

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. November 2023 (16.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/217935 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G05B 9/03 (2006.01) F15B 21/08 (2006.01)
F15B 20/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/062547

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Mai 2023 (11.05.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 111 781.2
11. Mai 2022 (11.05.2022) DE

(71) Anmelder: **FESTOSE & CO. KG** [DE/DE]; Ruiter Straße
82, 73734 Esslingen (DE).

(72) Erfinder: **AMLER, Andreas**; Kirchheimer Straße 26,
72639 Neuffen (DE). **BEYERLEIN, Thomas**; Birken-
waldstraße 20B, 70191 Stuttgart (DE). **BÄURLE, Christi-
an**; Sattlerweg 4, 73266 Bissingen (DE).

(74) Anwalt: **PATENTANWÄLTE MAGENBAUER &
KOLLEGEN PARTNERSCHAFT MBB**; Ploching Str.
109, 73730 Esslingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: PNEUMATIC ACTUATOR SYSTEM

(54) Bezeichnung: PNEUMATISCHES AKTORSYSTEM

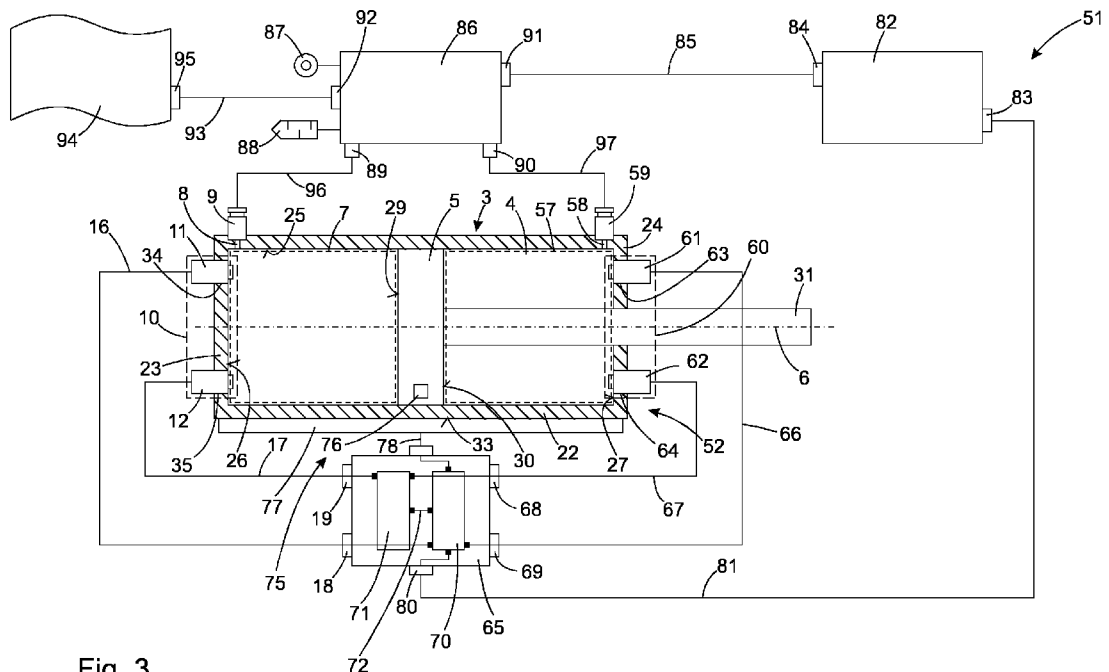


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a pneumatic actuator system (1; 41; 61) comprising an actuator (2; 52) which has an actuator housing (3) having a work recess (4) in which a drive element (5) is movably accommodated, which drive element delimits, together with the work recess (4), a size-variable first work space (7), wherein a first fluid channel (8) extends through the actuator housing (3) and extends between the first work space (7) and a first fluid connection (9) located on the outside of the actuator housing (3); as well as comprising a pressure-sensor assembly (10; 42; 60) for measuring a working pressure in the first work space (7), which pressure-sensor assembly is connected to an analysis device (15; 65), wherein the pressure-sensor assembly (10; 42; 60) comprises a first pressure sensor (11; 43) for providing a first pressure signal and a second pressure sensor (12; 44) for providing a second pressure



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

signal, and wherein the analysis device (15; 65) is designed to determine a status signal on the basis of the two pressure signals and to provide the status signal to a communications interface (80).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein pneumatisches Aktorsystem (1; 41; 61), mit einem Aktor (2; 52), der ein Aktorgehäuse (3) mit einer Arbeitsausnehmung (4) aufweist, in der ein Antriebsglied (5) beweglich aufgenommen ist, das mit der Arbeitsausnehmung (4) einen größenvariablen ersten Arbeitsraum (7) begrenzt, wobei das Aktorgehäuse (3) von einem ersten Fluidkanal (8) durchsetzt ist, der zwischen dem ersten Arbeitsraum (7) und einem außen am Aktorgehäuse (3) angeordneten ersten Fluidanschluss (9) erstreckt ist, sowie mit einer Drucksensoranordnung (10; 42; 60) zur Erfassung eines Arbeitsdrucks im ersten Arbeitsraum (7), die mit einer Auswerteeinrichtung (15; 65) verbunden ist, wobei die Drucksensoranordnung (10; 42; 60) einen ersten Drucksensor (11; 43) zur Bereitstellung eines ersten Drucksignals und einen zweiten Drucksensor (12; 44) zur Bereitstellung eines zweiten Drucksignals aufweist und wobei die Auswerteeinrichtung (15; 65) zur Ermittlung eines Zustandssignals in Abhängigkeit von den beiden Drucksignalen sowie zur Bereitstellung des Zustandssignals an einer Kommunikationsschnittstelle (80) ausgebildet ist.

Pneumatisches Aktorsystem

Die Erfindung betrifft ein pneumatisches Aktorsystem für einen kollaborativen Roboter. Ein solches Pneumatisches Aktorsystem kann beispielsweise zur Einleitung einer Relativbewegung zwischen zwei schwenkbeweglich miteinander gekoppelten Armabschnitten eines Roboterarms eines kollaborativen Roboters genutzt werden. Um ein Verletzungsrisiko durch Bewegungen des kollaborativen Roboters zu reduzieren ist es aus einem druckschriftlich nicht niedergelegten Stand der Technik bekannt, ein pneumatisches Aktorsystem mit einem sicherheitsgerichtet ausgebildeten Positionsmesssystem zu versehen, um beispielsweise nicht vorgesehene Relativbewegungen zwischen den Armabschnitten zuverlässig ermitteln zu können und bei Vorliegen einer solchen nicht vorgesehenen Relativbewegung den Roboterarm in einen sicheren Zustand bringen zu können.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein pneumatisches Aktorsystem für einen kollaborativen Roboter bereitzustellen, das gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten pneumatischen Aktorsystem eine kostengünstigere Aufbauweise und einen vergrößerten Funktionsumfang aufweist.

Diese Aufgabe wird für ein pneumatisches Aktorsystem der eingangs genannten Art wie folgt gelöst: mit einem Aktor, der ein Aktorgehäuse umfasst, in dem eine Arbeitsausnehmung ausgebildet ist, in der ein Antriebsglied beweglich aufgenommen

ist, das mit der Arbeitsausnehmung einen größenvariablen ersten Arbeitsraum begrenzt, wobei das Aktorgehäuse von einem ersten Fluidkanal durchsetzt ist, der zwischen dem ersten Arbeitsraum und einem außen am Aktorgehäuse angeordneten ersten Fluidanschluss erstreckt ist, sowie mit einer Drucksensoranordnung, die für eine Erfassung eines Arbeitsdrucks im ersten Arbeitsraum ausgebildet ist und die elektrisch mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, wobei die Drucksensoranordnung einen ersten Drucksensor aufweist, der zur Bereitstellung eines ersten Drucksignals ausgebildet ist, und einen zweiten Drucksensor aufweist, der zur Bereitstellung eines zweiten Drucksignals ausgebildet ist, und wobei die Auswerteeinrichtung eine Kommunikationsschnittstelle aufweist und zur Ermittlung eines, insbesondere ein vom Aktor bereitgestelltes Kraftniveau angegebendes, Zustandssignals in Abhängigkeit von dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal sowie zur Bereitstellung des Zustandssignals an der Kommunikationsschnittstelle ausgebildet ist.

In einer ersten Ausführungsform kann der Aktor als so genannter einfachwirkender Aktor ausgebildet sein, der eine einzige Arbeitskammer aufweist, die von einer Innenwand der im Arbeitsgehäuse ausgebildeten Arbeitsausnehmung sowie von einem Oberflächenabschnitt des Antriebsglieds begrenzt wird. Eine Zufuhr eines druckbeaufschlagten Fluids in diese Arbeitskammer erfolgt durch einen ersten Fluidkanal, der sich zwischen einem außen am Aktorgehäuse angeordneten, beispielsweise als Schlauchkupplung ausgebildeten, Fluidanschluss und einer in der Arbeitskammer ausgebildeten Mündungsöffnung erstreckt. Bei einer derartigen Fluidzufuhr in den Arbeitsraum wirkt eine Druckkraft auf das Antriebsglied, das durch diese Druckkraft längs eines, insbesondere geradlinigen oder kreisabschnittsförmigen, Bewegungswegs verlagert wird. Um eine vom

Antriebsglied bereitgestellte Kraft oder ein vom Antriebsglied bereitgestelltes Drehmoment bestimmen zu können, wird mittels einer Drucksensoranordnung der Druck des Arbeitsfluids in dem ersten Arbeitsraum bestimmt und unter Berücksichtigung der Geometrie des Antriebsglieds sowie den Eigenschaften einer gegebenenfalls dem Aktor zugeordneten Rückstellrichtung wie beispielsweise einer Rückstellfeder, in einer elektrisch mit der Drucksensoranordnung verbundenen Auswerteeinrichtung ermittelt. Um hierfür eine zuverlässige Druckbestimmung gewährleisten zu können, umfasst die Drucksensoranordnung einen ersten Drucksensor und einen zweiten Drucksensor, die beide dem ersten Arbeitsraum zugeordnet sind. Somit werden der Auswerteeinrichtung zwei Drucksignale zur Verfügung gestellt, aus denen die Auswerteeinrichtung ein Zustandssignal ermitteln kann. Beispielfhaft kann vorgesehen sein, dass die Auswerteeinrichtung eine Abweichung zwischen dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal ermittelt. Für den Fall, dass diese Abweichung innerhalb eines vorgegebenen Vertrauensintervalls liegt, stellt die Auswerteeinrichtung entweder einen Druckwert, der aus einem der beiden Drucksignale berechnet wurde, oder einen aus beiden Drucksignalen berechneten Druckwert oder einen aus dem Druckwert ermittelten Kraftwert bzw. Drehmomentwert als Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle bereit. Ferner kann vorgesehen sein, dass bei Vorliegen einer Abweichung zwischen dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal, die außerhalb des vorgegebenen Vertrauensintervalls liegt, eine Fehlermeldung als Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle bereitgestellt wird. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Auswerteeinrichtung nur für den Fall, dass die Abweichung zwischen dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal außerhalb des vorgegebenen Vertrauensintervalls liegt, eine

Fehlermeldung an die Kommunikationsschnittstelle bereitstellt und im Übrigen kein Zustandssignal ausgibt.

