



(10) **DE 10 2020 206 889 A1** 2020.12.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 206 889.5**

(22) Anmeldetag: **03.06.2020**

(43) Offenlegungstag: **10.12.2020**

(51) Int Cl.: **B60K 11/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**16/430,837**      **04.06.2019**      **US**

(71) Anmelder:  
**Deere & Company, Moline, US**

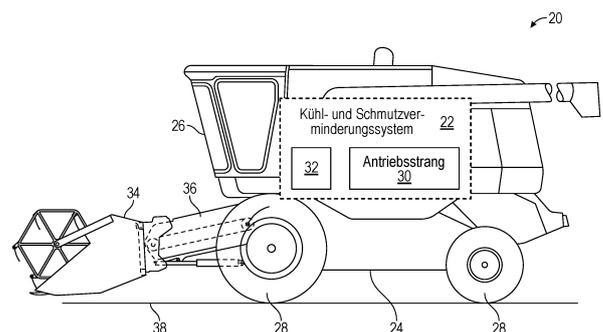
(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(72) Erfinder:  
**Mussack, C. Jeffery, 68163 Mannheim, DE; Knapp,  
H. Gary, 68163 Mannheim, DE; Andrios, C. John,  
68163 Mannheim, DE**

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

(54) Bezeichnung: **KÜHL- UND SCHMUTZMINDERUNGSSYSTEME FÜR ARBEITSFAHRZEUG-ANTRIEBSSTRÄNGE**

(57) Zusammenfassung: Kühl- und Schmutzminderungssysteme zur Verwendung mit Arbeitsfahrzeugantriebssträngen beinhalten eine Druckluftquelle, eine Vielzahl von Prallauslässen, die in der Nähe des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs angeordnet sind, und ein Strömungsnetzwerk, das die Druckluftquelle mit den Prallauslässen fluidisch koppelt. Ein erstes Wirbelrohr ist im Strömungsnetzwerk so angeordnet und konfiguriert, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom trennt. Das erste Wirbelrohr enthält einen Wirbelrohrenlass, der mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt ist, eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgelassen wird, sowie eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur abgelassen wird. Der temperaturreduzierte Strom trifft auf mindestens einen der angestrebten Außenbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs, um diesen zu kühlen und die Ansammlung von Schmutz auf diesem zu reduzieren.



**Beschreibung**QUERVERWEIS AUF  
VERWANDTE ANMELDUNGEN**[0001]** Nicht zutreffend.ANGABE ÜBER STAATLICH GEFÖRDERTE  
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG**[0002]** Nicht zutreffend.

## GEBIET DER OFFENBARUNG

**[0003]** Diese Offenbarung bezieht sich auf Kühl- und Schmutzminderungssysteme zur Verwendung in Antriebssträngen von Arbeitsfahrzeugen, wie etwa Antriebssträngen von Mähreschern und anderen Arbeitsfahrzeugen, die in mit Schmutz belasteten Umgebungen betrieben werden.

## HINTERGRUND DER OFFENBARUNG

**[0004]** Bestimmte Arbeitsfahrzeuge arbeiten routinemäßig in Umgebungen mit relativ großen Mengen an Luftverunreinigungen. Beispielsweise können bei Mähreschern und anderen Erntegutausrüstungen relativ große Mengen an Staub, kleinen Teilen des Ernteguts und sonstigem Schmutz (hier allgemein als „Fremdkörper“ oder „FOD“ bezeichnet) in die Luft gelangen und schließlich unter Umständen im Motorraum des Arbeitsfahrzeugs aufgenommen werden. Einmal aufgenommen, können die in der Luft befindlichen FOD im Motorraum zirkulieren und sich auf Bereichen des Motors und/oder anderen im Motorraum befindlichen Komponenten des Antriebsstrangs absetzen. In Fällen, in denen solche in der Luft befindlichen FOD brennbar sind, wie z. B. bei organischen Stoffen, die üblicherweise von Mähreschern und sonstigen Erntegutausrüstungen aufgenommen werden, besteht die Gefahr, dass sich das FOD entzündet und zu einem Motorbrand (hier „FOD-induzierter Brand“) entwickelt. Es wurden bestimmte Systeme vorgeschlagen, um das Risiko von FOD-induzierten Brandgefahren in Mähreschern und ähnlichen Arbeitsfahrzeugen zu verringern; solche Systeme werden jedoch typischerweise durch übermäßige Komplexität, hohem Teileaufkommen und unerschwinglichen Einbaukosten gehemmt. Solche vorgeschlagenen Systeme erfordern oft den Einsatz von Freon oder einem weiteren Kühlmittel im Kühlkreislauf, um den gewünschten Kühleffekt zu erzielen. Darüber hinaus können solche vorgeschlagenen Systeme unter realen Betriebsbedingungen das Risiko von FOD-induzierten Bränden innerhalb der Antriebsstränge von Arbeitsfahrzeugen möglicherweise nicht nennenswert senken.

## ZUSAMMENFASSUNG DER OFFENBARUNG

**[0005]** Kühl- und Schmutzminderungssysteme sind für den Einsatz in Verbindung mit dem Antriebsstrang von Arbeitsfahrzeugen, wie z. B. Mähreschern und sonstigen Arbeitsfahrzeugen, die in mit Schmutz belasteten Umgebungen betrieben werden, vorgesehen. Das Kühl- und Schmutzminderungssystem umfasst in Ausführungsformen eine Druckluftquelle, die einen Druckluftstrom mit einer ersten Temperatur bereitstellt, eine Vielzahl von Prallauslässen, die so in der Nähe des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs angeordnet sind, dass sie Luftströme gegen gezielte Außenbereiche des Fahrzeugs richten, und ein Strömungsnetzwerk, das die Druckluftquelle mit der Vielzahl von Prallauslässen fluidisch verbindet. Ein erstes Wirbelrohr ist im Strömungsnetzwerk so angeordnet und konfiguriert, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom trennt. Das erste Wirbelrohr enthält einen Wirbelrohrenlass, der mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt ist, eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgelassen wird, und eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur, die niedriger liegt als die erste Temperatur, abgelassen wird. Der Strom mit reduzierter Temperatur trifft auf mindestens einen der angestrebten Außenbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs, um diesen zu kühlen und die Ansammlung von Schmutz zu reduzieren. Der reduzierte Temperaturstrom kann auf den oder die Zielbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs unmittelbar nach der Absaugung durch die Wirbelrohrdüse auftreffen oder stattdessen durch zusätzliche Verrohrungen (z. B. Leitungen) fließen, bevor er auf den oder die Zielbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs trifft.**[0006]** In anderen Ausführungsformen enthält das Kühl- und Schmutzminderungssystem eine Druckluftquelle, ein Strömungsnetzwerk und mindestens ein Wirbelrohr. Das Wirbelrohr ist so konfiguriert, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom trennt. Das Wirbelrohr enthält einen Wirbelrohrenlass, der mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt ist, eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgelassen wird, sowie eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur abgelassen wird. Das Strömungsnetzwerk umfasst eine Zufuhrströmungsleitung, die einen Auslass der Druckluftquelle fluidisch mit dem Wirbelrohrenlass verbindet; eine Vielzahl von Prallauslässen, die um den Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs herum angeordnet sind, um Luftströme gegen gezielte Außenbereiche desselben zu richten; und eine Verteilerströmungsleitung, welche die Düse des Wirbelrohrs fluidisch mit der Vielzahl von Prallauslässen verbindet.

**[0007]** In noch weiteren Ausführungsformen enthält das Kühl- und Schmutzminderungssystem eine Druckluftquelle, die einen Druckluftstrom bereitstellt, ein Strömungsnetzwerk, das einen Auslass der Druckluftquelle fluidisch verbindet, und eine Anordnung von Wirbelrohren, die im Strömungsnetzwerk positioniert und entlang des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs beabstandet sind. Die Anordnung der Wirbelrohre enthält Wirbelrohreinlässe, die über das Strömungsnetzwerk mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt sind. Die internen Strömungsgeometrien der Wirbelrohre, wie sie in der Wirbelrohranordnung enthalten sind, sind so konfiguriert, dass der an den Wirbelrohreinlässen empfangene Druckluftstrom in Heißströme und Ströme mit reduzierter Temperatur getrennt wird. Die Wirbelrohre enthalten außerdem Auslassöffnungen, durch welche die Heißströme abgeführt werden, sowie Düsen, durch welche die temperaturreduzierten Ströme auf ausgewählte Außenbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs prallen.

**[0008]** Die Details einer oder mehrerer Ausführungsformen sind in den beigefügten Zeichnungen sowie in der nachstehenden Beschreibung festgelegt. Andere Eigenschaften und Vorteile werden aus der Beschreibung und den Zeichnungen sowie aus den Ansprüchen ersichtlich.

#### Figurenliste

**[0009]** Mindestens ein Beispiel der vorliegenden Offenbarung wird nachstehend in Verbindung mit den folgenden Figuren beschrieben:

**Fig. 1** ist ein seitliches Schema eines Arbeitsfahrzeugs (hier ein Mähdrescher), das mit einem Kühl- und Schmutzminderungssystem ausgestattet ist, wie es in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung dargestellt wird;

**Fig. 2** ist ein Schema eines beispielhaften Kühl- und Schmutzminderungssystems, eines Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs und bestimmter weiterer Komponenten, die in den in den Mähdrescher wie in **Fig. 1** dargestellt integriert werden können.

**Fig. 3** stellt einen Querschnitt eines Wirbelrohrs dar, das für ein beispielhaftes Kühl- und Schmutzminderungssystem passend integriert ist, wie es in **Fig. 2** dargestellt wird;

**Fig. 4** ist eine isometrische Ansicht eines Teils des in **Fig. 2** gezeigten Beispiels für ein Kühl- und Schmutzschutzsystem, die zeigt, wie die Prallauslässe des Kühl- und Schmutzminderungssystems über den Motor und andere Komponenten in einem Arbeitsfahrzeug-Antriebsstrang (generisch dargestellt) verteilt werden können, um Luftströme mit reduzierter Tempe-

ratur gegen bestimmte Außenbereiche des Antriebsstrangs zu leiten;

Die **Fig. 5** und **Fig. 6** sind isometrische bzw. gemischte Ansichten, die eine realistischere Art und Weise veranschaulichen, in der eine Wirbelrohranordnung, die im Beispiel des Kühl- und Schmutzminderungssystems enthalten ist, so positioniert werden kann, dass Luftströme mit reduzierter Temperatur auf bestimmte Bereiche eines Motorblocks gerichtet werden;

**Fig. 7** stellt eine isometrische Ansicht dar, die eine realistischere Art und Weise veranschaulicht, in der weitere Auslässe, die in dem Beispiel des Kühl- und Schmutzminderungssystems integriert sind, um Komponenten des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs (hier Hoch- und Niederdruckturbinenabschnitte) in einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung positioniert werden können; und

**Fig. 8** zeigt eine isometrische Ansicht, die der in **Fig. 5** gezeigten ähnelt, aber eine Art und Weise veranschaulicht, wie Auslässe für die wirbelfreie Prallauslässe positioniert werden können, um Luftströme mit reduzierter Temperatur gegen bestimmte Bereiche eines Motorblocks zu richten, entsprechend einer weiteren Beispielausführung der vorliegenden Offenbarung.

Gleiche Referenzsymbole in den unterschiedlichen Zeichnungen bezeichnen gleiche Elemente. Aus Gründen der Einfachheit und Klarheit der Darstellung können Beschreibungen und Details bekannter Merkmale und Techniken weggelassen werden, um unnötiges Verdecken der in der nachfolgenden detaillierten Beschreibung beschriebenen beispielhaften und nicht einschränkenden Ausführungsformen der Erfindung zu vermeiden. Es versteht sich ferner, dass Merkmale oder Elemente, die in den begleitenden Figuren erscheinen, nicht zwangsläufig maßstabsgetreu gezeichnet sind, sofern nicht anders vermerkt.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0010]** Die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung sind in den beigefügten Figuren der vorstehend kurz beschriebenen Zeichnungen dargestellt. Verschiedene Abwandlungen der beispielhaften Ausführungsformen können von Fachleuten in Betracht gezogen werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, wie in den beigefügten Ansprüchen festgelegt.

#### ÜBERSICHT

**[0011]** Im Folgenden werden Kühl- und Schmutzminderungssysteme für den Einsatz in Arbeitsfahrzeugen beschrieben, die anfällig für FOD-induzierte

Brände sind, wie z. B. Erntefahrzeuge und sonstige Arbeitsfahrzeuge, die in mit Schmutz belasteten Umgebungen betrieben werden. Wie durch den Begriff „Kühlung und Schmutzminderung“ angedeutet, bieten Ausführungsformen des nachfolgend beschriebenen Systems sowohl Kühl- als auch Schmutzbeseitigungsfunktionen, indem gekühlte Luftströme gegen ausgewählte Außenbereiche von Komponenten im Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs, wie z. B. einem Motor und/oder Turbolader, gerichtet werden, die ansonsten anfällig für die Ansammlung von Schmutz und lokal erhöhten thermischen Extremen ausgesetzt sein können. Die gegen den Antriebsstrang gerichteten gekühlten Luftströme (auch als „Prallströme“ bezeichnet) können als kontinuierliche Ströme, als intermittierende Luftströme oder als pulsierende Ströme bereitgestellt werden, abhängig von der Systemauslegung und/oder dem Modus, in dem das System derzeit arbeitet, sofern es in mehreren Modi betrieben werden kann. Durch die Bereitstellung sowohl einer gezielten Schmutzbeseitigung als auch einer aktiven Prallkühlung kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem in vielen Fällen das FOD-induzierte Brandrisiko innerhalb der Antriebsstränge von Arbeitsfahrzeugen deutlich senken.

**[0012]** Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems sorgen für einen zuverlässigen Betrieb über längere Zeiträume und lassen sich kostengünstig in den Antriebsstrang integrieren. Solche Vorteile werden zumindest teilweise durch den Einbau von speziellen Wirbelrohren (auch als „Wirbelkühler“ bezeichnet) erreicht, die dazu dienen, unter Druck stehende Luftströme passiv in temperaturreduzierte Ströme und erwärmte Auslassströme zu trennen. Die Wirbelrohre enthalten möglicherweise nur wenige oder überhaupt keine aktiv bewegten Komponenten oder Teile und sind daher gut geeignet, einen längeren, störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, sofern sie in einer relativ rauen, stark schwingenden und mit Schmutz belasteten Umgebung eingesetzt werden, in der Arbeitsfahrzeuge häufig betrieben werden. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung solcher Wirbelrohre in Verbindung mit einer Druckluftquelle, die einen unter Druck stehenden (vorzugsweise gefilterten) Luftstrom mit ausreichend hohem Druckniveau bereitstellen kann, eine Temperaturreduzierung der Prallströme, ohne dass auf komplexere Kühlmittel (z. B. Nutzung des Kühlmittelstroms gemeinsam mit dem Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs) zurückgegriffen werden muss, und mit einem akzeptablen Kompromiss hinsichtlich der Druckreduzierung. Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems können so den überschüssigen Druckluftstrom über die Wirbelrohre in Luftströme mit reduzierter Temperatur umwandeln, die so angepasst werden können, dass sie ein optimales Gleichgewicht zwischen den für die Schmutzbeseitigung geeigneten Druckniveaus und der Temperaturredu-

zierung des Luftstroms für die Prallkühlung gezielter Hot Spots im Antriebsstrang bieten.

