

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. November 2010 (25.11.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/133396 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02C 6/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/054489

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. April 2010 (06.04.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 021 725.8 18. Mai 2009 (18.05.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KOCH, Achim** [DE/DE]; Wiedmannstr. 39a, 93105 Tegernheim (DE).
MEHNE, Georg [DE/DE]; Föhrenweg 8, 93173 Wenzelbach (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

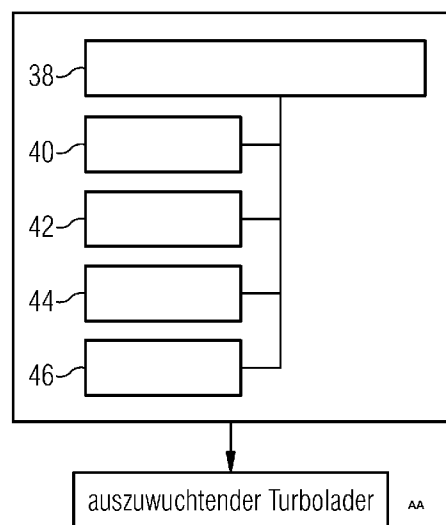
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: BALANCING DEVICE FOR BALANCING A TURBOCHARGER AND METHOD FOR BALANCING A TURBOCHARGER

(54) Bezeichnung : AUSWUCHT-EINRICHTUNG ZUM AUSWUCHTEN EINES TURBOLADERS UND VERFAHREN ZUM AUSWUCHTEN EINES TURBOLADERS

FIG 4



AA turbocharger to be balanced

(57) Abstract: The invention relates to a balancing device for balancing a turbocharger, wherein the balancing device comprises at least one laser device for removing material by means of a laser in order to at least reduce or to substantially eliminate an imbalance of the turbocharger.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Auswuchteinrichtung zum Auswuchten eines Turboladers, wobei die Auswuchteinrichtung wenigstens eine Lasereinrichtung aufweist zum Abtragen von Material mittels Laser, um eine Unwucht des Turboladers zumindest zu reduzieren oder im Wesentlichen zu beseitigen.

WO 2010/133396 A2

Beschreibung

Auswucht-Einrichtung zum Auswuchten eines Turboladers und
Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers

5

Die Erfindung betrifft eine Auswucht-Einrichtung zum Auswuchten eines Turboladers und Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers.

10 Bei einem Turbolader wird im Allgemeinen eine Turbine durch den Abgasstrom eines angeschlossenen Verbrennungsmotors angetrieben, wobei die Turbine über eine gemeinsame Welle wiederum einen Verdichter antreibt, welcher Frischluft verdichtet.

15 Hierbei werden hohe Anforderungen an den Abgasturbolader gestellt. Das liegt darin begründet, dass die Welle normalerweise sehr hohe Drehzahlen von beispielsweise bis zu 300.000 U/min erreichen kann. Aufgrund der hohen Drehzahlen müssen sich drehende Teile des Abgasturboladers sehr genau aus-
20 gewuchtet werden, damit so wenig wie möglich Vibrationen erzeugt werden.

Abgasturbolader werden daher für ihren Einsatz normalerweise einem Betriebsauswuchten unterzogen. Im Allgemeinen wird da-
25 bei Material an dem Turbolader gezielt abgetragen, um vorhandenen Unwuchten des Turboladers entgegen zu wirken.

Der Materialabtrag zum Wuchten wird dabei bisher mittels einer Fräseinrichtung durchgeführt. Dazu wird das Lagergehäuse
30 des Turboladers in einer speziellen Messmaschine eingespannt und bezüglich seines Unwuchtverhaltens zunächst vermessen. Danach wird im Stillstand an einer berechneten Position an der Verdichterschraube Material entfernt, um die Unwucht zu beseitigen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, eine verbesserte Einrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers bereitzustellen.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Auswuchteinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 15.

- 10 Demgemäß wird erfindungsgemäß eine Auswuchteinrichtung und ein Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers bereitgestellt, wobei die Auswuchteinrichtung eine Lasereinrichtung aufweist zum Abtragen von Material mittels Laser, um eine Unwucht des Turboladers zumindest zu reduzieren oder im Wesentlichen zu beseitigen.
- 15

Die Auswuchteinrichtung bzw. das Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers hat dabei den Vorteil, dass die Lasereinrichtung das Auswuchten beispielsweise eines vollständig montierten Turboladers ermöglicht, bei welchem das Turbinengehäuse und das Verdichtergehäuse bereits montiert sind. Dies ist mit den bisherigen Fräsmaschinen, die beim Auswuchten eingesetzt werden, nicht möglich. Generell kann das Auswuchten mittels Lasers auch an schwerer zugänglichen Stellen erfolgen, da der Bereich wo das Material abgetragen wird nicht völlig frei zugänglich sein muss, wie bei einer Fräsmaschine.

20

25

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

30

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird der Turbolader während des Abtragens von Material an einer oder mehreren Positionen des Turboladers zum Auswuchten mit einer vorbe-

stimmten Drehzahl gefahren, wobei die Drehzahl vorzugsweise eine konstante bzw. im Wesentlichen konstante Drehzahl ist. Die Drehzahl bei welcher der Materialabtrag erfolgt kann dabei der Drehzahl entsprechen auf die der Turbolader hochge-
5 fahren wird, um eine Unwucht des Turboladers zu bestimmen. Die Drehzahl bei welcher der Materialabtrag erfolgt kann aber auch jede andere Drehzahl sein, bei welcher die Lasereinrichtung die vorbestimmte Materialmenge abtragen kann. Das Materialabtragen bei drehendem Turbolader hat den Vorteil, dass
10 die Auswuchtzeit verkürzt werden kann, da der Turbolader nicht extra in eine Stillstandsposition gebracht werden muss, nach dem Hochfahren.

In einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform wird der
15 Turbolader zum Feststellen einer Unwucht auf eine vorbestimmte Drehzahl hochgefahren, wobei die Drehzahl beispielsweise gleich oder größer als eine biegekritische Drehzahl ist. Dies hat den Vorteil, dass eine Unwucht des Turboladers genauer bestimmt werden kann.

20
Gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform weist die Auswuchteinrichtung eine Betätigungseinrichtung auf zum Fahren bzw. Antreiben des Turboladers. Die Betätigungseinrichtung kann den Turbolader beispielsweise von der Turbinenseite
25 und/oder der Verdichterseite antreiben. Dabei kann die Betätigungseinrichtung zum Antreiben des Turboladers über die Turbine bzw. die Turbinenseite beispielsweise ein geeignetes Medium, wie z.B. Druckluft, in die Turbine einleiten bzw. hindurchleiten. Dies hat den Vorteil, dass wenn beispielsweise
30 se Material am Verdichter abgetragen wird, das Material mit der verdichteten Frischluft automatisch nach außen befördert wird.

Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform wird der Turbolader im Anschluss an den vollständig durchgeführten Materialabtrag heruntergefahren auf eine niedrigere Drehzahl. Dabei wird während des Herunterfahrens mittels der Messeinrichtung geprüft, ob der Turbolader immer noch eine unerwünschte Unwucht aufweist. Dies hat den Vorteil, dass sowohl das Feststellen und Beseitigen der Unwucht und das erneute Prüfen auf eine Unwucht in einem Zyklus durchgeführt werden kann, ohne dass der Turbolader beispielsweise umgespannt werden muss.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform stellt die Messeinrichtung die Lasereinrichtung derart ein bzw. pulst sie, so dass immer wenn die Referenzposition erfasst wird die Verzögerung des Lasers derart eingestellt ist, dass sie ausreichend lang ist, so dass der Laser durch die Verzögerung erst bzw. nur an der vorbestimmten relativen Position das Material abträgt. Mit anderen Worten, der Laser wird getriggert, wobei beispielsweise die Zeitverzögerung zwischen der Amplitude der Unwucht an einer bestimmten Stelle bei einer vorbestimmten Drehzahl bestimmt wird, wobei daraus die Verzögerung (Delay) für die Ansteuerung des Laserpulses des Lasers bestimmt wird. Auf diese Weise kann auf die Bestimmung einer absoluten Position für den Materialabtrag verzichtet werden und außerdem während laufendem Turbolader der Materialabtrag erfolgen.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Drehzahl bei welcher der Laser getriggert wird beispielsweise die Drehzahl bei welcher der Materialabtrag erfolgt. Die Drehzahl bei welcher der Materialabtrag erfolgt kann dabei gleich oder größer als eine biegekritische Drehzahl sein.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Turboladers und einer Lasereinrichtung zum Abtragen von Material an Teilen des Turboladers;
- 10 Fig. 2 ein Befestigungsschraubenelement des Turboladers in einer Schnittansicht und einer Draufsicht, wobei an dem Befestigungsschraubenelement ein Materialabtrag mittels Laser durchführbar ist;
- 15 Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 4 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Auswuchteinrichtung;
- 20 Fig. 5 ein Verdichtergehäuse eines Turboladers mit einem freigelegten Ausschnitt;
- Fig. 6 ein Turbinengehäuse eines Turboladers mit einem freigelegten Ausschnitt; und
- 25 Fig. 7 eine optische Einrichtung zum Abtragen von Material über eine Lasereinrichtung einer erfindungsgemäßen Auswuchteinrichtung.

30

In den Figuren sind Bauteile mit gleichen Bezugszahlen versehen, die gleiche oder ähnliche Bauteile betreffen - sofern nichts gegenteiliges beschrieben ist.

In Fig. 1 ist zunächst eine schematische Schnittansicht eines Turboladers 10 und einer Lasereinrichtung 12 zum Abtragen von Material an Teilen des Turboladers 10 dargestellt. Der Turbolader 10 weist dabei ein Turbinengehäuse 14 auf, in welchem ein Turbinenrad 16 auf einer Welle 18 angeordnet ist. Das Turbinenrad 16 wird dabei über einen Abgasmassenstrom einer angeschlossenen Brennkraftmaschine angetrieben. Des Weiteren ist ein Verdichtergehäuse 20 mit einem Verdichterrad 22 vorgesehen, wobei das Verdichterrad 22 ebenfalls auf der Welle 18 angeordnet ist und über das Turbinenrad 16 angetrieben wird, um Frischluft zu verdichten und der Brennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen. Die Welle 18 selbst ist in einem Lagergehäuse 24, beispielsweise über eine Radiallagereinrichtung 26 und eine Axiallagereinrichtung 28, gelagert. Das Turbinenrad 16 und/oder das Verdichterrad 22 können dabei beispielsweise jeweils über ein Befestigungsschraubenelement 30, wie es beispielhaft in der nachfolgenden Fig. 2 gezeigt ist, an der Welle 18 befestigt werden.

Gemäß der Erfindung erfolgt zum Auswuchten des Turboladers 10 ein Materialabtrag, der mittels einem Laser bzw. einer Lasereinrichtung 12 durchgeführt wird. Der Turbolader 10 wird hierzu in einer Mess- und Aufspanneinrichtung einer Auswuchteinrichtung eingespannt, um von der Messeinrichtung vermessen zu werden. Dabei bestimmt die Messeinrichtung, ob eine Unwucht vorhanden ist und wenn ja, die Position und die Menge an Material die abgetragen werden muss, um die Unwucht im Wesentlichen zu beseitigen. Der Materialabtrag wird dabei in der Mess- und Aufspanneinrichtung bestimmt bzw. gemessen und beispielsweise entsprechend Online geregelt.

Das Abtragen des Materials mittels der Lasereinrichtung kann dabei beispielsweise an einem teilweise oder vollständig montierten Turbolader 10 erfolgen, d.h. an einem Turbolader 10

der neben dem Rotor 18 mit dem Turbinenlaufrad 16 und dem Verdichterlaufrad 22 und dem Lagergehäuse 24 auch bereits ein Turbinengehäuse 14 und/oder ein Verdichtergehäuse 20 aufweist. Die Lasereinrichtung 12 gemäß der Erfindung hat den Vorteil gegenüber dem bisherigen Materialabtrag durch Fräsen, dass sie auch noch bei einem bereits montierten Turbinengehäuse 14 und/oder Verdichtergehäuse 20 Material abtragen kann zum Auswuchten des Turboladers 10. Dies liegt daran, dass ein Laser selbst an tiefer liegenden oder weiter innen liegenden bzw. eher schwerer zugänglichen Stellen in einem Gehäuse noch Material abtragen kann, im Gegensatz zu einer Fräsmaschine und deren Fräser. Bei einer Fräsmaschine kann ein Materialabtrag zum Auswuchten nur dann erfolgen, wenn das Turbinegehäuse bzw. Verdichtergehäuse noch nicht montiert ist und die Stelle für den Materialabtrag noch frei zugänglich ist. Grundsätzlich kann auch ein Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers 10 mittels der Lasereinrichtung 12, wie bei der Fräsmaschine, auch ohne zuvor montiertes Turbinegehäuse 14 und/oder Verdichtergehäuse 24 erfolgen, d.h. beispielsweise nur an einem Rotor 18 mit einem Turbinenrad 16 und/oder Verdichterrad 22, wobei beispielsweise die Welle 18 des Rotors in einem Lagergehäuse 24 gelagert ist. Ein Materialabtrag bei einem im Wesentlichen vollständig montierten Turbolader hat jedoch den Vorteil, dass die Genauigkeit des Turboladers weiter erhöht werden kann, da der Turbolader in seinem gesamten Aufbau einem Auswuchten unterzogen wird.

Das erfindungsgemäße Auswuchten bzw. der Materialabtrag mittels der Lasereinrichtung 12 kann bei einer vorbestimmten Drehzahl erfolgen oder alternativ auch in einer Ruhestellung, d.h. bei einer Drehzahl von Null. Das Auswuchten bei einer vorbestimmten Drehzahl, wie im nachfolgenden noch näher beschrieben wird, hat den Vorteil, dass die Auswuchtzeiten reduziert werden können.

Der Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers 10 kann in wenigstens einer, zwei, drei, vier oder mehr Ebenen bzw. an ein oder mehreren Stellen oder Teilen am Turbolader 10 erfolgen. Die Ebene oder Ebenen können dabei beispielsweise der Messeinrichtung vorgegeben werden, oder von dieser selbst bestimmt werden, z.B. anhand von abgespeicherten Daten.

Es ist nun so, dass ein Materialabtrag in einer Ebene nur beispielsweise an dem Befestigungsschraubenelement erfolgt, d.h. z.B. der Verdichterradschraubenmutter oder der Turbinenradschraubenmutter. Bei einem Materialabtrag z.B. in vier oder fünf Ebenen erfolgt ein Abtragen des Materials mittels der Lasereinrichtung 12 beispielsweise an dem Befestigungsschraubenelement (erste Ebene), dem Radrücken der Turbine und des Verdichters (zweite und dritte Ebene), sowie der Turbinenaufnahme (vierte Ebene) und/oder der Verdichteraufnahme (fünfte Ebene). Die Erfindung ist aber auf diese Beispiele nicht beschränkt. Die Beispiele dienen lediglich als Erläuterung für die Erfindung. Grundsätzlich kann ein Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers 10 auch an jeder anderen hierfür geeigneten Stelle bzw. Stellen des Turboladers 10 oder jedem anderen hierfür geeigneten Bauteil bzw. Bauteilen des Turboladers 10 erfolgen.

25

In Fig. 2 ist ein Materialabtrag mittels einer jeweiligen Lasereinrichtung 12 beispielsweise an dem Befestigungsschraubenelement 30 vorgesehen, wie einer Verdichterradschraubenmutter. Eine solche Verdichterradschraubenmutter 30 ist in dem Beispiel in Fig. 2 gezeigt. Das Befestigungsschraubenelement 30 weist beispielsweise einen Schraubenkopf 32 und einen Stiftabschnitt 34 mit einem Innengewinde 36 auf. Das Befestigungsschraubenelement 30 wird dabei an dem Ende der Welle gegen das entsprechende Laufrad geschraubt, um dieses zu befes-

tigen. Grundsätzlich kann aber auch jedes andere Befestigungsschraubenelement verwendet werden, mit dem ein Laufrad geeignet befestigt werden kann. Die Erfindung ist nicht auf dieses spezielle Befestigungsschraubenelement 30 in Fig. 2
5 beschränkt.

