

(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  
29. April 2010 (29.04.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/046111 A2**

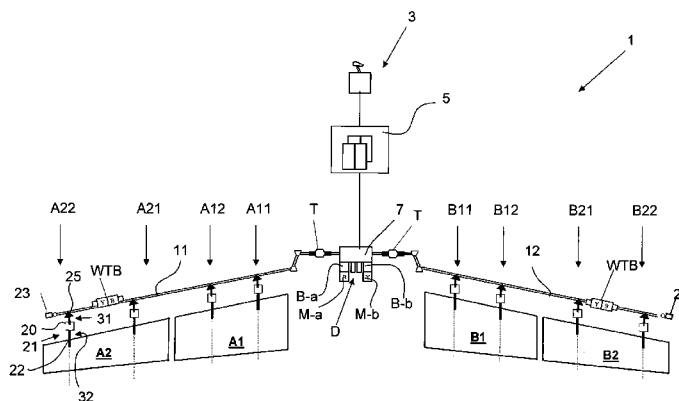
- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*B64C 13/38* (2006.01) *B64D 45/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/007571
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Oktober 2009 (22.10.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 052 754.8  
22. Oktober 2008 (22.10.2008) DE  
61/114,487 14. November 2008 (14.11.2008) US
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): AIRBUS OPERATIONS GMBH [DE/DE]; Kreetstag 10, 21129 Hamburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RECKSIEK, Martin [DE/DE]; Hainholzweg 137 C, 21077 Hamburg (DE).
- (74) Anwalt: SCHATT, Markus, F.; Schatt IP, Rindermarkt 7, 80331 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADJUSTER DEVICE FOR AN AIRCRAFT COMBINATION OF AN ADJUSTER DEVICE AND AN ADJUSTER DEVICE FAULT RECOGNITION FUNCTION, FAULT -TOLERANT ADJUSTER SYSTEM AND METHOD FOR RECONFIGURING THE ADJUSTER SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERSTELLVORRICHTUNG EINES FLUGZEUGS, KOMBINATION EINER VERSTELLVORRICHTUNG UND EINER VERSTELLVORRICHTUNGS-FEHLERERKENNUNGSFUNKTION, FEHLERTOLERANTES STELLSYSTEM UND VERFAHREN ZUR REKONFIGURATION DES STELLSYSTEMS



Figur 1

(57) Abstract: Adjuster device (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) for coupling an adjuster flap (A1, A2; B1, B2) on an aircraft to an actuator (20), an adjuster mechanism (VK) for the kinematic coupling of the actuator (20) to the adjustment flap (A1, A2; B1, B2) and a gearbox (25), wherein the adjuster device (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) may be coupled to a control and monitoring device (5) for operation thereof, characterised in that the adjuster device comprises a first load sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a), arranged at the input side (31) of the actuator (20) for recording the load occurring on the input side of the actuator (20) as a result of the operation of the adjustment flap (A1, A2; B1, B2), a second load sensor (S2; S11-b, S12-b, S21-b), arranged at the output side (32) of the actuator (20) for recording the load occurring on

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/046111 A2



- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

**Veröffentlicht:**

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

---

the output side (32) of the actuator (20) as a result of the operation of the adjustment flap (A1, A2; B1, B2), wherein the first load sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) and the second load sensor (S1; S11-b, S12-b, S21 -b, S22-b) are functionally connected to an adjuster device fault recognition function for receiving the sensor values delivered by the load sensors, in order to attribute a fault condition to the adjuster device and a combination of an adjuster device and an adjuster device fault recognition function, a fault-tolerant adjuster system and a method for reconfiguring an adjuster system.

**(57) Zusammenfassung:** Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) zur Ankopplung an eine Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) eines Flugzeugs mit einem Aktuator (20), einer Verstell-Kinematik (VK) zur kinematischen Kopplung des Aktuators (20) an die Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) und einem Getriebe (25), wobei die Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) an eine Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5) zur Betätigung derselben ankopplbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung aufweist: einen ersten Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a), der an der Eingangsseite (31) des Aktuators (20) zur Erfassung der an der Eingangsseite des Aktuators (20) aufgrund der Betätigung der Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) auftretenden Last angeordnet ist, einen zweiten Last-Sensor (S2; S11-b, S12-b, S21-b), der an der Ausgangsseite (32) des Aktuators (20) zur Erfassung der an der Ausgangsseite (32) des Aktuators (20) aufgrund der Betätigung der Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) auftretenden Last angeordnet ist, wobei der erste Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) und der zweite Last-Sensor (S1; S11-b, S12-b, S21 -b, S22-b) funktional mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Empfang der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden ist, um der Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand zuzuordnen; sowie eine Kombination einer Verstellvorrichtung und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion, ein fehlertolerantes Stellsystem und ein Verfahren zur Rekonfiguration eines Stellsystems.

**Verstellvorrichtung eines Flugzeugs, Kombination einer Verstellvorrichtung und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion, fehlertolerantes Stellsystem und Verfahren zur Rekonfiguration des Stellsystems**

Die Erfindung betrifft eine Verstellvorrichtung eines Flugzeugs, Kombination einer Verstellvorrichtung und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion, fehlertolerantes Stellsystem und Verfahren zur Rekonfiguration des Stellsystems. Die Verstellklappe ist generell eine verstellbare aerodynamische Klappe eines Flugzeugs und kann insbesondere eine Hochauftriebsklappe sein. Das Stellsystem kann insbesondere ein Hochauftriebssystem eines Flugzeugs sein.

Aus dem allgemeinen Stand der Technik sind Hochauftriebssysteme mit Lastbegrenzer zur Vermeidung von Überlast insbesondere bei gegebenenfalls auftretenden Kraftkonflikten bekannt.

In der US 7 195 209 ist ein Lastsensor für Antriebe von Hochauftriebssystemen beschrieben, mit dem die Last am Ausgang eines Aktuators gemessen wird.

Aufgabe der Erfindung ist, eine Verstellvorrichtung zur Ankopplung an eine Verstellklappe eines Flugzeugs, eine Kombination einer Verstellvorrichtung mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion, ein fehlertolerantes Stellsystem und ein Verfahren zur Rekonfiguration eines Stellsystems bereitzustellen, mit der bzw. dem bei einem minimalen Geräteaufwand in dem Hochauftriebssystem auftretende Fehler lokalisiert und mit dem eine effiziente Systemdegradation zur Kompensation des jeweils auftretenden Fehlers erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den auf diese rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann insbesondere auch eine Prädiktion von Fehlerzuständen an einer Verstellvorrichtung vorgenommen werden.

Erfindungsgemäß ist eine Verstellvorrichtung oder Stellvorrichtung zur Ankopplung an eine Verstellklappe eines Flugzeugs vorgesehen, aufweisend:

- einen Aktuator und eine Verstell-Kinematik zur kinematischen Kopplung des Aktuators an die Verstellklappe,
- einen ersten Last-Sensor, der an der Eingangsseite des Aktuators zur Erfassung der an der Eingangsseite des Aktuators aufgrund der Betätigung der Verstellklappe auftretenden Last angeordnet ist,
- einen zweiten Last-Sensor, der an der Ausgangsseite des Aktuators zur Erfassung der an der Ausgangsseite des Aktuators aufgrund der Betätigung der Verstellklappe auftretenden Last angeordnet ist.

Dabei sind der erste Last-Sensor und der zweite Last-Sensor funktional mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Übermitteln der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden, um den Funktionszustand der Verstellvorrichtung zu überwachen. Diese ist derart ausgeführt, dass diese auf der Basis der von den Last-Sensoren übermittelten Signale den einer Klappe zugeordneten Stellvorrichtungen einen Fehlerzustand zuordnen kann.

Bei der Anordnung von zwei oder mehr als zwei Verstellvorrichtungen an einer Klappe kann vorgesehen sein, dass nur eine der Verstellvorrichtungen nach der Erfindung mit zwei Last-Sensoren ausgeführt ist. Die zumindest eine weitere Verstellvorrichtung kann derart ausgeführt sein, dass diese nur einen der beiden Last-Sensoren oder keinen der Last-Sensoren aufweist.