**[0013]** Insbesondere Mähdrescher und andere Arbeitsfahrzeuge sind in der Regel mit Luftkompressoren ausgestattet, um dem Bediener z. B. eine bequeme Möglichkeit zu bieten, das Arbeitsfahrzeug mit einem luftbetriebenen Reinigungszubehör (z. B. einem tragbaren Reinigungsgerät) zu reinigen, wenn das Arbeitsfahrzeug nicht benutzt wird. In Fällen, in denen das Arbeitsfahrzeug mit einem solchen Luftkompressor ausgestattet ist, kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem den vorhandenen Luftkompressor (möglicherweise zusammen mit anderen vorhandenen Komponenten, wie z. B. einem Drucklufttank) als Druckluftquelle verwenden, aus der das (die) Wirbelrohr(e) einen Druckluftstrom beziehen kann (können). Dies kann die Integrationskosten durch die Verwendung oder gemeinsame Nutzung bestehender Komponenten an Bord eines Arbeitsfahrzeugs reduzieren. Darüber hinaus können Energieeinsparungen erzielt werden, indem der vom Kompressor (der während des Betriebs des Arbeitsfahrzeugs aktiv angetrieben werden kann) erzeugte überschüssige Druckluftstrom zur Bereitstellung der nachstehend beschriebenen Kühl- und Schmutzbeseitigungsfunktionen genutzt wird.

**[0014]** Die Integration des Kühl- und Schmutzminderungssystems kann durch die äußere Beschaffenheit der Kanäle und Prallauslässe weiter erleichtert werden, die um einen äußeren Umfang des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs herumgeführt oder anderweitig strategisch positioniert sind, um die Prallströme gegen die anvisierten Antriebsstrangbereiche zu leiten. Folglich kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem mit relativ geringen, wenn überhaupt, Änderungen an bestehenden Antriebsstrangkomponenten bzw. an der Infrastruktur in den Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs integriert werden; in bestimmten Fällen kann es durch nachträglichen Einbau nach der Erstfertigung in den Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs integriert werden. Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems zeichnen sich zudem durch ein hochflexibles Design aus, das über mehrere Arbeitsfahrzeugplattformen hinweg angepasst werden kann und das durch eine beliebige Anzahl von Prallauslässen erweitert werden kann, die auf den jeweiligen Antriebsstrang, in den das System integriert ist, zugeschnitten sind.

**[0015]** Eine zusätzliche Beschreibung eines Beispiels für ein Kühl- und Schmutzminderungssystem, das an Bord eines Arbeitsfahrzeugs eingesetzt wird, wird nun im Zusammenhang mit den **Fig. 1-8** erörtert. Während das beispielhafte Kühl- und Schmutzminderungssystem im Folgenden im Zusammenhang mit einem bestimmten Arbeitsfahrzeugtyp (nämlich einem Mähdrescher) beschrieben wird, können Aus-

führungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems an Bord zahlreicher verschiedener Arten von Arbeitsfahrzeugen eingesetzt werden. In dieser Hinsicht können Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems auf vorteilhafte Weise in jedes Arbeitsfahrzeug integriert werden, dessen Antriebsstrang anfällig für FOD-induzierte Brände ist, insbesondere in Arbeitsfahrzeuge, die routinemäßig in einer Umgebung betrieben werden, die relativ große Mengen an brennbarem Schmutz in der Luft enthält. Eine nicht erschöpfende Liste von Arbeitsfahrzeugen, in die Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzschutzsystems sinnvoll integriert werden können, umfasst andere Arten von Erntemaschinen, wie z. B. Traktoren und Baumwollerntemaschinen, Forstarbeitsfahrzeuge, wie z. B. Fäller-Bündler, sowie Bauarbeitsfahrzeuge, wie z. B. Lader, Planier- raupen, Bagger und Motorgrader.

#### MÄHDRESCHER, DER MIT EINEM BEISPIELHAFTEN KÜHL- UND

#### SCHMUTZMINDERUNGSSYSTEM AUSGESTATTET IST

**[0016]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Mähdreschers **20** einschließlich eines Kühl- und Schmutzminderungssystems **22**, wie es in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung dargestellt wird. Der Mähdrescher **20** verfügt über einen Radkörper oder Fahrgestell **24** und eine Bedienstation **26**. Die Räder **28** des Arbeitsfahrzeugfahrgestells **24** werden durch einen Antriebsstrang angetrieben, wie in Fig. 1 durch Kasten **30** (im Folgenden „Antriebsstrang **30**“) allgemeingültig dargestellt. Wie in Fig. 1 angegeben, können der Antriebsstrang **30** oder Teile des Antriebsstrangs **30** zumindest in einigen Ausführungsformen dieser Offenbarung als Teil des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** betrachtet werden. Im Vergleich dazu stellt Kasten **32** einen von außen zugänglichen Luftkompressor (im Folgenden „Luftkompressor **32**“) dar, der in weiteren Ausführungsformen in das Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** einbezogen werden kann. Der abgebildete Mähdrescher **20** enthält darüber hinaus verschiedene andere Komponenten, wie z. B. ein Standardvorsatzgerät oder eine Korn-Plattform **34**, die an einem aus dem vorderen Ende des Mähdreschers **20** herausragenden Zuführgehäuse **36** montiert ist. Solche zusätzlichen Komponenten sind in der Branche bekannt und werden hier nicht im Detail beschrieben. Es ist jedoch anzumerken, dass verschiedene andere Arten von modularen Vorsatzgeräten mit der abgebildeten Korn-Plattform **34** ausgetauscht und gegebenenfalls an das Zuführgehäuse **36** angebaut werden können, um mit der Erntemaschine **20** verschiedene Sorten von Erntegut zu ernten.

**[0017]** Während der Mähdrescher **20** über ein Feld **38** fährt, wird das Erntegut von der Korn-Plattform **34** abgetrennt, in das Zuführgehäuse **36** aufgenommen und in den nachfolgenden Abschnitten des Mähdreschers **20** verarbeitet. Bei solchen Aktivitäten entstehen oft relativ große Mengen an brennbaren Abfällen, wie Pflanzen, Bodenmaterial und Feinstaub, die als FOD in die Luft abgegeben werden. Das in der Luft befindliche FOD wird anschließend in den Motorraum des Mähdreschers **20** aufgenommen. Nach der Aufnahme neigen solche in der Luft befindlichen FOD dazu, zu verwirbeln oder anderweitig unregelmäßig oder turbulent im Motorraum der Erntemaschine **20** zu zirkulieren. Die zirkulierenden FOD können sich auf bestimmten Bereichen des im Motorraum der Erntemaschine **20** untergebrachten Antriebsstrangs **30** ablagern und ansammeln, z. B. auf den Bereichen des Antriebsstrangs **30**, die freiliegende Steckverbindungen zwischen den Komponenten und/oder komplexere Außengeometrien aufweisen. Abhängig von der Brennbarkeit solcher in der Luft befindlicher FOD (z. B. Flammpunkt der FOD) kann eine beträchtliche Brandgefahr entstehen, sobald sich eine ausreichende Menge der in der Luft befindlichen FOD in Bereichen des Antriebsstrangs **30** ansammelt, in denen lokal stark erhöhte Temperaturen oder „Hot Spots“ auftreten. Bestimmte sekundäre Faktoren können ebenfalls zur Wahrscheinlichkeit solcher FOD-induzierter Motorbrände beitragen, wie z. B. die aktuellen Umgebungstemperaturen und die Luftfeuchtigkeit. Um die Wahrscheinlichkeit von FOD-induzierten Motorbränden zu reduzieren, ist der Mähdrescher **20** daher zusätzlich mit dem Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** ausgestattet, das nun im Zusammenhang mit Fig. 2.

**[0018]** Bezugnehmend auf Fig. 2 ist ein Beispiel für verschiedene geeignete Komponenten, die im Beispiel des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** enthalten sind, schematisch dargestellt. In der abgebildeten Ausführungsform umfasst der Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs **30** einen primären Verbrennungsmotor **40**, einen Niederdruckturbinenabschnitt (LPT) **42** und einen Hochdruckturbinenabschnitt (HPT) **44**. Der LPT-Abschnitt **42** und der HPT-Abschnitt **44** sind in Reihe geschaltet und mit dem Motor **40** fluidisch gekoppelt, um diesem eine Turboladefunktion bereitzustellen. Wie in Fig. 2 im Allgemeinen angegeben, können der LPT-Abschnitt **42** und der HPT-Abschnitt **44** (gemeinsam ein Turbolader **42, 44**) neben dem Motor **40** oder auf andere Weise relativ nahe am Motor **40** angeordnet sein. Der Primärmotor **40** und der Turbolader **42, 44** können jeweils in einem Motorraum **46** des Mähdreschers **20** untergebracht werden, ebenso verschiedene weitere Komponenten des Systems **22** und des Antriebsstrangs **30**.

**[0019]** Wie zuvor angegeben, kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** in bestimmten Aus-

führungsformen einen Luftkompressor **32** enthalten. Sofern vorhanden, kann der Luftkompressor **32** (oder zumindest ein Anschluss des Luftkompressors **32**) an einer oder durch eine Außenwand **48** des Mähdreschers **20** (oder eines anderen Arbeitsfahrzeugs) montiert werden, um den manuellen Anschluss von druckluftbetriebenen Werkzeugen zu ermöglichen, wenn die Erntemaschine **20** nicht gesteuert wird oder sich nicht anderweitig in Betrieb befindet. Wie beispielsweise in **Fig. 2** angegeben, kann der Luftkompressor **32** beispielsweise mindestens einen von außen zugänglichen Auslass **50** enthalten, an den ein manuelles Reinigungszubehör **52** fluidisch angeschlossen werden kann, z.B. mit Hilfe einer Schnellkupplung. Die Fluidverbindung, die das manuelle Reinigungszubehör **52** (z. B. ein tragbares Reinigungsgerät) mit dem externen Auslass **50** des Luftkompressors **32** (hier auch als „manuelle Zubehörskupplung“ bezeichnet) verbindet, wird durch die Strömungsleitung **54** dargestellt. Ein solches manuelles Reinigungszubehör **52** kann daher wahlweise an den Luftkompressor **32** (oder an den nachfolgend beschriebenen Luftkompressortank **56**) gekoppelt werden; und kann, falls es so gekoppelt ist, von diesem mit einem Druckluftstrom versorgt werden. Ein Bediener des Mähdreschers **20** kann anschließend die aus dem manuellen Reinigungszubehör **52** austretende Druckluft nutzen, um Schmutz und sonstige Verunreinigungen aus dem Mähdrescher **20** zu entfernen, wenn dieser nicht in Betrieb ist.

**[0020]** Zusätzlich zum Luftkompressor **32** beinhaltet das beispielhafte Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** außerdem einen Luftkompressortank **56**; mindestens ein Steuerventil **58**; einen Controller **60**, der mit einem computerlesbaren Speicher **62** verbunden ist; eine Vielzahl von Wirbelrohren **64, 66, 68, 70**; und ein Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78**. Das Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** verbindet die verschiedenen flüssigkeitsführenden Komponenten des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** fluidisch miteinander, wie schematisch dargestellt. Genauer gesagt, die im Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** enthaltenen Strömungsleitungen **72, 74** koppeln einen Auslass des Luftkompressors **32** mit einem Anschluss des Luftkompressortanks **56**, während die Strömungsleitung **74** den Anschluss des Luftkompressortanks **56** außerdem mit einer Einlassseite des Steuerventils **58** fluidisch koppelt. Die Strömungsleitung **74** kann hier auch als „Zufuhrleitung“ bezeichnet werden, da die Strömungsleitung **74** die Druckluftquelle **32, 56** fluidisch mit dem Einlass des Wirbelrohres **64** und den weiteren Wirbelrohren **66, 68, 70** nachgelagert davon koppelt. Abschließend koppeln die weiter im Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** enthaltenen Strömungsleitungen **76, 78** die Auslassseite des Steuerventils **58** fluidisch mit der Vielzahl der im Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** positionierten Wirbelrohren **64, 66, 68, 70**. Die Strömungsleitungen, aus denen das Strömungsnetzwerk **72, 74, 76,**

**78** besteht, können mit flexiblen Schläuchen, starren Rohrleitungen, anderen Rohrtypen und Kombinationen daraus realisiert werden. Zahlreiche weitere Konfigurationen oder Ablaufarchitekturen sind in weiteren Umsetzungen des Systems **22** ebenfalls möglich.

**[0021]** Der Luftkompressor **32** und der Luftkompressortank **56** dienen gemeinsam als Druckluftquelle **32, 56**, die während des Betriebs des Systems **22** die Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** mit Druckluft versorgt. Die Verwendung des von außen zugänglichen Luftkompressors **32**, sofern er am Mähdrescher **20** (oder einem anderen Arbeitsfahrzeug) vorhanden ist, als Druckluftquelle kann zur Kostenreduzierung der Komponenten und zur Energieeinsparung beitragen. Der vom Kompressor **32** erzeugte, überschüssige Druckluftstrom wird konventionell in die Umgebung abgelassen oder „über Bord geworfen“, falls der Mähdrescher **20** bei der Getreideernte eingesetzt oder anderweitig aktiv bedient wird. Durch die Verwendung eines solchen überschüssigen Druckluftstroms können folglich Energieeinsparungen bei der Bereitstellung der unten beschriebenen Prallkühl- und Schmutzbeseitigungsfunktionen erzielt werden. Zusätzlich kann die Verwendung des von außen zugänglichen Luftkompressors **32** und/oder des Luftkompressortanks **56** bei bereits vorhandenen Komponenten an Bord der Erntemaschine **20** die Kosten für die Integration des Systems **22** reduzieren. Ungeachtet dieser Vorteile kann im Beispiel des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** der Luftkompressor **32** und/oder der Luftkompressortank **56** (oder ein anderer Typ von Luftkompressor) in weiteren Ausführungsformen entfallen, vorausgesetzt, dass eine geeignete Versorgung der Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** mit einem Druckluftdruckstrom zur Verfügung steht.