Die Auswerteeinrichtung ist beispielhaft als elektrische oder elektronische Schaltung, insbesondere als Mikrocomputer, ausgebildet. Besonders bevorzugt ist die Auswerteeinrichtung in
5 einer Weise programmiert, dass die Erfassung und Verarbeitung des ersten Drucksignals und des zweiten Drucksignals gemäß einem vorgegebenen Sicherheitsniveau eines vorgegebenen Sicherheitsstandards durchgeführt wird.

10 In Abhängigkeit von einer Anwendungsumgebung für das pneumatische Aktorsystem kann vorgesehen sein, dass die Verarbeitung des ersten Drucksignals und des zweiten Drucksignals sowie das hierfür vorgesehene Vertrauensintervall fest in der Auswerteeinrichtung hinterlegt sind oder durch eine Program-
15 mierung bzw. eine Parametrierung der Auswerteeinrichtung während einer Inbetriebnahme vorgegeben werden. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass zumindest eine Parametrierung, gegebenenfalls auch eine Programmierung, für die Auswerteeinrichtung dynamisch während des Betriebs des pneumatischen Ak-
20 torsystems verändert werden, um beispielsweise eine Anpassung an unterschiedliche räumliche Orientierungen des Aktors zu ermöglichen.

Das an der Kommunikationsschnittstelle bereitgestellte Zustandssignal kann wahlweise als Analogsignal oder als Digital-
25 talsignal entsprechend einem vorgegebenen digitalen Protokoll, insbesondere einem Buskommunikationsprotokoll, codiert sein. Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Zustandssignal in einer Weise an der Kommunikationsschnittstelle bereitgestellt wird, die eine sicherheitsgerichtete Übertragung des Zu-
30 standssignals an eine übergeordnete Steuerung, beispielsweise eine Robotersteuerung, ermöglicht.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Zweckmäßig ist es, wenn der erste Drucksensor und der zweite Drucksensor jeweils separat ausgebildet sind und dass der
5 erste Drucksensor über eine erste Sensorleitung mit der Auswerteeinrichtung verbunden ist und dass der zweite Drucksensor über eine zweite Sensorleitung mit der Auswerteeinrichtung verbunden ist. Bevorzugt sind der erste Drucksensor und der zweite Drucksensor jeweils als diskrete Komponenten
10 mit jeweils eigenem Sensorgehäuse ausgebildet und jeweils eigenständig am Aktorgehäuse festgelegt. Durch die jeweils separate bauliche Ausgestaltung und Anbringung des jeweiligen Drucksensors sowie die jeweils separate elektrische Verbindung des ersten Drucksensors über die erste Sensorleitung und
15 des zweiten Drucksensors über die zweite Sensorleitung wird ein vorteilhaftes Sicherheitsniveau für die Signalübertragung zwischen den jeweiligen Drucksensor und der Auswerteeinrichtung gewährleistet.

Alternativ ist vorgesehen, dass die Drucksensoranordnung den
20 ersten Drucksensor, den zweiten Drucksensor sowie eine Verarbeitungseinrichtung, die für einen Vergleich des ersten Drucksignals mit dem zweiten Drucksignal ausgebildet ist, umfasst und über eine Signalleitung mit der Auswerteeinrichtung verbunden ist, wobei die Verarbeitungseinrichtung für eine
25 Bereitstellung eines aus dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal ermittelten Statuswerts aus der Gruppe: aktueller Druckwert und Messfehler über die Signalleitung an die Auswerteeinrichtung ausgebildet ist. Bei dieser Ausführungsform stellt die Drucksensoranordnung mit dem Statuswert bereits ein als sicher einzustufendes Signal bereit, da der Zu-
30 standswert in der Drucksensoranordnung auf Basis der redun-

danten ersten und zweiten Drucksignale in der Verarbeitungseinrichtung ermittelt wird. Hierbei ist vorgesehen, dass die Drucksensoranordnung nur dann einen aktuellen Druckwert als Statuswert an die Auswerteeinrichtung überträgt, wenn eine
5 Abweichung zwischen dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal innerhalb eines vorgegebenen Vertrauensintervalls liegt oder in anderer Weise auf Richtigkeit geprüft werden konnte. Andernfalls ist vorgesehen, dass die Drucksensoranordnung einen Statuswert, der einen Messfehler repräsentiert,
10 an die Auswerteeinrichtung bereitstellt. Vorzugsweise ist die Verarbeitungseinrichtung als Mikrocomputer oder Mikroprozessor ausgebildet und ist in einer Weise programmiert, dass die Erfassung und Verarbeitung des ersten Drucksignals und des zweiten Drucksignals gemäß einem vorgegebenen Sicherheitsniveau eines vorgegebenen Sicherheitsstandards durchgeführt
15 wird.

Vorteilhaft ist es, wenn das Antriebsglied mit der Arbeitsausnehmung einen zweiten, größenvariablen Arbeitsraum begrenzt und dass das Aktorgehäuse von einem zweiten Fluidkanal
20 durchsetzt ist, der zwischen dem zweiten Arbeitsraum und einem zweiten, außen am Aktorgehäuse angeordneten zweiten Fluidanschluss erstreckt ist, wobei die Drucksensoranordnung einen dritten Drucksensor aufweist, der zur Bereitstellung eines dritten Drucksignals ausgebildet ist, und einen vierten
25 Drucksensor aufweist, der zur Bereitstellung eines vierten Drucksignals ausgebildet ist, und wobei die Auswerteeinrichtung zur Ermittlung des Zustandssignals in Abhängigkeit von dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal und dem dritten Drucksignal und dem vierten Drucksignal sowie zur und
30 Bereitstellung des Zustandssignals an der Kommunikationsschnittstelle ausgebildet ist. Ein derartig ausgebildeter Akteur wird auch als doppelwirkender Akteur bezeichnet, bei dem

eine Relativbewegung zwischen dem Antriebsglied und dem Aktorgehäuse von einer Druckdifferenz zwischen einem Druck im ersten Arbeitsraum und einem Druck im zweiten Arbeitsraum abhängig ist. Um einen sicherheitsgerichteten Betrieb eines
5 derartigen Aktors gewährleisten zu können, ist es vorgesehen, dass sowohl dem ersten Arbeitsraum als auch dem zweiten Arbeitsraum jeweils redundant ausgebildete Drucksensoren zugeordnet sind. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass in der Auswerteeinrichtung geometrische Informationen zur Gestaltung des
10 ersten Arbeitsraums und des zweiten Arbeitsraums hinterlegt sind, so dass die Auswerteeinrichtung in Kenntnis der Druckverhältnisse, wie sie im ersten Arbeitsraum und dem zweiten Arbeitsraum vorherrschen, sowie der daraus zu ermittelnden Druckdifferenz rein exemplarisch ein Zustandssignal ermitteln
15 kann, das eine vom Antriebsglied bereitgestellte Kraft oder ein vom Antriebsglied bereitgestelltes Drehmoment repräsentiert.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Auswerteeinrichtung ein erstes Auswertemodul umfasst, das
20 elektrisch mit dem ersten Drucksensor und dem dritten Drucksensor verbunden ist und dass die Auswerteeinrichtung ein zweites Auswertemodul umfasst, das elektrisch mit dem zweiten Drucksensor und mit dem vierten Drucksensor verbunden ist, und dass das erste Auswertemodul elektrisch, insbesondere un-
25 mittelbar, mit dem zweiten Auswertemodul verbunden ist. Das erste Auswertemodul und das zweite Auswertemodul können beispielsweise als separate Mikrocontroller oder Mikroprozessoren innerhalb der Auswerteeinrichtung ausgebildet sein, die technisch gleichartig (redundant) oder technisch unterschied-
30 lich (diversitär redundant) ausgebildet sind und die in gleicher oder in unterschiedlicher Weise programmiert sind. Somit findet rein exemplarisch im ersten Auswertemodul eine Auswertung für das erste Drucksignal und das dritte Drucksignal

statt, während im zweiten Auswertemodul rein exemplarisch eine Auswertung für das zweite und das vierte Drucksignal vorgenommen wird. Ferner kommt einem der beiden Auswertemodule, also wahlweise dem ersten Auswertemodul oder zweiten Auswertemodul, die Aufgabe zu, das Auswertungsergebnis des jeweils anderen Auswertemoduls zu empfangen und mit dem eigenen Auswertungsergebnis zu vergleichen. Sofern sich hierbei eine zumindest weitgehende Übereinstimmung der beiden Auswertungsergebnisse ergibt, beispielsweise wenn die beiden Auswertungsergebnisse innerhalb eines vorgegebenen Vertrauensintervalls liegen, stellt beispielsweise das erste Auswertemodul das Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle bereit. Andernfalls kommt einem der Auswertungsmodule die Aufgabe zu, ein Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle bereitstellt, aus dem hervorgeht, dass eine Abweichung zwischen den beiden Auswertungsergebnissen vorliegt, die es nicht möglich macht, eine vom Antriebsglied bereitgestellte Kraft bzw. ein vom Antriebsglied bereitgestelltes Drehmoment oder eine andere Kenngröße des Antriebs in korrekter Weise zu ermitteln. In diesem Fall wird üblicherweise vorgesehen sein, dass die mit der Kommunikationsschnittstelle verbundene übergeordnete Steuerung eine Abschaltung der pneumatischen Versorgung des Aktors, insbesondere eine Belüftung wenigstens eines Arbeitsraums des Aktors, veranlasst.