Die erfindungsgemäße Verstellvorrichtung kann insbesondere zumindest als eine von mehreren Verstellvorrichtungen eines Hochauftriebssystems zur Vertellung von Vorderkanten-Klappen oder Hinterkantenklappe verwendet werden. Die Verstell-Kinematik kann dabei insbesondere als „Track-Kinematik“ oder als „Dropped Hinge Kinematik“ ausgeführt sein. Bei einer „Track-Kinematik“ ist die Stellvorrichtung als Schlitten ausgeführt, der über einen Aktuator auf einer Schiene („Track“) geführt wird. Die Stellklappe ist über eine Antriebsstange an den Schlitten gekoppelt, wobei

vorzugsweise ein erstes Gelenk die Antriebsstange an den Schlitten und ein zweites Gelenk die Antriebsstange an die Stellklappe koppelt. Bei einer sogenannten „Dropped Hinge Kinematik“ ist der Aktuator als Drehaktuator ausgeführt.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Kombination einer derartigen Verstellvorrichtung und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion vorgesehen. Die Verstellvorrichtung weist einen Aktuator und eine Verstell-Kinematik zur kinematischen Kopplung des Aktuators an die Verstellklappe auf. Optional kann die Verstellvorrichtung auch ein Getriebe aufweisen, über das die von der Antriebsvorrichtung erzeugte Leistung auf den Aktuator übertragen wird. Die Verstellvorrichtung ist an eine Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung zur Betätigung derselben ankoppelbar. Die Verstellvorrichtung weist auf:

- einen ersten Last-Sensor, der an der Eingangsseite des Aktuators zur Erfassung der an der Eingangsseite des Aktuators aufgrund der Betätigung der Verstellklappe auftretenden Last angeordnet ist,
- einen zweiten Last-Sensor, der an der Ausgangsseite des Aktuators zur Erfassung der an der Ausgangsseite des Aktuators aufgrund der Betätigung der Verstellklappe auftretenden Last angeordnet ist.

Der erste Last-Sensor und der zweite Last-Sensor sind dabei funktional mit der Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Empfang der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden, um der Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand zuzuordnen, wenn in Abhängigkeit dieser Sensorwerte vorbestimmte Kriterien erfüllt sind. Die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion ist dabei derart ausgeführt, dass diese den Funktionszustand der Verstellvorrichtung überwachen kann.

Die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion kann derart gestaltet sein, dass in dieser die Sensorwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors jeweils mit zumindest einem Grenzwert verglichen werden und ein Überschreiten oder Unterschreiten dieses Grenzwerts durch die Signalwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors zur Ermittlung des Fehlerzustands der Verstellvorrichtung verwendet wird.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann insbesondere derart gestaltet sein, dass in einem Fall, in dem der erste Last-Sensor und der zweite Last-Sensor jeweils die Unterschreitung eines Lastlos-Grenzwerts erfasst, die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der jeweiligen Verstellvorrichtung den Zustand der Funktionsunfähigkeit (Fehlerfall A) und somit einen Fehlerzustand zuordnet.

Dabei kann vorgesehen sein, dass die Unterschreitung des Lastlos-Grenzwerts vorliegt, wenn der erste Last-Sensor ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das eine Last anzeigt, die unter 1/5 der an der Stelle des ersten Last-Sensors als maximale Betriebslast definiert ist, und der zweite Last-Sensor eine Last anzeigt, die unter 1/5 der an der Stelle des zweiten Last-Sensors als maximale Betriebslast definiert ist oder in normalem Betrieb tatsächlich auftritt. Eine maximale Betriebslast kann aufgrund der Auslegung des Tragflügels oder der Flugzeugs vorgegeben sein. Einer Verstellvorrichtung kann also ein Fehlerzustand zugeordnet werden, wenn der erste Last-Sensor ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das einen Lastlos-Grenzwert unterschreitet, dessen Wert unter 1/5 der maximalen vorgegebenen oder tatsächlichen Betriebslast an der Stelle des ersten Last-Sensors entsprechenden Wertes beträgt, und der zweite Last-Sensor ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das einen Lastlos-Grenzwert unterschreitet, dessen Wert unter 1/5 des der maximalen vorgegebenen oder tatsächlichen Betriebslast an der Stelle des ersten Last-Sensors entsprechenden Wertes beträgt. Weiterhin kann dabei insbesondere vorgesehen sein, dass der Zustand der Funktionsunfähigkeit zuordnet wird, wenn zugleich mit der Unterschreitung des Lastlos-Grenzwerts die Bedingung erfüllt ist, dass sich das Flugzeug am Boden befindet.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann insbesondere derart gestaltet sein, dass in einem weiteren Fall, hierin auch als Fall B bezeichnet, die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der Ausgangsseite einer Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand aufgrund eines Klemmfalls zuweist, wenn der zweite Lastsensor einen einer Last  $L_2$  entsprechenden Signalwert erzeugt und an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, der einen vorgegebenen

Grenzwert übersteigt, der einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors entspricht, und wenn die von dem ersten Lastsensor gemessene Last  $L_1$  im Betriebsbereich der Eingangsseite der jeweiligen Verstellkinematik liegt, die der von dem zweiten Last-Sensor gemessenen Last  $L_2$  entspricht.

Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der vorgegebene Grenzwert einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors eine vorgegebene oder ermittelte Maximallast  $L_{\max}$  für die Ausgangsseite ist.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann insbesondere derart gestaltet sein, dass in einem weiteren Fall, im folgenden Fall C genannt, die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der jeweiligen Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand aufgrund eines Klemmfalls des Aktuators oder eines Übertragungsteils, der in Bezug auf die mechanische Übertragungskette zwischen dem ersten Last-Sensor und dem zweiten Last-Sensor gelegen ist zugeordnet, wenn der von dem ersten Lastsensor erzeugte Signalwert einer Last  $L_1$  der Eingangsseite einen Wert für den Betriebsbereich der Eingangsseite der jeweiligen Verstellkinematik übersteigt, den nominell die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion aus der von dem zweiten Last-Sensor gemessenen Last  $L_2$  ermittelt.

Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die von dem ersten Lastsensor gemessene Last  $L_1$  mehr als doppelt so groß ist, wie die von dem zweiten Lastsensor gemessene Last  $L_2$  unter Berücksichtigung der Übersetzung des Aktuators.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann insbesondere derart gestaltet sein, dass in einem Fall (D) die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion einem Aktuator oder einem Übertragungsteil, der zwischen dem ersten Last-Sensor und dem zweiten Last-Sensor gelegen ist, einen Fehlerzustand aufgrund eines Zustands einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit zuordnet, wenn die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion ermittelt, dass die mit dem ersten Lastsensor ermittelte Last einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und die mit dem zweiten Lastsensor ermittelte Last einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet, oder wenn das

Verhältnis  $\frac{L_1}{L_2}$  der mit dem ersten Lastsensor ermittelten Last  $L_1$  bezogen auf die mit

dem zweiten Lastsensor ermittelten Last  $L_2$  einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

Bei den Ausführungsbeispielen kann generell an der Verstellkinematik ein Positionssensor zur Erfassung der Position der Vertellklappe angeordnet sein.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist auch ein fehlertolerantes Stellsystem mit zumindest einer an jeweils einem der Tragflügel eines Flugzeugs verstellbaren Klappe und mit einer Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung vorgesehen, aufweisend mit der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung angesteuerte Verstellvorrichtungen, von denen zumindest eine jeder Klappe zugeordnet ist.

Von den Verstellvorrichtungen kann zumindest eine oder können zumindest zwei an jeweils einer Klappe eines Tragflügels und voneinander in Spannweiten-Richtung der Klappe beabstandet angeordnet sein und die an eine Antriebs-Verbindung angekoppelt ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass mehrere oder die an eine Stellklappe jeweils angekoppelten Verstellvorrichtungen jeweils an eine eigene Antriebsvorrichtung angekoppelt sind oder dass die Verstellvorrichtungen sämtlicher Klappen eines Stellsystems oder Hochauftriebssystems an eine Antriebsvorrichtung angekoppelt sind, die insbesondere zentral und z.B. im Rumpf des Flugzeugs angeordnet sein kann, wobei die Antriebsvorrichtung mit den Verstellvorrichtungen jedes Flügels über einen Antriebsstrang wie z.B. eine Drehwelle zu deren Betätigung mechanisch gekoppelt ist.

Dabei ist zumindest eine Verstellvorrichtung einer Klappe nach einem der erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele gebildet und weist auf: einen ersten Last-Sensor an der Eingangsseite des Aktuators zur Erfassung einer Last und einen zweiten Last-Sensor an der Ausgangsseite des Aktuators zur Erfassung einer Last. Das fehlertolerante Stellsystem weist erfindungsgemäß weiterhin eine mit den Last-Sensoren funktional verbundene Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung auf, die derart ausgeführt ist, dass diese auf der Basis der von den Last-Sensoren übermittelten Signalen den einer Klappe zugeordneten Stellvorrichtungen einen Fehlerzustand zuordnen kann.