Bei dem Auswuchten gemäß der Erfindung wird nun Material von der Verdichterradschraubenmutter 30 an wenigstens einer vorbestimmten Stelle, beispielsweise an einer vorbestimmten
10 Stelle des Außendurchmessers, mittels der Lasereinrichtung 12 während einer Auswuchtoperation abgetragen. Der Rotor bzw. der Turbolader kann dabei eine vorbestimmte Drehzahl während dem Materialabtrag aufweisen, beispielsweise ein konstante Drehzahl oder eine variable Drehzahl.

15 Die Drehzahl des Turboladers beträgt hierbei beispielsweise bis zu 230.000 U/min oder bis zu 250.000 U/min während des Materialabtrags mittels des Lasers. Die Erfindung ist aber auf diesen Drehzahlbereich nicht beschränkt sondern kann auch
20 über 250.000 U/min liegen. Die Drehzahl kann hierbei beispielsweise gleich oder größer einer biegekritischen Drehzahl sein. Grundsätzlich kann die Drehzahl aber auch unterhalb der biegekritischen Drehzahl gewählt werden.

25 Die Verdichterradschraubenmutter 30 in dem Beispiel in Fig. 2 hat einen Durchmesser von z.B. $d = 7\text{mm}$ oder $d = 6\text{mm}$ und einen entsprechenden Radius von $r = 3,5\text{mm}$ bzw. $r = 3\text{mm}$. Es wird nun festgestellt, dass zum Auswuchten eine Masse in einem Bereich von beispielsweise maximal 50mg bei einem Radius der Verdichterradschraubenmutter 30 von beispielsweise $r = 3,0\text{mm}$ bis $r =$
30 $3,5\text{mm}$ entfernt werden muss. Das Material bei einer konventionellen Schraubenmutter ist normalerweise Stahl. Grundsätzlich kann die Schraubenmutter aber auch aus jedem anderen Material

oder Materialkombination bestehen, wobei das Material mittels der Lasereinrichtung abtragbar sein sollte.

Ein Beispiel einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Auswuchtverfahrens ist dabei in dem Ablaufdiagramm in Fig. 3 gezeigt. Das Auswuchtverfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung läuft beispielsweise in den folgenden Schritten ab.

In einem ersten **Schritt S1** wird der Turbolader in der Auswuchteinrichtung positioniert, die die Mess- und Aufspanneinrichtung aufweist, in welcher der Turbolader oder Teile des Turboladers aufgespannt und vermessen werden. Die Auswuchteinrichtung weist außerdem wenigstens eine Lasereinrichtung auf, zum Abtragen von Material des Turboladers, um diesen auszuwuchten, sowie wahlweise zusätzlich eine Betätigungseinrichtung, zum Betätigen bzw. Antreiben des Turboladers, beispielsweise mittels Druckluft.

In einer Ausführungsform der Erfindung wird der Turbolader hierbei in einem nächsten **Schritt S2**, beispielsweise mittels Druckluft oder einem anderen geeigneten Medium, von der Turbinenseite und/oder der Verdichterseite aus mittels der Betätigungseinrichtung angetrieben und auf eine vorbestimmte Drehzahl n , beispielsweise maximale Drehzahl $n_{\max}$ die oberhalb einer biegekritischen Drehzahl liegt, hochgefahren oder beschleunigt.

Dabei wird nun die Unwucht bestimmt und wahlweise zusätzlich, welche Materialmasse an welcher Position der vorbestimmten Ebene des Turboladers abgetragen werden muss, um den Turbolader geeignet auszuwuchten.

Dabei kann nun bestimmt oder vorgegeben werden, dass der Materialabtrag am Turbolader in einer, zwei, drei, vier oder

mehr Ebenen erfolgt. Im vorliegenden Beispiel soll der Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers beispielsweise nur in einer Ebene erfolgen, hier z.B. der Verdichterradschraubenmutter. Dabei wird nun beispielsweise während des Hochfahrens des Turboladers auf die vorbestimmte Drehzahl neben der Unwucht bestimmt, an welcher Position beispielsweise am Umfang der Verdichterschraubenmutter ein Materialabtrag erfolgen soll und wie groß der Materialabtrag sein muss. Mit anderen Worten es wird beispielsweise Online die Auswuchtmasse bzw. Unwuchtmasse bestimmt, die abgetragen werden muss, um eine festgestellte Unwucht des Turboladers zu reduzieren oder im Wesentlichen ganz zu entfernen.

Die Position der abzutragenden Masse beispielsweise am Umfang der Verdichterradschraubenmutter kann nun zum Beispiel einmal als eine absolute Position bestimmt werden. Dabei kann der Turbolader beispielsweise in einer Ruheposition oder Stillstandsposition vermessen und mit der Lasereinrichtung ausgewuchtet werden. Grundsätzlich kann die absolute Position auch während eines drehenden Rotors bestimmt werden.

In einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform kann statt der absoluten Position auch eine relative Position bestimmt werden, d.h. eine Position relativ zu einer Referenzposition. Hierbei kann beispielsweise als eine relative Position ein entsprechender Winkel α bestimmt werden, an welchem der Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers erfolgen soll. Beispielsweise wird eine Ecke oder eine andere Stelle des Schraubenkopfes als Referenzposition bestimmt und als die Position mit dem Winkel von z.B. 0° definiert. Dann wird bestimmt in welchem Winkel α hierzu der Materialabtrag erfolgen soll, im vorliegenden Beispiel ein Materialabtrag von z.B. 50mg. Diese Massenangabe ist lediglich beispielhaft und wird durch die festgestellte Unwucht bestimmt.

Die Referenzposition kann hierbei beispielsweise über eine Sensoreinrichtung der Messeinrichtung bestimmt werden. Die Sensoreinrichtung kann dabei z.B. wenigstens einen oder mehrere Induktionssensoren und/oder Lasersensoren aufweisen.

Die jeweilige Lasereinrichtung für den Materialabtrag kann hierbei dann in einem nächsten **Schritt S3** derart gepulst werden, dass sie immer an dem Winkel α Material abträgt, bis am Ende die vorbestimmte Materialmenge, z.B. insgesamt 50mg, abgetragen ist zum Auswuchten des Turboladers. Dabei kann je nach Materialmenge es ausreichend sein, dass die Lasereinrichtung beispielsweise die gesamte Materialmenge auf einmal abträgt oder auch in mehreren Schritten.

Die Triggerung der Lasereinrichtung erfolgt dabei also über die Unwuchtmessung der Messeinrichtung der Auswuchteinrichtung. Dabei wird beispielsweise die Zeitverzögerung zwischen der Amplitude der Unwucht an einer bestimmten Stelle, hier dem Winkel α , bei der vorbestimmten, definierten Drehzahl n (z.B. $n_{\max}$) des Turboladers bestimmt und daraus die Verzögerung bzw. der Delay zur Ansteuerung der Laserpulse der Lasereinrichtung bestimmt. Dies hat den Vorteil, dass eine aufwendige Positionserfassung, d.h. die Bestimmung einer absoluten Position, für die Lasertriggerung entfallen kann, und dadurch die Auswuchtzeit zusätzlich reduziert werden kann.

In einem nächsten **Schritt S4** wird dann die vorbestimmte abzutragende Auswuchtmasse über die Lasereinrichtung der Auswuchteinrichtung abgetragen bzw. entfernt.