Zweckmäßig ist es, wenn der erste Drucksensor und der dritte Drucksensor jeweils als erster Sensortyp ausgebildet sind und dass der zweite Drucksensor und der vierte Drucksensor als zweiter Sensortyp ausgebildet sind, wobei der erste Sensortyp eine höhere Messgenauigkeit und/oder eine höhere Messgeschwindigkeit und/oder einen kleineren Messbereich als der zweite Sensortyp aufweist. Mit einer derartigen Ausgestaltung der Drucksensoren können gleichzeitig zwei unterschiedliche

Zielsetzungen erreicht werden. Die erste Zielsetzung ist darin zu sehen, dass jeder der beiden Arbeitsräume mit zwei technisch unterschiedlichen Drucksensoren überwacht wird, wodurch eine diversitäre Redundanz geschaffen wird, bei der Messfehler aufgrund von konstruktiv bedingten Sensoreigenschaften zumindest weitgehend ausgeschlossen werden können. Dies gilt beispielsweise dann, wenn die beiden Drucksensoren, die dem jeweiligen Arbeitsraum zugeordnet sind, auf unterschiedlichen Messprinzipien beruhen. Die zweite Zielsetzung ist darin zu sehen, dass für jeden der beiden Arbeitsräume eine möglichst präzise Druckmessung zu möglichst günstigen Herstellungskosten für die Drucksensoranordnung erzielt werden soll. Dies wird dadurch realisiert, dass jeweils eine der beiden Drucksensoren, die dem jeweiligen Arbeitsraum zugeordnet sind, eine hohe Messgenauigkeit und/oder Messgeschwindigkeit aufweist, während der andere den jeweiligen Arbeitsraum zugeordnete Drucksensor als weniger präziser und/oder langsamer und dafür kostengünstigerer Drucksensor ausgebildet sein kann. In diesem Fall dient das Drucksignal des präziseren und/oder schnelleren Drucksensors zur eigentlichen Druckermittlung, während das Drucksignal des weniger präzisen und/oder langsameren Drucksensors ausschließlich zur Bestätigung des ermittelten Druckwerts dient, jedoch nicht für die weitere Verarbeitung herangezogen wird.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass dem Aktor ein Positionsmesssystem zugeordnet ist, das elektrisch mit der Auswerteeinrichtung verbunden ist und das zur Bereitstellung eines Positionssignals in Abhängigkeit von einer Relativposition zwischen Antriebsglied und Aktorgehäuse ausgebildet ist und dass die Auswerteeinrichtung für einen Abgleich eines aus dem Positionssignal ermittelten Messwerts aus der Gruppe: Position des Antriebsglieds, Geschwindigkeit des Antriebsglieds, Beschleunigung des Antriebsglieds, mit

dem ersten Drucksignal und/oder dem zweiten Drucksignal ausgebildet ist. In einer einfachsten Ausführungsform handelt es sich bei dem Positionsmesssystem um einen Positionstransmitter, der ein Schaltsignal bereitstellt, sobald das Antriebsglied eine vorgegebene Position längs des, insbesondere geradlinigen oder kreisabschnittsförmigen, Bewegungswegs einnimmt oder passiert. Alternativ ermöglicht das Positionsmesssystem eine Positionsbestimmung für das Antriebsglied zumindest über einen Teil des Bewegungswegs, insbesondere über den gesamten Bewegungsweg. In diesem Fall kann beispielsweise vorgesehen sein, dass das Antriebsglied mit einem Permanentmagneten versehen ist und am Aktorgehäuse wenigstens ein Magnetfeldsensor angeordnet ist, der beispielsweise zur Ermittlung einer magnetischen Flussdichte und/oder einer räumlichen Ausrichtung eines Magnetfeldvektors des am Antriebsglied angebrachten Permanentmagneten ausgebildet ist, um dadurch die gewünschte Positionsbestimmung zu ermöglichen. Durch eine einfache oder zweifache Ableitung des Sensorsignals dieses Magnetfeldsensors nach der Zeit kann eine Geschwindigkeit oder eine Beschleunigung des Antriebsglieds ermittelt werden, die in einem nachfolgenden Schritt mit wenigstens einem Druckwert wenigstens eines Arbeitsraums abgeglichen wird. Hierdurch können Informationen über einen Bewegungszustand sowie eine Kraftabgabe oder Drehmomentabgabe des Aktors an der Kommunikationsschnittstelle bereitgestellt werden, die zuvor von der Auswerteeinrichtung gegenseitig auf Plausibilität geprüft wurden.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass an der Kommunikationsschnittstelle der Auswerteeinrichtung eine Sicherheitssteuerung angeschlossen ist, die mit einer Pneumatiksteuerung verbunden ist, wobei die Pneumatiksteuerung wenigstens ein Pneumatikventil für eine Belüftung und Entlüftung des Aktors umfasst

und wobei die Sicherheitssteuerung für eine sicherheitsgerichtete Ansteuerung der Pneumatiksteuerung ausgebildet ist. Vorzugsweise kommt der Sicherheitssteuerung ausschließlich die Aufgabe zu, das von der Auswerteeinrichtung an der Kommunikationsschnittstelle bereitgestellte Zustandssignal zu
5 überwachen. Für den Fall, dass entweder ein Zustandssignal bereitgestellt wird, das einen Messfehler der Drucksensoranordnung repräsentiert, oder dass ein Zustandssignal bereitgestellt wird, aus dem eine Kraftabgabe oder Drehmomentabgabe
10 abgeleitet werden muss, die über einem vorgegebenen Maximalniveau für eine Kraftabgabe oder Drehmomentabgabe liegt, hat die Sicherheitssteuerung die Aufgabe, den Aktor in geeigneter Weise in einen sicheren Zustand zu bringen. Bevorzugt ist hierzu vorgesehen, zunächst eine weitere Zufuhr von Druckluft
15 an den Aktor zu unterbrechen, womit eine Kraftabgabe oder Drehmomentabgabe gegen Null reduziert wird. Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass in einem nachfolgenden Schritt eine Belüftung des Aktors, also der einen Arbeitskammer oder der beiden Arbeitskammern, vorgenommen wird, so dass der Aktor
20 energielos wird. Zur Durchführung dieser Maßnahmen ist ein direkter Zugriff der Sicherheitssteuerung auf die Pneumatiksteuerung für den Aktor vorgesehen, wobei diese Pneumatiksteuerung dazu ausgebildet ist, anhand von elektrischen Eingangssignalen eine Belüftung und Entlüftung des wenigstens
25 einen Arbeitsraums zu bewirken. Hierzu umfasst die Pneumatiksteuerung wenigstens eine Ventileinrichtung, beispielsweise ein Schaltventil oder ein Proportionalventil. Rein exemplarisch kann es sich bei der Ventileinrichtung für den jeweiligen Arbeitsraum um ein 5/3-Wegeventil handeln, das in einer
30 ersten Schaltstellung eine fluidisch kommunizierende Verbindung zwischen einer Druckluftquelle und dem jeweiligen Arbeitsraum herstellt, in einer zweiten Schaltstellung den Ar-

beitsraum fluidisch absperrt und in einer dritten Schaltstellung eine fluidisch kommunizierende Verbindung zwischen einer Druckfluidsenke und dem jeweiligen Arbeitsraum herstellt.

Rein exemplarisch ist vorgesehen, dass die elektrischen Eingangssignale für die Pneumatiksteuerung während eines normalen Betriebs des Aktorsystems von einer übergeordneten Steuerung, beispielsweise einer Robotersteuerung, zur Verfügung gestellt werden. Bei Vorliegen eines Messfehlers für die Druckmessung im jeweiligen Arbeitsraum kann vorgesehen sein, dass die Eingangssignale der übergeordneten Steuerung von Eingangssignalen der Sicherheitssteuerung überlagert werden, um die gewünschte Abschaltung der Druckluftzufuhr für den Aktor sowie gegebenenfalls die gewünschte Entlüftung des Aktors herbeizuführen. Andere Signalarchitekturen, bei denen beispielsweise die Sicherheitssteuerung mit der übergeordneten Steuerung, insbesondere der Robotersteuerung, kommuniziert, um durch eine Kommunikation der übergeordneten Steuerung mit der Pneumatiksteuerung die gewünschte Abschaltung der Druckluftversorgung für den Aktor herbeizuführen, sind ebenfalls möglich.

