



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 012 861.1**

(22) Anmeldetag: **02.03.2011**

(43) Offenlegungstag: **06.09.2012**

(51) Int Cl.: **F02B 41/10 (2011.01)**

**F01N 5/04 (2011.01)**

(71) Anmelder:  
**Voith Patent GmbH, 89522, Heidenheim, DE**

(72) Erfinder:  
**Kley, Markus, Dr., 73479, Ellwangen, DE**

(74) Vertreter:  
**Dr. Weitzel & Partner, 89522, Heidenheim, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Turbo-Compound-System, insbesondere eines Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Turbo-Compound-System, insbesondere eines Kraftfahrzeugs – mit einem Verbrennungsmotor, der eine Abtriebswelle aufweist;

– mit einer Abgasnutzturbine, die im Abgasstrom des Verbrennungsmotors angeordnet ist und ein Laufrad aufweist, das drehfest auf einer Turbinenwelle gelagert ist;

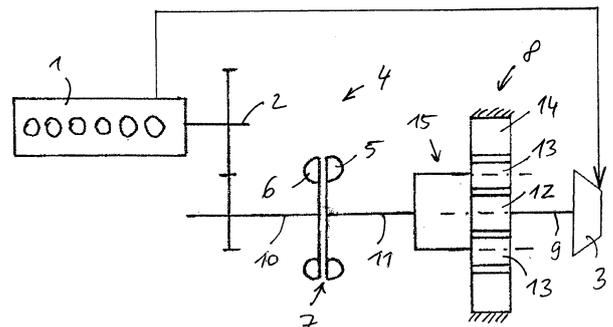
– die Abgasnutzturbine steht über ein Übersetzungsgetriebe in einer Triebverbindung mit der Abtriebswelle des Verbrennungsmotors, um Antriebsleistung über das Übersetzungsgetriebe auf die Abtriebswelle zu übertragen;

– mit einer hydrodynamischen Kupplung, die ein Pumpenrad und ein Turbinenrad aufweist, welche miteinander einen torusförmigen, über einen Zulauf mit Arbeitsmedium befüllbaren Arbeitsraum ausbilden, um Drehmoment hydrodynamisch vom Pumpenrad auf das Turbinenrad zu übertragen; wobei

– zumindest ein Zahnrad des Übersetzungsgetriebes mit Arbeitsmedium der hydrodynamischen Kupplung geschmiert ist, und

– das Übersetzungsgetriebe in der Triebverbindung zwischen der hydrodynamischen Kupplung und der Abgasnutzturbine angeordnet ist.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass – das Übersetzungsgetriebe als Planetengetriebe ausgeführt ist, umfassend ein Sonnenrad, wenigstens ein auf einem Planetenträger gelagertes Planetenrad und ein Hohlrad, welche im Eingriff miteinander stehen; und – im Planetenträger ein Schmiermittelkanal zum Schmieren wenigstens des Sonnenrades, Hohlrades und/oder zumindest eines Planetenrades mit Arbeitsmedium angeordnet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Turbo-Compound-System, das heißt ein System in einem Antriebsstrang, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einem Verbrennungsmotor zum Antrieb des Antriebsstrangs, in dessen Abgasstrom eine Abgasnutzturbine angeordnet ist. Die Abgasnutzturbine kann beispielsweise im Abgasstrom vor oder hinter der Abgasturbine eines Abgasturboladers angeordnet sein.

**[0002]** Mittels der Abgasnutzturbine wird dem Abgas des Verbrennungsmotors Energie entzogen und in mechanische Energie beziehungsweise in Antriebsleistung umgesetzt. Diese dient dann dem zusätzlichen Antrieb der Abtriebswelle des Verbrennungsmotors, in der Regel dessen Kurbelwelle.