Im Anschluss daran wird in einem nächsten **Schritt S5** das Ergebnis der Auswuchtung des Turboladers überprüft. Dabei wird der Turbolader beispielsweise auf eine vorbestimmte geringere

Drehzahl, beispielsweise eine minimale Drehzahl $n_{\min}$ oder Leerlaufdrehzahl, heruntergefahren oder abgebremst. Die Drehzahl ist hierbei vorzugsweise größer als Null. Grundsätzlich kann die Drehzahl aber auch Null sein, d.h. der Turbolader kann

5 vollständig heruntergefahren werden bis er einen Stillstand erreicht. Bei dem Herunterfahren oder Abbremsen des Turboladers wird nun überprüft, ob die Auswuchtung durch den Materialabtrag ausreichend war oder ob immer noch eine unerwünschte Unwucht vorhanden ist und korrigiert werden muss.

10

Wird dabei festgestellt, dass der Turbolader weiterhin eine Unwucht aufweist, die beispielsweise außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt, so werden die **Schritte S2 bis S5** des Auswuchtens des Turboladers wiederholt, bis am

15 Schluss der Turbolader keine Unwucht mehr aufweist oder eine Unwucht, welche innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt. Mit anderen Worten der Turbolader wird, wenn er immer noch eine unerwünschte Unwucht aufweist, wieder auf eine vorbestimmte Drehzahl hochgefahren (**Schritt S2**) und dabei

20 vermessen bzw. seine Unwucht bestimmt und die Masse die an einer bestimmten Position oder Positionen hierzu abgetragen werden muss, um die Unwucht zu beseitigen.

Der Materialabtrag erfolgt hierbei, wie zuvor beschrieben,

25 gemäß der Erfindung durch einen Laser entweder in einer Ebene, beispielsweise der Verdichterradschraubenmutter, oder in mehreren Ebenen.

In Fig. 4 ist nun eine Ausführungsform einer erfindungsgemä-

30 ßen Auswuchteinrichtung 38 schematisch dargestellt. Die erfindungsgemäße Auswuchteinrichtung 38 weist hierbei die Aufspanneinrichtung 40 auf, in welcher der auszuwuchtende Turbolader eingespannt wird. Des Weiteren weist die Auswuchteinrichtung 38 die Messeinrichtung 42 auf. Die Messeinrichtung

42 bestimmt hierbei, ob der Turbolader eine Unwucht aufweist. Weiter bestimmt die Messeinrichtung 42 beispielsweise selbstständig an welchen Stellen des Turboladers bzw. in welchen Ebenen ein Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers erfolgt. Alternativ kann der Messeinrichtung 42 auch beispielsweise durch einen Benutzer oder über abgespeicherte Informationen vorgegeben werden, in welchen und wie vielen Ebenen ein Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers erfolgen soll. Des Weiteren bestimmt die Messeinrichtung 42 die Position oder Positionen in der jeweiligen Ebene bzw. an dem jeweiligen Teil des Turboladers, wo genau der Materialabtrag erfolgen soll. Ist beispielsweise der Materialabtrag am Außenumfang eines Verdichterradschraubenelements (Ebene) vorgesehen, wie zuvor beschrieben, so bestimmt die Messeinrichtung 42 die Position oder Positionen an dem Außenumfang, wo eine vorbestimmte Materialmenge abgetragen wird, um den Turbolader auszuwuchten. Die Messeinrichtung 42 steuert hierbei auch eine oder mehrere Lasereinrichtungen 44 der Auswuchteinrichtung 38 an zum Abtragen der vorbestimmten Materialmenge.

20 Darüber hinaus kann die Auswuchteinrichtung 38 zusätzlich eine Betätigungseinrichtung 46 aufweisen, welche den auszuwuchtenden Turbolader antreibt. Die Betätigungseinrichtung 46 treibt den Turbolader beispielsweise mittels Druckluft an, beispielsweise von der Turbinenseite und/oder Verdichterseite, um eine vorbestimmte Drehzahl bei dem Turbolader einzustellen.

In Fig. 5 ist ein Verdichtergehäuse 20 eines Turboladers 10 mit einem freigelegten Ausschnitt gezeigt. In dem Verdichtergehäuse 20 ist dabei ein Verdichterrad 22 mit einer Verdichterradschraubenumutter 30 auf einer Welle 18 befestigt. Die Welle 18 ist hierbei in einem Lagergehäuse 24 des Turboladers 10 gelagert. Des Weiteren ist in Fig. 6 ein Turbinengehäuse

14 eines Turboladers 10 mit einem freigelegten Ausschnitt gezeigt. Darin ist ein Turbinenrad 16 angeordnet und über eine Turbinenradschraubenmutter 30 an der Welle 18 des Turboladers 10 befestigt. In dem Ausschnitt in Fig. 6 ist auch eine Lager-
5 gereinrichtung 48 der Welle 18 in dem Lagergehäuse 24 gezeigt. Weiter ist ein Wastegate 50 in dem Turbinengehäuse 14 gezeigt. Die Erfindung ist aber nicht auf diesen speziellen Aufbau eines Turboladers beschränkt, wie er in den Fig. 5 und 6 gezeigt ist, sondern kann auf jeden Turbolader oder Turbo-
10 laderkombination angewendet werden.

Gemäß der Erfindung kann nun ein Materialabtrag zum Auswuchten des Turboladers beispielsweise an der Laufradmutter 30, Laufradströmungskontur, dem Laufrad 16, 22 und/oder dem Laufradrücken usw. erfolgen. Das Laufrad ist hierbei das Turbinenrad 16 und/oder das Verdichterrad 22. Des Weiteren wird der Materialabtrag beispielsweise Online im Betrieb der Auswuchteinrichtung unter der Drehzahl des Turboladers 10 bestimmt und mittels des Laserstrahles entfernt.

20

In Fig. 7 ist nun eine optische Einrichtung 52 zum Abtragen von Material über die Lasereinrichtung der erfindungsgemäßen Auswuchteinrichtung stark vereinfacht und rein schematisch dargestellt.

25

Wie zuvor bereits beschrieben wurde, erfolgt das Abtragen von Material an einer vorbestimmten Position bzw. einem vorbestimmten Winkel α , beispielsweise an dem Umfang einer Verdichterradschraubenmutter. Die Verdichterradschraubenmutter
30 kann dabei beispielsweise einen Außendurchmesser $d = 6,5\text{mm}$ aufweisen. Bei dem Hochfahren des Turboladers, beispielsweise eines Turboladers bei welchem bereits neben dem Lagergehäuse auch das Turbinengehäuse und das Verdichtergehäuse montiert sind, wird zunächst die Unwucht bestimmt und die daraus re-

sultierende abzutragende Masse, die notwendig ist um die Unwucht im Wesentlichen zu beseitigen, sowie die Position oder Positionen an welcher die Masse bzw. das Material abgetragen werden soll.

5

Der Turbolader wird hierzu im vorliegenden Beispiel auf eine vorbestimmte Drehzahl n hochgefahren und dabei die Unwucht bestimmt. Dabei kann während des Hochfahrens auf die Drehzahl n , die z.B. gleich oder größer als eine beigekritische Drehzahl ist, außerdem die Masse und die Position, d.h. hier z.B. der Winkel α am Außenumfang der Verdichterradschraubenmutter, zum Abtragen der Masse zum Beseitigen der Unwucht bestimmt werden und diese Masse an der vorbestimmten Stelle bei dieser Drehzahl n dann auch abgetragen werden.

15

In einer alternativen Ausführungsform kann die Masse auch später bei einer geringeren Drehzahl oder einer höheren Drehzahl als der Drehzahl n , auf die der Turbolader zunächst hochgefahren wird, abgetragen werden. Der Turbolader wird hierzu entsprechend runter oder hochgefahren.

20

Im vorliegenden Beispiel wird der Turbolader beispielsweise auf die Drehzahl n von z.B. 230.000 U/min hochgefahren. Während des Hochfahrens wird die Unwucht des Turboladers erfasst, und außerdem die Materialmenge bestimmt, die abgetragen werden muss, sowie die Position wo der Materialabtrag erfolgen soll, um die festgestellte Unwucht zu beseitigen. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird dabei die relative Position der Stelle bestimmt, an welcher der Materialabtrag erfolgt, hier z.B. der Winkel α am Außenumfang der Verdichterradschraubenmutter.