**[0022]** Der Druckluftstrom von der Druckluftquelle **32, 56** zu den Wirbelrohren **64, 66, 68, 70** kann durch Modulation des Steuerventils **58** kontrolliert werden. Zur Modulation des Steuerventils **58** sendet der Controller **60** ausgewählte Steuerbefehle an ein Ventilstellglied **80**, das mechanisch mit dem Ventilelement des Steuerventils **58** verbunden ist. Solche Befehle können je nach Ausführung des Ventilstellglieds **80** elektrischer, pneumatischer oder hydraulischer Natur sein; z. B. kann das Ventilstellglied **80** in Ausführungsformen die Form eines elektromechanischen Ventilstellglieds einnehmen, das elektrische Steuerungssignale vom Controller **60** erhält. Das Ventilstellglied **80** kann ein im Steuerventil **58** enthaltenes Ventilelement zwischen den Positionen „offen“, „geschlossen“ und eventuell mittleren (teilweise offenen) Positionen entsprechend den vom Controller **60** erhaltenen Befehlen bewegen. Der Controller **60** kann dem Ventilstellglied **80** befehlen, das Steuerventil **58** zu modulieren und damit den Druckluftstrom zu den Wirbelrohren **64, 66, 68, 70** in Abhängigkeit von einer beliebigen Anzahl von Faktoren zu regulieren. Solche Faktoren können unter anderem, jedoch nicht aus-

schließlich, eine Kombination aus folgenden Faktoren umfassen: (i) Daten, die von einem oder mehreren Sensoren an Bord des Mähdreschers **20** empfangen werden (dargestellt durch Symbol **82** in **Fig. 2**), (ii) Bedienerbefehle, die von einer Bedieneringabevorrichtung in der Bedienerstation **26** der Erntemaschine **20** empfangen werden (dargestellt durch Symbol **84** in **Fig. 2**), und/oder (iii) gespeicherte Daten (z. B. ein Zeitplan oder ein Modusschema), die im Speicher **62** gespeichert sind.

**[0023]** Der Controller **60** kann jede Form annehmen, die geeignet ist, die hier beschriebenen Funktionen zu erfüllen, wobei der Begriff „Controller“ in einem nicht einschränkenden Sinne verwendet wird, um sich allgemein auf die Verarbeitungsarchitektur des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** zu beziehen. Demzufolge kann der Controller **60** einen oder mehrere Prozessoren, einen computerlesbaren Speicher (einschließlich oder zusätzlich zum Speicher **62**), Stromversorgungen, Speichergeräte, Schnittstellenkarten und andere standardisierte Komponenten beinhalten oder damit verbunden sein. Der Controller **60** kann auch eine beliebige Anzahl von Firmware- und Softwareprogrammen oder computerlesbaren Anweisungen enthalten oder mit diesen interagieren, die zur Ausführung der verschiedenen hier beschriebenen Prozessaufgaben, Berechnungen und Steuerfunktionen dienen. In ähnlicher Weise kann der Speicher **62** eine beliebige Anzahl und Art von Speichermedien oder Bereichen umfassen, die sich zur Speicherung eines computerlesbaren Codes oder von Anweisungen für den Controller **60** eignen, sowie sonstige Daten, die zur Unterstützung des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** verwendet werden.

**[0024]** In weniger komplexen Ausführungsformen kann es dem Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** an fortschrittlicherer Intelligenz oder Logik mangeln. In diesem Fall können der Controller **60** und seine zugehörigen Komponenten im System **22** weggelassen werden. So kann z. B. in bestimmten Fällen ein Druckluftstrom zu den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** an jeder Verbindungsstelle zugeführt werden, während der Luftkompressor **32** aktiv den Druckluftstrom ablässt, während der Luftkompressortank **56** gefüllt wird. Analog dazu kann in Ausführungsformen das Steuerventil **58** durch ein Entlüftungsventil oder ein Druckbegrenzungsventil ersetzt werden (ebenfalls generisch dargestellt durch das Ventilsymbol **58** in **Fig. 2**), das sich öffnet, um einen Luftstrom zu den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** zu ermöglichen, sobald durch eine Druckdifferenz über das Druckbegrenzungsventil ein erster vorgegebener Druckschwellenwert überschritten wird. Dieser vorgegebene Druckschwellenwert kann z. B. einem maximalen Fülldruck des Luftkompressortanks **56** entsprechen. Der Luftkompressor **32** kann also zunächst den Luftkompressortank **56** füllen; und nachdem der Luftkompres-

sortank **56** seine Kapazität erreicht hat, kann sich das Überdruckventil öffnen, um zusätzlichen Druckluftstrom aus dem Tank **56** in die nachfolgend beschriebenen Wirbelrohre **64**, **66**, **68**, **70** umzuleiten. Zusätzlich kann in solchen Ausführungen das Druckbegrenzungsventil so konfiguriert werden, dass es bei einer zweiten Druckdifferenz, die geringer ist als die erste Druckdifferenz, schließt, so dass der Luftkompressortank **56** teilweise entleert wird, bevor das Druckbegrenzungsventil geschlossen wird. Dies bewirkt in der Tat einen passiv erzeugten Impulseffekt, der die Wirksamkeit des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** bei der Beseitigung von Schmutz, der sich sonst zumindest in einigen Fällen auf dem Antriebsstrang **30** ansammeln könnte, verbessern kann.

**[0025]** In weiteren Ausführungsformen kann der Controller **60** das Steuerventil **58** aktiv modulieren, um den Druckluftstrom zu den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** während des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** zu regulieren. Beispielsweise kann der Controller **60** in einem Ansatz dem Steuerventil **58** lediglich befahlen, sich in eine offene Position zu bewegen, solange das System **22** aktiv ist; z. B. wenn der Mähdrescher **20** in Betrieb ist (und möglicherweise nach dem Abschalten der Erntemaschine für eine vorbestimmte Zeit andauert) oder wenn Bedienerbefehle (über die Eingabevorrichtung **84**) empfangen werden, die eine Aktivierung des Systems **22** erfordern. In anderen Fällen kann der Controller **60** dem Steuerventil **58** befahlen, als Reaktion auf ein anderes Auslöseereignis oder eine Kombination von Auslöseereignissen zu öffnen, wie z. B. bei einer überwachten Temperatur innerhalb des Antriebsstrangs **30** und/oder der Umgebungstemperatur (gemessen von dem/den Sensor(en) **82**), der/die einen oder mehrere vorbestimmte, im Speicher **62** gespeicherte Schwellenwerte überschreitet. Nachdem festgestellt wurde, dass die Wirbelrohre **64**, **66**, **68**, **70** in geeigneter Weise mit Druckluft versorgt werden, kann der Controller **60** dem Steuerventil **58** (durch Befehle, die an das Ventilstellglied **80** übertragen werden) befahlen, einen kontinuierlichen Luftstrom über das Steuerventil **58** bereitzustellen. Alternativ dazu kann der Controller **60** stattdessen eine Modulation des Steuerventils **58** befahlen, um einen gewünschten Luftstrom-Variationseffekt zu erzeugen, wie z. B. einen periodischen Druckrampen-effekt, einen pulsierenden Effekt oder einen sonstigen nichtstationären Effekt. In letzterer Hinsicht kann der Controller **60** das Steuerventil **58** so steuern, dass das Ventilelement innerhalb des Ventils **58** wiederholt zwischen (z. B. offenen und geschlossenen oder teilweise geschlossenen) Stellungen bewegt wird, wobei Druckluftimpulse oder -stöße erzeugt werden, die anschließend den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** zugeführt werden, um die Schmutzbeseitigung zu verbessern.

**[0026]** In bestimmten Fällen kann der Controller **60** in mehreren Modi betrieben werden und kann ent-

sprechend dem jeweiligen Modus, in dem sich der Controller **60** gerade befindet, das Steuerventil **58** unterschiedlich modulieren. Als konkretes, wenn auch nicht einschränkendes Beispiel kann der Controller **60** in bestimmten Umsetzungen zumindest in einem Schmutzbeseitigungsmodus und einem erweiterten Kühlmodus betrieben werden. Bei Betrieb im Schmutzbeseitigungsmodus kann der Controller **60** dem Steuerventil **58** befehlen, Druckluftimpulse mit einer höheren Frequenz zu erzeugen, als dies bei Betrieb im erweiterten Kühlmodus der Fall ist. Umgekehrt kann der Controller **60** im erweiterten Kühlmodus das Steuerventil **58** so ansteuern, dass es über eine bestimmte Zeitspanne weniger Luftimpulse liefert, oder stattdessen einen kontinuierlichen, nicht pulsierenden Luftstrom an die Wirbelrohre **64**, **66**, **68**, **70** bereitstellt. In solchen Fällen kann der Controller **60** den geeigneten Modus bestimmen, in dem er gegenwärtig auf der Grundlage der Bedienerbefehle **84** und/oder der Sensoreingabe **82** operiert. Beispielsweise kann der Controller **60** vom Betrieb im Schmutzbeseitigungsmodus in den Betrieb im verstärkten Kühlmodus übergehen, wenn eine überwachte Temperatur im Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs **30** (wie von den Sensoren **82** erfasst) einen vorgegebenen, im Speicher **62** gespeicherten Schwellenwert überschreitet, oder der Controller **60** kann vom Betrieb im verstärkten Kühlmodus in den Betrieb im Schmutzbeseitigungsmodus übergehen, wenn festgestellt wird (auf der Grundlage der Bedienerbefehle **84** oder der Sensoreingabe **82**), dass der Mähdrescher **20** derzeit mit Erntearbeiten befasst ist. Es sind auch verschiedene andere Steuerschemata möglich, darunter solche, bei denen der Controller **60** ein oder mehrere Steuerventile (z. B. ein Drei- oder Vierwegeventil) moduliert, um den Strom der gegen mehrere verschiedene Regionen des Antriebsstrangs **30** gerichteten Prallströme unabhängig voneinander zu variieren.

**[0027]** Jede Anzahl und Art von Wirbelrohren (z. B. einschließlich der Kombination der Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70**) kann in Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** enthalten sein. Wie es hier erscheint, bezieht sich der Begriff „Wirbelrohr“ auf eine fluidleitende Vorrichtung, die dazu dient, einen unter Druck stehenden Luftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom zu trennen, wobei die Trennung des Luftstroms zumindest teilweise durch eine Wirbel- oder Zyklonströmung erreicht wird, die im Strömungskorpus des Wirbelrohrs induziert wird. Entsprechend bezieht sich der Begriff „Strom mit reduzierter Temperatur“ auf einen aus einem Wirbelrohr austretenden Luftstrom mit einer Temperatur, die geringer ist als die eines heißen Auslassstroms (ebenfalls aus dem Wirbelrohr austretend) und geringer als der dem Wirbelrohr zugeführte, unter Druck stehende Luftstrom. Ein Beispiel für eine Art und Weise, in der ein Wirbelrohr ei-

ne solche Funktion der Stromtrennung bereitstellen kann, wird weiter unten in Verbindung mit **Fig. 3**.

**[0028]** Wie gerade angedeutet, trennt jedes Wirbelrohr **64**, **66**, **68**, **70** einen unter Druck stehenden Eingangsluftstrom in einen heißen Auslassstrom und einen Strom mit reduzierter Temperatur. Die aus den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** austretenden temperaturreduzierten Ströme werden schließlich als Prallströme gegen ausgewählte Außenbereiche des Arbeitsfahrzeug-Antriebsstrangs **30** gerichtet. Die Ströme mit reduzierter Temperatur können unmittelbar nach dem Austritt aus der/den Düse(n) der Wirbelrohre **64**, **66**, **68**, **70** auf die Zielbereiche des Antriebsstrangs **30** prallen; oder sie können stattdessen durch zusätzliche Kanäle oder Strömungsleitungen fließen, bevor sie auf die Zielbereiche des Antriebsstrangs **30** prallen. Im Vergleich dazu werden die von den Wirbelrohren **64**, **66**, **68**, **70** erzeugten Heißströme typischerweise abgelassen oder in die Umgebung entlüftet, sei es durch Abgabe in den Motorraum **46** oder direkt in die Umgebungsatmosphäre. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass die von einem oder mehreren der Wirbelrohre **64**, **66**, **68**, **70** erzeugten Heißströme in beliebiger Weise genutzt werden können (z. B. zur Energiegewinnung oder zur Kühlung anderer, außergewöhnlich heißer Komponenten der Erntemaschine **20**). In der schematischen Darstellung von **Fig. 2** ist die Abgabe des Heißstroms an die Umgebung (bzw. die mögliche Verwendung) nur für das Wirbelrohr **64** durch den Pfeil **85** gekennzeichnet. In ähnlicher Weise, obwohl nicht in **Fig. 2** dargestellt, können auch die von den anderen Wirbelrohren **66**, **68**, **70** erzeugten Heißströme während des Betriebs des Systems **22** nach außen abgeleitet oder in irgendeiner Weise wiederverwendet werden.

**[0029]** Unter fortgesetzter Bezugnahme auf **Fig. 2** kann ferner beschrieben werden, dass das Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** eine Vielzahl von Prallauslässen beinhaltet. Wie hier dargestellt, bezieht sich der Begriff „Prallauslass“ auf eine Öffnung oder Loch, durch die ein Strom mit reduzierter Temperatur als Prallstrahl austritt, der auf einen anvisierten Bereich des Antriebsstrangs eines Arbeitsfahrzeugs prallt. Die Düsen (oder sonstige Auslässe) der Wirbelrohre **66**, **68**, **70**, durch welche die temperaturreduzierten Ströme abgelassen werden, können daher als „Prallauslässe“ in Ausführungsformen angesehen werden, bei denen die temperaturreduzierten Ströme unmittelbar nach dem Absaugen durch die Wirbelrohrdüsen auf die anvisierten Bereiche des Antriebsstrangs prallen. Analog dazu können die Auslässe oder Düsen zusätzlicher Strömungskanäle hinter den Wirbelrohren als „Prallauslässe“ in Ausführungsformen angesehen werden, bei denen die temperaturreduzierten Ströme nach dem Auslass aus den Wirbelrohrdüsen und vor dem Prallen auf die anvisierten Bereiche des Antriebsstrangs **30** durch zusätzliche Kanäle fließen.