Das fehlertolerante Stellsystem kann insbesondere Antriebsvorrichtungen aufweisen, von denen jeweils eine der zumindest einen Verstellvorrichtung jeweils einer Klappe zugeordnet ist, die mit einer diese ansteuernden Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung funktional in Verbindung stehen, und die jeweils aufweisend: zwei Antriebsmotoren, zwei Brems-Vorrichtungen, wobei den Antriebsmotoren zumindest eine Brems-Vorrichtung zum Anhalten des Ausgangs des jeweiligen Antriebsmotors zugeordnet ist.

Die Verstellvorrichtungen können über jeweils eine Antriebs-Verbindung an eine der Klappe jeweils zugeordnete Antriebsvorrichtung angekoppelt sein. Weiterhin kann an jeder Klappe zumindest zwei Verstellvorrichtungen angeschlossen und voneinander in Spannweiten-Richtung der Klappe beabstandet angeordnet sind.

Dabei kann an jeder Klappe jeweils eine Antriebsvorrichtung zugeordnet sein.

Nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen fehlertoleranten Stellsystems ist vorgesehen, dass die mit zumindest einer Verstellvorrichtung gekoppelte Antriebsvorrichtung zumindest eine Bremsvorrichtung aufweist und die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung aufweist:

- eine Stell-Funktion zur Betätigung der Antriebsvorrichtung der Klappe,
- eine Überwachungs-Funktion, die ein Kommandosignal an zumindest eine Brems-Vorrichtung und optional zusätzlich an eine Differentialsperre zur Betätigung derselben erzeugt und an diese schickt, wenn die Überwachungs-Funktion der Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand zugeordnet hat.

Die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung des fehlertoleranten Stellsystems kann auch aufweisen:

- eine Stell-Funktion zur Betätigung der Antriebsvorrichtung der Klappe,
- eine Überwachungs-Funktion, die ein Kommandosignal an zumindest eine Brems-Vorrichtung (B-a, B-b) zur Betätigung derselben erzeugt und an diese schickt, wenn die Überwachungs-Funktion der Verstellvorrichtung aufgrund des

Vergleichs von Positions-Sensoren an zwei verschiedenen Verstell-Vorrichtungen einer Klappe unterschiedliche Verstell-Zustände ermittelt, die ein vorbestimmtes Maß überschreitet.

Bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen des fehlertolerantes Stellsystems kann dieses insbesondere eine Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion aufweisen, die mit einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion funktional in Verbindung steht und die in Abhängigkeit von Fehlerzuständen, die dieser von der Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt werden, Kommandos zur Ansteuerung der Verstellvorrichtungen erzeugt oder beeinflusst.

Der Aktuator oder das Übersetzungsgetriebe kann aus einem Drehaktuator oder aus einem Linearantrieb gebildet sein. Die verwendeten zwei Antriebsmotoren können elektrische Antriebsmotoren sein. Auch können zwei Antriebsmotoren verwendet werden, von denen einer ein elektrischer Antriebsmotor und der andere ein hydraulischer Antriebsmotor ist. Auch kann der zumindest eine Antriebsmotor ein hydraulischer Antriebsmotor sein.

Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Verfahren zur Rekonfiguration eines Hochauftriebssystems mit verstellbaren Verstellklappen mit den Schritten vorgesehen:

- Ermittlung von Signalwerten von einem ersten Last-Sensor und einem zweiten Last-Sensor zur Ermittlung von an einer Verstellvorrichtung mit einem Aktuator auftretenden Lasten, wobei der erste Last-Sensor an der Eingangsseite und der zweite Last-Sensor an der Ausgangsseite angeordnet ist,
- in Abhängigkeit der Prüfung des Erfülltseins von Bedingungen mit den von dem ersten Last-Sensor und dem zweiten Last-Sensor ermittelten Signalwerten Zuordnung eines Fehlerzustands an ein Bestandteil der jeweiligen Verstellvorrichtung.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der beigefügten Figuren beschrieben, die zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hochauftriebssystems Verstellklappen, von denen zwei für jeden Flügel vorgesehen sind, mit Verstellvorrichtungen zur Betätigung der Verstellklappen, wobei die Verstellvorrichtungen jeweils zumindest einen Aktuator und jeweils zumindest einen auf der Eingangsseite gelegenen ersten Last-Sensor und auf der Ausgangsseite des zumindest einen Aktuators gelegenen zweiten Last-Sensor und wobei die Verstellvorrichtungen von einem zentralen Antriebsmotor und einer mit diesem gekoppelten Drehwelle angetrieben werden;
- Figur 2 eine vergrößerte Darstellung des für den in Flugzeug-Längsachse gesehen rechten Flügel vorgesehenen Teil des Hochauftriebssystems nach der Figur 1;
- Figur 3a eine Ausführungsform einer Verstellvorrichtung nach der Erfindung, bei der der auf der Ausgangsseite derselben angeordnete Last-Sensor als Drehmomenten-Sensor ausgebildet ist;
- Figur 3b eine Ausführungsform einer Verstellvorrichtung nach der Erfindung, bei der der auf der Ausgangsseite derselben angeordnete Last-Sensor als Kraft-Sensor ausgebildet ist;
- Figur 4a eine Ausführungsform einer Verstellvorrichtung nach der Erfindung, bei der der auf der Ausgangsseite derselben angeordnete Last-Sensor als Kraft-Sensor ausgebildet ist und bei der die beiden Last-Sensoren funktional mit einem lokalen Daten-Konzentrator verbunden ist; und
- Figur 4b eine Ausführungsform einer Verstellvorrichtung nach der Erfindung, bei der der auf der Ausgangsseite derselben angeordnete Last-Sensor als Kraft-Sensor ausgebildet ist und bei der die beiden Last-Sensoren funktional direkt mit einer zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung verbunden ist.

Die Figur 1 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hochauftriebssystems 1 zum Verstellen zumindest einer Landeklappe an jedem Tragflügel. In der Figur 1 sind zwei Landeklappen je Tragflügel, der in der Darstellung der Figur 1 nicht gezeigt ist,

dargestellt. Im Einzelnen sind dargestellt: eine innere Landeklappe A1 und eine äußere Landeklappe A2 an einem ersten Tragflügel und eine innere Landeklappe B1 und eine äußere Landeklappe B2 an einem zweiten Tragflügel. Bei dem erfindungsgemäßen Hochauftriebssystem können auch eine oder mehr als zwei Landeklappen pro Tragflügel vorgesehen sein. Das Hochauftriebssystem 1 wird betätigt und kontrolliert über eine Piloten-Schnittstelle, die insbesondere ein Betätigungsorgan 3 wie z.B. einen Betätigungshebel aufweist. Das Betätigungsorgan 3 ist mit einer Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 funktional gekoppelt, die Steuerkommandos über eine Ansteuerungs-Leitung 8 zur Ansteuerung einer zentralen Antriebseinheit 7 übermittelt. Die Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 ist eine zentrale Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5, d.h. diese weist Steuerungs- und Überwachungsfunktionen für mehrere und insbesondere sämtliche Verstell-Vorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 des Hochauftriebssystems auf.

Die zentrale, d.h. im Rumpfbereich angeordnete Antriebseinheit 7 kann mit einer oder mehreren Antriebsmotoren gebildet sein. In der dargestellten Ausführungsform des Hochauftriebssystems weist die Antriebseinheit 7 zwei Antriebsmotoren M-a, M-b auf, die z.B. durch einen Hydraulikmotor und einen Elektrikantrieb realisiert sein können. Weiterhin kann die Antriebseinheit 7 zumindest eine den Antriebsmotoren M-a, M-b zugeordnete Brems-Vorrichtung aufweisen, die jeweils durch ein Kommandosignal der Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 betätigt werden kann. In der in der Figur 1 dargestellten Ausführungsform des Hochauftriebssystems weist die Antriebseinheit 7 zwei Brems-Vorrichtungen B-a, B-b auf, die jeweils durch ein Kommandosignal der Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 betätigt werden können. Die zumindest eine Brems-Vorrichtung ist funktional mit der Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 verbunden, die bei vorbestimmten Bedingungen die Brems-Vorrichtung betätigen und damit die Drehwellen-Antriebsstränge 11, 12 arretieren kann. Bei einem Defekt des Antriebsmotors oder eines von mehreren Antriebsmotoren kann diese durch die zentrale Antriebseinheit 7 oder eine dem zumindest einen Antriebsmotor zugeordnete Antriebsmotor-Steuerung abgeschaltet werden.