25

30

Als Referenzposition zum Bestimmen des Winkels α wird dabei eine Position auf der Verdichterradschraubenmutter bestimmt,

die als Winkel von z.B. 0° definiert wird und von der aus der Winkel α bestimmt bzw. berechnet wird. Im vorliegenden Fall wird bestimmt, dass der Winkel α beispielsweise 90° beträgt. Des Weiteren wird bestimmt, dass zum Beseitigen der Unwucht
5 des Turboladers eine Gesamtmasse von 50mg am Außenumfang der Verdichterradschraubenmutter entfernt werden muss und zwar, wie zuvor beschrieben, bei dem Winkel $\alpha = 90^\circ$.

Die Masse von 50mg entspricht dabei einem Volumen von ungefähr 6,4mm³ das abgetragen werden muss. 6,4mm³ kann dabei
10 aufgeteilt werden in beispielsweise ca. 2,5mm x 2,5mm x 1mm = 6,25mm³, was einer abzutragenden Masse von 6,4mm³ ziemlich nahe kommt. Es ist jedoch auch jede andere Aufteilung möglich, die Erfindung ist nicht auf dieses spezielle Beispiel
15 beschränkt, es dient lediglich zur Erläuterung der Erfindung.

Die Lasereinrichtung kann also beispielsweise bei dem Winkel $\alpha = 90^\circ$ einen Bereich von 1mm in der Breite, 2,5mm in der Länge und 2,5mm in der Tiefe am Außenumfang der Verdichterradschraubenmutter abtragen. In dem vorliegenden Fall ist ein
20 Materialabtrag in nur einer Ebene an der Verdichterradschraubenmutter bestimmt.

Der Materialabtrag erfolgt hierbei bei der Drehzahl $n =$
25 230.000 U/min, das entspricht ungefähr 3,8kHz bzw. ca. 3.833 U/sec. Dabei wird die Lasereinrichtung so gepulst, dass die Lasereinrichtung bei der mit der Drehzahl $n = 230.000$ U/min drehenden Verdichterradschraubenmutter an der Position bzw. dem Winkel $\alpha = 90^\circ$ Material abträgt, bis am Ende die gewünschte Materialmenge von 50mg abgetragen ist. In einem
30 nächsten **Schritt S5** wird dann, wie zuvor beschrieben, geprüft, ob der Materialabtrag ausreichend ist zum Beseitigen der Unwucht des Turboladers oder nicht.

Aus der Turboladerdrehzahl von 230.000 U/min bzw. 3,8 kHz und einem Außendurchmesser von 6,5mm der Verdichterradschraubenmutter ergibt sich eine Bahngeschwindigkeit bzw. track speed von 78,27m/s für die Lasereinrichtung der Auswuchteinrichtung.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform (Alternative B - "Synchronisation") beträgt der Durchmesser des Focus des Lasers der Lasereinrichtung ca. 100µm. Des Weiteren soll 50mg Material abgetragen werden bei einem Winkel $\alpha = 90^\circ$ (5mm). Die maximale Laserpulsdauer die sich hieraus ergibt beträgt ca. 64µs. Dabei kann die Lasereinrichtung einen µs-Laser mit 5kHz, LASAG 25W und 70k€ (Faserlaser) verwenden oder alternativ einen ns-Laser mit 100kHz, IPG 100W (kann auf 25W reduziert werden), 35k€ (Faserlaser). Die Erfindung ist aber nicht auf diese speziellen Beispiele beschränkt es können auch jede andere Art von Lasern eingesetzt werden, mit denen ein zuvor beschriebener Materialabtrag möglich ist.

Die Laserpulswiederholungsfrequenz (Laser Pulse Repetition Rate) kann hierbei auf ca. 3,8 kHz beschränkt werden und/oder der Laserarbeitszyklus kann beschränkt werden beispielsweise in dem vorliegenden Beispiel auf 25%. In beiden Fällen kann die Lasereinrichtung einen µs-Laser mit 5kHz, LASAG 25W und 70k€ (Faserlaser) verwenden oder alternativ einen ns-Laser mit 100kHz, IPG 100W (kann auf 25W reduziert werden), 35k€ (Faserlaser).

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform (Alternative A - "on the fly") zum Abtragen des Materials von 50mg an dem Außenumfang der Verdichterradschraubenmutter stellt sich nun heraus, dass die Geschwindigkeit bzw. Bahngeschwindigkeit (Track Speed) von 78,27 m/s zu schnell ist für ein Galvoscannen (Galvo Scanning). Es muss daher eine spezielle optische

Einrichtung 52 bereitgestellt werden, hier beispielsweise wenigstens eine rotierende, keilförmige Linse 54, wie sie in Fig. 6 beispielhaft dargestellt ist. Bei der Verwendung einer solchen rotierenden, keilförmigen Linse besteht im Wesentlichen keine Begrenzung der Laserpulsdauer.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar. Die zuvor beschriebenen Ausführungsformen sind dabei miteinander kombinierbar, insbesondere einzelne Merkmale davon.

Wie zuvor beschrieben erfolgt der Materialabtrag beispielsweise bei einem sich drehenden Turbolader. Dabei kann der Turbolader beispielsweise über die Turbinenseite angetrieben werden, z.B. mittels Druckluft oder einem anderen geeigneten Medium. Dies hat den Vorteil, dass wenn das Abtragen von Material zum Auswuchten des Turboladers beispielsweise am Verdichter erfolgt, das abgetragene Material über den Verdichter nach außen automatisch heraus befördert werden kann. Dabei kann das Material beispielsweise an der Verdichterradschraubenmutter, dem Verdichterrad usw. abgetragen werden.

Patentansprüche

1. Auswuchteinrichtung (38) zum Auswuchten eines Turboladers (10):
5 wobei die Auswuchteinrichtung (38) wenigstens eine Lasereinrichtung (12) aufweist zum Abtragen von Material mittels Laser, um eine Unwucht des Turboladers (10) zumindest zu reduzieren oder im Wesentlichen zu beseitigen.
10
2. Auswuchteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Turbolader (10) zum Auswuchten in einem teilweise zusammengebautem Zustand ist, wobei der Turbolader (10) beispielsweise eine Welle
15 (18) mit einem Turbinenrad (16) und einem Verdichterrad (22) aufweist und wobei die Welle (18) in einem Lagergehäuse (24) gelagert ist.
3. Auswuchteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader (10) zum Auswuchten in einem im Wesentlichen vollständig zusammengebautem Zustand ist, wobei der Turbolader (10) beispielsweise eine Welle
20 (18) mit einem Turbinenrad (16) und einem Verdichterrad (22) aufweist, wobei die Welle (16) in einem Lagergehäuse (24) gelagert ist und wobei das Turbinenrad (16) in einem Turbinengehäuse (14) und/oder das Verdichterrad (22) in einem Verdichtergehäuse (20) angeordnet ist.
25
4. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche
30 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet dass die Auswuchteinrichtung (38) eine Aufspanneinrichtung (40) aufweist zum Aufspannen des Turboladers (10).

5. Auswuchteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet dass die Auswuchteinrichtung (38) eine Messeinrichtung (42) aufweist, welcher derart ausgebildet ist, dass sie die Unwucht des Turboladers (10) bestimmt bzw. erfasst, die Materialmenge die abzutragen ist, um die Unwucht zu reduzieren oder im Wesentlichen zu beseitigen, und ein oder mehrere Positionen (α) bestimmt bzw. erfasst, wo die Materialmenge am Turbolader (10) abzutragen ist.
6. Auswuchteinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet dass die Messeinrichtung (42) eine relative Position oder Positionen zum Materialabtrag an dem Turbolader (10) bestimmt, wobei die Messeinrichtung (42) hierbei jeweils eine Referenzposition bestimmt und entsprechend zu der Referenzposition, die relative Position (α) an welcher der Materialabtrag erfolgen soll, wobei die Position beispielsweise ein Positionswinkel (α) ist und die Referenzposition ein Referenzwinkel.
7. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet dass die Auswuchteinrichtung (38) eine Betätigungseinrichtung (46) aufweist zum Fahren bzw. Antreiben des Turboladers (10), wobei der Turbolader (10) beispielsweise von der Turbinenseite und/oder der Verdichterseite antreibbar ist, beispielsweise durch Zuführen eines geeigneten Mediums, wie z.B. Druckluft.
8. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader (10) während des Abtragens von Material an einer oder mehreren Positionen (α) des Turboladers (10) zum Auswuchten des Turboladers (10) mit einer vorbestimmten Drehzahl

gefahren wird, wobei die Drehzahl vorzugsweise eine konstante bzw. im Wesentlichen konstante Drehzahl ist oder alternativ eine variable Drehzahl.