Vorteilhaft ist es, wenn der Aktor als Linearaktor ausgebildet ist und die Arbeitsausnehmung als Längsbohrung im Aktorgehäuse ausgebildet ist, in der ein längs einer Bewegungsachse linearbeweglicher Kolben als Antriebsglied aufgenommen ist, der mit einer längs der Bewegungsachse erstreckten Kolbenstange oder mit einem quer zur Bewegungsachse erstreckten Mitnehmer gekoppelt ist. Eine derartiger Linearaktor wird als Pneumatikzylinder bezeichnet, wenn der Kolben mit einer längs der Bewegungsachse erstreckten und in Längsrichtung aus dem Aktorgehäuse abragenden Kolbenstange versehen ist bzw. als kolbenstangenloser Pneumatikzylinder bezeichnet, wenn das Antriebsglied mit einem Mitnehmer gekoppelt ist, der quer zur

Bewegungsachse vom Kolben abragt. In jedem Fall ist ein solcher Linearaktor zur Bereitstellung einer Linearbewegung ausgebildet. Das Zustandssignal, das von der Auswerteeinrichtung an der Kommunikationsschnittstelle bereitgestellt wird, kann
5 ergänzend oder alternativ zu einem Druckwert, der in einem Arbeitsraum vorliegt, eine Information über die vom Antriebsglied bereitgestellte Kraft enthalten.

Alternativ ist vorgesehen, dass der Aktor als Schwenkantrieb ausgebildet ist, wobei das Antriebsglied schwenkbeweglich um
10 eine Schwenkachse in der zumindest bereichsweise kreiszylindrisch ausgebildeten Arbeitsausnehmung aufgenommen ist und mit einem in radialer Richtung von einer Antriebswelle abragenden Schwenkflügel ausgerüstet ist. Ein solcher Schwenkantrieb, der auch als Schwenkflügelantrieb bezeichnet wird, stellt an
15 der Antriebswelle, die mit dem Antriebsglied gekoppelt ist, ein Drehmoment zur Verfügung.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt. Hierbei zeigt:

Figur 1 eine erste Ausführungsform eines pneumatischen Aktorsystems mit einem einfachwirkenden Aktor, einer
20 Drucksensoranordnung mit einem ersten Drucksensor und einen zweiten Drucksensor, einer Auswerteeinrichtung, einer Sicherheitssteuerung und einer übergeordneten Steuerung,

25 Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines pneumatischen Aktorsystems mit einem einfachwirkenden Aktor, einer sicherheitsgerichteten Drucksensoranordnung, einer Auswerteeinrichtung, einer Sicherheitssteuerung und einer übergeordneten Steuerung, und

Figur 3 eine dritte Ausführungsform eines pneumatischen Aktorsystems mit einem doppelwirkender Aktor, einer Drucksensoranordnung mit insgesamt vier Drucksensoren, einer Auswerteeinrichtung, einer Sicherheitssteuerung und einer übergeordneten Steuerung.

Eine in der Figur 1 schematisch dargestellte erste Ausführungsform eines Aktorsystems 1 umfasst einen rein exemplarisch als Pneumatikzylinder zur Bereitstellung einer linearen Bewegung ausgebildeten Aktor 2, der beispielhaft einfachwirkend ausgebildet ist. Ferner umfasst das Aktorsystem 1 als wesentliche Komponenten eine Drucksensoranordnung 10, eine Auswerteeinrichtung 15, eine Sicherheitssteuerung 82 und eine Pneumatiksteuerung 86, die elektrisch mit einer übergeordneten Steuerung 94 verbunden ist.

Bei allen drei in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Ausführungsformen sind in die Sicherheitssteuerung 82, die Pneumatiksteuerung 86 und die übergeordnete Steuerung 94 jeweils gleichartig ausgebildet, so dass die nachstehende Beschreibung dieser Komponenten im Zusammenhang mit der Figur 1 in gleicher Weise auch für einen in die Ausführungsform der Figuren 2 und 3 gelten.

Der Aktor 2 umfasst ein Aktorgehäuse 3, das rein exemplarisch einen Grundkörper 22, der mit einem kreisringförmigem Querschnitt längs einer Bewegungsachse 6 erstreckt ist, und jeweils endseitig am Grundkörper 22 abdichtend angebrachte Abschlussdeckel 23, 24 aufweist. Damit begrenzen eine kreiszylindrisch geformte Innenoberfläche 25 sowie eine Endfläche 26 des Abschlussdeckels 23 und eine Endfläche 27 des Abschlussdeckels 24 die Arbeitsausnehmung 7. In der Arbeitsausnehmung 7 ist ein rein exemplarisch als kreiszylindrischer Arbeits-

kolben ausgebildetes Antriebsglied 5 linearbeweglich und abdichtend aufgenommen, dessen erste Stirnfläche 29 zusammen mit einem Teilbereich der Innenoberfläche 25 und der Endfläche 26 einen größenvariablen ersten Arbeitsraum 7 begrenzt.

5 An einer zweiten Stirnfläche 30 des Antriebsglieds 5 ist eine rein exemplarisch kreiszylindrisch ausgebildete Kolbenstange 31 festgelegt, die sich längs der Bewegungsachse 6 erstreckt und die den Abschlussdeckel 24 beweglich durchsetzt. Zwischen der zweiten Stirnfläche 30 und der Endfläche 27 des Ab-
10 schlussdeckels 24 ist eine Rückstellfeder 32 ausgebildet, die unabhängig von einer linearen Position des Antriebsglieds 5 stets eine innere Vorspannung aufweist. Rein exemplarisch ist eine Federkonstante der Rückstellfeder 32 derart gewählt, dass eine Beaufschlagung des Arbeitsraums 7 mit einem pneuma-
15 tischen Arbeitsdruck, der einem bestimmungsgemäßen Maximaldruck für den Aktor 2 entspricht, zu einer vollständigen Kompression der Rückstellfeder 32 auf ihre Blocklänge führt.

Benachbart zum Abschlussdeckel 23 ist an einer Außenoberfläche 33 des Grundkörpers 22 ein erster Fluidanschluss 9 ausgebildet, der rein exemplarisch als Schlauchkupplung für eine
20 erste Fluidleitung 96 ausgebildet ist, bei der es sich beispielsweise um einen Druckluftschlauch handeln kann. Zwischen dem ersten Fluidanschluss 9 und dem ersten Arbeitsraum 7 erstreckt sich ein erster Fluidkanal 8, so dass eine Belüftung und Entlüftung des ersten Arbeitsraums 7 über die erste Flu-
25 idleitung 96 vorgenommen werden kann.

Im Abschlussdeckel 23 ist eine erste Sensorausnehmung 34 eingebracht, die zur Aufnahme eines ersten Drucksensors 11 vorgesehen ist. Ferner ist im Abschlussdeckel 23 eine zweite
30 Sensorausnehmung 35 eingebracht, die zur Aufnahme eines zweiten Drucksensors 12 vorgesehen ist. Die beiden Drucksensoren

11, 12 sind zur Ermittlung eines Fluiddrucks im ersten Arbeitsraum 7 ausgebildet. Rein exemplarisch sind die baulich separat ausgebildeten Drucksensoren 11, 12 jeweils als elektrische Drucksensoren konstruiert, die beispielhaft auf unterschiedlichen Messprinzipien zur Umsetzung eines Fluiddrucks in ein elektrisches Signal basieren. Hierbei kann vorgesehen sein, dass der erste Drucksensor 11 verglichen mit dem zweiten Drucksensor 12 eine höhere Abtastrate sowie eine höhere Genauigkeit innerhalb eines kleineren ersten Druckintervalls aufweist und einen höheren Anschaffungspreis hat, während der zweite Drucksensor 12 verglichen mit dem ersten Drucksensor 11 eine geringere Abtastrate sowie eine geringere Genauigkeit innerhalb eines größeren zweiten Druckintervalls aufweist und einen geringeren Anschaffungspreis hat.

Der erste Drucksensor 11 ist über eine erste Sensorleitung 16 mit einem ersten Sensoranschluss 18 einer Auswerteeinrichtung 15 verbunden. Der zweite Drucksensor 12 ist über eine zweite Sensorleitung 17 mit einem zweiten Sensoranschluss 19 der Auswerteeinrichtung 15 verbunden.

Die Auswerteeinrichtung 15 dient zur Aufbereitung und Verarbeitung des ersten Drucksignals des ersten Drucksensors 11 sowie des zweiten Drucksignals des zweiten Drucksensors 12. Hierzu umfasst die Auswerteeinrichtung 15 einen nicht näher dargestellten Mikrocontroller oder Mikroprozessor, der mit einer geeigneten Programmierung (Software) versehen ist, um einen Vergleich des ersten Drucksignals und des zweiten Drucksignals vornehmen zu können und in Abhängigkeit von Abweichungen zwischen dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal an einer Kommunikationsschnittstelle 80 der Auswerteeinrichtung 15 ein Zustandssignal bereitstellen zu können.

Beispielhaft ist vorgesehen, dass in der Auswerteeinrichtung
15 eine Differenzbildung zwischen dem ersten Drucksignal und
dem zweiten Drucksignal vorgenommen wird und die ermittelte
Differenz mit einem gespeicherten Schwellwert verglichen

5 wird. Für den Fall, dass die ermittelte Differenz kleiner als
der gespeicherte Schwellwert ist, kann beispielhaft vorgese-
hen sein, dass kein Zustandssignal an die Kommunikations-
schnittstelle 80 bereitgestellt wird oder dass alternativ ein
Druckwerk, der aus dem ersten Drucksignal ermittelt wird, als
10 Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle 80 bereit-
gestellt wird. Für den Fall, dass die ermittelte Differenz
größer als der gespeicherte Schwellwert ist, kann vorgesehen
sein, dass ein Fehlersignal als Zustandssignal an der Kommu-
nikationsschnittstelle 80 bereitgestellt wird.

15 Die Kommunikationsschnittstelle 80 dient zur Kommunikation
mit einer Sicherheitssteuerung 82 und ist über eine Buskommu-
nikationsleitung 81 mit einem Eingangsanschluss 83 der Si-
cherheitssteuerung 82 verbunden. Die Aufgabe der Sicherheits-
steuerung 82, die einen oder mehrere Mikroprozessoren oder
20 Mikrocontroller umfassen kann, die jeweils mit einer geeigne-
ten Programmierung (Software) versehen sind, besteht darin,
bei Eintreffen eines Fehlersignals über die Buskommunikati-
onsleitung 81 und den Eingangsanschluss 83 geeignete Maßnah-
men zu treffen, um das Aktorsystem 1 in einen sicheren Zu-
25 stand zu überführen.