**[0003]** Derartige Turbo-Compound-Systeme sind bekannt. So beschreibt die EP 0 751 027 B1 die Anordnung einer hydrodynamischen Kupplung in einem solchen Turbo-Compound-System, um die aus dem Abgas des Verbrennungsmotors gewonnene Energie von einer Abgasnutzturbine auf die Kurbelwelle zu übertragen. Die hydrodynamische Kupplung umfasst dazu ein Pumpenrad und ein Turbinenrad, welche einen mit Arbeitsmedium befüllbaren Arbeitsraum ausbilden, um Drehmoment vom Pumpenrad auf das Turbinenrad zu übertragen. Mit der Abgasnutzturbine ist dabei ein Getriebe gekoppelt, welches als Stirnradgetriebe, umfassend zwei Zahnräder, ausgeführt ist. An das Pumpenrad ist ein Zahnrad angeschlossen, welches mit einem Zahnrad der Turbinenwelle der Abgasturbine kämmt. Mit dem Turbinenlaufrad ist eine Abtriebswelle drehfest verbunden, welche einen zentralen Betriebsmittelzufuhrkanal aufweist, mittels dem Arbeitsmedium dem Arbeitsraum zugeführt werden kann. Gleichzeitig wird dosiert ein Teilstrom zur Schmierung einer Lageranordnung, auf der sich das Pumpenrad abstützt, abgezweigt.

**[0004]** Allgemein nachteilig an derartigen Stirnradgetrieben sind die im Betrieb auftretenden relativ hohen Radialkräfte, welche hohe Ansprüche an die Lagerung der miteinander kämmenden Zahnräder stellen. Dies ist beim Einsatz in Turbo-Compound-Systemen mit schnell drehenden Abgasturbinen besonders nachteilig. Weiterhin sind mit Kleinbauenden Stirnradgetrieben nur relativ niedrige Übersetzungen realisierbar, sodass die miteinander kämmenden Zahnräder relativ großbauend ausgeführt werden müssen. Schließlich müssen bei Stirnradgetrieben die miteinander über die Stirnräder in Triebverbindung stehenden Wellen stets parallel zueinander angeordnet sein. Dies wiederum führt zu einem größeren Bauraum eines solchen Getriebes.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Turbo-Compound-System anzuge-

ben, welches gegenüber den Ausführungsformen gemäß dem Stand der Technik verbessert ist. Insbesondere soll der Raumbedarf eines solchen Turbo-Compound-Systems verringert werden. Gleichzeitig soll eine optimale und effektive Schmierung der Lageranordnung des Getriebes des Turbo-Compound-Systems sichergestellt werden.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch ein Turbo-Compound-System mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte und besonders zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

**[0007]** Ein erfindungsgemäßes Turbo-Compound-System, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, umfasst einen Verbrennungsmotor, der eine Abtriebswelle aufweist sowie eine Abgasnutzturbine, die im Abgasstrom des Verbrennungsmotors angeordnet ist und ein Laufrad aufweist, das drehfest auf einer Turbinenwelle gelagert ist. Die Abgasnutzturbine steht dabei über ein Übersetzungsgetriebe in einer Triebverbindung mit der Abtriebswelle des Verbrennungsmotors, um Antriebsleistung über das Übersetzungsgetriebe auf die Abtriebswelle zu übertragen. Weiterhin ist eine hydrodynamische Kupplung vorgesehen, die ein Pumpenrad und ein Turbinenrad aufweist, welche miteinander einen torusförmigen, über einen Zulauf mit Arbeitsmedium befüllbaren Arbeitsraum ausbilden, um Drehmoment hydrodynamisch vom Pumpenrad auf das Turbinenrad zu übertragen. Dabei ist zumindest ein Zahnrad des Übersetzungsgetriebes mit Arbeitsmedium der hydrodynamischen Kupplung geschmiert. Das Übersetzungsgetriebe ist ferner in einer Triebverbindung zwischen der hydrodynamischen Kupplung und der Abgasnutzturbine angeordnet.

**[0008]** Erfindungsgemäß ist das Übersetzungsgetriebe als Planetengetriebe ausgeführt, umfassend ein Sonnenrad, wenigstens ein Planetenrad und ein Hohlrad, welche im Eingriff miteinander stehen. Das eine Planetenrad oder eine Vielzahl von Planetenrädern ist auf einem Planetenträger gelagert. Im Planetenträger ist ein Schmiermittelkanal zum Schmieren wenigstens des Sonnenrades, Hohlrades und/oder zumindest des einen Planetenrades oder der mehreren Planetenräder mit Arbeitsmedium angeordnet.