**[0030]** Die anvisierten Bereiche des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs **30** sind schematisch durch schraffierte Bereiche **86, 88, 90** in **Fig. 2** repräsentativ dargestellt, während die Prallströme, die durch die gestrichelten Linien dargestellt werden, sich von den Düsen der Wirbelrohre **66, 68, 70** bis zu den anvisierten Bereichen **86, 88, 90** erstrecken. Die anvisierten Bereiche **86, 88, 90** können spezifischen strukturellen Merkmalen oder Bereichen des Motors **40**, des LPT-Abschnitts **42** und des HPT-Abschnitts **44** entsprechen, die als anfällig für die Ansammlung von FOD in der Luft identifiziert wurden und/oder die dazu neigen, während des Betriebs des Antriebsstrangs **30** örtlich sehr hohe Temperaturen zu erreichen. Beispiele für solche Strukturmerkmale oder Bereiche werden im Folgenden im Zusammenhang mit den **Fig. 4-7** erörtert. Zunächst wird jedoch ein weiteres Wirbelrohr, das für die Verwendung als ein beliebiges oder alle der Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** geeignet ist, im Zusammenhang mit **Fig. 3**.

**[0031]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ist ein beispielhaftes Wirbelrohr **92** im Querschnitt gezeigt. Nachdem das Beispielwirbelrohr **92** für die Verwendung als eines oder aller Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** geeignet ist, gilt die folgende Beschreibung gleichermaßen für jedes der Wirbelrohre **64, 66, 68, 70**, die in **Fig. 2**. Trotzdem müssen die Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** nicht in allen Fällen mit dem in **Fig. 3** gezeigten Wirbelrohr **92** übereinstimmen und können verschiedene andere Formen annehmen, vorausgesetzt, dass die Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** (sofern im System **22** vorhanden) jeweils einen unter Druck stehenden Eingangstrom in einen heißen Auslassstrom und einen Strom mit reduzierter Temperatur trennen können, wie hier beschrieben.

**[0032]** Das beispielhafte Wirbelrohr **92** beinhaltet einen Strömungskorpus **94** mit einem Wirbelrohereinlass **96**, einem ersten Auslass oder Auslassanschluss **98** und einem zweiten Auslass oder einer Düse **100**. Wie durch den Pfeil **102** angegeben, ist der Wirbelrohereinlass **96** fluidisch mit der Druckluftquelle **32, 56** gekoppelt und empfängt von dort einen Druckluftstrom, wenn das Steuerventil **58** geöffnet wird. Der Strömungskorpus **94** weist eine Innengeometrie **104, 106** auf, die den unter Druck stehenden Eingangstrom innerhalb des Strömungskorpus **94** in einen heißen Luftkorpus (dargestellt in Grafik **108**) und einen temperierten Luftkorpus (dargestellt in Grafik **110**) aufteilt. Im Einzelnen tritt der durch den Wirbelrohereinlass **96** tangential in eine Wirbelspinnkammer **104** ein und wird aufgrund der geometrischen Gegebenheiten (z. B. unterschiedliche Größe der Strömungsöffnungen) in diesem Bereich nach rechts (in der dargestellten Ausrichtung) geleitet. Die Druckluft fließt anschließend entlang eines länglichen Strömungskanals **106** im Strömungskorpus **94** des Wirbelrohrs, bevor sie auf ein konisches Endstück

**112** trifft, das mit dem rechten Ende des Wirbelrohrs **92** verbunden ist. Die axiale Positionierung des Endstücks **112** relativ zum Strömungskorpus **94** bestimmt den Strömungsquerschnitt durch die Ringöffnung der Wirbelrohrauslassöffnung **98**. Da diese Position möglicherweise einstellbar ist (z. B. über eine Gewindeverbindung zwischen dem Endstück **112** und dem rechten Ende des Wirbelrohrs **92**), wird diese Funktion manchmal selbst als „Steuerventil“ bezeichnet; das Endstück **112** bewegt sich nach der manuellen Positionierung oder während des Betriebs des Wirbelrohrs **92** jedoch normalerweise nicht.

**[0033]** Durch das Vorhandensein des konischen Endstücks **112** wird der kühlere Luftstrom vom Endstück **112** zurückgeleitet, strömt entlang eines mittleren oder zentralen Teils des Strömungskanals **106**, durchströmt die Wirbelspinnkammer **104** und ist schließlich in der Lage, den verengten Teil der Düse **100** zu durchströmen. Dieser kühlere Anteil des Luftstromes verlässt anschließend das Wirbelrohr **92** als temperaturreduzierter Strom, der durch die Düse **100**, wie mittels Pfeil **114** angezeigt, austritt. Im Gegensatz dazu umströmt der weniger dichte, heißere Luftstrom den äußeren Umfang des Endstücks **112** und verlässt den Strömungskorpus **94** durch die Ablassöffnung **98** als heißer Ablassstrom (dargestellt durch die Pfeile **116**). Auf diese Weise wird die Trennung des druckbeaufschlagten Eingangstroms **102** in den Heißstrom **116** und den temperaturreduzierten Luftstrom **114** durch die innere Strömungsgeometrie **104, 106** des Wirbelrohrs **92**, die Anordnung des konischen Endstücks **112** und die im Strömungskorpus **94** des Wirbelrohrs **92** induzierte Wirbelströmung erreicht. Ferner wird die Erzeugung des Ausgangstroms **114** mit reduzierter Temperatur ohne Abhängigkeit von beweglichen Teilen oder Wärmeübertragung auf ein zirkulierendes Kühlmittel erreicht. Die Verwendung des Wirbelrohrs **92** als beliebiges oder alle der Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** (**Fig. 2**) ermöglicht somit auf höchst zuverlässige, passive und kontinuierliche Weise die gewünschte Temperaturabsenkung der Ausgangsströme. Dies reduziert die Gesamtkomplexität des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** und trägt gleichzeitig dazu bei, den störungsfreien Betrieb des Systems **22** über längere Zeiträume zu gewährleisten.

**[0034]** Der Kühleffekt, der durch das exemplarische Wirbelrohr **92** (oder eines der in **Fig. 2** gezeigten Wirbelrohre **64, 66, 68, 70**) erzielt wird, kann durch den Vergleich der Differenz zwischen einer ersten Temperatur des Luftstromeingangstroms **102** (alternativ die Temperatur des von der Druckluftquelle **32, 56** bereitgestellten Luftstroms) und einer zweiten, niedrigeren Temperatur des durch die Düse **100** des Wirbelrohrs **92** austretenden, temperaturreduzierten Luftstroms **114**, wie oben beschrieben, quantifiziert werden. Die Differenz zwischen der ersten und zweiten Temperatur variiert zwischen den Aus-

führungsformen und im Laufe des Betriebes aufgrund einer Vielzahl von Faktoren, wie z. B. Druckniveau und Temperatur des Eingangstromes, Konstruktion des Wirbelrohres **92** und den äußeren Wärmebelastungen, denen das Wirbelrohr **92** ausgesetzt ist. Es konnte jedoch bewiesen werden, dass Wirbelrohre ähnlich oder identisch mit dem abgebildeten Wirbelrohr **92** eine signifikante Abkühlung des temperaturreduzierten Ausgangstroms erreichen können. Dabei kann sich die Differenz zwischen der ersten Temperatur (der Temperatur des Eingangstroms **102**) und der zweiten Temperatur (der Temperatur des temperaturreduzierten Ausgangstroms **114**) annähern, sofern sie nicht zumindest in einigen Fällen 70 Grad Celsius übersteigt. Der Druck des Eingangsluftstroms, der durch die Druckluftquelle **32, 56** auf das Wirbelrohr beaufschlagt wird, kann in Ausführungsformen von etwa 550 Kilopascal (kpa) bis zu etwa 700 kpa reichen. In anderen Fällen kann der Druck des Eingangsluftstroms größer oder kleiner als der oben genannte Bereich sein.

**[0035]** Im Folgenden wird anhand von **Fig. 4** gezeigt, wie die Wirbelrohre **64, 66, 68, 70** und ein Teil des Strömungsnetzwerks **72, 74, 76, 78** neben oder in unmittelbarer Nähe des Motors **40**, des LPT-Abschnitts **42** und des HPT-Abschnitts **44** angeordnet sein können. Hier sind der Motor **40**, LPT-Abschnitt **42** und HPT-Abschnitt **44** zur Veranschaulichung der Übersichtlichkeit halber als Blöcke dargestellt, wobei realistischere Darstellungen des Motors **40**, LPT-Abschnitts **42** und HPT-Abschnitts **44** in den **Fig. 5-7** erscheinen, wie nachstehend erläutert. Das Beispiel von **Fig. 4** entspricht im Allgemeinen dem Beispiel von **Fig. 3**, mit der Ausnahme, dass die Wirbelrohre **66, 68** durch die Nicht-Wirbelrohrdüsen oder Düsen-einsätze **122, 124** in **Fig. 4** ersetzt werden, wie nachfolgend näher beschrieben. In noch weiteren Ausführungsformen kann auf die an den Enden des Strömungsnetzwerkes **72, 74, 76, 78** befindlichen Wirbelrohre **66, 68, 70** zugunsten einfacher Kanalöffnungen, Düsenstücke o.ä. verzichtet werden, sofern das System **22** mindestens ein Wirbelrohr zur Erzeugung eines temperaturreduzierten Luftstromes enthält, von dem zumindest ein Teil letztlich gegen einen oder mehrere Zielbereiche eines Arbeitsfahrzeugantriebsstranges gerichtet ist.

**[0036]** Wie in **Fig. 4** dargestellt, kann die Verteilerströmungsleitung **76** eine Krümmung oder einen Krümmer **118** enthalten, um sich zumindest teilweise um einen äußeren Umfang des Antriebsstrangs **30** zu erstrecken und den Luftstrom den um den Antriebsstrang **30** positionierten Prallauslässen zuzuführen. Das Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** enthält auch eine zusätzliche Strömungsleitung **120**, welche die Verteilerströmungsleitung **76** mit dem Prallausgang fluidisch koppelt, durch den ein Prallstrom gegen den Zielbereich **86** des LPT-Abschnitts **42** abgegeben wird. Dieser Prallauslass kann als offenes Ende

der Strömungsleitung **120**, wie z. B. das offene Ende eines Rohres oder eines sonstigen Kanals, in Ausführungsformen vorgesehen werden. Alternativ kann, wie in **Fig. 4** dargestellt, die Strömungsleitung **120** in ein Düsenteil oder einen Düsen-einsatz **122** münden, der als Prallauslass dient. Durch die Verwendung eines solchen Düsen-einsatzes **122** kann der auf den Zielbereich **86** des LPT-Abschnitts **42** treffende Prallstrom mit erhöhter Geschwindigkeit und verbesserter Genauigkeit abgegeben und/oder besser geformt werden, um den Zielbereich **86** vollständig abzudecken. Zusätzlich kann der Düsen-einsatz **122** so gewählt werden, dass er einen vorbestimmten Strömungswiderstand aufweist (z. B. durch Dimensionierung der Strömungsdrosselöffnung(en) innerhalb des Einsatzes **122**), um die Strömungsrate durch den Einsatz **122** im Vergleich zu den anderen Prallauslässen zu steuern; z. B. können in Ausführungsformen der Düsen-einsatz **122** und die anderen Prallauslässe mit unterschiedlichen Strömungswiderständen versehen werden, um eine im Wesentlichen gleichmäßige Strömungsrate über alle Prallauslässe während des Betriebs des Systems **22** hinweg zu erreichen, wie nachfolgend näher erläutert wird. Im Durchflussnetzwerk **72, 74, 76, 78** können gegebenenfalls auch Strömungsbegrenzungen, wie z. B. Messöffnungen, angebracht werden, um die Strömungsrate durch die Prallauslässe des Systems **22** zu steuern.

**[0037]** Das Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** beinhaltet weiterhin eine gegabelte Strömungsleitung **78**. Die gegabelte Strömungsleitung **78** zweigt von der Verteilerströmungsleitung **76** ab, um den Luftstrom durch die beiden Prallauslässe zu leiten, die den Zielbereichen **88** des HPT-Abschnitts **44** entsprechen. Die offenen Enden der gegabelten Strömungsleitung **78** können wiederum als Prallauslass dienen; oder die Enden der Strömungsleitung **78** können stattdessen in Düsen-einsätzen **124** enden, die als Prallauslass dienen. In noch weiteren Ausführungsformen können die Düsen-einsätze **124** durch Wirbelrohre ersetzt werden (z. B. die in **Fig. 2** dargestellten Wirbelrohre **68**) und/oder der Düsen-einsatz **122** kann durch ein Wirbelrohr ersetzt werden (z. B. das im Weiteren dargestellte Wirbelrohr **66** in **Fig. 2**). Obwohl im Beispiel von **Fig. 4** auf Wirbelrohre zugunsten der (wirbelfreien) Düsen-einsätze **122, 124** verzichtet wurde, werden durch die Bereitstellung mindestens eines vor den Düsen-einsätzen **122, 124** vorgelagerten Wirbelrohres immer noch Bruchteile eines temperaturreduzierten Strahles durch die Düsen-einsätze **122, 124** abgegeben. In diesem Zusammenhang, und um noch einmal kurz auf **Fig. 2** zu verweisen, können ein oder mehrere Wirbelrohre den Düsen-einsätzen **122, 124** vorgelagert sein (z. B. das in **Fig. 2** dargestellte Wirbelrohr **64**), um die Strömungsleitungen **76, 78, 120** mit Anteilen des von dem/den Wirbelrohr(en) abgegebenen temperaturreduzierten Stroms zu versorgen. Der temperaturreduzierte Strom wird anschließend auf die Strömungslei-

tungen **78, 120** (und eventuell auf die unten beschriebene Anordnung von Wirbelrohren **70**) als Prallströme aufgeteilt, die gegen die Zielbereiche **86, 88** des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs **30** gerichtet sind.

**[0038]** Im abgebildeten Beispiel ist eine Anordnung der Wirbelrohre **70** (im Folgenden auch als „Wirbelrohranordnung **70**“ bezeichnet) neben dem Primärmotor **40** des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs **30** positioniert. Die Wirbelrohre **70** sind nebeneinander angeordnet und somit in einer linearen Anordnung verteilt. In weiteren Ausführungsformen können die Wirbelrohre **70** in einer anderen Gruppierung oder Anordnung in einer anderen räumlichen Konfiguration angeordnet werden, die auf der Grundlage der für die Kühlung vorgesehenen Bereiche des Motors **40** und/oder der baulichen Einschränkungen des Motorraums **46** bestimmt wird. Es können alle geeigneten Hardware-Merkmale oder strukturellen Schnittstellen vorgesehen werden, um die Wirbelrohre **70** in der gewünschten Position zu halten. Wie beispielsweise in **Fig. 3** angegeben, kann hierzu eine spezielle Klemmvorrichtung **126** verwendet werden. Die Klemmvorrichtung **126** besteht aus einer Deckelplatte **128**, einer Bodenplatte **130** und mehreren Befestigungselementen **132** (z. B. Bolzen), wobei die Deckelplatte **128** und/oder die Bodenplatte **130** Nuten oder weitere den äußeren Konturen der Wirbelrohre **70** entsprechende Merkmale aufweisen, um die herum die Klemmvorrichtung **126** befestigt wird. Die Befestigungselemente **132** werden angezogen, um Teile der Wirbelrohre **70** zwischen den Platten **128, 130** festzuhalten und so die Wirbelrohre **70** in ihrer gewünschten Position zu sichern. Die Klemmvorrichtung **126** kann auch an weiteren, nicht abgebildeten Bauteilen im Motorraum **47** des Mähreschers **20** befestigt werden (**Fig. 2**).