Die zentrale Antriebseinheit 7 kann, wie in der Figur 1 gezeigt ist, ein Differential aufweisen, das mit den Ausgangsseiten des Hydraulikmotors M-a und des Elektromotors M-b derart gekoppelt ist, dass die von dem Hydraulikmotor H und dem Elektromotor jeweils bereitgestellten Leistungen summiert werden und an Antriebs-Drehwellen 11, 12 übertragen werden. In dem in der Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Hochauftriebssystems sind weiterhin zwei Brems-Vorrichtungen B-a, B-b vorgesehen, die funktional mit der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 verbunden sind. Die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 ist derart aufgeführt, dass diese bei vorbestimmten Bedingungen die Brems-Vorrichtungen B-a, B-b betätigen und damit die Drehwellen-Antriebsstränge 11, 12 arretieren kann. Wird einer der beiden Antriebsmotoren, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel z.B. der Hydraulikmotor H oder der Elektrikantrieb E, abgeschaltet, gibt die zentrale Antriebseinheit 7 aufgrund des Differentials, das derart gestaltet ist, dass die von dem Hydraulikmotor H und dem Elektromotor jeweils bereitgestellten Leistungen summiert werden, eine um den Betrag des abgeschalteten Antriebsmotors reduzierte Leistung ab.

An die zentrale Antriebseinheit 7 sind insgesamt zwei Antriebs-Drehwellen 11, 12 jeweils zur Betätigung der zumindest einen Klappe A1, A2 bzw. B1, B2 je Tragflügel angekoppelt. Die beiden Antriebs-Drehwellen 11, 12 sind an die zentrale Antriebseinheit 7 gekoppelt und werden durch diese miteinander synchronisiert. Aufgrund entsprechender Steuerkommandos versetzt die zentrale Antriebseinheit 7 die Antriebs-Drehwellen 11, 12 zur Ausübung von Stellbewegungen der mit diesen gekoppelten Verstell-Vorrichtungen der jeweiligen Klappe in Drehung. In einem der Antriebseinheit 7 nahe gelegenen Wellenabschnitt der Antriebs-Drehwellen 11, 12 kann ein Last-Begrenzer oder Drehmoment-Begrenzer T integriert sein.

An jeder Klappe A1, A2 bzw. B1, B2 ist zumindest eine Verstellvorrichtung zur Verstellung derselben angekoppelt. Bei dem in der Figur 1 dargestellten Hochauftriebssystem sind an jeder Klappe jeweils zwei Verstellvorrichtungen angeordnet, und zwar im Einzelnen an den inneren Klappen A1 und B1 die Verstellvorrichtungen A11, A12 bzw. B11, B12 und an den äußeren Klappen A2 und B2 die Verstellvorrichtungen A21, A22 bzw. B21, B22. Die zumindest eine

Verstellvorrichtung, die jeweils eine Klappe betätigt, wird im folgenden Verstellstation genannt.

Im Folgenden werden die Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 beschrieben, wobei die Bestandteile verschiedener Verstellvorrichtungen gleicher Funktion in jeder Verstell-Vorrichtung mit demselben Bezugszeichen versehen sind.

Jeder der Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 weist einen Aktuator oder ein Übersetzungsgetriebe 20, eine Verstell-Kinematik VK zur kinematischen Kopplung des Aktuators 20 an die Verstellklappe sowie optional einen Positionssensor 22, ein Getriebe 25 sowie zumindest zwei Last-Sensoren 31, 32 auf. Mit dem Getriebe 25 wird die Bewegung der jeweiligen Antriebswelle 11, 12 in eine Bewegung eines Antriebsteils oder Antriebselements 24 umgesetzt, das mit dem Aktuator 20 gekoppelt ist, um einem Eingangselement 20a oder einem Downdrive-Link an der Eingangsseite des Aktuators 20 eine Eingangsbewegung zu übertragen.

Die Verstell-Kinematik VK kann beispielsweise als Track-Carriage-Verstellvorrichtung mit einem auf einer Führungsbahn (track) bewegbaren Schlitten (carriage), an dem die jeweiligen Klappe angekoppelt ist, oder als eine Dropped-Hinge-Verstellvorrichtung mit einem um einen festen Klappen-Drehpunkt drehbaren Verstellhebel, an dem die jeweiligen Klappe angekoppelt ist, ausgebildet sein. Der Aktuator oder das Übersetzungsgetriebe 20 ist mechanisch an die jeweiligen Antriebs-Drehwellen 11, 12 angekoppelt und setzt eine Rotationsbewegung der jeweiligen Antriebs-Drehwellen 11, 12 in eine Verstellbewegung des Klappenbereichs um, der mit der jeweiligen Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 gekoppelt ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass an jeder Verstell-Vorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 einer Klappe ein Positionssensor 22 angeordnet ist, der die aktuelle Position der jeweiligen Klappe ermittelt und diesen Positionswert über eine nicht dargestellte Leitung an die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 sendet.

Der Aktuator 20 weist an seiner Ausgangsseite ein Ausgangselement oder ein Ausgangshebel 20b auf, das mit einer klappenseitigen Kopplungsvorrichtung 27 zur Kopplung des Aktuators 20 mit der jeweiligen Verstellklappe gekoppelt und überträgt aufgrund einer an seiner Eingangsseite über das Eingangselement 20a eingegebenen

Bewegung eine Bewegung an die klappenseitige Kopplungsvorrichtung 27 zur Verstellung der jeweiligen Klappe A1, A2, B1, B2 ab. Das Eingangselement 20a und das Ausgangselement 20b sind als mechanische Funktionsteile ausgebildet. Dabei kann das Eingangselement 20a oder das Ausgangs- oder Übertragungselement 20b insbesondere als Drehwelle und/oder als Zug-Druck-Stange ausgebildet sein. Das Eingangselement 20a ist ein Moment- oder Kraftübertragungsteil, das eine mechanische Leistung in den Aktuator einbringt, während das Ausgangselement 20b das von dem Aktuator 20 erzeugte Moment oder die von dem Aktuator 20 erzeugte Kraft an die Kopplungsvorrichtung 27 und somit an die Klappe überträgt. Zwischen dem Eingangselement 20a und dem Ausgangselement 20b liegt somit eine mechanische Übertragungsmechanik mit einer Übersetzungsfunktion.

Zusätzlich kann an den Enden der Drehwellen-Antriebsstränge 11 bzw. 12 ein Asymmetrie-Sensor 23 angeordnet sein, der ebenfalls über eine nicht dargestellte Leitung funktional mit der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 verbunden ist und über diese Leitung einen aktuellen Wert an die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 sendet, der aussagt, ob die Enden der Drehwellen-Antriebsstränge 11 bzw. 12 innerhalb eines vorgegebenen Bereichs rotiert werden oder ob eine asymmetrische Drehstellung der Antriebs-Drehwellen 11 bzw. 12 gegeben ist.

Weiterhin können an jeder Antriebs-Drehwellen 11 bzw. 12 jeweils eine Flügelendbereichs-Bremse WTB angeordnet sein, die bei Betätigung den jeweiligen Antriebsstrang 11 bzw. 12 blockieren kann. Dabei ist die eine Flügelendbereichs-Bremse WTB insbesondere an einer Stelle der Antriebs-Drehwellen 11 bzw. 12 angeordnet, der in einem äußeren Bereich des jeweiligen Flügels gelegen ist. Jede der Flügelendbereichs-Bremsen WTB ist über eine ebenfalls nicht dargestellte Leitung funktional mit der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 verbunden und kann über diese Leitung von der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 angesteuert und betätigt werden. Im Betrieb ist der normale Ausgangszustand der Flügelendbereichs-Bremse WTB ein nicht-betätigter Zustand, bei dem diese auf die Rotation der Antriebs-Drehwellen 11 bzw. 12 nicht eingreifen. Bei einem entsprechenden Steuerungssignal von der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung

5 können die Flügelendbereichs-Bremsen WTB betätigt werden, um den jeweils zugeordneten Antriebs-Drehwelle 11 bzw. 12 zu arretieren.