Um dieser Aufgabe nachkommen zu können, ist die Sicherheits-
steuerung 82 über einen Ausgangsanschluss 84 und eine Signal-
leitung 85 mit einer Pneumatiksteuerung 86 elektrisch verbun-
den. In der Pneumatiksteuerung 86 ist eine nicht näher ge-
30 zeigte Ventilanordnung enthalten, die durch elektrische Steu-
ersignale angesteuert werden kann, um eine fluidisch kommuni-

zierende Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum 7 und einer Druckluftquelle 87 oder einer Druckfluidsenke 88 herzustellen oder diese Verbindung zu sperren. Rein exemplarisch kann in der Pneumatiksteuerung 86 ein 3/3-Wegeventil angeordnet sein, bei dem es sich insbesondere um ein Magnetventil handelt, das insgesamt drei unterschiedliche Schaltstellungen einnehmen kann. Hierbei kann in einer ersten Schaltstellung die fluidisch kommunizierende Verbindung zwischen der Druckluftquelle 87 und dem ersten Arbeitsraum 7 hergestellt werden, in einer zweiten Schaltstellung eine vollständige fluidische Blockierung des ersten Arbeitsraums 7 vorgesehen sein und in der dritten Schaltstellung eine fluidisch kommunizierende Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum 7 und der Druckfluidsenke 88 vorgesehen sein.

Die Sicherheitssteuerung 82 kann beispielsweise dazu vorgesehen sein, ein Steuersignal einer übergeordneten Steuerung 94, bei der es sich beispielsweise um eine Robotersteuerung eines kollaborativen Roboters handelt, das an die Pneumatiksteuerung 86 bereitgestellt wird, elektrisch zu unterbrechen. Für den Fall einer derartigen Unterbrechung des Steuersignals für die Pneumatiksteuerung 86 kann vorgesehen sein, dass die Ventilanordnung in der Pneumatiksteuerung 86 ohne weitere elektrische Energiezufuhr, beispielsweise durch eine Federvorspannung, in eine vorbestimmte Stellung, insbesondere in eine Entlüftungsstellung, überführt wird und dementsprechend der Aktor 2 in kurzer Zeit vollständig energiefrei wird.

Das in der Figur 2 gezeigte Aktorsystem 41 unterscheidet sich vom Aktorsystem 1 lediglich durch eine sicherheitsgerichtet ausgebildete Drucksensoranordnung 42 sowie durch eine darauf angepasste Konfiguration der Auswerteeinrichtung 15, während die übrigen Komponenten dieses Aktorsystems 41 identisch zum Aktorsystem 1 sind.

Beim Aktorsystem 41 ist vorgesehen, dass der erste Drucksensor 43 und der zweite Drucksensor 44 zusammen mit einer Verarbeitungseinrichtung 45, bei der es sich um einen Mikrocontroller oder Mikroprozessor handeln kann, die sicherheitsgerichtet ausgebildete Drucksensoranordnung 42 bilden. Diese sicherheitsgerichtet ausgebildete Drucksensoranordnung 42 führt in der Verarbeitungseinrichtung 45 eine Verarbeitung des ersten Drucksignals des ersten Drucksensors 43 sowie des zweiten Drucksignals des zweiten Drucksensors 44 durch und stellt lediglich dann einen aktuellen Druckwert, insbesondere einen aus dem ersten Drucksignal ermittelten Druckwert, als Statuswert über die Signalleitung 46 an die Auswerteeinrichtung 15 zur Verfügung, wenn die beiden ausgewerteten Drucksignale eine oder mehrere in der Verarbeitungseinrichtung hinterlegte(n) Bedingung(en) erfüllt bzw. erfüllen. Ansonsten wird von der Verarbeitungseinrichtung über die Signalleitung 46 ein Statuswert bereitgestellt, der einen Messfehler repräsentiert und der von der Auswerteeinrichtung 15 unmittelbar über die Kommunikationsschnittstelle 80 an die Sicherheitssteuerung 82 weitergeleitet werden kann, um den Aktor 2 durch entsprechende Ansteuerung der Pneumatiksteuerung 86 in einen sicheren Zustand zu bringen.

Bei der in der Figur 3 dargestellten dritten Ausführungsform eines Aktorsystems 51 handelt es sich um eine Weiterbildung des Aktorsystems 1 gemäß der Figur 1. Zum einen ist der Aktor 52 derart ausgebildet, dass er zusätzlich zum ersten Arbeitsraum 7 mit dem zugeordneten ersten Fluidkanal 8 und dem ersten Fluidanschluss 9 einen zweiten Arbeitsraum 57 aufweist, dem ein zweiter Fluidkanal 58 und ein zweiter Fluidanschluss 59 zugeordnet sind. Während bei einer Druckbeaufschlagung des ersten Arbeitsraums 7 über den ersten Arbeitsanschluss 89 und die zugeordnete erste Fluidleitung 96 eine gemäß der Darstellung der Figur 3 nach rechts gerichtete Druckkraft auf das

Antriebsglied 5 wirkt, wirkt bei einer Druckbeaufschlagung des zweiten Arbeitsraums 57 über den zweiten Arbeitsanschluss 90 und die zugeordnete zweite Fluidleitung 97 eine gemäß der Darstellung der Figur 3 nach links gerichtete Druckkraft auf das Antriebsglied 5.

Zum anderen umfasst die Drucksensoranordnung 60 des Aktorsystems 51 neben dem ersten Drucksensor 11 und dem zweiten Drucksensor 12 einen dritten Drucksensor 61 und einen vierten Drucksensor 62. Dabei ist der dritte Drucksensor 61 in einer dritten Sensorausnehmung 63, die im Abschlussdeckel 24 ausgebildet ist, aufgenommen. Ferner ist der vierte Drucksensor 62 in einer vierten Sensorausnehmung 64, die im Abschlussdeckel 24 ausgebildet ist, aufgenommen. Dementsprechend weist die gegenüber der Auswerteeinrichtung 15 erweiterte Auswerteeinrichtung 65 zusätzlich einen dritten Sensoranschluss 68 auf, an dem die dritte Sensorleitung 66 des dritten Drucksensors 61 angeschlossen ist sowie einen vierten Sensoranschluss 69 auf, an dem die vierte Sensorleitung 67 des vierten Drucksensors 62 angeschlossen ist.

Abweichend von der Auswerteeinrichtung 15, die rein exemplarisch einen einzigen Mikroprozessor oder Mikrocontroller umfasst, weist die Auswerteeinrichtung 65 ein erstes Auswertemodul 70 sowie ein zweites Auswertemodul 71 auf, die jeweils als Mikroprozessor oder Microcontroller ausgebildet sind. Alternativ handelt es sich bei dem ersten Auswertemodul 70 und dem zweiten Auswertemodul 71 um separat auf einen gemeinsamen Prozessor ablaufende Computerprogramme, die eine getrennte Auswertung von Drucksignalen ermöglichen.

Beispielhaft ist vorgesehen, dass das erste Auswertemodul 70 mit dem ersten Drucksensor 11 und dem dritten Drucksensor 61 elektrisch verbunden ist und zur Auswertung des ersten

Drucksignals und des dritten Drucksignals eingesetzt wird. Ferner ist vorgesehen, dass das zweite Auswertemodul 71 mit dem zweiten Drucksensor 12 und dem vierten Drucksensor 62 elektrisch verbunden ist und zur Auswertung des zweiten

5 Drucksignals und des vierten Drucksignals eingesetzt wird. Rein exemplarisch sind die beiden Auswertemodule 70, 71 gleichartig beschaffen und werden in gleicher Weise betrieben, wobei das Funktionsprinzip der hierzu eingesetzten Programme (Software) ebenfalls identisch ist.

10 Beispielhaft ist vorgesehen, dass der erste Drucksensor 11 und der dritte Drucksensor 61 technisch identisch sind und eine hohe Messgeschwindigkeit (hohe Abtastrate) sowie eine hohe Messgenauigkeit aufweisen und dass der zweite Drucksensor 12 und der vierte Drucksensor 62 demgegenüber eine ge-
15 ringere Messgeschwindigkeit sowie eine geringere Messgenauigkeit aufweisen.

Bei einer derartigen Konfiguration der Drucksensoren 11, 12, 61, 62 kann beispielhaft vorgesehen sein, dass im ersten Auswertemodul 70 eine erste Differenz zwischen dem ersten Druckwert des ersten Drucksensors 11 und dem dritten Druckwert des
20 dritten Drucksensors 61 ermittelt wird. Im zweiten Auswertemodul 71 wird eine zweite Differenz zwischen dem zweiten Druckwert des zweiten Drucksensors 12 und dem vierten Druckwert des vierten Drucksensors 62 ermittelt.

25 Ferner kann vorgesehen sein, dass das zweite Auswertemodul 71 nur dann den zweiten Druckwert des zweiten Drucksensors 12 über eine elektrische Direktverbindung 72 an das erste Auswertemodul 70 bereitstellt, sofern die zweite Differenz unterhalb eines vorgegebenen zweiten Schwellwerts liegt. Ferner
30 kann vorgesehen sein, dass das erste Auswertemodul 70 nur dann einen Vergleich zwischen dem ersten Druckwert des ersten

Drucksensors 11 und dem zweiten Druckwert des zweiten Drucksensors 12 vornimmt, wenn die erste Differenz unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwerts liegt.

Beispielhaft ist vorgesehen, dass der erste Schwellwert und
5 der zweite Schwellwert von der Pneumatiksteuerung 86 über die Sicherheitssteuerung 82 an das erste Auswertemodul 70 und das zweite Auswertemodul 71 bereitgestellt werden und in Abhängigkeit von einem jeweiligen Betriebszustand für das Aktorsystem 1 stehen.