**[0039]** Ähnliche Vorrichtungen (nicht abgebildet) können ebenfalls verwendet werden, um die Strömungsleitungen **78, 120** und die Düseneinsätze **122, 124** in ihren v gewünschten Positionen und Ausrichtungen zu sichern, damit die Luftströme bei Bedarf gegen die Zielbereiche **86, 88** gelenkt werden können. In Ausführungsformen, bei denen die Strömungsleitungen **78, 120** in wirbelfreien Rohrdüsen-einsätzen **122, 124** enden, können die Strömungsleitungen **78, 120** jedoch eine ausreichende konstruktive Steifigkeit besitzen, um ohne direkte mechanische Unterstützung über eine gewisse Strecke freitragend zu verlaufen. In solchen Ausführungsformen können die Strömungsleitungen **78, 120** (und die übrigen hier beschriebenen Strömungsleitungen) in Ausführungsformen auch derart positioniert werden, dass die Strömungsleitungen **78, 120** manuell gehandhabt werden können (und ihre veränderte Positionierung beibehalten), um die Düseneinsätze **122, 124** besser auf die Zielbereiche **86, 88** auszurichten.

**[0040]** Die Verteilerströmungsleitung **76** enthält somit eine Vielzahl von Ausgängen, an denen die Einlassöffnungen der Wirbelrohre **70** fluidisch angeschlossen sind. Zusätzlich wird das Abschlussende der Verteilerströmungsleitung **76** neben der Wirbelrohranordnung **70** von einem Anschlagstück oder einer Endkappe **136** verschlossen. Auf Wunsch kann die Endkappe **136** entfernt werden, um den Einbau zusätzlicher Schläuche und Prallauslässe zu ermöglichen, sei es in Form von einfachen Öffnungen, Wirbelrohren ähnlich der Wirbelrohre **70**, Düseneinsätzen ähnlich der Düseneinsätze **122, 124** oder einer Kombination daraus. Dadurch wird die Erweiterung des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** ermöglicht, um das System **22** besser an die Bedürfnisse der verschiedenen Antriebsstränge anzupassen. In ähnlicher Weise können im Strömungsnetzwerk **72, 74, 76, 78** weitere Schnittstellen oder Verbindungsstellen für das Hinzufügen oder Entfernen von Strömungsleitungen vorgesehen werden, wodurch eine flexible Gestaltung und Erweiterung ermöglicht wird. Auf diese Weise können zusätzliche Leitungskanäle und Prallauslässe problemlos hinzugefügt oder entfernt werden, um einer bestimmten Anwendung gerecht zu werden oder um dem Endbenutzer die Anpassung des Systems **22** zu ermöglichen.

**[0041]** Wie oben kurz angedeutet, können die Strömungsbereiche durch die Prallauslässe so angepasst werden, dass eine gewünschte Strömungsrate durch die Prallauslässe erreicht wird, insbesondere dann, wenn diese fluidisch parallel gekoppelt und gleichzeitig mit einem Druckluftstrom versorgt werden. Wenn z.B. in einer bestimmten Untergruppe der Zielbereiche **86, 88, 90** eine zusätzliche Kühlung oder Schmutzbeseitigung erwünscht ist, können die dieser Untergruppe der Zielbereiche **86, 88, 90** entsprechenden Prallauslässe mit einem geringeren Strömungswiderstand (Strömungskoeffizient) versehen werden, um einen höheren Luftstrom durch sie hindurch im Vergleich zu den übrigen Prallauslässen des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** zu gewährleisten. Darüber hinaus kann es in bestimmten Ausführungsformen erwünscht sein, eine im Wesentlichen gleichmäßige Strömungsrate über alle oder eine Teilmenge der Prallauslässe zu gewährleisten, die anschließend entsprechend dimensioniert werden können. Betrachtet man die in **Fig. 4-6** gezeigte Wirbelrohranordnung **70** als Beispiel, so können die Wirbelrohre **70** im weiteren der Druckluftquelle **32, 65** nachgelagert im Vergleich zu dem/den diesen Wirbelrohr(en) vorgelagert angeordneten Wirbelrohr(en) mit geringeren Strömungswiderständen (geringerer Druckabfall darüber) versehen werden, um eine im Wesentlichen nicht-einheitliche Strömungsrate über die Wirbelrohre innerhalb der Anordnung **70** hinweg zu gewährleisten. Anders ausgedrückt kann die Mehrzahl der Wirbelrohre **70** so ausgewählt werden, dass sie unterschiedliche Strömungswiderstände

de oder Strömungskoeffizienten aufweisen, um die Gleichmäßigkeit der Strömungsrate über die Wirbelrohre **70** hinweg während des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** zu erhöhen. Analog dazu können die Düsenansätze **122**, **124** so dimensioniert werden, dass an diesen Stellen eine gewünschte Strömungsrate oder Drosselung erreicht wird, wobei eine ausreichende Druckversorgung der Wirbelrohre **70** zu gewährleisten ist. Wie bereits erwähnt, können zu diesem Zweck auch Dosieröffnungen oder andere kontrollierte Strömungsbeschränkungen in das Strömungsnetzwerk **72**, **74**, **76**, **78** zwischen ausgewählten Prallauslässen eingeführt werden.

**[0042]** Die einzelnen Bereiche des Primärmotors **40**, der für die lokale Kühlung und Schmutzbeseitigung vorgesehen ist, variieren zwischen den Ausführungsformen des Systems **22**. Als Beispiel und unter Bezugnahme auf die **Fig. 5** und **Fig. 6** können die Wirbelrohre **70** so positioniert werden, dass sie die Prallströme gegen ausgewählte Befestigungsbolzen **138** des Verteileroberteils des Primärmotors **40** richten, die auch weitere Befestigungsbolzen **140** des Verteileroberteils enthalten können. Solche Befestigungsbolzen **138** und die Bereiche um die Bolzen **138** können während des Betriebs des Motors **40** stark erhöhte Temperaturen erreichen. Außerdem können diese Bereiche aufgrund der geometrischen Gegebenheiten (z. B. Spalten und eng anliegende Flächen oder Passflächen) zwischen den Bolzen **138** und dem Motorverteiler für die Ansammlung von FOD anfällig sein. Somit können, wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** angegeben, die Wirbelrohre **70** so positioniert werden, dass die Wirbelrohrdüsen auf die Zielbereiche **90** des Primärmotors **40** mit einigen oder allen Befestigungsbolzen **138** des Verteileroberteils zeigen oder darauf ausgerichtet werden. Gleichzeitig können die Wirbelrohre **70** so positioniert werden, dass die Auslassöffnungen (durch welche die Heißströme abgeführt werden) in eine Richtung weg von den Zielbereichen **90** zeigen. In weiteren Fällen können die Auslassöffnungen der Wirbelrohre **70** mit zusätzlichen Leitungen (Rohr- oder Schlauchleitungen) verbunden werden, welche die erwärmten Auslassströme zur Außenseite des Motorraums **46** führen. Abschließend sind im Beispiel der **Fig. 5** und **Fig. 6** die Einlassöffnungen der Wirbelrohre **70** in der Regel nach oben gerichtet und durch ein Endsegment **134** der Verteilerströmungsleitung **76** fluidisch parallel gekoppelt. Andere Ausrichtungen und Positionierungen sind in weiteren Ausführungsformen möglich, vorausgesetzt, dass die Wirbelrohre **70** so positioniert werden, dass die reduzierten Temperaturströme gegen die Zielregionen **90** des Primärmotors **40** gerichtet werden.

**[0043]** Nun zu **Fig. 7** kommend, werden bestimmte Merkmale oder Bereiche des LPT-Abschnitts **42** und HPT-Abschnitts **44** ermittelt, auf die das System **22** für die Schmutzbeseitigung und Prallkühlung zweck-

mäßig ausgerichtet sein kann. Wie durch die gestrichelten Bereiche **88** angedeutet, können die Prallauslässe, die den Düsenansätzen **124** entsprechen, gekühlte Luftströme gegen die zwischengeschaltete Krümmerklemme **142** und/oder den Verteileranschluss mit den Bolzen **144** des HPT-Abschnitts **44** abgeben. Im Vergleich dazu können die dem Düsenansatz **122** entsprechende Prallauslässe (verdeckt in **Fig. 7**) einen gekühlten Prallstrahl gegen den Montagefuß **146** des LPT-Abschnitts **42** abgeben. Auch hier wurden solche Bereiche als anfällig für die Aufnahme von FOD identifiziert, was zumindest teilweise auf die komplexen äußeren Geometrien und/oder die Steckverbindungen in diesen Bereichen zurückzuführen ist, in denen FOD eingeklemmt oder eingelagert werden können. Solche Bereiche können während des Antriebsstrangbetriebs auch sehr hohe Temperaturen erreichen, die den Flammpunkt des in den Motorraum **46** aufgenommenen FOD überschreiten können (**Fig. 2**), sofern keine Prallkühlung durch das Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** vorhanden ist. Durch die Bereitstellung des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22**, das diese Schlüsselbereiche gezielt kühlt und von Schmutz befreit, wird die Widerstandsfähigkeit des Antriebsstrangs **30** gegenüber FOD-induzierten Motorbränden deutlich verbessert.

**[0044]** Wie oben erwähnt, können alternative Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** eine beliebige praktische Anzahl von Wirbelrohren beinhalten, die an verschiedenen Stellen innerhalb des Strömungsnetzwerks **72**, **74**, **76**, **78** positioniert werden können. In bestimmten Ausführungsformen kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem **22** nur ein einzelnes Wirbelrohr (oder eine kleine Anzahl von Wirbelrohren) den Prallauslässen vorgelagert beinhalten, die um den Antriebsstrang **30** angeordnet sind. In solchen Ausführungsformen kann die in den **Fig. 2** und **Fig. 4-6** gezeigte Anordnung der Wirbelrohre **70** durch Kanäle ersetzt werden, die in offene Enden münden, die dann als Prallauslass dienen. Um diesen Punkt weiter zu betonen, zeigt **Fig. 8** eine alternative Ausführungsform des Kühl- und Schmutzminderungssystems **22** (teilweise dargestellt), bei der die Wirbelrohre **70** durch eine Verteilerströmungsleitung **148** ersetzt werden, von der eine Reihe relativ kurzer Rohrstücke oder Segmente **150** nebeneinander verlaufen. Die Rohrsegmente **150** können in offenen Enden abschließen, die Prallströme gegen die Zielbereiche des Antriebsstrangs **30** abführen; z. B. gegen die Bereiche des Motors **40**, die eine Reihe von oberen Befestigungsschrauben (verdeckt) analog zu den in **Fig. 6**. Auch hier sind ein oder mehrere Wirbelrohre vorgesehen, die der Verteilerströmungsleitung **148** vorgelagert sind (z. B. das in **Fig. 2** gezeigte Wirbelrohr **64**), um die gewünschte Funktion der Stromtrennung zu gewährleisten und die Verteilerströmungsleitung **148** und damit die Prallausgänge mit Antei-

len des temperaturreduzierten Stroms für Zwecke der Prallkühlung und der Schmutzbeseitigung zu versorgen. In weiteren Ausführungsformen können an die offenen Enden der Rohrsegmente **150** Düsenstücke oder Einsätze ähnlich den oben beschriebenen Düsenensätzen **122**, **124** angefügt werden; oder die abschließenden Enden der Rohrsegmente **150** können so geformt (z. B. gequetscht) werden, dass z. B. konvergente Düsenströmungsgeometrien bereitgestellt werden.

#### AUFZÄHLUNG VON BEISPIELEN FÜR DAS KÜHL- UND

#### SCHMUTZMINDERUNGSSYSTEM

**[0045]** Die folgenden Beispiele für das Kühl- und Schmutzminderungssystem sind ferner bereitgestellt und zur leichteren Bezugnahme nummeriert.

**[0046]** 1. Ein Kühl- und Schmutzminderungssystem für den Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs umfasst eine Druckluftquelle, die einen Druckluftstrom mit einer ersten Temperatur bereitstellt, eine Vielzahl von Prallauslässen, die in der Nähe des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs angeordnet sind, um Luftströme gegen gezielte Außenbereiche desselben zu richten, ein Strömungsnetzwerk, das die Druckluftquelle mit der Vielzahl von Prallauslässen fluidisch verbindet, und ein erstes Wirbelrohr, das im Strömungsnetzwerk angeordnet ist. Das erste Wirbelrohr ist so konfiguriert, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom trennt. Das erste Wirbelrohr enthält einen Wirbelrohrenlass, der mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt ist, eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgelassen wird, und eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur, die niedriger liegt als die erste Temperatur, abgelassen wird. Der temperaturreduzierte Strom trifft auf mindestens einen der angestrebten Außenbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs, um diesen zu kühlen und die Ansammlung von Schmutz auf diesem zu reduzieren.

**[0047]** 2. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 1, wobei die Druckluftquelle einen Luftkompressortank, der über das Strömungsnetzwerk fluidisch mit dem Wirbelrohrenlass gekoppelt ist, sowie einen Luftkompressor umfasst, der fluidisch mit dem Luftkompressortank gekoppelt und so konfiguriert ist, dass er diesem einen Druckluftstrom zuführt.

**[0048]** 3. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 2, wobei der Luftkompressor eine manuelle Zubehörkupplung zur manuellen Anbringung von mindestens einem druckbeaufschlagten Reinigungszubehör aufweist. Die manuelle Zubehörkupplung ist von der Außenseite eines Arbeitsfahrzeugs

einschließlich des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs zugänglich.

**[0049]** 4. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 2, wobei die Druckluftquelle ferner ein Druckbegrenzungsventil enthält, das so konfiguriert ist, dass es den Druckluftstrom aus dem Luftkompressortank in Richtung des Wirbelrohrenlasses entlüftet, sobald ein maximaler Fülldruck des Luftkompressortanks überschritten wird.