**[0009]** Mit Vorteil ist das Pumpenrad oder Turbinenrad drehfest auf einer Eingangswelle gelagert. Dabei ist der hydrodynamischen Kupplung und dem Übersetzungsgetriebe eine gemeinsame Arbeitsmediumzufuhr zugeordnet, welche in der Eingangswelle angeordnet ist und strömungsleitend mit dem Zulauf der hydrodynamischen Kupplung verbunden oder verbindbar ist. Über die gemeinsame Arbeitsmediumzufuhr kann somit Arbeitsmedium dem Arbeitsraum der hydrodynamischen Kupplung zugeführt und gleichzeitig die Lager des Planetengetriebes und vorzugs-

weise die Planetenradlager optimal geschmiert werden. Hierdurch wird die Lebensdauer eines solchen Turbo-Compound-Systems erheblich gesteigert.

[0010] Die Erfindung soll nun nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und den Figuren exemplarisch erläutert werden.

[0011] Es zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) einen prinzipiellen Aufbau der Triebverbindung zwischen der Abgasnutzturbine und der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors;

[0013] [Fig. 2](#) eine Ausführungsform gemäß der [Fig. 1](#) mit zusätzlichem Abgasturbolader;

[0014] [Fig. 3](#) eine bevorzugte Ausführungsform einer hydrodynamischen Kupplung des Turbo-Compound-Systems.

[0015] In der [Fig. 1](#) ist ein Antriebsstrang zwischen einer Abgasnutzturbine **3** und einer Abtriebswelle **2**, beispielsweise eine Kurbelwelle, eines Verbrennungsmotors **1** gezeigt. In Leistungsübertragungsrichtung von der Abgasnutzturbine **3** zum Verbrennungsmotor **1** sind ein Übersetzungsgetriebe **8** sowie eine hydrodynamische Kupplung **4** hintereinander angeordnet. Die hydrodynamische Kupplung **4** umfasst ein Pumpenrad **5** sowie ein Turbinenrad **6**, die einen Arbeitsraum **7**, in dem sich eine hydrodynamische Kreislaufströmung ausbilden kann, begrenzen. Dabei ist vorliegend das Pumpenrad **5** drehfest mit einer Eingangswelle **11** und das Turbinenrad **6** ebenfalls drehfest mit einer Ausgangswelle **10** der hydrodynamischen Kupplung **4** verbunden. Letztere steht hier über ein Zahnradpaar in Triebverbindung mit der Abtriebswelle **2** des Verbrennungsmotors **1**. Von Vorteil ist es, wenn die hydrodynamische Kupplung **4** als regelbare Kupplung ausgeführt ist.

[0016] Erfindungsgemäß ist das Übersetzungsgetriebe **8** als Planetengetriebe, umfassend ein Sonnenrad **12**, zwei Planetenräder **13** sowie ein Hohlräder **14** ausgeführt. Natürlich ist es denkbar, dass anstelle der beiden dargestellten Planetenräder **13** auch weniger oder mehr Planetenräder vorgesehen werden.

[0017] Zur Lagerung der Planetenräder **13** ist ein Planetenträger **15** vorgesehen, welcher drehfest mit der Eingangswelle **11** verbunden ist und die Sekundärseite des Übersetzungsgetriebes **8** ausbildet. Der Planetenträger **15** könnte auch von der Eingangswelle **11** ausgebildet werden.

[0018] Auf der Primärseite des Übersetzungsgetriebes **8** ist das Sonnenrad **12** mit einer Turbinenwelle **9**, auf der ein nicht gezeigtes Turbinenlaufrad drehfest angeordnet ist, drehfest verbunden.

[0019] Im vorliegenden Fall ist das Hohlräder **14** festgesetzt, was jedoch nicht zwingend ist.