5 9. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche
7 oder 8, dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader
(10) zum Feststellen einer Unwucht auf eine vorbestimmte
Drehzahl mittels der Betätigungseinrichtung (46) hoch-
fahrbar ist, wobei die Drehzahl beispielsweise gleich
10 oder größer als eine biegekritische Drehzahl ist.

10. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche
7 bis 9, dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader (10)
im Anschluss an den vollständig durchgeführten Material-
15 abtrag auf eine niedrigere Drehzahl, beispielsweise eine
Leerlaufdrehzahl oder eine Drehzahl von Null, mittels
der Betätigungseinrichtung (46) herunterfahrbar ist, wo-
bei während des Herunterfahrens mittels der Messeinrich-
tung (42) prüfbar ist, ob die Unwucht des Turboladers
20 (10) ausreichend reduziert oder im Wesentlichen besei-
tigt wurde.

11. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche
5 bis 10, dadurch gekennzeichnet dass die Messeinrich-
25 tung (10) die jeweilige Lasereinrichtung (44) derart
pulst, so dass die Lasereinrichtung (44) immer genau
dann Material an einer vorbestimmten Position (α) ab-
trägt, wenn das entsprechende Teil (30) des Turboladers
(10) diese Position erreicht, beispielsweise einen vor-
30 bestimmten Positionswinkel (α),
wobei die Lasereinrichtung (44) beispielsweise derart
gepulst ist bzw. eine vorbestimmte Verzögerung aufweist,
so dass wenn eine Referenzposition erfasst wird, die
Verzögerung ausreichend lang ist, so dass die Laserein-

richtung (44) Material abträgt, wenn die vorbestimmte Position bzw. der Positionswinkel (α) erreicht ist.

12. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet dass die Messeinrichtung (42) wenigstens ein, zwei oder mehr Sensoreinrichtungen aufweist, beispielsweise zum Bestimmen einer Absolutposition, einer Referenzposition und/oder einer relativen Position (α), wobei eine jeweilige Sensoreinrichtung beispielsweise wenigstens einen oder mehrere Induktionssensoren und/oder Lasersensoren aufweist.
13. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet dass die Lasereinrichtung (44) wenigstens eine μ s-Laser und/oder ns-Laser aufweist.
14. Auswuchteinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet dass die Lasereinrichtung (44) wenigstens eine optische Einrichtung (52, 54) aufweist zum Abtragen von Material an einer vorbestimmten Position, wobei die optische Einrichtung (52) beispielsweise eine rotierende, keilförmige Linseneinrichtung (54) ist, durch welche ein Laserstrahl der Lasereinrichtung (44) leitbar ist.
15. Verfahren zum Auswuchten eines Turboladers (10), wobei das Verfahren den Schritt aufweist:
- Abtragen von Material an dem Turbolader (10) mittels eines Lasers einer Lasereinrichtung (44), um eine Unwucht des Turboladers (10) zumindest zu reduzieren oder im Wesentlichen zu beseitigen (Schritte S1 bis S4).

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet dass
der Turbolader (10) auf eine vorbestimmte Drehzahl hoch-
gefahren wird, wobei beispielsweise während des Hochfah-
rens auf die vorbestimmte Drehzahl mittel der Messein-
richtung (42) bestimmt wird, ob der Turbolader (10) eine
Unwucht aufweist (Schritt S2).
17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 16,
dadurch gekennzeichnet dass bei dem Feststellen einer
Unwucht des Turboladers (10) in wenigstens einer, zwei,
drei, vier oder mehr Ebenen eine vorbestimmte Material-
menge abgetragen wird, die ausreicht um eine Unwucht des
Turboladers (10) zu reduzieren oder im Wesentlichen zu
beseitigen, wobei eine Ebene beispielsweise ein Laufrad-
schraubenbefestigungselement (30), ein Laufradrücken o-
der eine Laufradströmungskontur ist (Schritte S2-S4).
18. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 17,
dadurch gekennzeichnet dass bei dem Feststellen einer
Unwucht des Turboladers (10) die Materialmenge bestimmt
wird, die abzutragen ist um die Unwucht zu reduzieren
oder im Wesentlichen zu beseitigen, und eine oder mehre-
re Positionen (α), wo an der vorgegebenen Ebene oder E-
benen die Materialmenge am Turbolader (10) abzutragen
ist (Schritt S2, S3).
19. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 18,
dadurch gekennzeichnet dass die abzutragende Material-
menge und die Position oder Positionen, wo die Material-
menge abzutragen ist, beispielsweise während des Hoch-
fahrens des Turboladers (10) auf eine vorbestimmte Dreh-
zahl bestimmt werden (Schritt S2, S3).

20. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet dass die jeweilige Position, an welcher das Material zum Auswuchten abzutragen ist, als absolute Position bestimmbar ist oder als relative Position (α) bzw. Position die abhängig von einer Referenzposition ist, bestimmbar ist (Schritte S2, S3).
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet dass die relative Position beispielsweise ein Positionswinkel (α) ist und die Referenzposition ein Referenzwinkel in einer zugeordneten Ebene bzw. Stelle des Turboladers (Schritte S2, S3).
22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet dass der Laser der Lasereinrichtung (44) zum Abtragen des Materials triggerbar ist, wobei beispielsweise die Zeitverzögerung zwischen der Amplitude der Unwucht an einer bestimmten Stelle bzw. Position bei einer vorbestimmten Drehzahl bestimmt wird, wobei daraus die Verzögerung bzw. der Delay für die Ansteuerung des Laserpulses des Lasers der Lasereinrichtung (44) bestimmt wird bzw. bestimmbar ist (Schritt S3).
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet dass die vorbestimmte Drehzahl die Drehzahl ist, bei welcher der Materialabtrag mittels der Lasereinrichtung (44) erfolgt (Schritt S4).
24. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet dass die Drehzahl bei welcher der Materialabtrag erfolgt gleich, größer oder kleiner als die Drehzahl ist auf welche der Turbolader (10) hochgefahren wird, zum Feststellen einer Unwucht (Schritt S4).

25. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 24,
dadurch gekennzeichnet dass die Drehzahl auf die der
Turbolader (10) hochgefahren wird, zum Bestimmen einer
Unwucht des Turboladers (10), beispielsweise eine Dreh-
zahl ist, die gleich oder größer als eine kritische Bie-
gedrehzahl ist (Schritt S2).
26. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 25,
dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader (10) nach dem
vollständigen, vorbestimmten Materialabtrag zum Auswuch-
ten des Turboladers (10) auf eine geringere Drehzahl
herunter fahrbar ist, wobei die geringere Drehzahl bei-
spielsweise eine Leelaufdrehzahl oder eine Drehzahl von
Null ist (Schritt S5).
27. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 26,
dadurch gekennzeichnet dass der Turbolader (10) auf das
Vorhandensein einer Unwucht geprüft wird, während des
Herunterfahrens des Turboladers auf die vorbestimmte
Drehzahl, wobei der Turbolader (10) beispielsweise einem
erneuten Auswuchten unterzogen wird, wenn die Unwucht
außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt
(Schritt S5).