**[0050]** 5. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 2 beinhaltet weiterhin: ein Steuerventil, das im Strom des Strömungsnetzwerks des Luftkompressortanks nachgelagert und dem Wirbelrohrenlass vorgelagert positioniert ist; und ein Controller, der betriebsbereit mit dem Steuerventil gekoppelt ist und das Steuerventil so moduliert, dass es den Druckluftstrom vom Luftkompressortank zum Wirbelrohrenlass während des Betriebs des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs reguliert.

**[0051]** 6. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 5, bei dem der Controller konfiguriert ist, um das Steuerventil so zu modulieren, dass die erzeugten Druckluftimpulse dem Wirbelrohrenlass zugeführt werden.

**[0052]** 7. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 5, wobei der Controller zumindest in einem Schmutzbeseitigungsmodus und einem erweiterten Kühlmodus betrieben werden kann. Beim Betrieb im Schmutzbeseitigungsmodus weist der Controller das Steuerventil an, Druckluftimpulse mit einer höheren Frequenz zu erzeugen als dies beim Betrieb im erweiterten Kühlmodus der Fall ist.

**[0053]** 8. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 1, wobei das Strömungsnetzwerk eine Verteilerströmungsleitung mit Verteilerauslässen aufweist, die in der Vielzahl von Prallauslässen enthalten sind; und wobei die Düse des ersten Wirbelrohrs fluidisch mit einem Einlass der Verteilerströmungsleitung verbunden ist

**[0054]** 9. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 8, wobei der Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs ferner einen Turbolader enthält; und wobei die Vielzahl von Prallauslässen ferner mindestens einen Turbolader-Prallauslass enthält, der strömungstechnisch mit der Düse des ersten Wirbelrohrs gekoppelt und so positioniert ist, dass er einen Teil des Stroms mit reduzierter Temperatur gegen einen gezielten Außenbereich des Turboladers richtet.

**[0055]** 10. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 8, wobei der Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs Befestigungsbolzen des Verteileroberteils enthält; und wobei die Motorverteilerauslässe so positioniert sind, dass sie Teile des Stroms

mit reduzierter Temperatur gegen jene anvisierten Außenbereiche des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs leiten, welche die Befestigungsbolzen des Verteileroberteils aufweisen.

**[0056]** 11. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 8, bei dem sich die Motorverteilerströmungsleitung zumindest teilweise um einen äußeren Umfang des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs wickelt.

**[0057]** 12. Das Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 1 enthält ferner eine Vielzahl von Wirbelrohren, in denen das erste Wirbelrohr enthalten ist, wobei die Vielzahl von Wirbelrohren durch das Strömungsnetzwerk fluidisch parallel gekoppelt ist.

**[0058]** 13. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 12, bei dem die Vielzahl der Wirbelrohre in einer im Wesentlichen linearen Anordnung beabstandet entlang des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs angeordnet ist.

**[0059]** 14. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 12, wobei die Vielzahl von Wirbelrohren so ausgewählt ist, dass unterschiedliche Strömungswiderstände bereitgestellt werden, welche die Einheitlichkeit der Strömungsrate über die Vielzahl von Wirbelrohren während des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems erhöhen.

**[0060]** 15. In weiteren Ausführungsformen beinhaltet ein Kühl- und Schmutzminderungssystem, das bei einem Arbeitsfahrzeugantriebsstrang verwendet wird, eine Druckluftquelle, ein Strömungsnetzwerk und ein Wirbelrohr, das so konfiguriert ist, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen heißen und einen temperaturreduzierten Strom trennt. Das Wirbelrohr weist einen Wirbelrohrenlass auf, der mit der Druckluftquelle fluidisch gekoppelt ist, eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom austritt, und eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur austritt. Das Strömungsnetzwerk umfasst wiederum eine Zufuhrströmungsleitung, die einen Auslass der Druckluftquelle mit dem Wirbelrohrenlass verbindet, eine Vielzahl von Prallauslässen, die um den Antriebsstrang des Arbeitsfahrzeugs herum angeordnet sind, um Luftströme gegen gezielte Außenbereiche desselben zu leiten, und eine Verteilerströmungsleitung, welche die Düse des Wirbelrohrs mit der Vielzahl von Prallauslässen verbindet.

#### FAZIT

**[0061]** Aus diesem Grund wurden Ausführungsformen eines Kühl- und Schmutzminderungssystems für den Einsatz in Verbindung mit Antriebssträngen von Arbeitsfahrzeugen, wie zum Beispiel Mähdreschern und sonstigen Arbeitsfahrzeugen, die in mit Schmutz

belasteten Umgebungen betrieben werden, bereitgestellt. Das Kühl- und Schmutzminderungssystem reduziert die Wahrscheinlichkeit von FOD-induzierten Motorbränden, indem es für Kühlung und Schmutzbeseitigung in ausgewählten Bereichen des Antriebsstrangs eines Arbeitsfahrzeugs sorgt. Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems können ein oder mehrere Wirbelrohre enthalten, um hochdruckbeaufschlagte Zufuhrströme in erhitze Auslassströme und temperaturreduzierte Ströme zu trennen. Von Vorteil ist, dass die Wirbelrohre einen kontinuierlichen, zuverlässigen, passiven Betrieb ermöglichen und gleichzeitig die gewünschte Kühlung der Prallströme durch einen kontrollierten Kompress bei der Druckreduzierung erreichen können. Zumindest in einigen Fällen nutzt das Kühl- und Schmutzminderungssystem die Verfügbarkeit von Luftüberdruck zur Umwandlung in Luftströme mit reduzierter Temperatur, die sich gut für die Prallkühlung von Hot Spots im Antriebsstrang eignen und die genügend Druck für Zwecke der Schmutzbeseitigung aufrechterhalten. In bestimmten Ausführungsformen kann das Kühl- und Schmutzminderungssystem den überschüssigen Luftstrom, der von einem Luftkompressor bereitgestellt wird, darüber hinaus nutzen, um als Druckluftquelle zur Versorgung der Wirbelrohre zu dienen. Ausführungsformen des Kühl- und Schmutzminderungssystems bieten darüber hinaus erweiterbare, anpassungsfähige Designs, die sich kostengünstig, mit geringfügigen, falls überhaupt, Änderungen an bestehenden Komponenten und der Infrastruktur, in den Antriebsstrang von Arbeitsfahrzeugen integrieren lassen.

**[0062]** Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „ein/eine“ und „der/die“ auch die Pluralformen beinhalten, sofern der Kontext dies nicht klar ausschließt. Es versteht sich ferner, dass die Begriffe „umfasst“ und/oder „umfassend“ bei einer Verwendung in dieser Patentschrift das Vorhandensein von angegebenen Merkmalen, Ganzzahlen, Schritten, Operationen, Elementen und/oder Komponenten angeben, jedoch nicht das Vorhandensein oder die Hinzufügung eines bzw. einer oder mehrerer anderer Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Operationen, Elemente, Komponenten und/oder Gruppen davon ausschließen.

**[0063]** Die Beschreibung der vorliegenden Offenbarung wurde zur Veranschaulichung und Beschreibung vorgelegt, soll aber nicht vollständig oder auf die Offenbarung in der offenbarten Form beschränkt sein. Viele Modifikationen und Variationen sind für Fachleute offensichtlich, ohne vom Umfang und Sinn der Offenbarung abzuweichen. Die hierin ausdrücklich genannten Ausführungsformen wurden ausgewählt und beschrieben, um die Prinzipien der Offenbarung und ihre praktische Anwendung am besten zu erklären und es anderen Durchschnittsfachleuten auf diesem Gebiet ermöglichen, die Offenbarung zu ver-

stehen und viele Alternativen, Änderungen und Abweichungen von den beschriebenen Beispielen zu erkennen. Dementsprechend liegen verschiedene Ausführungsformen und Implementierungen als die explizit beschriebenen im Geltungsbereich der folgenden Ansprüche.

### Patentansprüche

1. Kühl- und Schmutzminderungssystem für den Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs, wobei das Kühl- und Schmutzminderungssystem Folgendes umfasst:

eine Druckluftquelle, die einen Druckluftstrom mit einer ersten Temperatur bereitstellt;  
eine Vielzahl von Prallauslässen, die in der Nähe des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs positioniert sind, um Luftströme gegen gezielte Außenbereiche davon zu lenken;  
ein Strömungsnetzwerk, das die Druckluftquelle fluidisch mit der Vielzahl von Prallauslässen koppelt; und  
ein erstes Wirbelrohr, das in dem Strömungsnetzwerk positioniert und so konfiguriert ist, dass es den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen Heißstrom und einen Strom mit reduzierter Temperatur trennt, wobei das erste Wirbelrohr Folgendes umfasst:  
einen Wirbelrohrenlass, der fluidisch mit der Druckluftquelle gekoppelt ist;  
eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgegeben wird; und  
eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur mit einer zweiten Temperatur, die niedriger ist als die erste Temperatur, austritt, wobei der Strom mit reduzierter Temperatur auf mindestens einen der anvisierten Außenbereiche des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs prallt, um diesen zu kühlen und die Ansammlung von Schmutz darauf zu verringern.

2. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 1, wobei die Druckluftquelle Folgendes umfasst:

einen Luftkompressortank, der über das Strömungsnetzwerk mit dem Wirbelrohrenlass fluidisch gekoppelt ist; und  
einen Luftkompressor, der mit dem Luftkompressortank fluidisch gekoppelt und so konfiguriert ist, dass er diesen mit einem Druckluftstrom versorgt.

3. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 2, wobei der Luftkompressor eine manuelle Zubehörkupplung zur manuellen Befestigung mindestens eines druckbeaufschlagten Reinigungszubehörs umfasst, wobei die manuelle Zubehörkupplung von außerhalb eines Arbeitsfahrzeugs einschließlich des Arbeitsfahrzeugantriebs zugänglich ist.

4. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 2, wobei der Luftkompressortank einen maximalen Fülldruck aufweist; und wobei die Druckluft-

quelle ferner ein Druckbegrenzungsventil umfasst, das so konfiguriert ist, dass es den Druckluftstrom aus dem Luftkompressortank in Richtung des Wirbelrohrenlasses ablässt, sobald der maximale Fülldruck des Luftkompressortanks überschritten wird.

5. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 2, ferner umfassend:

ein Steuerventil, das im Strömungsnetzwerk dem Luftkompressortank nachgelagert und dem Wirbelrohrenlasses vorgelagert ist, und  
ein Controller, der funktionell mit dem Steuerventil gekoppelt ist und das Steuerventil so moduliert, dass der Druckluftstrom vom Luftkompressortank zum Wirbelrohrenlass während des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems reguliert wird.

6. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 5, wobei der Controller so konfiguriert ist, dass er das Steuerventil in einer Weise moduliert, dass Druckluftimpulse erzeugt werden, die dem Wirbelrohrenlass zugeführt werden.

7. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 5, wobei der Controller mindestens in einem Schmutzbeseitigungsmodus und einem verbesserten Kühlmodus betrieben werden kann; und wobei die Steuerung beim Betrieb im Schmutzbeseitigungsmodus dem Steuerventil befiehlt, Druckluftimpulse mit einer größeren Frequenz als beim Betrieb im erweiterten Kühlmodus zu erzeugen.

8. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 1, wobei das Strömungsnetzwerk eine Verteilerströmungsleitung mit einer Vielzahl von Auslässen aufweist; und wobei die Düse des ersten Wirbelrohrs mit einem Einlass der Verteilerströmungsleitung fluidisch gekoppelt ist.

9. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 8, wobei der Arbeitsfahrzeugantriebsstrang außerdem einen Turbolader enthält; und wobei die Vielzahl von Prallauslässen zudem mindestens einen Turbolader-Prallauslass enthält, der mit der Düse des ersten Wirbelrohrs fluidisch gekoppelt und so positioniert ist, dass er einen Teil des Stroms mit reduzierter Temperatur gegen einen gezielten Außenbereich des Turboladers richtet.

10. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 8, wobei der Arbeitsfahrzeugantriebsstrang Befestigungsbolzen des Verteileroberteils umfasst; und wobei die Verteilerauslässe so positioniert sind, dass sie Teile des Stroms mit reduzierter Temperatur gegen gezielte Außenbereiche des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs richten, die den Befestigungsbolzen des Verteileroberteils entsprechen.

11. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 8, wobei die Verteilerströmungsleitung zu-

mindest teilweise um einen äußeren Umfang des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs gewickelt ist.

12. Kühl- und Schutzminderungssystem nach Anspruch 1, das ferner eine Vielzahl von Wirbelrohren aufweist, in denen das erste Wirbelrohr enthalten ist, wobei die Vielzahl von Wirbelrohren durch das Strömungsnetzwerk fluidisch parallel gekoppelt ist.

13. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 12, wobei die Vielzahl der Wirbelrohre in einer im Wesentlichen linearen Anordnung beabstandet entlang des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs angeordnet ist.

14. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Beispiel 12, wobei die Vielzahl von Wirbelrohren so ausgewählt ist, dass unterschiedliche Strömungswiderstände bereitgestellt werden, welche die Einheitlichkeit der Strömungsrate über die Vielzahl von Wirbelrohren während des Betriebs des Kühl- und Schmutzminderungssystems erhöhen.

15. Kühlungs- und Schutzminderungssystem, das mit einem Arbeitsfahrzeugantriebsstrang verwendet wird, wobei das Kühlungs- und Schutzminderungssystem Folgendes umfasst:

eine Druckluftquelle;

ein Wirbelrohr, das so konfiguriert ist, um den von der Druckluftquelle erhaltenen Druckluftstrom in einen Heißstrom und einen Strom mit reduzierter Temperatur zu trennen, wobei das Wirbelrohr Folgendes umfasst:

einen Wirbelrohreinlass, der fluidisch mit der Druckluftquelle gekoppelt ist;

eine Auslassöffnung, durch die der Heißstrom abgegeben wird; und

eine Düse, durch die der Strom mit reduzierter Temperatur abgegeben wird; und

ein Strömungsnetzwerk, umfassend:

eine Zufuhrströmungsleitung, die einen Auslass der Druckluftquelle fluidisch an den Wirbelrohreinlass koppelt;

eine Vielzahl von Prallauslässen, die um den Arbeitsfahrzeugantriebsstrang herum angeordnet sind, um Luftströme gegen gezielte Außenbereiche des Fahrzeugs zu richten; und

eine Verteilerströmungsleitung, welche die Düse des Wirbelrohrs fluidisch an die Vielzahl von Prallauslässen koppelt.

16. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 15, wobei die Druckluftquelle Folgendes umfasst:

einen Luftkompressor mit mindestens einer manuellen Zubehörkupplung, die von der Außenseite des Arbeitsfahrzeugs zugänglich ist; und

einen Luftkompressortank, der fluidisch mit dem Luftkompressor gekoppelt und so konfiguriert ist, dass er einen unter Druck stehenden Luftstrom von diesem

empfängt, wobei der Luftkompressortank einen Auslass aufweist, der fluidisch mit dem Wirbelrohreinlass durch die Zufuhrstromleitung gekoppelt ist.

17. Kühl- und Schutzminderungssystem, das mit einem Arbeitsfahrzeugantriebsstrang verwendet wird, wobei das Kühlungs- und Schutzminderungssystem Folgendes umfasst:

eine Druckluftquelle, die einen Druckluftstrom bereitstellt;

ein Strömungsnetzwerk, das einen Auslass der Druckluftquelle fluidisch koppelt; und

eine Anordnung von Wirbelrohren, die in dem Strömungsnetzwerk positioniert und entlang des Antriebsstrangs des Arbeitsfahrzeugs beabstandet sind, wobei die Anordnung von Wirbelrohren Folgendes umfasst:

Wirbelrohreinlässe, die über das Strömungsnetzwerk fluidisch mit der Druckluftquelle verbunden sind;

interne Strömungsgeometrien, die so konfiguriert sind, dass sie den an den Wirbelrohreinlässen empfangenen Druckluftstrom in einen Heißstrom und einen Strom mit reduzierter Temperatur trennen;

Auslassöffnungen, durch welche die Heißströme abgegeben werden; und

Düsen, durch welche die reduzierten Temperaturströme gezielt auf die Außenbereiche des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs prallen.

18. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 17, wobei die Druckluftquelle Folgendes umfasst:

einen Luftkompressor mit mindestens einer manuellen Zubehörkupplung, die von der Außenseite des Arbeitsfahrzeugs zugänglich ist; und

einen Luftkompressortank, der fluidisch mit dem Luftkompressor gekoppelt und so konfiguriert ist, dass er einen druckbeaufschlagten Luftstrom von diesem erhält, wobei der Luftkompressortank einen Auslass aufweist, der fluidisch mit Wirbelrohreinlässen an das Strömungsnetzwerk gekoppelt ist.

19. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 17, ferner umfassend:

ein Steuerventil, das im Strömungsnetzwerk dem Luftkompressortank nachgelagert und dem Wirbelrohreinlass vorgelagert ist, wobei das Steuerventil ein Ventilelement enthält; und

einen Controller, der funktionelle mit dem Steuerventil gekoppelt ist und die Bewegung des Ventilelements befiehlt, um während des Betriebs des Arbeitsfahrzeugantriebsstrangs den Druckluftstrom vom Luftkompressortank zum Wirbelrohreinlass zu regulieren.

20. Kühl- und Schmutzminderungssystem nach Anspruch 17, wobei das Strömungsnetzwerk eine Verteilerströmungsleitung mit Verteilerauslässen umfasst, die in der Vielzahl der Prallauslässe enthalten sind; und wobei die Düse des ersten Wirbelrohrs mit

einem Einlass der Verteilerströmungsleitung fluidisch gekoppelt ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