Bei der Ausbildung der Verstell-Kinematik VK als Dropped-Hinge-Verstellvorrichtung kann die klappenseitige Kopplungsvorrichtung 27 insbesondere durch einen drehbaren Stellhebel und der Aktuator durch einen Dreh-Aktuator oder Rotary-Aktuator gebildet sein. Bei der Ausbildung der Verstell-Kinematik VK als Track-Carriage-Verstellvorrichtung mit einem auf einer Führungsbahn (track) bewegbaren Schlitten (carriage), an dem die jeweiligen Klappe angekoppelt ist, kann die klappenseitige Kopplungsvorrichtung 27 aus einer Kombination aus einem Wagen und einem an diesen gekoppelten Hebel oder eine Stange und in diesem Fall der Aktuator insbesondere ein Spindeltrieb gebildet sein. Dabei ist der Wagen auf einer an dem Hauptflügel gelagerten Führungsbahn (Track) bewegbar gelagert. In beiden Fällen wird die Klappe mit einer am Hauptflügel angeordneten Klappenführung geführt, die aus einer Hebel-Anordnung oder eine Führungsbahn gebildet sein kann.

Erfindungsgemäß weist jede Verstellvorrichtung A11, A12, A21, A22, B11, B12, B21, B22 einen ersten Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a, auch generell mit dem Bezugszeichen S1 bezeichnet, und einen zweiten Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b, auch generell mit dem Bezugszeichen S2 bezeichnet, auf. Der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a und/oder der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b können bzw. kann ein Drehmomenten-Sensor oder ein Kraft-Sensor sein. Der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a ist generell an der Eingangsseite 31 desselben vorgesehen und kann an dem jeweiligen Antriebselement 26 und/oder an dem Eingangselement 20a des jeweiligen Aktuators 20 und/oder an einer Kupplung zwischen dem Antriebselement 26 und dem Eingangselement 20a angeordnet sein. Der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a ist so ausgebildet, dass er die aufgrund der Betätigung der zentralen Antriebseinheit 7 auftretende Last erfasst, die an der Eingangsseite des Aktuators 20 anliegt oder die dem Eingangselement des Aktuators 20 übertragen oder aufgeprägt wird. Der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b kann an dem Ausgangselement 20b des jeweiligen Aktuators 20 und/oder an der jeweiligen klappenseitigen Kopplungsvorrichtung 27 und/oder an einer Kupplung zwischen dem Ausgangselement 20b und der

Kopplungsvorrichtung 27 angeordnet sein. Der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b ist so ausgebildet, dass er die aufgrund der Betätigung der zentralen Antriebseinheit 7 auftretende Last erfasst, die an der Ausgangsseite des Aktuators 20 anliegt oder auf das Ausgangselement des Aktuators 20 übertragen oder der klappenseitigen Kopplungsvorrichtung 27 aufgeprägt wird.

Unter Last wird in diesem Zusammenhang allgemein ein Moment und/oder eine Kraft verstanden.

Der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a und der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b ist jeweils über eine nicht dargestellte Leitung funktional mit einer Verstellvorrichtung-Auswertungsfunktion einer Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 verbunden und sendet über diese Leitung einen aktuellen Signalwert für den Betrag der jeweils erfassten Last an die Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40. Die Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 oder einzelne Funktionen derselben kann bzw. können Teil der zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 sein. Alternativ kann die Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 oder einzelne Funktionen derselben auch Teil einer lokalen und somit dezentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41 sein, die in der Nähe des Aktuators 20 oder der eine Klappe zugeordneten Aktuatoren 20 angeordnet ist. Eine dezentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41 an jeder Verstellvorrichtung oder an einer Gruppe von Verstellvorrichtungen kann insbesondere bei einem Hochauftriebssystem vorgesehen sein, das dezentral angetrieben wird. In diesem Fall werden die Verstellvorrichtungen statt von einer zentralen Antriebseinheit 7 von jeweils einer Antriebsvorrichtung angetrieben, die für eigens von der zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 kommandiert wird, jedoch mechanisch nicht mit Antriebsvorrichtungen gekoppelt ist, die an anderen Verstellklappen angeschlossen sind. In diesem Fall können die weiteren Funktionen der Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 in der zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 implementiert sein. Eine solche dezentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41 kann am Hauptflügel angebracht sein und in Spannweitenrichtung an verschiedenen Positionen gelegen sein. In einem Ausführungsbeispiel ist die dezentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41

in Spannweitenrichtung gesehen in einem Spannweitenabschnitt des Hauptflügels angeordnet, in dem die Klappen sich erstreckt. Dabei kann jeweils eine dezentrale Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 41 für die Aktuatoren 20 jeweils einer Klappe vorgesehen sein, so dass bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 an jedem Flügel zwei dezentrale Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 41 angeordnet sind. Alternativ kann auch an jedem Aktuator 20 und insbesondere an einem Trägerteil der jeweiligen Verstell-Vorrichtung eine dezentrale Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 41 angeordnet sein, in dem die Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 implementiert ist. Auch kann für mehrere Verstellvorrichtungen jeweils eine dezentrale Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 41 vorgesehen sein

Wie in den Figuren 4a und 4b im Vergleich gezeigt ist, können die beiden Last-Sensoren der Verstellvorrichtung funktional mit einem lokalen Daten-Konzentrator RDC (Figur 4a) verbunden oder funktional direkt mit einer zentralen Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung (Figur 4b) verbunden sein. Bei dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 4a kann für die zumindest eine an jeweils eine Verstellklappe angeschlossene Verstellvorrichtung jeweils ein lokaler Daten-Konzentrator RDC vorgesehen sein, der lokal in der Nähe der jeweiligen zumindest einen Verstellvorrichtung angeordnet ist. Insbesondere bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Verstellvorrichtungs-Auswertungsfunktion und/oder die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion in dem lokalen Daten-Konzentrator RDC implementiert sein.

Die Verstellvorrichtungs-Überwachungsfunktion 40 weist eine Verstellvorrichtungs-Auswertungsfunktion und eine Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion auf. Die Verstellvorrichtungs-Auswertungsfunktion empfängt die Signale der Last-Sensoren und wertet diese aus, d.h. diese ermittelt aus den Sensorsignalen entsprechende Last-Werte. Die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion kann Teil der dezentralen Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 41 oder der zentralen Steuerungs- und Überwachungs Vorrichtung 5 sein.

Zur Rekonfiguration des Hochauftriebssystems bei der Zuordnung eines Fehlerstatus an eine Verstellvorrichtung kann der Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion

eine Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion zugeordnet sein, die ebenfalls in der dezentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41 oder der zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 integriert sein kann. Eine solche Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion erzeugt aus der Zuordnung zumindest eines Fehlerzustands an eine oder mehrere Verstellvorrichtungen gegebenenfalls Rekonfigurations-Kommandos an eine oder mehrere Verstellvorrichtungen, um den jeweiligen dem zumindest einen Fehlerzustand entsprechenden Fehler zu kompensieren.

Derartige Rekonfigurations-Kommandos können das Abschalten einer Verstellvorrichtung beinhalten. Ein Rekonfigurations-Kommando kann auch beinhalten, dass eine Verstellvorrichtung nicht mehr angesteuert wird. Ein solches Rekonfigurations-Kommando kann an die 5 gesendet werden, so dass diese ein solches Nicht-Ansteuerungskommando bei der Ansteuerung von Verstellvorrichtungen berücksichtigt. Dabei kann das Hochauftriebssystem z.B. durch Redundanz von Komponenten der Verstellvorrichtungen derart gestaltet sein, dass bestimmte Fehler toleriert werden können und bei deren Auftreten keine Kommandos an Verstellvorrichtungen übermittelt werden. Die Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion berücksichtigt bei der Bildung derartiger Kommandos den Fehlerzustand sämtlicher Verstellvorrichtungen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel des Hochauftriebssystems ist kann die dezentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 41 derart ausgeführt sein, dass diese selbst derartige Kommando wie das Abschalten der jeweils zugeordneten Verstellvorrichtung erzeugen; allerdings ist in der zentralen Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 eine zentrale Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion integriert, die die Auswirkungen für andere Verstellvorrichtungen berücksichtigt und daraufhin weitere Rekonfigurations-Kommandos für andere Verstell-Vorrichtungen erzeugt.

Erfindungsgemäß ist der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a und der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b funktional mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Empfang der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden, um der Verstellvorrichtung einen Fehlerzustand zuzuordnen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass in der Verstellvorrichtungs-

Fehlererkennungsfunktion die Sensorwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors jeweils mit zumindest einem Grenzwert verglichen werden und ein Überschreiten oder Unterschreiten dieses Grenzwerts durch die Signalwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors zur Ermittlung des Fehlerzustands der Verstellvorrichtung verwendet wird.

Die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion kann hierzu die Übertragungsfunktion des dieser jeweils zugeordneten Aktuators 20 verwenden und/oder gespeichert haben. In diese gehen der Wirkungsgrad des Aktuators und je nach Bauart des Aktuators dessen Übersetzungsverhältnis ein.