[0020] Die Arbeitsweise des gezeigten Antriebsstrangs ist die folgende: Das aus dem Verbrennungsmotor **1** austretende Abgas beaufschlagt das Turbinenlaufrad der Abgasnutzturbine **3**, wodurch Antriebsleistung über die Turbinenwelle **9** auf das Sonnenrad **12** übertragen wird. Die mit dem Sonnenrad **12** und dem Hohlräder **14** kämmenden Planetenräder **13** übertragen die Antriebsleistung über den Planetenträger **15** und die Eingangswelle **11** auf das Pumpenrad **5**. Bei einer Befüllung des Arbeitsraumes **7**, vorzugsweise bei einer Vollbefüllung, wird Drehmoment beziehungsweise Drehleistung der Eingangswelle **11** über das Turbinenrad **6**, die Ausgangswelle **10** und das Zahnradpaar auf die Abtriebswelle **2** des Verbrennungsmotors **11** übertragen.

[0021] In der [Fig. 2](#) ist der Gegenstand aus [Fig. 1](#) gemäß einer Weiterbildung dargestellt. Dabei sind im Wesentlichen die gleichen Bauelemente mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0022] Zusätzlich zu der Abgasnutzturbine **3** ist eine Abgasturbine **17** eines Abgasturboladers **16** vorgesehen, welche in Strömungsrichtung des Abgases gesehen der Abgasnutzturbine **3** vorgeschaltet ist. Somit beaufschlagt das aus dem Verbrennungsmotor **1** austretende Abgas zuerst die Abgasturbine **17**. Das aus der Abgasturbine **17** austretende oder an dieser vorbeiströmende Abgas wird der Abgasnutzturbine **3** zugeführt. Mit der Abgasturbine **17** steht ein Frischluftverdichter **18** des Abgasturboladers **16** in Triebverbindung, um einen aus der Umgebung angesaugten Luftstrom zu verdichten und dem Verbrennungsmotor **1** zu dessen Aufladung zuzuführen.

[0023] Wie man in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) erkennt, sind, die Ausgangswelle **10**, die Eingangswelle **11** sowie die Turbinenwelle **9** zueinander konzentrisch angeordnet. Dies muss jedoch nicht zwingend der Fall sein.

[0024] In der [Fig. 3](#) ist eine bevorzugte Ausführungsform der hydrodynamischen Kupplung **4** des erfindungsgemäßen Turbo-Compound-Systems in einem Axialschnitt durch die Drehachse der hydrodynamischen Kupplung **4** gezeigt. Auch hier sind die gleichen Bauelemente mit denselben Bezugszeichen wie zuvor versehen.

[0025] Wie man in der [Fig. 3](#) erkennt, ist sowohl in der Ausgangswelle **10** als auch in der Eingangswelle **11** jeweils eine Axialbohrung eingebracht. Letztere oder beide dienen als gemeinsame, der hydrodynamischen Kupplung **4** sowie dem Übersetzungsgetriebe **8** (siehe [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) zugeordnete Arbeitsmediumzufuhr **19**. Natürlich könnte die Axialbohrung ausschließlich in der Ausgangswelle **10** oder der Ein-

gangswelle **11** eingebracht sein, oder nur eine der beiden Bohrungen zur Arbeitsmediumzufuhr genutzt werden. Im vorliegenden Fall sind die Ausgangswelle **10** und die Eingangswelle **11** konzentrisch zueinander angeordnet, wobei deren einander zugewandte Flächen einen Spalt bilden. So kann ein Teilstrom aus der Arbeitsmediumzufuhr **19** im Bereich des Trennspalts zwischen dem Pumpenrad **5** und Turbinenrad **6** (Symmetrieebene) und einen Zulauf **20** in den Arbeitsraum **7** zu dessen Befüllung gelangen.

**[0026]** Eingangsseitig der hydrodynamischen Kupplung **4** ist der Planetenträger **15** drehfest mit der Eingangswelle **11** ausgeführt. Letzterer könnte auch einteilig mit der Eingangswelle **11** ausgebildet sein.

**[0027]** Der Planetenträger **15** weist in seinem Inneren einen Schmiermittelkanal **21** auf, welche strömungsleitend mit der Arbeitsmediumzufuhr **19** verbunden ist. Der Planetenträger **15** weist dabei jeweils einen Ausleger auf, umfassend einen ersten, in Radialrichtung verlaufenden Abschnitt sowie einen zweiten in Axialrichtung verlaufenden Abschnitt. Auf Letzterem ist jeweils ein Planetenrad **13** gelagert. Die Anzahl der Ausleger ist abhängig von der Anzahl der Planetenräder **13**. Der Schmiermittelkanal **21** mündet vorliegend jeweils im in Axialrichtung verlaufenden Abschnitt des Auslegers, und zwar dort im Bereich der Lageranordnung des Planetenrades **13**, um diese zu schmieren.