10 In einem nachfolgenden Schritt ist vorgesehen, dass das erste Auswertemodul 70 beispielsweise die erste Differenz zwischen dem ersten Druckwert des ersten Drucksensors 11 und dem dritten Druckwert des dritten Drucksensors 61 als Zustandssignal an die Kommunikationsschnittstelle 80 bereitstellt.

15 Ergänzend kann vorgesehen werden, eine Ausgabe des Zustandssignals davon abhängig zu machen, ob eine dritte Differenz zwischen dem ersten Druckwert und dem zweiten Druckwert unterhalb eines vorgegebenen dritten Schwellwerts liegt. Durch diesen zusätzlichen Prüfschritt wird die Zuverlässigkeit des
20 ausgegebenen Zustandssignals erhöht, da die beiden Druckwerte, die für den ersten Arbeitsraum ermittelt wurden, miteinander verglichen werden und das Zustandssignal nur ausgegeben wird, wenn die dritte Differenz unterhalb des dritten Schwellwerts liegt.

25 Das Zustandssignal repräsentiert die Druckdifferenz zwischen dem ersten Arbeitsraum 7 und dem zweiten Arbeitsraum 57 und damit (unter Einbeziehung der jeweiligen pneumatisch wirksamen Flächen) die Kraftabgabe bzw. Drehmomentabgabe des Aktors 2.

Beispielhaft ist vorgesehen, dass der dritte Schwellwert von der Pneumatiksteuerung 86 über die Sicherheitssteuerung 82 an das erste Auswertemodul 70 und das zweite Auswertemodul 71 bereitgestellt werden und in Abhängigkeit von einem jeweiligen Betriebszustand für das Aktorsystem 1 steht.

Andernfalls stellt das erste Auswertemodul 70 ein Zustandssignal an der Kommunikationsschnittstelle 80 bereit, das einen Messfehler repräsentiert, wodurch die Sicherheitssteuerung 82 eine Abschaltung des Aktors 52 bewirkt.

Bei der Ausführungsform gemäß der Figur 3 ist zusätzlich ein Positionsmesssystem 75 am Aktor 52 angebracht, mit dem eine Positionserfassung für das Antriebsglied 5 längs der Bewegungsachse 6 ermöglicht wird. Rein exemplarisch umfasst das Positionsmesssystem 75 einen am Antriebsglied 5 angebrachten Permanentmagneten 76 sowie eine Magnetsensorik 77, die beispielsweise einen oder mehrere nicht näher dargestellte Hall-Sensoren umfassen kann. Die Magnetsensorik 77 ist über eine Signalleitung 78 mit der Auswerteeinrichtung 65 verbunden, wobei ein von der Magnetsensorik 77 bereitgestelltes Positionssignal in der Auswerteeinrichtung 65, insbesondere im zweiten Auswertemodul 71, verarbeitet werden kann. Beispielhaft ist vorgesehen, dass aus einer zeitlichen Änderung des von der Magnetsensorik 77 bereitgestellten Positionssignals in Kombination mit dem ersten und/oder zweiten Drucksignal ein Rückschluss auf eine Kraftabgabe an der Kolbenstange 31 gezogen werden kann.

Ansprüche

1. Pneumatisches Aktorsystem (1; 41; 61) für einen kollaborativen Roboter, mit einem Aktor (2; 52), der ein Aktorgehäuse (3) umfasst, in dem eine Arbeitsausnehmung (4) ausgebildet ist, in der ein Antriebsglied (5) beweglich aufgenommen ist, das mit der Arbeitsausnehmung (4) einen größenvariablen ersten Arbeitsraum (7) begrenzt, wobei das Aktorgehäuse (3) von einem ersten Fluidkanal (8) durchsetzt ist, der zwischen dem ersten Arbeitsraum (7) und einem außen am Aktorgehäuse (3) angeordneten ersten Fluidanschluss (9) erstreckt ist, sowie mit einer Drucksensoranordnung (10; 42; 60), die für eine Erfassung eines Arbeitsdrucks im ersten Arbeitsraum (7) ausgebildet ist und die elektrisch mit einer Auswerteeinrichtung (15; 65) verbunden ist, wobei die Drucksensoranordnung (10; 42; 60) einen ersten Drucksensor (11; 43) aufweist, der zur Bereitstellung eines ersten Drucksignals ausgebildet ist, und einen zweiten Drucksensor (12; 44) aufweist, der zur Bereitstellung eines zweiten Drucksignals ausgebildet ist, und wobei die Auswerteeinrichtung (15; 65) eine Kommunikationsschnittstelle (80) aufweist und zur Ermittlung eines, insbesondere ein vom Aktor (2; 52) bereitgestelltes Kraftniveau oder Drehmomentniveau angegebendes, Zustandssignals in Abhängigkeit von dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal sowie zur Bereitstellung des Zustandssignals an der Kommunikationsschnittstelle (80) ausgebildet ist.

2. Pneumatisches Aktorsystem (1; 61) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (11) und der zweite Drucksensor (12) jeweils separat ausgebildet sind und dass der erste Drucksensor (11) über eine erste Sensor-
5 leitung (16) mit der Auswerteeinrichtung (15; 65) verbunden ist und dass der zweite Drucksensor (12) über eine zweite Sensorleitung (17) mit der Auswerteeinrichtung (15; 65) verbunden ist.

3. Pneumatisches Aktorsystem (41) nach Anspruch 1, dadurch
10 gekennzeichnet, dass die Drucksensoranordnung (42) den ersten Drucksensor (43), den zweiten Drucksensor (44) sowie eine Verarbeitungseinrichtung (45), die für einen Vergleich des ersten Drucksignals mit dem zweiten Drucksignal ausgebildet
ist, umfasst und über eine Signalleitung (46) mit der Auswerteeinrichtung (15) verbunden ist, wobei die Verarbeitungsein-
15 richtung (45) für eine Bereitstellung eines aus dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal ermittelten Statuswerts aus der Gruppe: aktueller Druckwert und Messfehler über die Signalleitung (46) an die Auswerteeinrichtung (15) ausgebildet ist.
20

4. Pneumatisches Aktorsystem (61) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebsglied (5) mit der Arbeitsausnehmung (4) einen zweiten, größenvariablen Arbeitsraum (57) begrenzt und dass das Aktorgehäuse (3) von einem
25 zweiten Fluidkanal (58) durchsetzt ist, der zwischen dem zweiten Arbeitsraum (57) und einem zweiten, außen am Aktorgehäuse (3) angeordneten zweiten Fluidanschluss (59) erstreckt ist, wobei die Drucksensoranordnung (60) einen dritten Drucksensor (61) aufweist, der zur Bereitstellung eines dritten
30 Drucksignals ausgebildet ist, und einen vierten Drucksensor (62) aufweist, der zur Bereitstellung eines vierten Drucksignals ausgebildet ist und wobei die Auswerteeinrichtung (65)

zur Ermittlung des Zustandssignals in Abhängigkeit von dem ersten Drucksignal und dem zweiten Drucksignal und dem dritten Drucksignal und dem vierten Drucksignal sowie zur und Bereitstellung des Zustandssignals an der Kommunikations-
schnittstelle (80) ausgebildet ist.

5. Pneumatisches Aktorsystem (61) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (65) ein erstes Auswertemodul (70) umfasst, das elektrisch mit dem ersten Drucksensor (11) und dem dritten Drucksensor (61) verbunden ist und dass die Auswerteeinrichtung (65) ein zweites Auswertemodul (71) umfasst, das elektrisch mit dem zweiten Drucksensor (12) und mit dem vierten Drucksensor (62) verbunden ist, und dass das erste Auswertemodul (70) elektrisch, insbesondere unmittelbar, mit dem zweiten Auswertemodul (71) verbunden ist.

6. Pneumatisches Aktorsystem (61) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (11) und der dritte Drucksensor (61) jeweils als erster Sensortyp ausgebildet sind und dass der zweite Drucksensor (12) und der vierte Drucksensor (62) als zweiter Sensortyp ausgebildet sind, wobei der erste Sensortyp eine höhere Messgenauigkeit und/oder eine höhere Messgeschwindigkeit und/oder einen kleineren Messbereich als der zweite Sensortyp aufweist.

7. Pneumatisches Aktorsystem (61) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Aktor (52) ein Positionsmesssystem (75) zugeordnet ist, das elektrisch mit der Auswerteeinrichtung (65) verbunden ist und das zur Bereitstellung eines Positionssignals in Abhängigkeit von einer Relativposition zwischen Antriebsglied (5) und Aktorgehäuse (3) ausgebildet ist und dass die Auswerteeinrichtung (65) für ei-

nen Abgleich eines aus dem Positionssignal ermittelten Messwerts aus der Gruppe: Position des Antriebsglieds (5), Geschwindigkeit des Antriebsglieds (5), Beschleunigung des Antriebsglieds (5), mit dem ersten Drucksignal und/oder dem zweiten Drucksignal ausgebildet ist.

8. Pneumatisches Aktorsystem (1; 41; 61) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Kommunikationsschnittstelle (80) der Auswerteeinrichtung (15; 65) eine Sicherheitssteuerung (82) angeschlossen ist, die mit einer Pneumatiksteuerung (86) verbunden ist, wobei die Pneumatiksteuerung (86) wenigstens ein Pneumatikventil für eine Belüftung und Entlüftung des Aktors (2; 52) umfasst und wobei die Sicherheitssteuerung (82) für eine sicherheitsgerichtete Ansteuerung der Pneumatiksteuerung (86) ausgebildet ist.

9. Pneumatisches Aktorsystem (1; 41; 61) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (2) als Linearaktor ausgebildet ist und die Arbeitsausnehmung (4) als Längsbohrung im Aktorgehäuse (3) ausgebildet ist, in der ein längs einer Bewegungsachse (6) linearbeweglicher Kolben als Antriebsglied (5) aufgenommen ist, der mit einer längs der Bewegungsachse (6) erstreckten Kolbenstange (31) oder mit einem quer zur Bewegungsachse erstreckten Mitnehmer gekoppelt ist.