Insbesondere kann die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zur Identifikation folgender Fehlerfälle eingerichtet sein:

Für einen Fehlerfall A kann zur Ermittlung eines weitgehend lastlosen Zustands an der Eingangsseite 31 oder der Ausgangsseite 32 des jeweiligen Aktuators 20 ein Lastlos-Grenzwert oder Noload-Grenzwert vorgegeben sein, von dem angenommen wird, dass bei einem Auftreten von Last-Sensorwerten unter dem Lastlos-Grenzwert keine Last oder zumindest keine Betriebslast an der Eingangsseite 31 bzw. der Ausgangsseite 32 des jeweiligen Aktuators 20 wirkt oder anliegt. Der Lastlos-Grenzwert kann insbesondere  $1/5$  der maximalen Betriebslast des Aktuators oder der an der Eingangsseite 31 oder der Ausgangsseite 32 desselben dabei auftretenden Last und insbesondere  $1/5$  betragen. Auch kann zur Prüfung der Unterschreitung des Lastlos-Grenzwerts vorgesehen sein, dass der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das eine Last anzeigt, die unter  $1/5$  der an der Stelle des ersten Last-Sensors als maximale Betriebslast definiert ist, und der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b eine Last anzeigt, die unter  $1/5$  der an der Stelle des zweiten Last-Sensors als maximale Betriebslast definiert ist.

Bei Bruch oder einer mechanischen Entkopplung (Disconnect) eines mechanischen Übertragungsteils der Eingangsseite 31, der Ausgangsseite 32 und/oder der Klappenführung liegt an keinem der Last-Sensoren 31, 32 eine Last an, so dass der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a und der zweite Last-Sensor S11-b, S12-

b, S21-b, S22-b a einen Wert unter dem Lastlos-Grenzwert anzeigen. Dies gilt also insbesondere für einen Bruch des Antriebselements 26, des Eingangselements 20a, des Ausgangselements 20b, der klappenseitige Kopplungsvorrichtung 27 sowie für eine Entkopplung zumindest einer dieser Bauteile der Kraft- oder Momenten-Übertragungskette der jeweiligen Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22.

Erfindungsgemäß wird bei einem Unterschreiten der an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelten Sensorsignale sowohl des ersten Last-Sensors S11-a, S12-a, S21-a, S22-a als auch des zweiten Last-Sensors S11-b, S12-b, S21-b, S22-b ein Fehlerzustand Bruch oder „Disconnect“ eines mechanischen Übertragungsteils der Eingangsseite 31 und/oder eines Übertragungsteils der Ausgangsseite 32 der jeweiligen Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 und somit Funktionsunfähigkeit der jeweiligen Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 zugeordnet.

Optional kann vorgesehen sein, dass die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion prüft, ob sich das Flugzeug in einer Betriebsart befindet, in der dieser Fehler unkritisch ist. Hierzu kann insbesondere die Abfrage oder Bedingung maßgebend sein, ob sich das Flugzeug am Boden befindet. Wenn also Unterschreiten der Sensorsignale und gleichzeitig sich das Flugzeug nicht in einem kritischen Zustand befindet, erfolgt insbesondere eine Maßnahme zur Rekonfiguration des Hochauftriebssystems, die auch darin bestehen kann, dass die jeweilige Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 inaktiviert und nicht mehr betätigt wird.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann auch für einen Fehlerfall B eines Klemmfalls an der Ausgangsseite 32 einer Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 der Klappe, also an dem Ausgangselement 20b und/oder an der klappenseitigen Kopplungsvorrichtung 27 und/oder der Klappenführung, bei dem das gesamte Antriebsmoment an der betroffenen Verstellstation anliegt. Bei diesem Fehlerfall führt generell zu einem Klemmfall einer Klappe. Wenn ein solcher Klemmfall auftritt, kann dieser zu einer Überlast und daraus resultierend zu einem Bruch des

Antriebsstrangs führen. In diesem Fall liegt an der Ausgangsseite des Aktuators die Summe der von denjenigen Aktuatoren erzeugten Kräfte und/oder Momente an, die über jeweils eine Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 an der jeweiligen Klappe angeschlossen sind. Zur Feststellung dieser Tatsache ist erfindungsgemäß generell die Bedingung vorgesehen, dass der zweite Lastsensor S2 einen einer Last  $L_2$  entsprechenden Signalwert erzeugt und an die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, der einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, der einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors S2 entspricht. Insbesondere kann als Bedingung vorgesehen sein, dass die Betriebslast und insbesondere die maximale Betriebslast und insbesondere die maximal zulässige Betriebslast, für die der betreffende Aktuator vorgesehen ist, überschritten wird. Die maximal zulässige Betriebslast ist die obere Grenze des Bereichs, innerhalb dessen der Betrieb des Aktuators vorgesehen ist und insbesondere des Bereichs an der Ausgangsseite 32. Das bedeutet, dass gemäß diesem Bereich Kräfte und/oder Momente in Bestandteilen der Ausgangsseite 32 zugelassen sind. Dieser Bereich von Kräften und/oder Momenten ist insbesondere an demjenigen Bestandteil der Ausgangsseite 32 zugelassen, an dem der zweite Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b angeordnet ist. Die maximale Betriebslast ist die maximal zulässige Kraft oder das maximal zulässige Drehmoment an dieser Stelle. In diesem Fehlerfall B wird also von dem zweiten Last-Sensor S11-b, S12-b, S21-b, S22-b ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, die einer Last entspricht, die die maximalen Betriebslast oder die maximal zulässige Kraft oder das maximal zulässige Drehmoment oder die größte in normalem Betrieb tatsächlich auftretende Last jeweils insbesondere an der Stelle des zweiten Last-Sensors übertrifft. Diese alternativen Maximallasten werden im Folgenden mit  $L_{\max}$  bezeichnet, so dass diese Bedingungen mit  $L_2 > L_{\max}$  beschrieben werden können.

Für den Fehlerfall B ist ein solcher Sensorwert der einzige Indikator. Jedoch kann für das Vorliegen eines Klemmfalls an der Ausgangsseite 32 einer Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 oder der dieser jeweils zugeordneten Verstellklappe als eine weitere Bedingung vorgegeben sein, dass der erste Last-Sensor S11-a, S12-a, S21-a, S22-a eine Last ermittelt, die in dem Bereich

$$L_1 = \left[ \frac{L_2}{i} \pm k_1 \right]$$

liegt. Dabei ist

- die Größe „i“ ist die Übersetzung, die der Aktuator zwischen Eingangsseite 31 und Ausgangsseite 32 realisiert,
- die Konstante „k<sub>1</sub>“ ein Betrag, der einen Bereich um den jeweils ermittelten Wert  $\frac{L_2}{i}$  definiert, mit dem der Wirkungsgrad des Aktuators berücksichtigt wird.

Die Konstante k<sub>1</sub> kann insbesondere 15% der maximalen Betriebslast sein, die an der Eingangsseite 31 und insbesondere an der Stelle des ersten Last-Sensors S11-a, S12-a, S21-a, S22-a zugelassen ist oder in normalem Betrieb tatsächlich auftritt.

Erfindungsgemäß ordnet die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion generell der Ausgangsseite 32 einer Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 oder einer Verstellkinematik VK der zugehörigen Verstellklappe also einen Klemmfall zu, wenn

- wenn der zweite Lastsensor S2 einen einer Last L<sub>2</sub> entsprechenden Signalwert erzeugt und an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, der einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, der einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors S2 entspricht, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass die Last L<sub>2</sub> eine vorgegebene Maximal-Last übersteigt, d.h. wenn  $L_2 > L_{\max}$  vorliegt, und
- wenn die von dem ersten Lastsensor S1 gemessene Last L<sub>1</sub> im Betriebsbereich der Eingangsseite 31 der jeweiligen Verstellkinematik VK liegt, der insbesondere unter Berücksichtigung der Übersetzung und des Wirkungsgrads des Aktuators 20 der von dem zweiten Last-Sensor S2 gemessenen Last L<sub>2</sub> entspricht, oder wenn  $L_1 = \left[ \frac{L_2}{i} \pm k_1 \right]$  gilt.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion ordnet bei Erfüllen dieser Bedingungen der Ausgangsseite 32 einer Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 der Klappe, also an dem Ausgangselement 20b und/oder an der klappenseitigen Kopplungsvorrichtung 27 einen Klemmfall zu.

