinenrades, und mit einem Verstellarm (3) zur Aufnahme eines Ventilelementes (2), welches zum Öffnen oder Schließen eines Strömungsquerschnitts des Umgehungskanals vorgesehen ist, wobei der Verstellarm (3) im Abgasführungsabschnitt bewegbar aufgenommen ist, und wobei zumindest zur Positionssicherung des Ventilelementes (2) am Verstellarm (3) ein Federelement (14) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Reduzierung von Verstellkräften des Federelement (14) radial gleitbar ausgebildet ist.

2. Regelvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federelement (14) um einen Kippunkt (18) des Ventilelementes (2) gleitbar ausgebildet ist.

3. Regelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federelement (14) zwischen einer Deckscheibe (12) und dem Verstellarm (3) aufgenommen ist.

4. Regelvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Deckscheibe (12) zur Unterstützung der radial gleitenden Bewegung des Federelementes (14) ausgebildet ist.

5. Regelvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Deckscheibe (12) an ihrer dem Federelement (14) zugewandten ausgebildeten Deckfläche (20) eine Nut (21) aufweist.

6. Regelvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nut (21) eine zumindest teilweise bogenförmige Querschnittsfläche (24) aufweist.

7. Regelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Auflagefläche (16) des Federelementes (14), welche einen kleineren Durchmesser aufweist als eine Außenkante (23) des Federelementes (2), einen Kontakt zum Verstellarm (3) aufweist und wobei zwischen der Außenkante (23) und dem Verstellarm (3) ein weiterer Abstand (26) ausgebildet ist.

8. Abgasturbolader, aufweisend einen durchströmbaren Abgasführungsabschnitt welcher einen Umgehungskanal aufweist zur Umgehung eines im Abgasführungsabschnitt drehbar angeordneten Turbinenrades, und mit einer Regelvorrichtung (1) zum Öffnen und Schließen eines Strömungsquerschnitts des Umgehungskanals, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Anhängende Zeichnungen

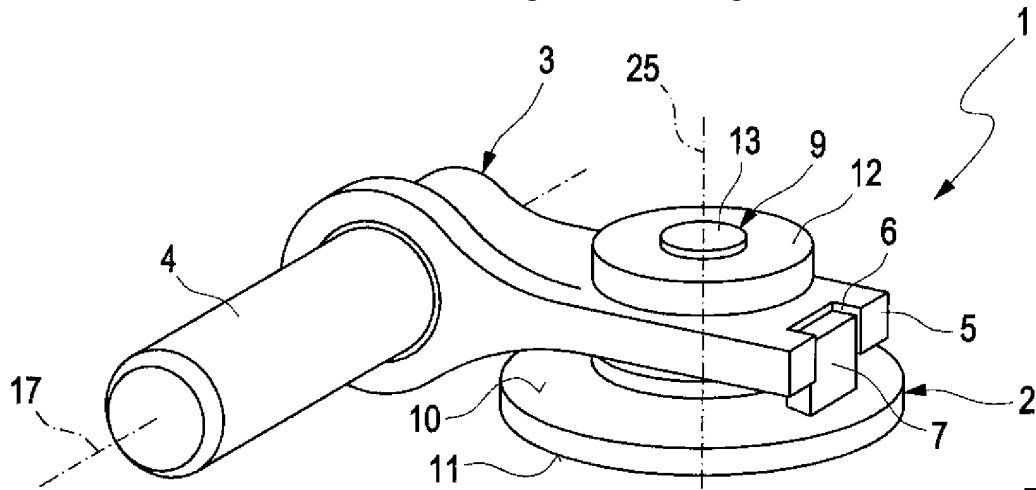


Fig. 1
(Stand der Technik)

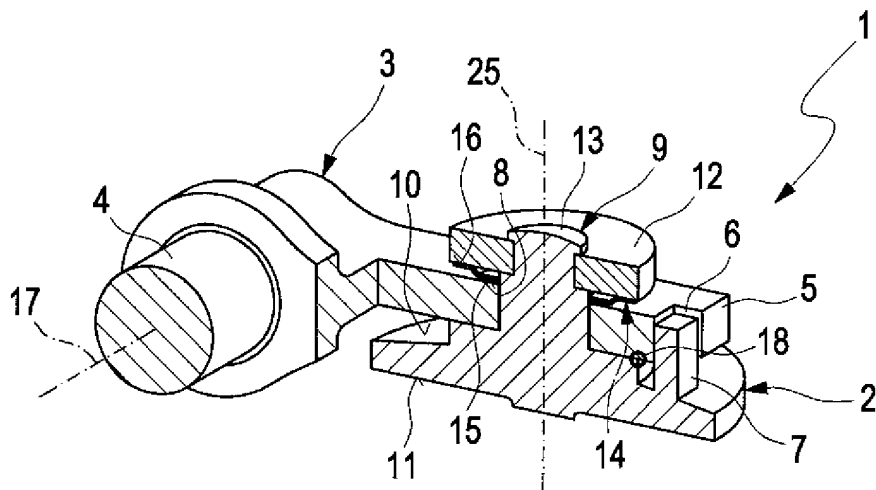


Fig. 2
(Stand der Technik)

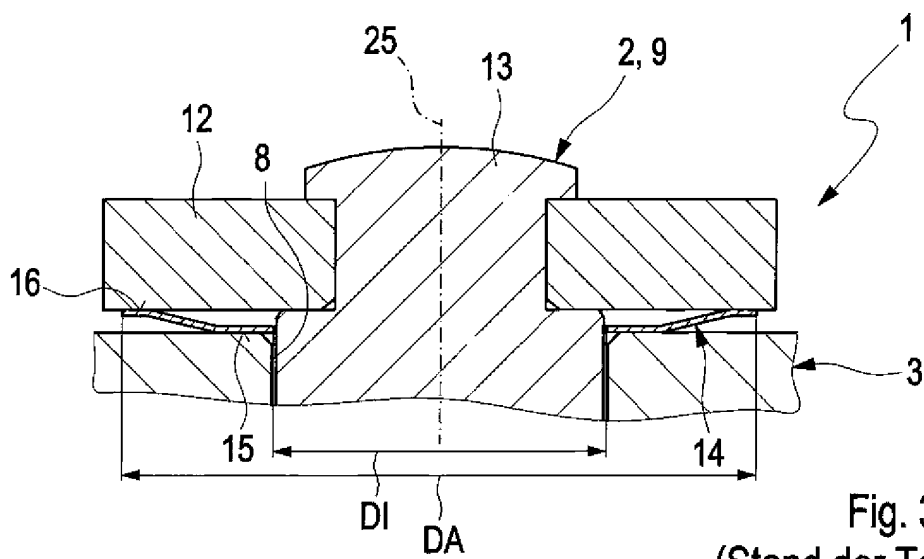


Fig. 3
(Stand der Technik)