**[0028]** Der Schmiermittelkanal **21** kann auch zur Schmierung einer nicht gezeigten Lageranordnung des Hohlrades **14** und/oder des Sonnenrades **12** verwendet werden. Dazu kann der Schmiermittelkanal im Bereich der Lageranordnung des entsprechenden Zahnrades münden.

**[0029]** Der Schmiermittelkanal **21** kann über eine Mehrzahl von Radial- und/oder Axialbohrungen im Planetenträger **15** realisiert werden.

**[0030]** Mit dem erfindungsgemäßen Aufbau ergeben sich folgende Vorteile: Aufgrund des Einsatzes eines Planetengetriebes werden im Vergleich zum Stirnradgetriebe relativ geringe Radialkräfte im Betrieb der Abgasnutzturbine erreicht, wodurch die Lageranordnung des Getriebes weniger stark belastet wird. Gleichzeitig können durch das Planetengetriebe relativ große Übersetzungen erreicht werden, bei gleichzeitiger kompakter Bauweise des Getriebes und damit des gesamten Turbo-Compound-Systems. Schließlich können durch die erfindungsgemäße Bauweise die Eingangs-, Ausgangs- sowie die Turbinenwelle konzentrisch zueinander ausgeführt werden, was eine zusätzliche Kompaktheit des Turbo-Compound-Systems ermöglicht.

## Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Verbrennungsmotor
<b>2</b>	Abtriebswelle
<b>3</b>	Abgasnutzturbine
<b>4</b>	hydrodynamische Kupplung
<b>5</b>	Pumpenrad
<b>6</b>	Turbinenrad
<b>7</b>	Arbeitsraum
<b>8</b>	Übersetzungsgetriebe
<b>9</b>	Turbinenwelle
<b>10</b>	Ausgangswelle
<b>11</b>	Eingangswelle
<b>12</b>	Sonnenrad
<b>13</b>	Planetenrad
<b>14</b>	Hohlrad
<b>15</b>	Planetenträger
<b>16</b>	Abgasturbolader
<b>17</b>	Abgasturbine
<b>18</b>	Frischluffverdichter
<b>19</b>	Arbeitsmediumzufuhr
<b>20</b>	Zulauf
<b>21</b>	Schmiermittelkanal

**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**

- EP 0751027 B1 [[0003](#)]

### Patentansprüche

1. Turbo-Compound-System, insbesondere eines Kraftfahrzeugs,

1.1 mit einem Verbrennungsmotor (1), der eine Abtriebswelle (2) aufweist;

1.2 mit einer Abgasnutzturbine (3), die im Abgasstrom des Verbrennungsmotors (1) angeordnet ist und ein Laufrad aufweist, das drehfest auf einer Turbinenwelle (9) gelagert ist;

1.3 die Abgasnutzturbine (3) steht über ein Übersetzungsgetriebe (8) in einer Triebverbindung mit der Abtriebswelle (2) des Verbrennungsmotors (1), um Antriebsleistung über das Übersetzungsgetriebe (8) auf die Abtriebswelle (2) zu übertragen;

1.4 mit einer hydrodynamischen Kupplung (4), die ein Pumpenrad (5) und ein Turbinenrad (6) aufweist, welche miteinander einen torusförmigen, über einen Zulauf (20) mit Arbeitsmedium befüllbaren Arbeitsraum (7) ausbilden, um Drehmoment hydrodynamisch vom Pumpenrad (5) auf das Turbinenrad (6) zu übertragen; wobei

1.5 zumindest ein Zahnrad des Übersetzungsgetriebes (8) mit Arbeitsmedium der hydrodynamischen Kupplung (4) geschmiert ist, und

1.6 das Übersetzungsgetriebe (8) in der Triebverbindung zwischen der hydrodynamischen Kupplung (4) und der Abgasnutzturbine (3) angeordnet ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass

1.7 das Übersetzungsgetriebe (8) als Planetengetriebe ausgeführt ist, umfassend ein Sonnenrad (12), wenigstens ein auf einem Planetenträger (15) gelagertes Planetenrad (13) und ein Hohlrads (14), welche im Eingriff miteinander stehen; und

1.8 im Planetenträger (15) ein Schmiermittelkanal (21) zum Schmieren wenigstens des Sonnenrades (12), Hohlrades (14) und/oder zumindest eines Planetenrades (13) mit Arbeitsmedium angeordnet ist.