Erfindungsgemäß kann durch die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion in einem Fehlerfall C der Klemmfall des Aktuators oder eines Teils der jeweiligen Verstellvorrichtung, der zwischen S1 und S2 gelegen ist, ermittelt werden, wenn die von dem ersten Lastsensor S1 gemessene Last  $L_1$  einen Betriebsbereich der Eingangsseite (31) der jeweiligen Verstellkinematik (VK) übersteigt, der sich nominell aus der von dem zweiten Last-Sensor (S2) gemessenen Last ( $L_2$ ) ergibt. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die von dem ersten Lastsensor S1 gemessene Last  $L_1$  mehr als doppelt so groß ist, wie die von dem zweiten Lastsensor S2 gemessene Last  $L_2$  unter Berücksichtigung der Übersetzung des Aktuators 20. Weiterhin kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Verstellvorrichtung ein Klemmfall des Aktuators 20 zugewiesen wird, wenn der erste Last-Sensor S1 einen Lastwert  $L_1$  ermittelt, für den die Bedingung

$$L_1 > \left[ \frac{L_2}{i} + k_2 \right]$$

erfüllt ist. Mit der Konstante  $k_2$  kann insbesondere der Wirkungsgrad des Aktuators 20

berücksichtigt werden. Bei dieser Bedingung beschreibt der Ausdruck  $\left[ \frac{L_2}{i} + k_2 \right]$

einen Lastwert  $L_1$ , der dem an der Ausgangsseite 32 vorliegenden Lastwert unter Berücksichtigung des von dem Aktuator 20 realisierten Übersetzungsverhältnisses

entspricht. Zur Unterscheidung der Bedingung  $L_1 > \left[ \frac{L_2}{i} + k_2 \right]$  des Fehlerfalls C von

der Bedingung  $L_1 = \left[ \frac{L_2}{i} \pm k_1 \right]$  des Fehlerfalls B kann insbesondere vorgesehen sein,

dass die Konstante  $k_2$  größer als die Konstante  $k_1$  ist. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die Konstante  $k_2$  größer als die Konstante  $k_1$  und speziell doppelt so groß wie die Konstante  $k_1$  ist. Für den Sensorwert von S2 muss keine

Prüfung durchgeführt werden, da an der Ausgangsseite 32 die Luftkraft wirkt und der Messwert in keinem eindeutigen analytischen Zusammenhang mit dem Messwert des ersten Last-Sensors S1 steht.

Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann auch eine Funktion aufweisen, mit der an einer Verstellvorrichtung die Erkennung oder Zuordnung eines Fehlerfalls D einer Verschlechterung des Wirkungsgrads und z.B. einer Reiberhöhung im Aktuator 20 und allgemein eines Zustands einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit jeweils des Aktuators oder einem Übertragungsteil, der zwischen dem ersten Last-Sensor S1 und dem zweiten Last-Sensor S2 gelegen ist, erfolgt. Erfindungsgemäß ordnet die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion dem Aktuator 20 oder einem Übertragungsteil, der zwischen dem ersten Last-Sensor S1 und dem zweiten Last-Sensor S2 gelegen ist, einen Zustand einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit zu,

wenn diese ein Verhältnis  $\frac{L_1}{L_2}$  aus dem von dem ersten Last-Sensor S1 jeweils

gemessenen Lastwert  $L_1$  und dem von dem zweiten Last-Sensor S2 jeweils gemessenen Lastwert  $L_2$  bildet und feststellt, wenn dieses Verhältnis einen vorgegebenen Grenzwert  $k_3$  unterschreitet. Der Grenzwert  $k_3$  kann dabei

insbesondere aus  $k_3^* \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom}$  gebildet sein, wobei  $k_3 = k_3^* \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom}$  ist und das

Verhältnis  $\left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom}$  ein nominelles Lastverhältnis ist, das sich bei einem intakten

Aktuator bei einem nominellen oder normalen Wirkungsgrad ergibt. Die bedingung

kann also durch den Ausdruck  $\frac{L_1}{L_2} < k_3^* \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom}$  formuliert oder aus diesem

abgeleitet sein.

Statt der Bedingung  $\frac{L_1}{L_1} < k_3 \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom}$  können auch die Bedingungen

$L_2 < k_3 \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)_{nom} \cdot L_1$  und/oder  $L_1 > \frac{1}{k_3} \cdot \left(\frac{L_1}{L_2}\right)_{nom} \cdot L_2$  als mathematische

Umformulierungen der erstgenannten Formel verwendet werden.

Weiterhin kann die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion eine Funktion aufweisen, mit der bei Erfüllung bestimmter, nachfolgend genannter Bedingungen dem ersten Last-Sensor S1 ein mechanischer Sensorfehler, z.B. ein sogenannter Sensor-Disconnect, in diesem Zusammenhang auch als Fehlerfall E bezeichnet, zugeordnet werden kann. Dies ist der Fall, wenn die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion ermittelt, dass der erste Last-Sensor S1 einen vorgegebenen Lastlos-Signalwert unterschreitet und der zweite Last-Sensor S2 einen vorgegebenen Last-Signalwert, der eine Last anzeigt, überschreitet. Der Lastlos-Signalwert kann insbesondere wie in Bezug auf den Fehlerfall A beschrieben definiert sein. Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann eine Funktion aufweisen, die den von dem zweiten Last-Sensor S2 zur Erfüllung der vorgenannten Bedingung zu übertreffenden Last-Signalwert in Abhängigkeit der jeweiligen Betätigung des Aktuators und/oder in Abhängigkeit der Größe und/oder Art des zur Betätigung des Aktuators an diesen geschickten Kommandosignals festsetzt.

In analoger Weise kann die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion eine Funktion aufweisen, mit der bei Erfüllung bestimmter, nachfolgend genannter, in Bezug zum Fehlerfall E in umgekehrter Weise zu definierenden Bedingungen dem zweiten Last-Sensor S2 ein mechanischer Sensorfehler und insbesondere ein sogenannter Sensor-Disconnect zugeordnet werden kann (Fehlerfall F). Dabei tritt eine solche Zuordnung ein, wenn die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion ermittelt, dass der zweite Last-Sensor S2 einen vorgegebenen Lastlos-Signalwert unterschreitet und der erste Last-Sensor S1 einen vorgegebenen Last-Signalwert, der eine Last anzeigt, überschreitet. Der Lastlos-Signalwert kann insbesondere wie in Bezug auf den Fehlerfall A beschrieben definiert sein. Die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion kann eine Funktion aufweisen, die den von dem ersten Last-

Sensor S1 zur Erfüllung der vorgenannten Bedingung zu übertreffenden Last-Signalwert in Abhängigkeit der jeweiligen Betätigung des Aktuators und/oder in Abhängigkeit der Größe und/oder Art des zur Betätigung des Aktuators an diesen geschickten Kommandosignals festsetzt.

Die Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion kann in Abhängigkeit der mittels der Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion identifizierten Fehlerfälle oder aufgrund der Zuordnung von Fehlerzuständen an ein Bauteil oder an Bauteil-Kombinationen Rekonfigurationsmaßnahmen zur Rekonfiguration des Hochauftriebssystems in eine sichere Systemkonfiguration eingeleitet werden.

Bei einem Hochauftriebssystem, bei dem die Aktuatoren der Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 über eine zentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 über elektrische Leitungen kommandiert werden und bei dem zwei Aktuatoren 20 an eine Stellklappe zur Betätigung derselben angeschlossen sind, kann vorgesehen sein, dass auf die Zuordnung der jeweiligen Verstellvorrichtung A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 des Zustands der Funktionsunfähigkeit (Fehlerfall A) an eine Verstellvorrichtung durch die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion, die Klappe nicht mehr betätigt wird. Zur Vermeidung von Steuerungs-Asymmetrien kann dabei weiterhin vorgesehen sein, dass die im Bezug auf die Flugzeugs-Längsachse symmetrisch zu der mit dem Fehlerfall betroffene Verstellklappe symmetrisch angeordnete Stellklappe nicht mehr betätigt wird. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass eine im Aktuator 20 für diesen Fall vorgesehene Bremse zur Arretierung der Verstellklappe in seinem momentanen Verstellzustand betätigt wird.

Falls die Aktuatoren über eine gemeinsame Drehwelle 11, 12 angetrieben werden und die jeweiligen Bestandteile der Verstellkinematik VK mit einem Failsafe-Mechanik ausgestattet sind, kann von der Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion vorgesehen sein, die betreffende Verstellvorrichtung weiter betätigt wird.