10. Pneumatisches Aktorsystem (1; 41; 61) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor als Schwenkantrieb ausgebildet ist, wobei das Antriebsglied schwenkbeweglich um eine Schwenkachse in der zumindest bereichsweise kreiszylindrisch ausgebildeten Arbeitsausnehmung aufgenommen ist und mit einem in radialer Richtung von einer Antriebswelle abragenden Schwenkflügel ausgerüstet ist.

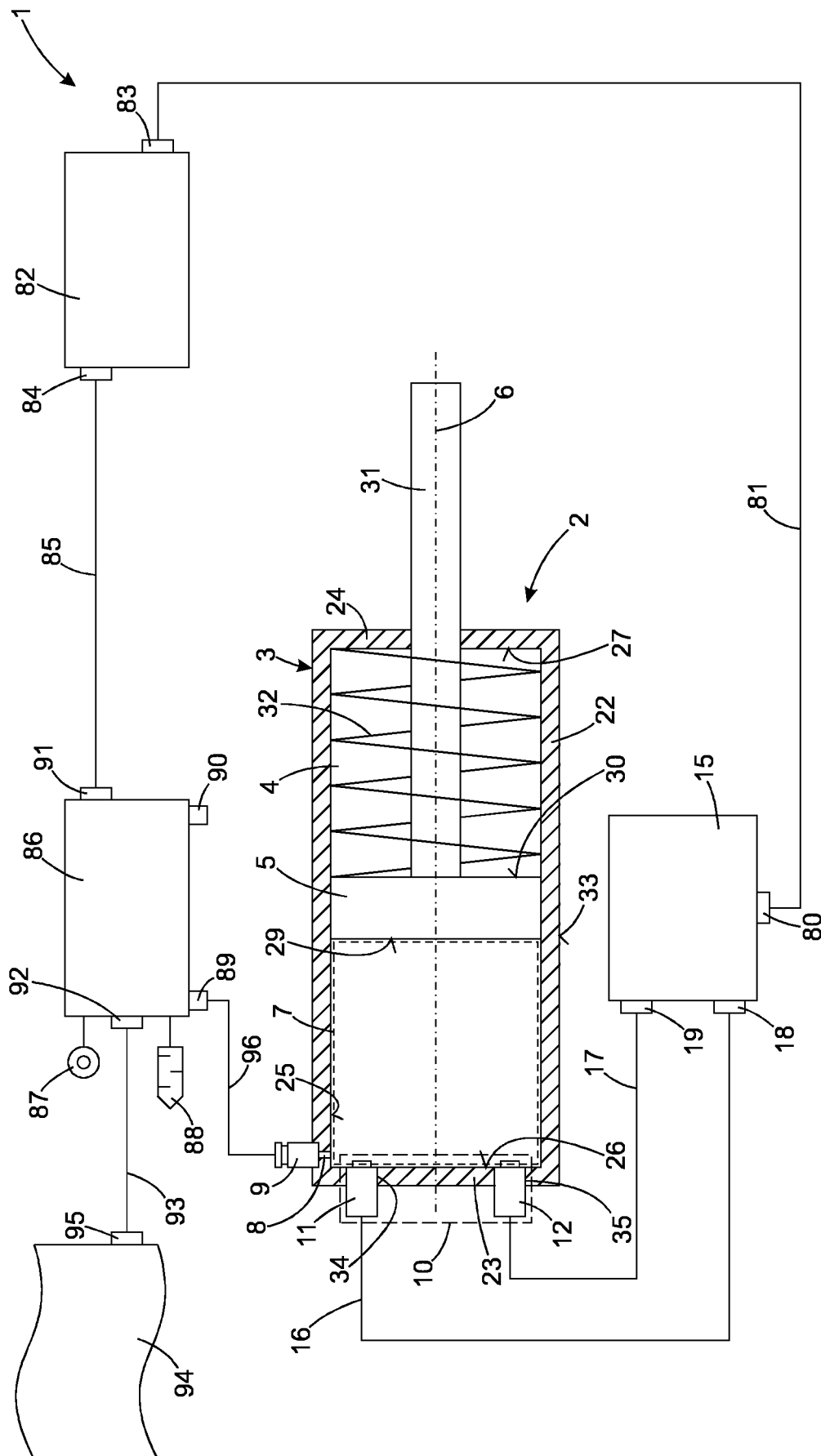


Fig. 1

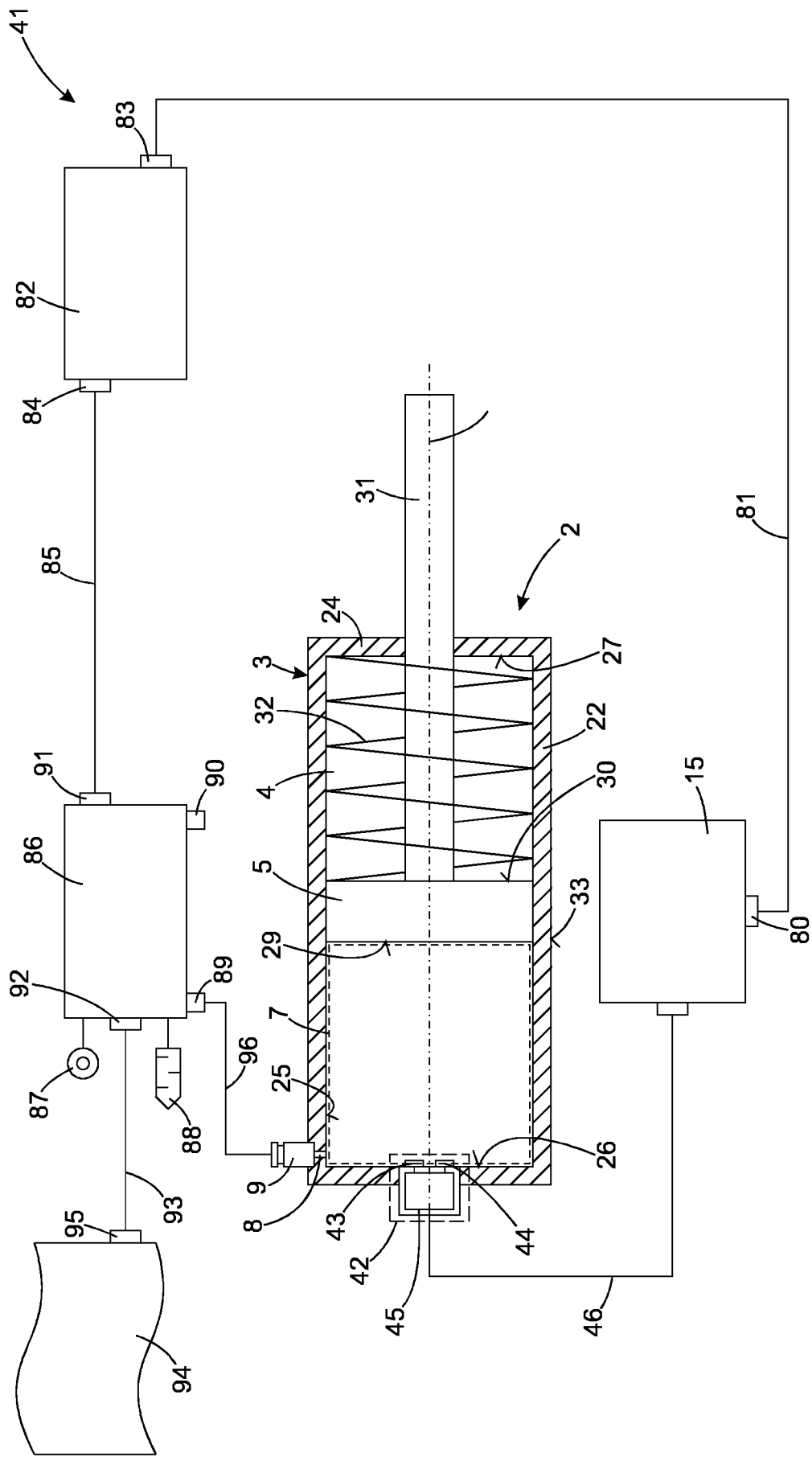


Fig. 2

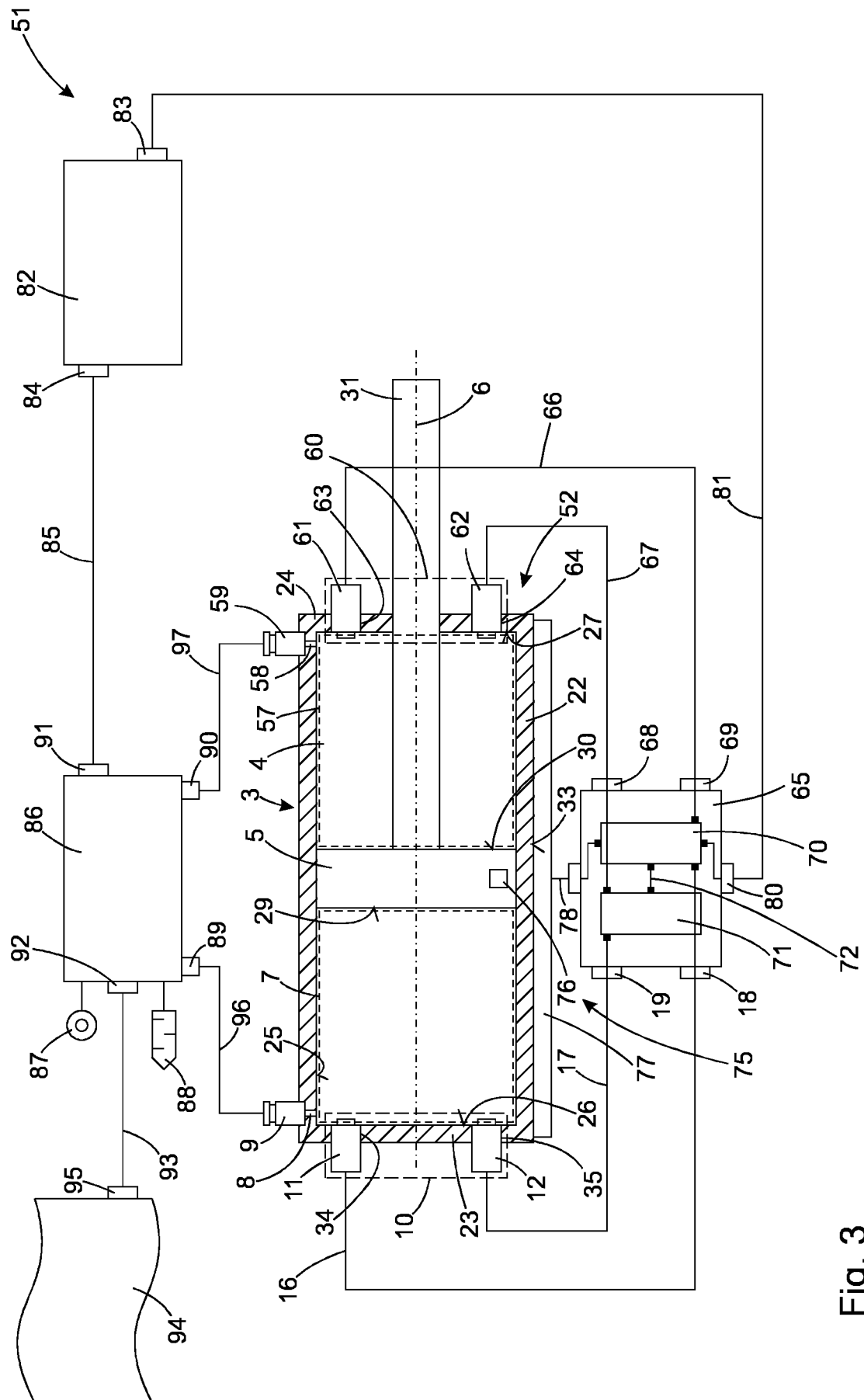


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/062547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 9/03**(2006.01)i; **F15B 20/00**(2006.01)i; **F15B 21/08**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B; F15B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102017222784 A1 (FESTO AG & CO KG [DE]) 19 June 2019 (2019-06-19)	1-4, 6-10
Y	paragraphs [0019], [0020], [0024]; claims 1, 7, 9; figures 1, 2, 3, 4; examples 4, 10, 2, 32, 33	4
A		5
A	DE 102005030276 A1 (PILZ GMBH & CO KG [DE]) 28 December 2006 (2006-12-28) "pressure sensor", paragraph [0046], "interface", 32 paragraph [0049], "safety switching device", paragraph [0049]; paragraphs [0047], [0048], [0049], [0051]; figure 1; examples 30, 30', 14, 14', 34, 33	3
X	US 2021265194 A1 (WIRTH PAUL [US] ET AL.) 26 August 2021 (2021-08-26)	1-3, 7, 9
Y	paragraphs [0001], [0041], [0058]; figures 3, 4, 7; examples 313, 413, 314, 414	4
X	DE 102019212873 A1 (CKD CORP [JP]) 05 March 2020 (2020-03-05)	1-3, 9
Y	paragraphs [0002], [0029]; figures 1, 2; examples 10, 20, 203, 204, 205, 201, 208	4
X	DE 102014004877 B3 (FESTO AG & CO KG [DE]) 17 September 2015 (2015-09-17)	1, 2, 9
	paragraphs [0026], [0035]; figures 1, 2; examples 3, 27, 28, 43, 44, 46	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 July 2023

Date of mailing of the international search report

27 July 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Deligiannidis, N

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/062547**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102018133715 A1 (LINDE MATERIAL HANDLING GMBH [DE]) 02 July 2020 (2020-07-02) paragraph [0003]; figure 1; example 5	1
X	DE 102019131980 A1 (MOOG GMBH) 27 May 2021 (2021-05-27) see paragraph [0030] "two pressure sensors of simple design can be used in redundant combination ... increased functional safety"; paragraph [0030]; figure 3; examples 10, 60, 30	1, 2, 9
X	US 2017082212 A1 (SWAGTEN GERARD [NL] ET AL) 23 March 2017 (2017-03-23) figure 1; examples 4, 18, 20, 1	1, 2, 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/062547

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102017222784	A1	19 June 2019	NONE			
DE	102005030276	A1	28 December 2006	CN	101228486	A	23 July 2008
				DE	102005030276	A1	28 December 2006
				EP	1894065	A1	05 March 2008
				JP	4969571	B2	04 July 2012
				JP	2008544663	A	04 December 2008
				US	2008165464	A1	10 July 2008
				WO	2006136260	A1	28 December 2006
US	2021265194	A1	26 August 2021	CN	115152011	A	04 October 2022
				JP	2023515063	A	12 April 2023
				KR	20220145869	A	31 October 2022
				TW	202201598	A	01 January 2022
				US	2021265194	A1	26 August 2021
				US	2023028135	A1	26 January 2023
				WO	2021173876	A1	02 September 2021
DE	102019212873	A1	05 March 2020	CN	110873091	A	10 March 2020
				DE	102019212873	A1	05 March 2020
				JP	7003014	B2	20 January 2022
				JP	2020034056	A	05 March 2020
				US	2020072253	A1	05 March 2020