2. Turbo-Compound-System gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpenrad (5) oder Turbinenrad (6) drehfest auf einer Eingangswelle (11) gelagert ist;

2.1 mit einer der hydrodynamischen Kupplung (4) und dem Übersetzungsgetriebe (8) zugeordneten gemeinsamen Arbeitsmediumzufuhr (19), welche in der Eingangswelle (11) angeordnet ist und strömungsleitend mit dem Zulauf (20) verbunden oder verbindbar ist; wobei

2.2 der Schmiermittelkanal (21) strömungsleitend mit der gemeinsamen Arbeitsmediumzufuhr (19) verbunden ist.

3. Turbo-Compound-System gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmiermittelkanal (21) im Wesentlichen in Radialrichtung der hydrodynamischen Kupplung (4) verläuft.

4. Turbo-Compound-System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

die Turbinenwelle (9) der Abgasnutzturbine (3) drehfest mit dem Sonnenrad (12) verbunden ist oder in Triebverbindung mit diesem steht oder in eine solche bringbar ist.

5. Turbo-Compound-System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpenrad (5) der hydrodynamischen Kupplung (4) mit den Planetenträger (15) verbunden ist oder in Triebverbindung mit diesem steht oder in eine solche bringbar ist.

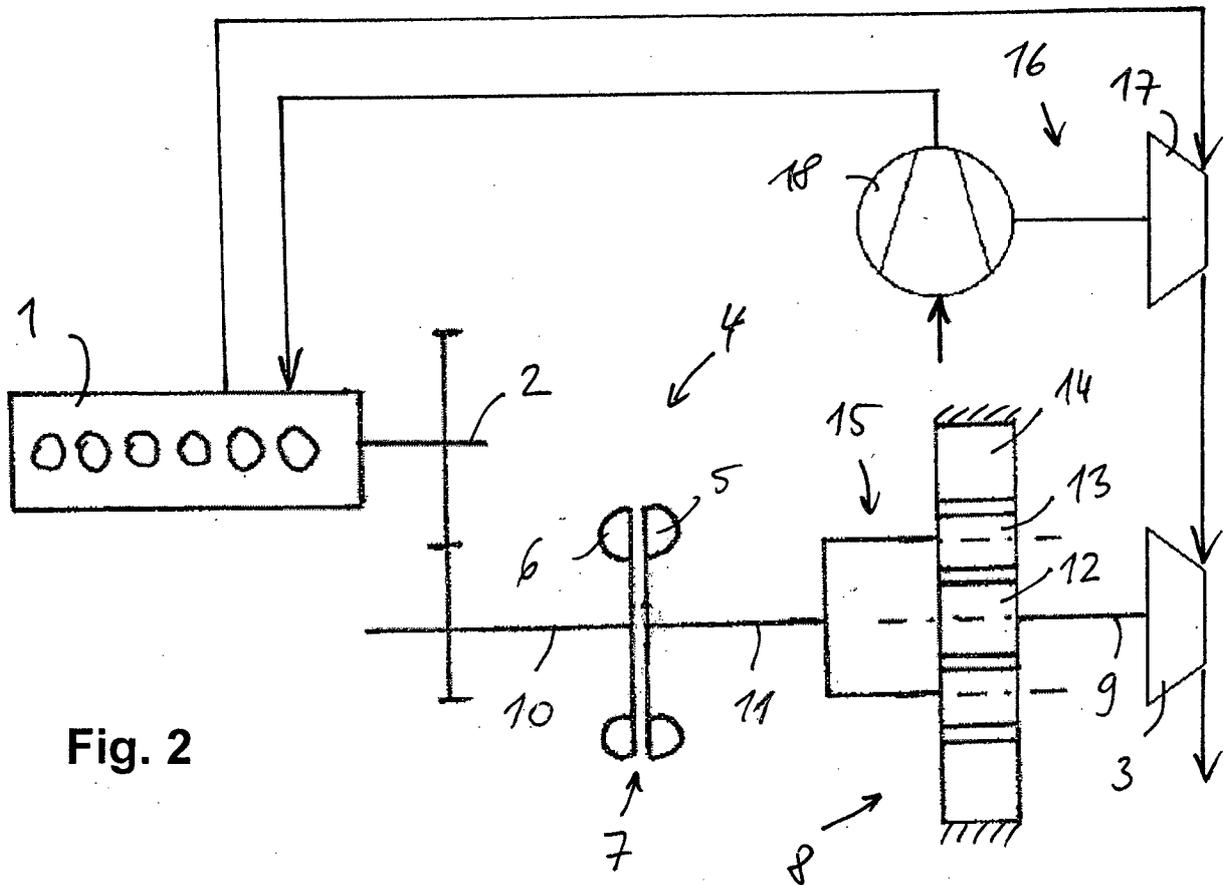
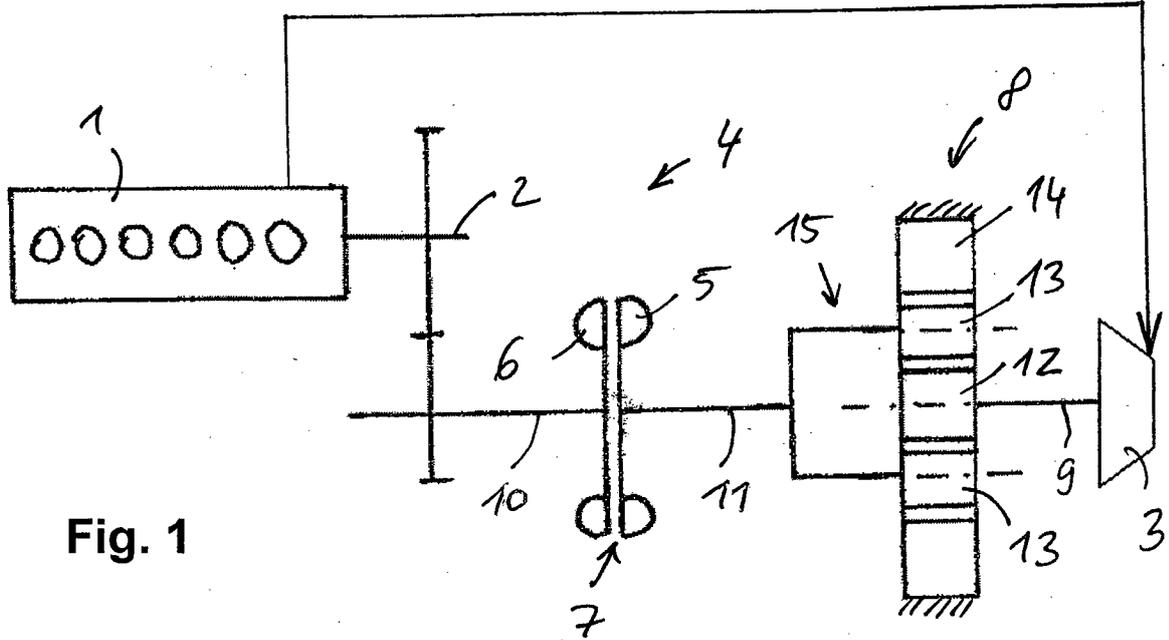
6. Turbo-Compound-System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmiermittelkanal (21) im Bereich einer Lageranordnung, über welche sich das Hohlrads (14), Sonnenrad (12) und/oder zumindest ein Planetenrad (13) im Planetengetriebe abstützt, mündet.

7. Turbo-Compound-System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtriebswelle (2), die Kupplungswelle (11) und die Turbinenwelle (9) zueinander konzentrisch angeordnet sind.