FIG 1

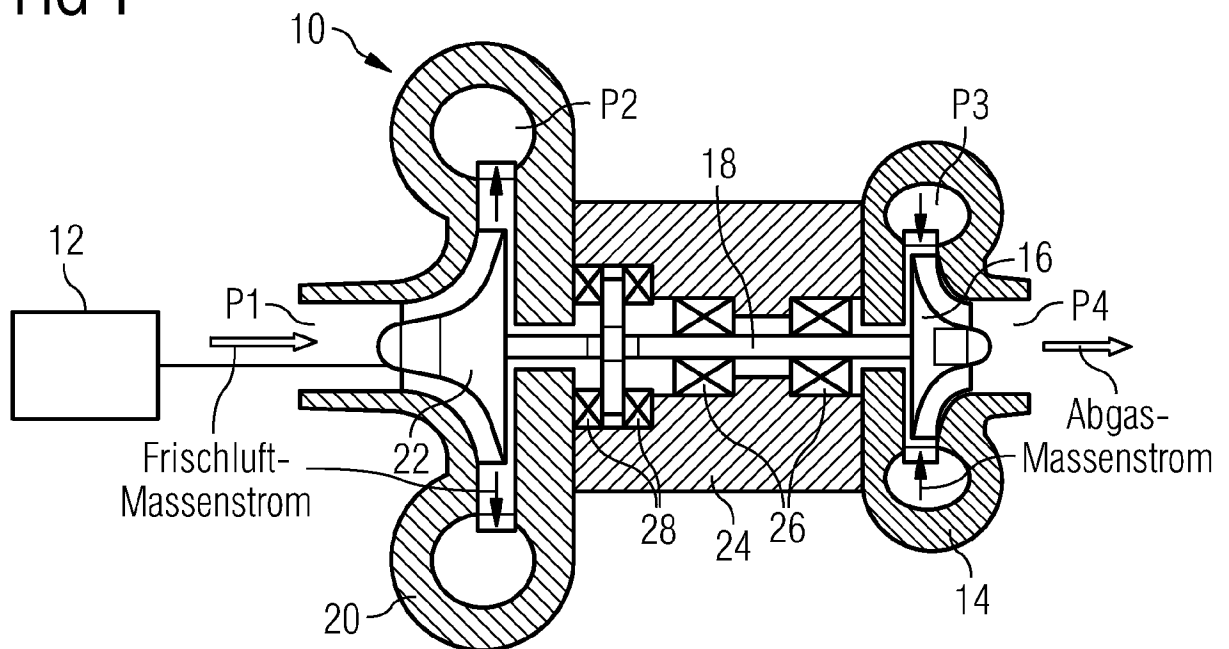
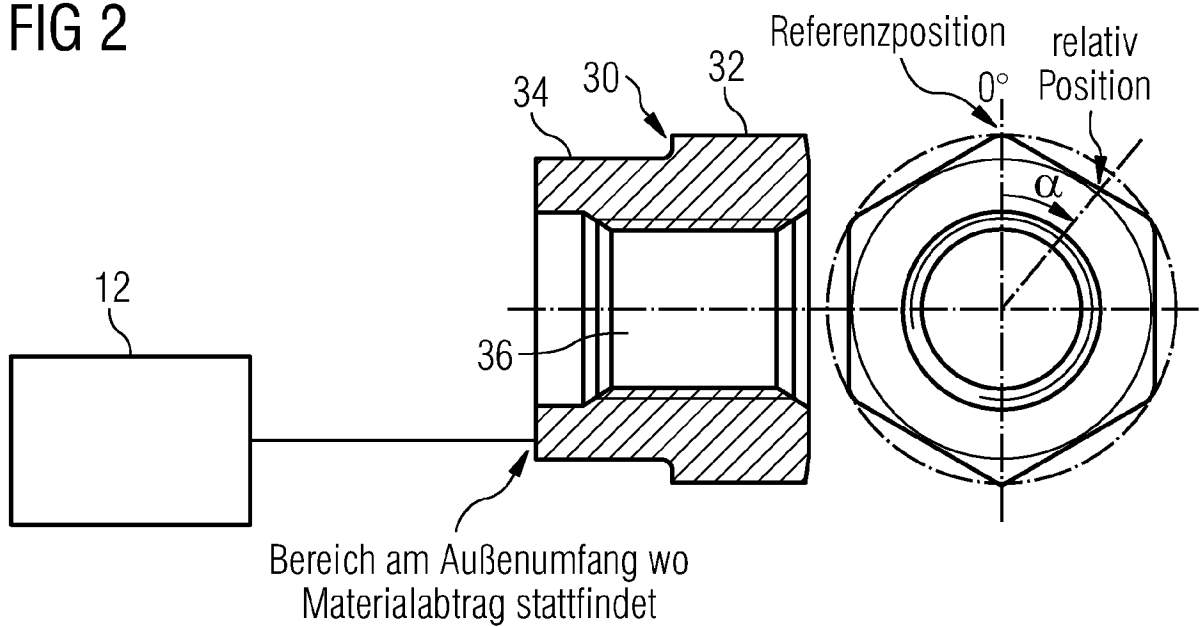
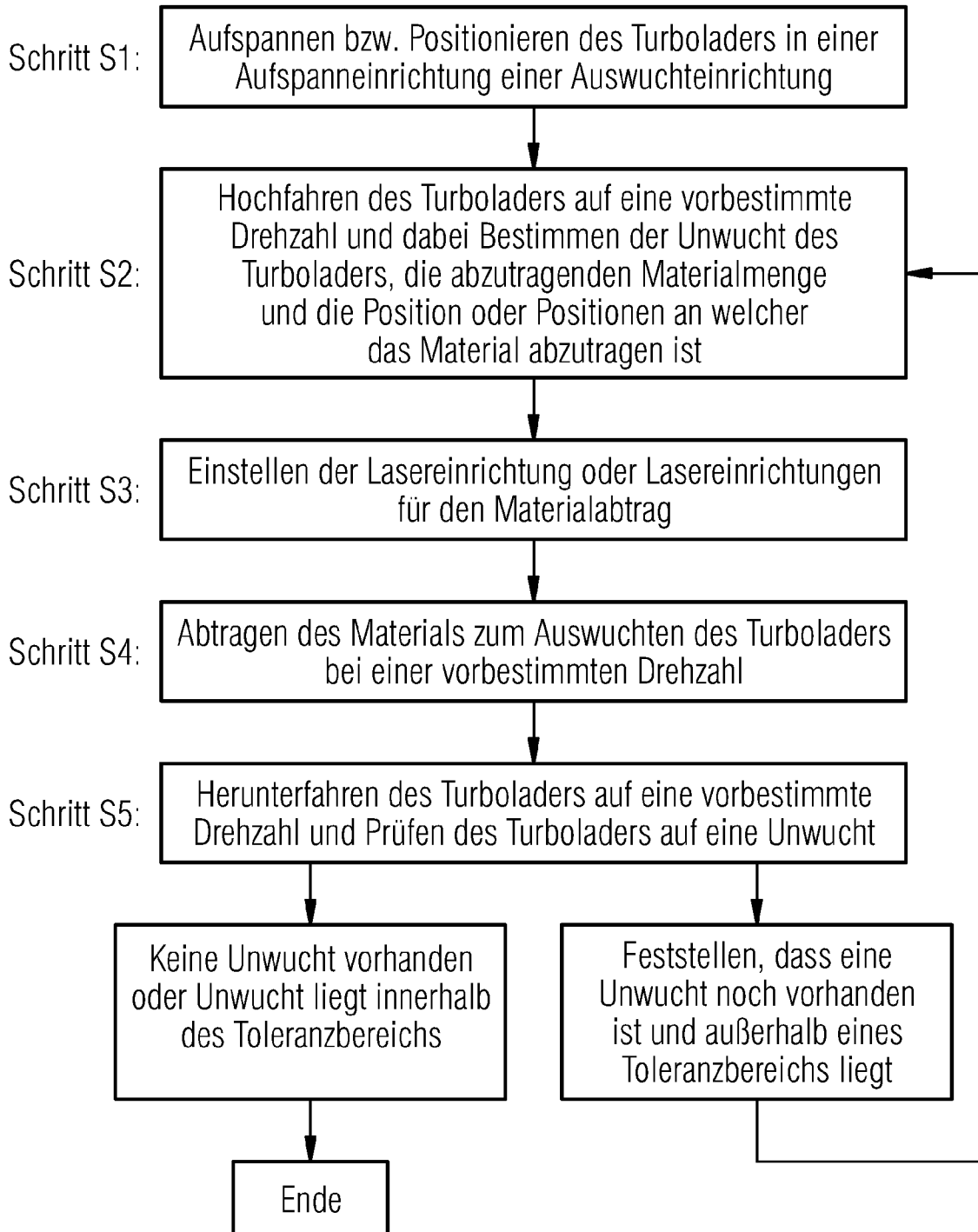