DE	102014004877	B3	17 September 2015	NONE			
DE	102018133715	A1	02 July 2020	NONE			
DE	102019131980	A1	27 May 2021	CN	114761221	A	15 July 2022
				DE	102019131980	A1	27 May 2021
				EP	4065360	A1	05 October 2022
				US	2023026318	A1	26 January 2023
				WO	2021104966	A1	03 June 2021
US	2017082212	A1	23 March 2017	EP	3144543	A1	22 March 2017
				US	2017082212	A1	23 March 2017

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G05B9/03 F15B20/00 F15B21/08
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G05B F15B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2017 222784 A1 (FESTO AG & CO KG [DE]) 19. Juni 2019 (2019-06-19)	1-4, 6-10
Y	Absätze [0019], [0020], [0024];	4
A	Ansprüche 1, 7, 9; Abbildungen 1, 2, 3, 4; Beispiele 4, 10, 2, 32, 33, -----	5
A	DE 10 2005 030276 A1 (PILZ GMBH & CO KG [DE]) 28. Dezember 2006 (2006-12-28) "Drucksensor" par. 0046, "Schnittstelle" 32 par. 0049, "Sicherheitsschaltgerät" Abs. 0049; Absätze [0047], [0048], [0049], [0051]; Abbildung 1; Beispiele 30, 30', 14, 14', 34, 33 ----- -/-	3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Juli 2023

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/07/2023

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Deligiannidis, N

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2021/265194 A1 (WIRTH PAUL [US] ET AL) 26. August 2021 (2021-08-26)	1-3, 7, 9
Y	Absätze [0001], [0041], [0058]; Abbildungen 3, 4, 7; Beispiele 313, 413, 314, 414 -----	4
X	DE 10 2019 212873 A1 (CKD CORP [JP]) 5. März 2020 (2020-03-05)	1-3, 9
Y	Absätze [0002], [0029]; Abbildungen 1, 2; Beispiele 10, 20, 203, 204, 205, 201, 208 -----	4
X	DE 10 2014 004877 B3 (FESTO AG & CO KG [DE]) 17. September 2015 (2015-09-17) Absätze [0026], [0035]; Abbildungen 1, 2; Beispiele 3, 27, 28, 43, 44, 46 -----	1, 2, 9
A	DE 10 2018 133715 A1 (LINDE MATERIAL HANDLING GMBH [DE]) 2. Juli 2020 (2020-07-02) Absatz [0003]; Abbildung 1; Beispiel 5 -----	1
X	DE 10 2019 131980 A1 (MOOG GMBH) 27. Mai 2021 (2021-05-27) see par. 0030 "können zwei Drucksensoren einfacher Bauart in redundanter Kombination eingesetzt werden ... erhöhter funktionaler Sicherheit implementiert "; Absatz [0030]; Abbildung 3; Beispiele 10, 60, 30 -----	1, 2, 9
X	US 2017/082212 A1 (SWAGTEN GERARD [NL] ET AL) 23. März 2017 (2017-03-23) Abbildung 1; Beispiele 4, 18, 20, 1 -----	1, 2, 9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/062547

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017222784 A1	19-06-2019	KEINE	
DE 102005030276 A1	28-12-2006	CN 101228486 A	23-07-2008
		DE 102005030276 A1	28-12-2006
		EP 1894065 A1	05-03-2008
		JP 4969571 B2	04-07-2012
		JP 2008544663 A	04-12-2008
		US 2008165464 A1	10-07-2008
		WO 2006136260 A1	28-12-2006
US 2021265194 A1	26-08-2021	CN 115152011 A	04-10-2022
		JP 2023515063 A	12-04-2023
		KR 20220145869 A	31-10-2022
		TW 202201598 A	01-01-2022
		US 2021265194 A1	26-08-2021
		US 2023028135 A1	26-01-2023
		WO 2021173876 A1	02-09-2021
DE 102019212873 A1	05-03-2020	CN 110873091 A	10-03-2020
		DE 102019212873 A1	05-03-2020
		JP 7003014 B2	20-01-2022
		JP 2020034056 A	05-03-2020
		US 2020072253 A1	05-03-2020
DE 102014004877 B3	17-09-2015	KEINE	
DE 102018133715 A1	02-07-2020	KEINE	
DE 102019131980 A1	27-05-2021	CN 114761221 A	15-07-2022
		DE 102019131980 A1	27-05-2021
		EP 4065360 A1	05-10-2022
		US 2023026318 A1	26-01-2023
		WO 2021104966 A1	03-06-2021
US 2017082212 A1	23-03-2017	EP 3144543 A1	22-03-2017
		US 2017082212 A1	23-03-2017