8. Turbo-Compound-System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsmediumzufuhr (19) in Form eines in Axialrichtung durch die Eingangswelle (11) verlaufenden Kanals, insbesondere über die gesamte axiale Länge, vorteilhaft in beiden Stirnseiten der Eingangswelle (11) mündend, verlaufenden Kanals ausgeführt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



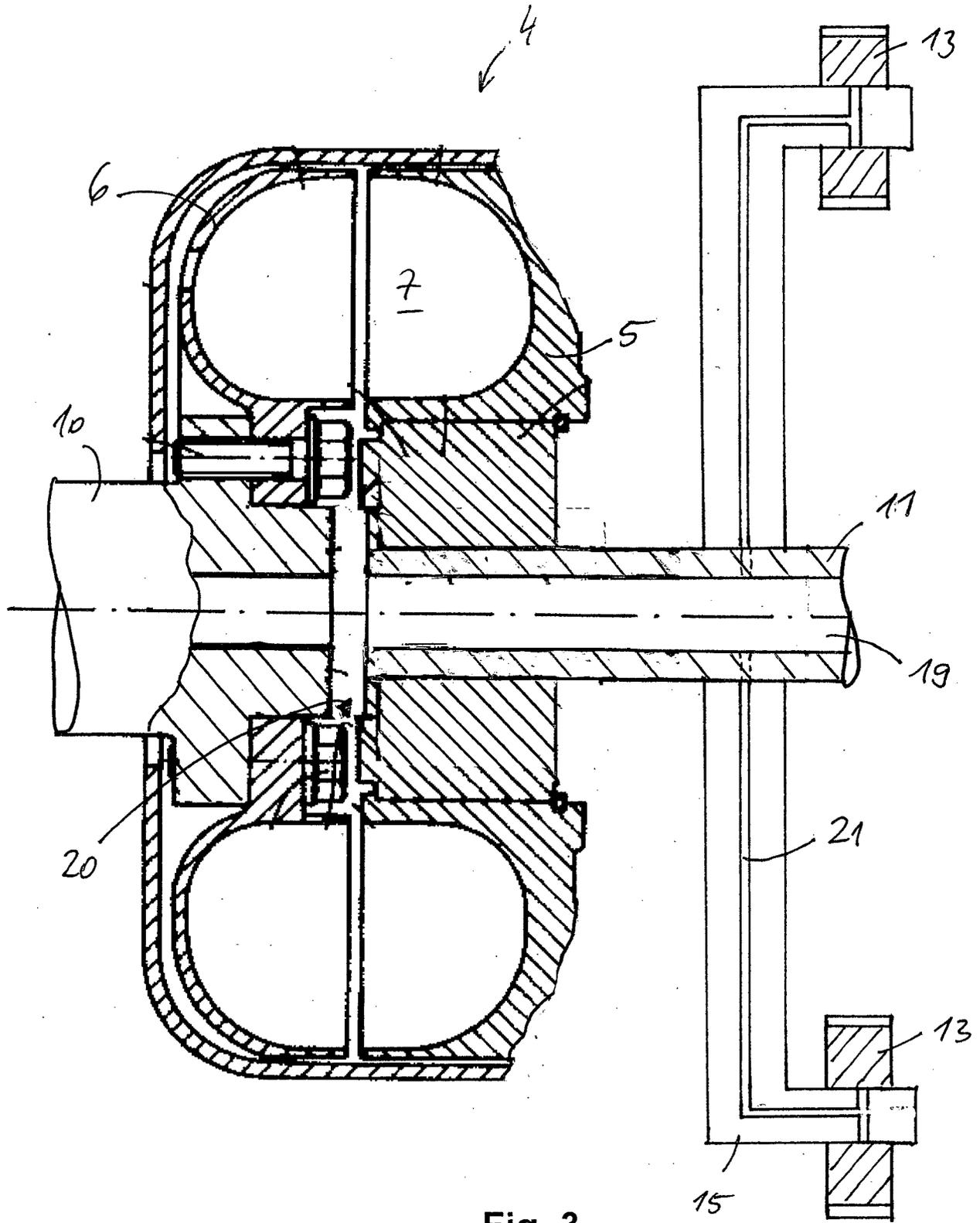


Fig. 3