FIG 2



2/4

FIG 3



3/4

FIG 4

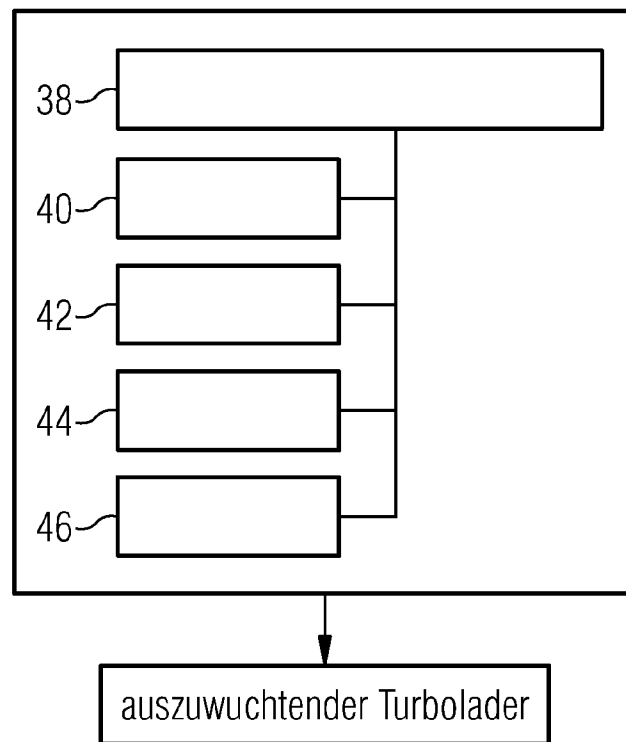


FIG 5

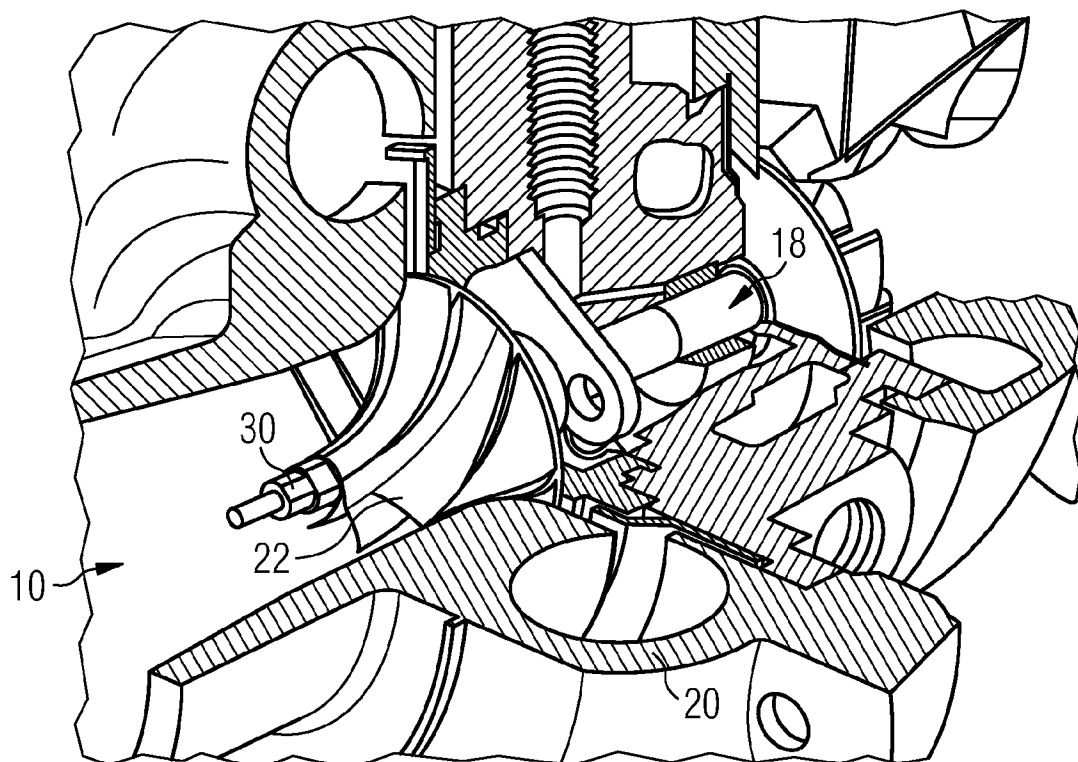


FIG 6

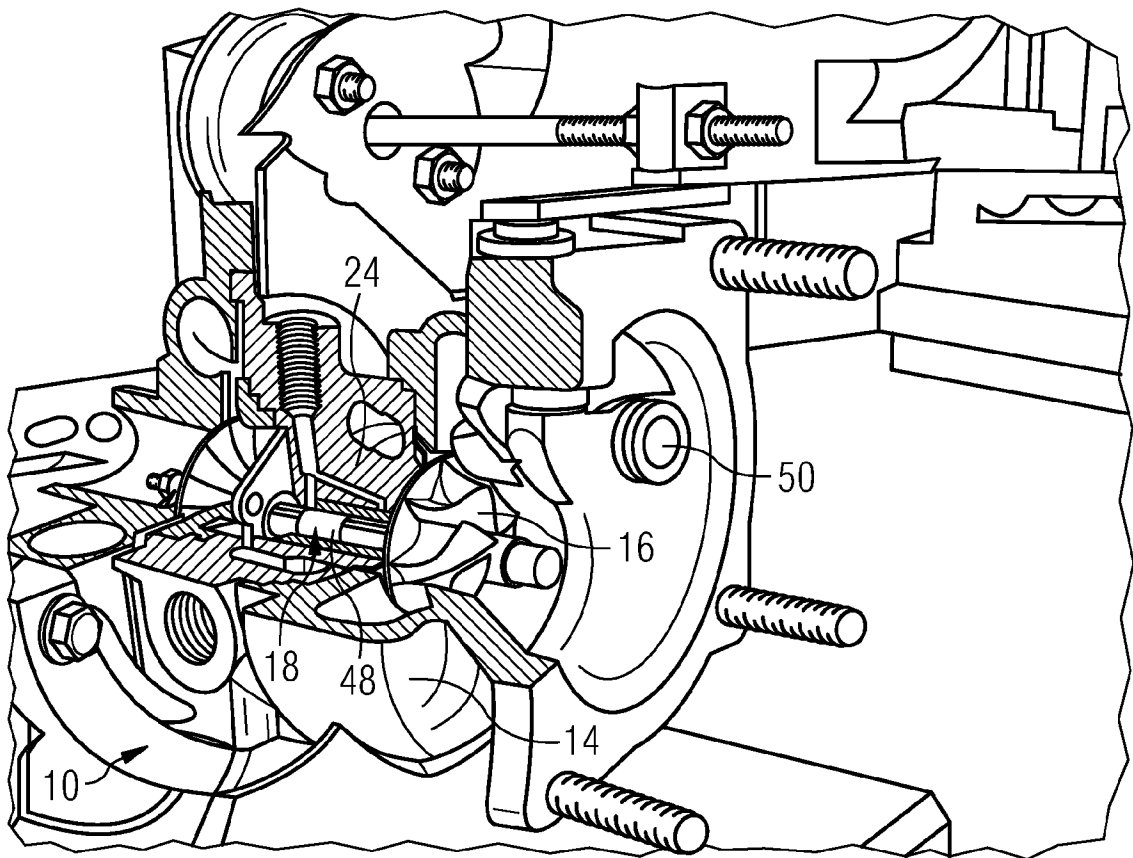


FIG 7