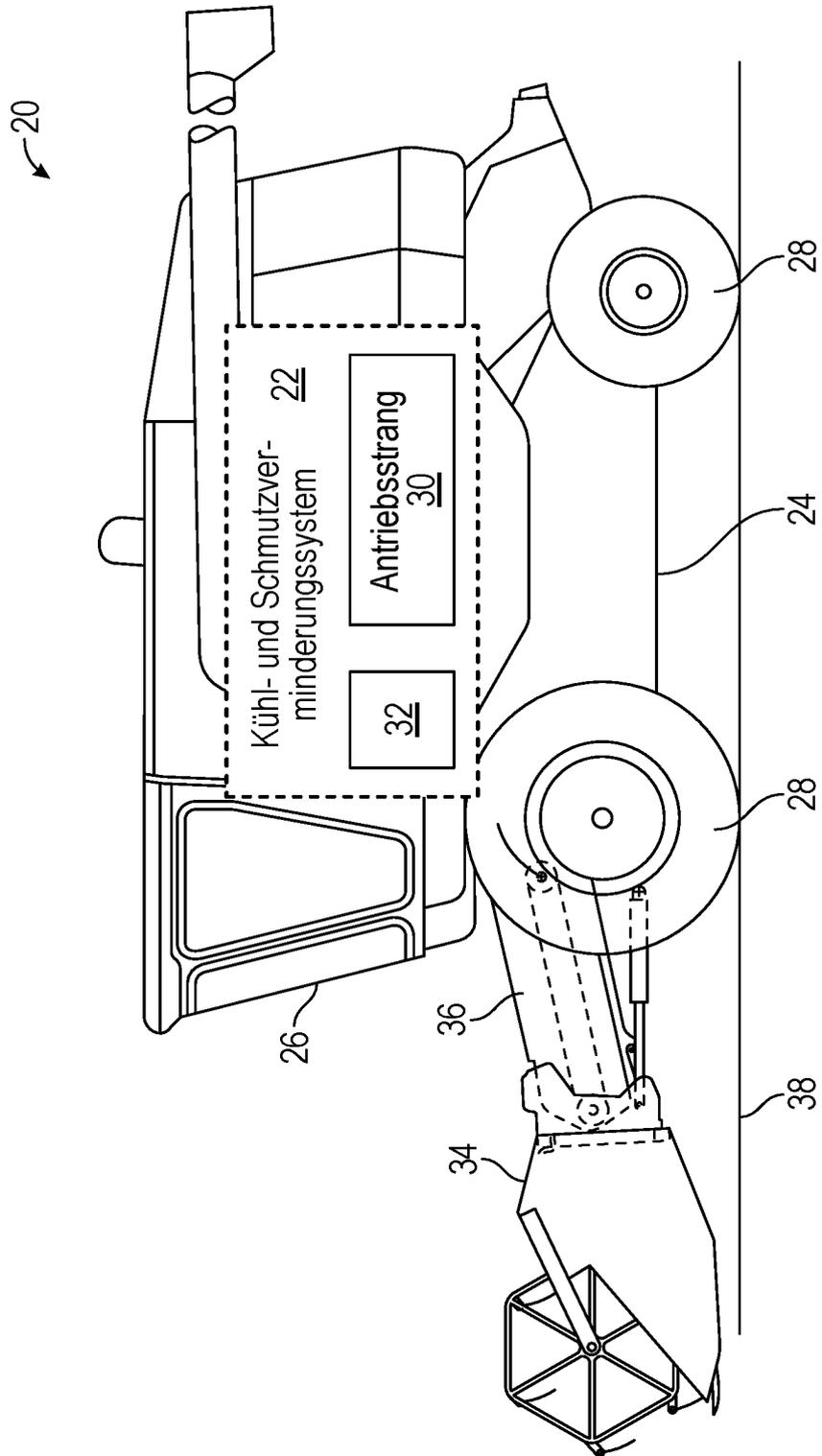


FIG. 1

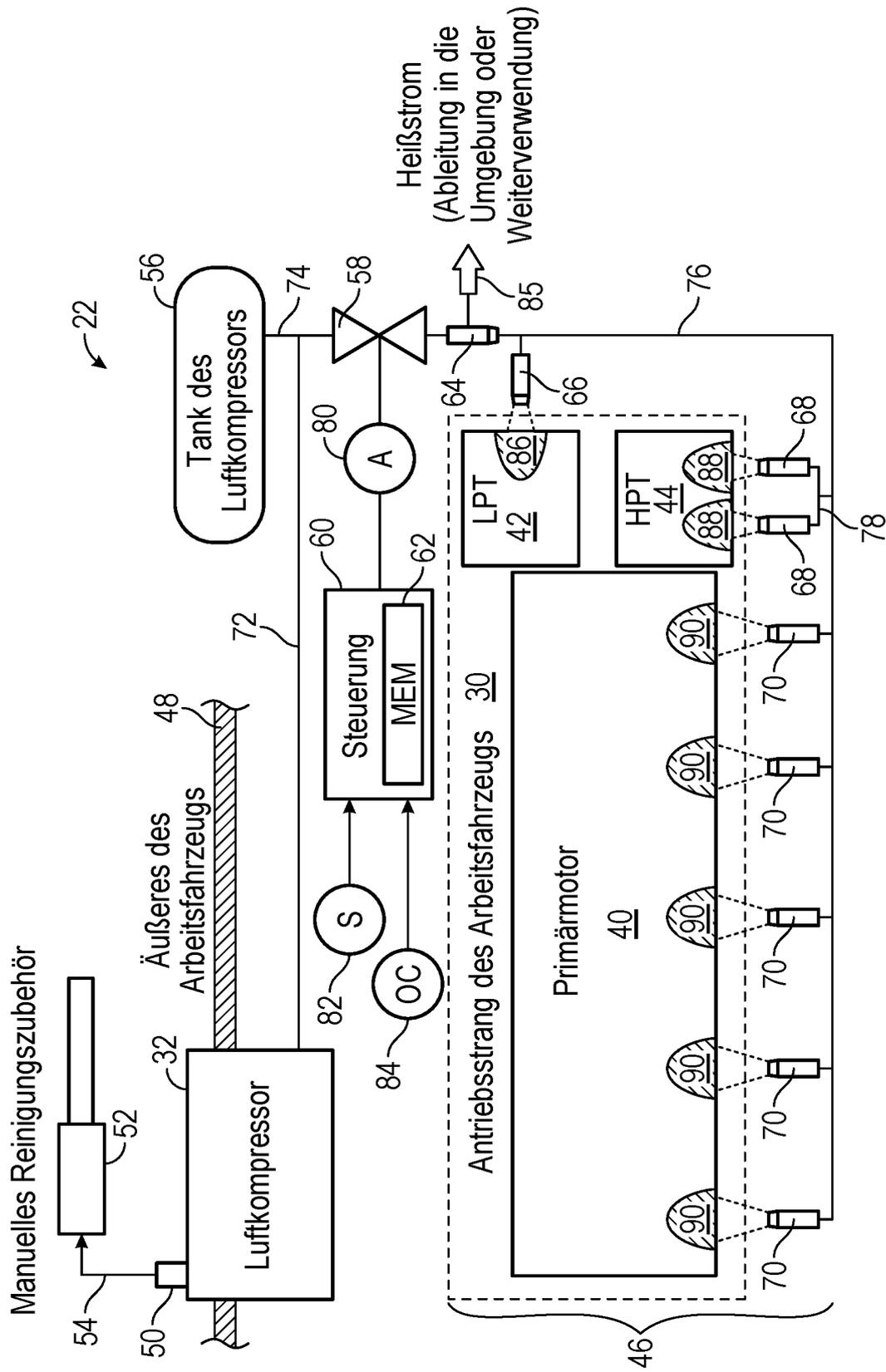


FIG. 2

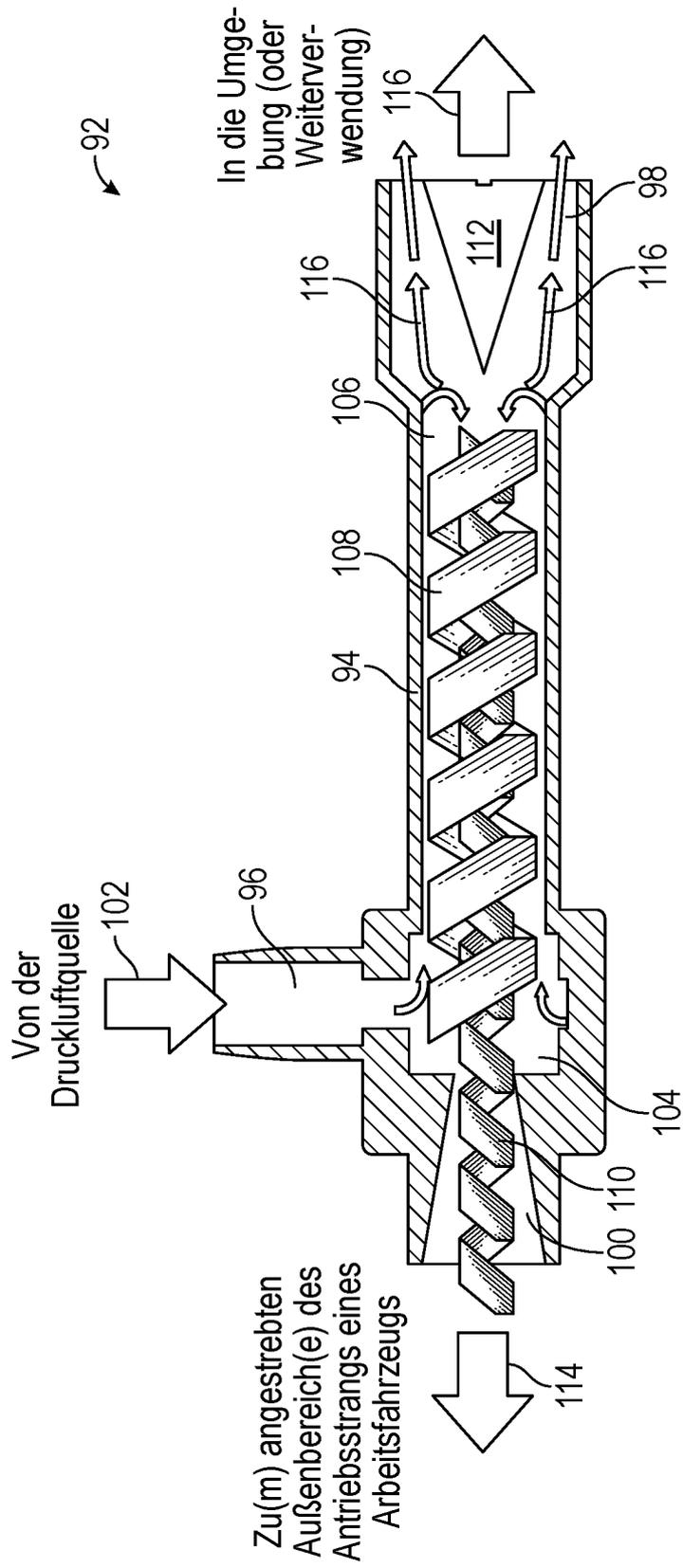


FIG. 3



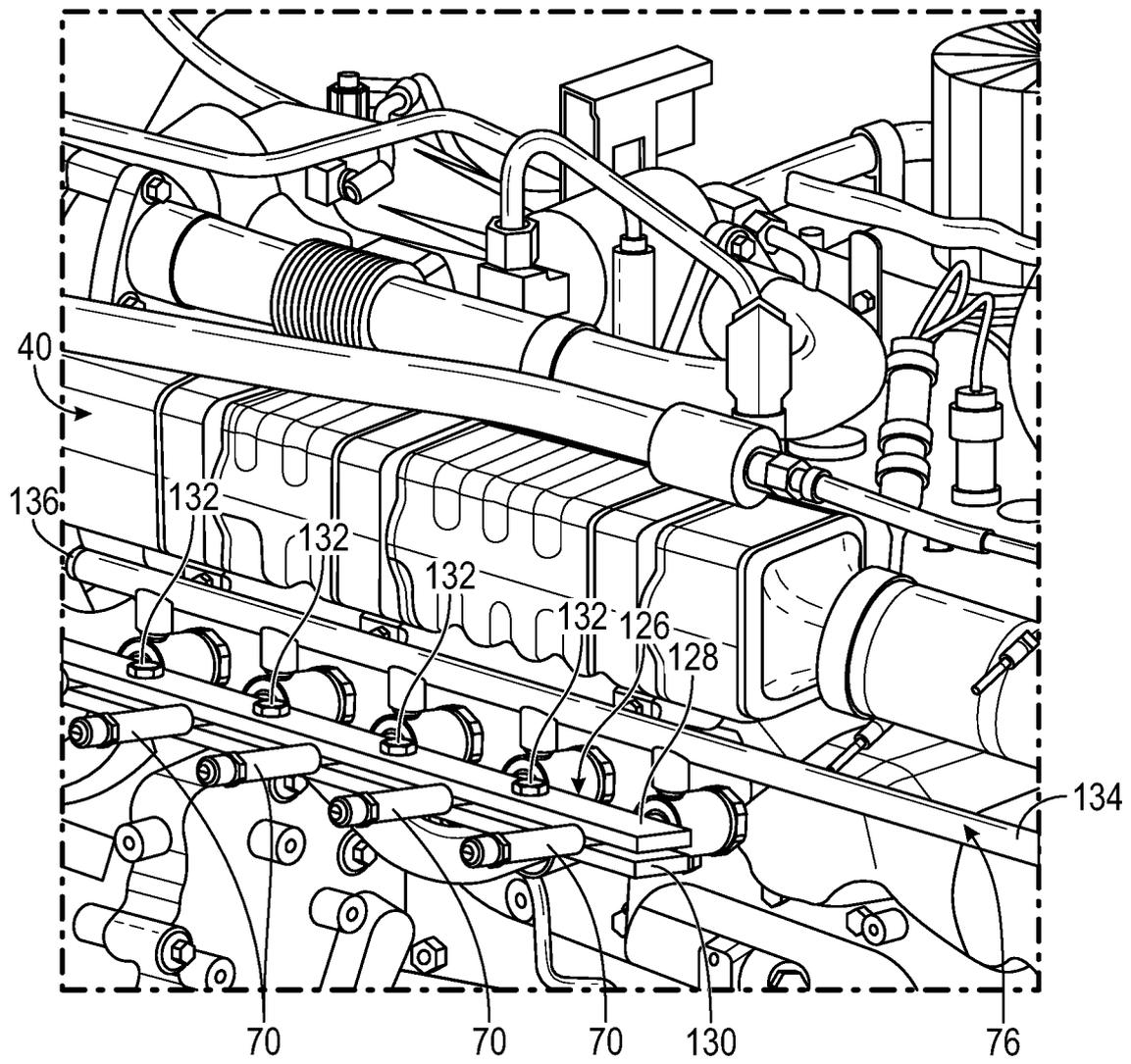


FIG. 5

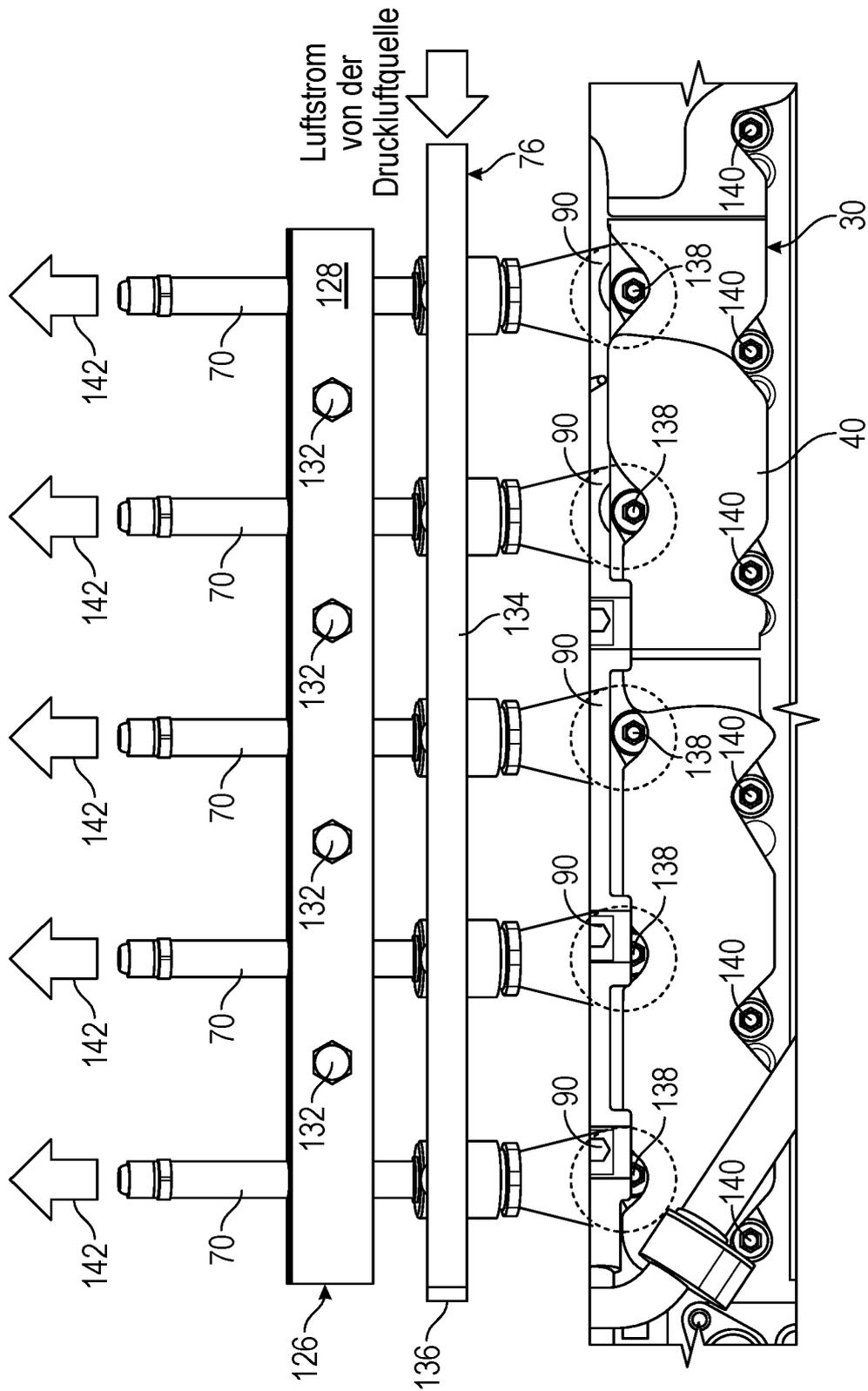


FIG. 6

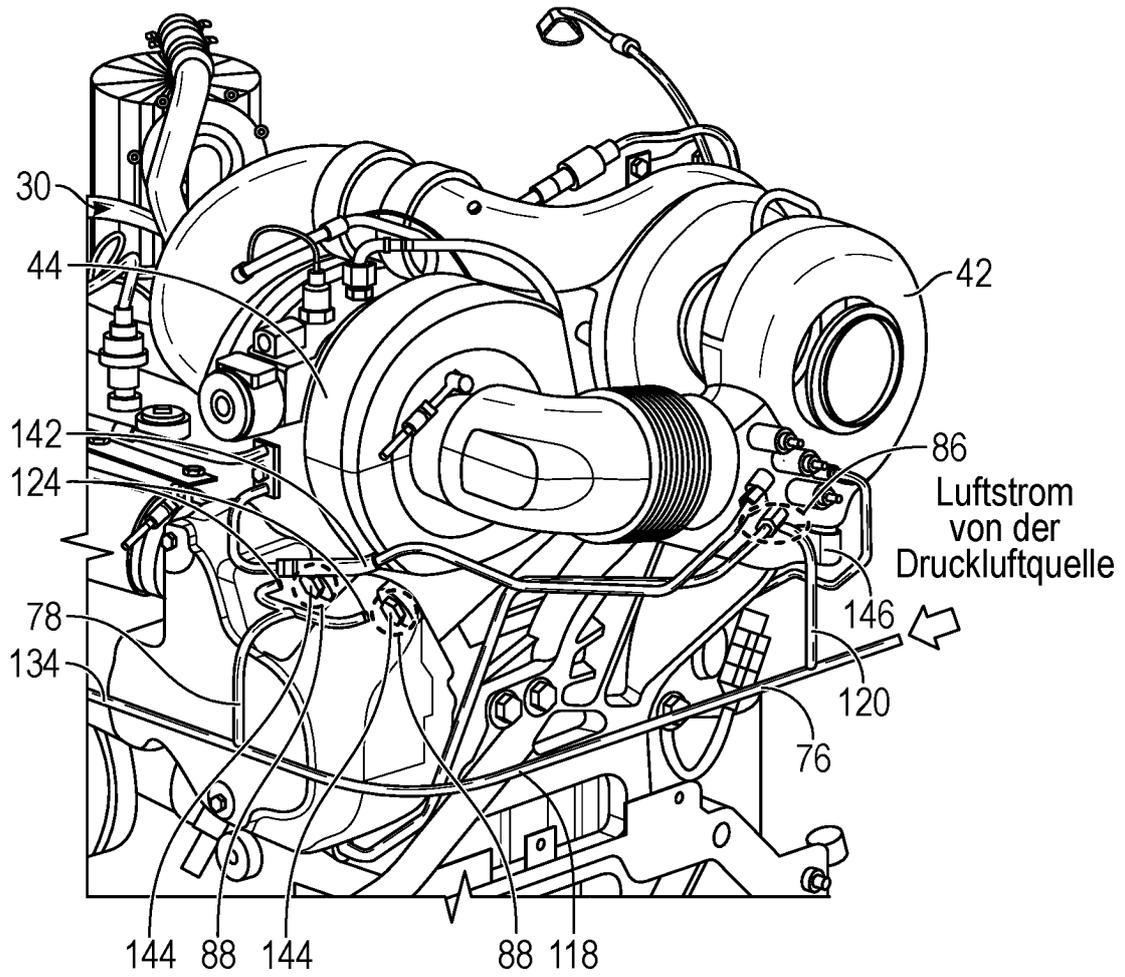
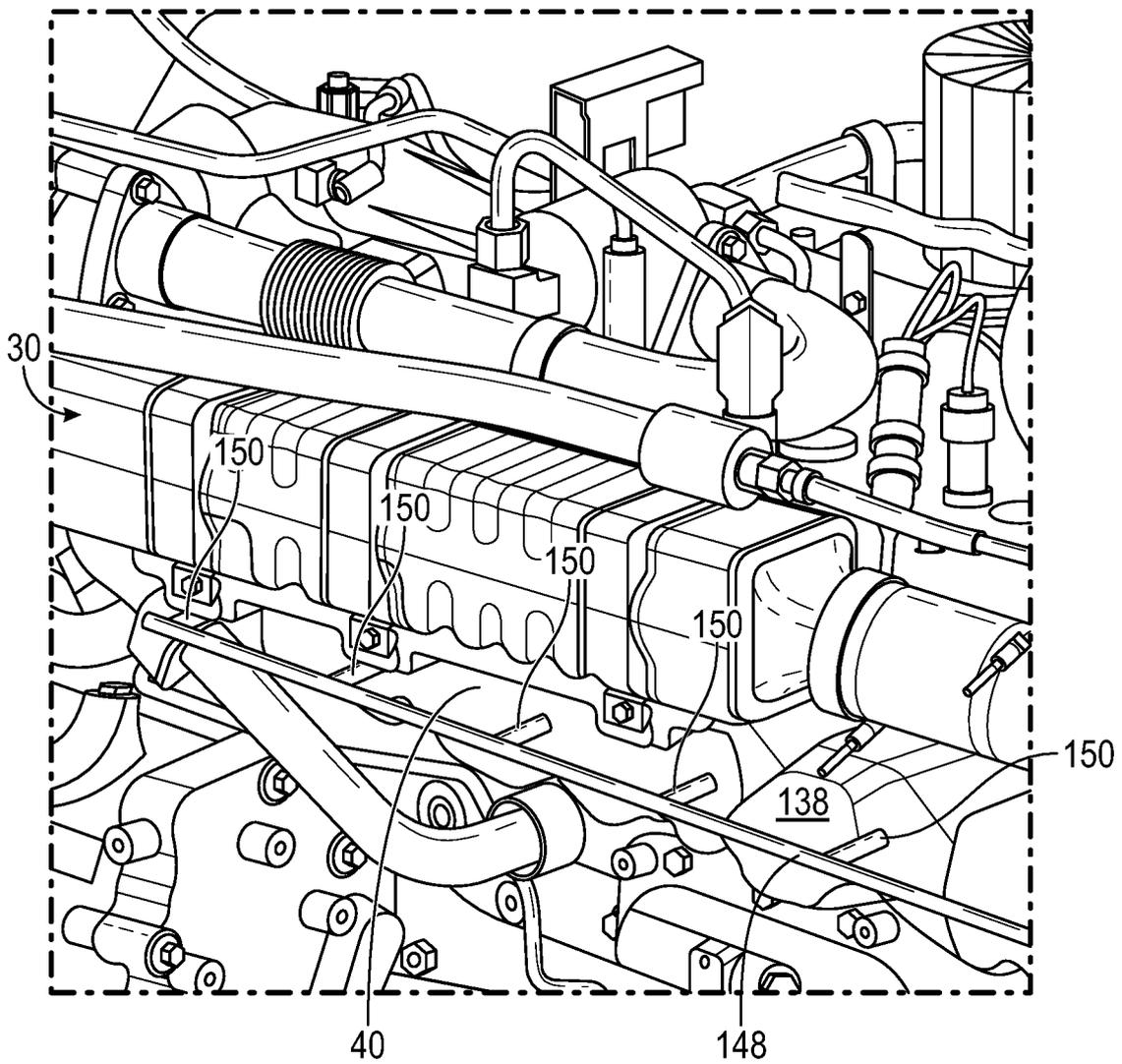


FIG. 7



**FIG. 8**