Bei einem solchen Hochauftriebssystem mit einer Kommandierung von Aktuatoren der Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 über eine zentrale Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 über elektrische Leitungen kann bei

einer Zuordnung des Fehlerfalls B dieselbe Maßnahmen-Optionen wie im Fehlerfall A eingeleitet werden. Bei einem Hochauftriebssystem gemäß Figur 1, bei dem die Verstellvorrichtungen A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22 über Antriebs-Drehwellen 11, 12 mechanisch angetrieben werden, kann bei der Zuordnung des Fehlerfalls B an eine Verstellvorrichtung vorgesehen sein, dass das System über die Motorbremsen M-a, M-b und/oder die Flügelendbereichs-Bremse WTB blockiert wird, um System-interne Kräftekonflikte zu vermeiden.

Bei einem zentral, d.h. über Drehwellen 11, 12 angetriebenen Hochauftriebssystem kann bei einer nicht zulässigen Abweichung der von der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 ermittelten Soll-Positionen von den mittels der Positionssensoren 22 erfassten Ist-Positionen vorgesehen sein, dass die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung 5 oder die Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion ein Betätigungs-Signal an eine Flügelendbereichs-Bremse WTB sowie an die zumindest eine Brems-Vorrichtung B-a, B-b zur Arretierung beider Wellenstränge 11, 12.

Weiterhin kann die Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion derart gestaltet sein, dass der von dem ersten Last-Sensor S1\_RW des rechten Flügels ermittelte Signalwert L1\_RW für eine anliegende Last mit dem Signalwert verglichen wird, die der erste Last-Sensor S1\_LW an der symmetrisch zu der vorgenannten Verstellvorrichtung liegenden Verstellvorrichtung des linken Flügels erzeugt. Die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion kann dabei z.B. der jeweils rechten Klappe einen Klemmfall auch bereits bei geringen Lasten zuordnen, wenn die aufgrund der Signalwerte L1\_RW, L1\_LW jeweils ermittelten Lasten L1, L2 um einen Mindestbetrag voneinander abweichen. Um diesen Klemmfall zuzuordnen, muss also die Bedingung

$$M-A_{RH} > M-A_{KH} + k_5$$

erfüllt sein.

Der Differenzbetrag kann konstant vorgegeben sein oder lastenabhängig ermittelt werden. In umgekehrter Weise kann ein Klemmfall für die jeweils linke Klappe ermittelt werden.

### Patentansprüche

1. Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) zur Ankopplung an eine Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) eines Flugzeugs, aufweisend:

- einen Aktuator (20) und eine Verstell-Kinematik (VK) zur kinematischen Kopplung des Aktuators (20) an die Verstellklappe (A1, A2; B1, B2),
- einen ersten Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a), der an der Eingangsseite (31) des Aktuators (20) zur Erfassung der an der Eingangsseite des Aktuators (20) aufgrund der Betätigung der Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) auftretenden Last angeordnet ist,
- einen zweiten Last-Sensor (S2; S11-b, S12-b, S21-b), der an der Ausgangsseite (32) des Aktuators (20) zur Erfassung der an der Ausgangsseite (32) des Aktuators (20) aufgrund der Betätigung der Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) auftretenden Last angeordnet ist,

wobei der erste Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) und der zweite Last-Sensor (S1; S11-b, S12-b, S21-b, S22-b) funktional mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Übermitteln der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden sind, um den Funktionszustand der Verstellvorrichtung zu überwachen.

2. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) nach dem Anspruch 1 und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion, wobei die der erste Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) und der zweite Last-Sensor (S1; S11-b, S12-b, S21-b, S22-b) funktional mit der Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion zum Übermitteln der von den Last-Sensoren ermittelten Sensorwerte verbunden sind, wobei die Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion

derart ausgeführt ist, dass diese den Funktionszustand der Verstellvorrichtung überwachen kann.

3. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach dem Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion die Sensorwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors jeweils mit zumindest einem Grenzwert verglichen werden und ein Überschreiten oder Unterschreiten dieses Grenzwerts durch die Signalwerte des ersten und des zweiten Last-Sensors zur Ermittlung des Fehlerzustands der Verstellvorrichtung verwendet wird.

4. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach dem Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Fall (A), in dem der erste Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) und der zweite Last-Sensor (S1; S11-b, S12-b, S21-b, S22-b) jeweils die Unterschreitung eines Lastlos-Grenzwert erfasst, die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der jeweiligen Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) den Zustand der Funktionsunfähigkeit (Fehlerfall A) zuordnet.

5. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterschreitung des Lastlos-Grenzwerts vorliegt, wenn der erste Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das einen Lastlos-Grenzwert unterschreitet, dessen Wert unter 1/5 des der maximalen vorgegebenen oder tatsächlichen Betriebslast an der Stelle des ersten Last-Sensors entsprechenden Wertes beträgt, und der zweite Last-Sensor (S1; S11-a,

S12-a, S21-a, S22-a) ein Sensorsignal an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, das einen Lastlos-Grenzwert unterschreitet, dessen Wert unter 1/5 des der maximalen vorgegebenen oder tatsächlichen Betriebslast an der Stelle des ersten Last-Sensors entsprechenden Wertes beträgt.

6. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach dem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zustand der Funktionsunfähigkeit zuordnet wird, wenn zugleich mit der Unterschreitung des Lastlos-Grenzwerts die Bedingung erfüllt ist, dass sich das Flugzeug am Boden befindet.

7. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) einen Fehlerzustand zuweist, wenn der zweite Lastsensor (S2) einen einer Last  $L_2$  entsprechenden Signalwert erzeugt und an die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion übermittelt, der einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, der einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors S2 entspricht, und wenn die von dem ersten Lastsensor (S1) gemessene Last  $L_1$  im Betriebsbereich der Eingangsseite (31) der jeweiligen Verstellkinematik (VK) liegt, die der von dem zweiten Last-Sensor (S2) gemessenen Last ( $L_2$ ) entspricht.

8. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach dem Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Grenzwert einer Betriebslast an der Stelle des zweiten Last-Sensors (S2) eine vorgegebene Maximallast ( $L_{max}$ ) für die Ausgangsseite (32) ist.

9. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion der jeweiligen Verstellvorrichtung A11, (A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) einen Fehlerzustand zuordnet, wenn der von dem ersten Lastsensor (S1) erzeugte Signalwert einer Last ( $L_1$ ) der Eingangsseite (31) einen Wert übersteigt, den die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion aus der von dem zweiten Last-Sensor (S2) gemessenen Last ( $L_2$ ) ermittelt.

10. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach dem Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von dem ersten Lastsensor (S1) gemessene Last  $L_1$  mehr als doppelt so groß ist, wie die von dem zweiten Lastsensor (S2) gemessene Last  $L_2$  unter Berücksichtigung der Übersetzung des Aktuators (20).

11. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Fall (D) die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion einem Aktuator (20) oder einem Übertragungsteil, der zwischen dem ersten Last-Sensor (S1) und dem zweiten Last-Sensor (S2) gelegen ist, einen Fehlerzustand zuordnet, wenn die Verstellvorrichtung-Fehlererkennungsfunktion ermittelt, dass die mit dem ersten Lastsensor ermittelte Last einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und die mit dem zweiten Lastsensor ermittelte Last einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet, oder wenn das Verhältnis  $\frac{L_1}{L_2}$  der mit dem ersten Lastsensor ermittelten Last ( $L_1$ ) bezogen auf die mit dem zweiten Lastsensor (S2) ermittelte Last ( $L_2$ ) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

12. Kombination einer Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) und einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Verstellkinematik (V) ein Positionssensor (22) zur Erfassung der Position der Vertellklappe angeordnet ist.

13. Fehlertolerantes Stellsystem mit zumindest einer an jeweils einem der Tragflügel eines Flugzeugs verstellbaren Klappe (A1, A2; B1, B2), aufweisend:

- Verstellvorrichtungen (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22), von denen zumindest eine an jeweils einer Klappe (A1, A2; B1, B2) angeordnet ist und die an eine Antriebs-Verbindung angekoppelt ist, wobei jede Verstellvorrichtung einen Aktuator (20) und eine Verstell-Kinematik (VK) zur kinematischen Kopplung des Aktuators (20) an die Verstellklappe (A1, A2; B1, B2) und wobei zumindest eine der Verstellvorrichtungen einer Klappe aufweist: einen ersten Last-Sensor (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a) an der Eingangsseite (31) des Aktuators (20) zur Erfassung einer Last und einen zweiten Last-Sensor (S2; S11-b, S12-b, S21-b) an der Ausgangsseite (32) des Aktuators (20) zur Erfassung einer Last,
- eine mit den Last-Sensoren (S1; S11-a, S12-a, S21-a, S22-a; S2; S11-b, S12-b, S21-b) funktional verbundene Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5), die derart ausgeführt ist, dass diese auf der Basis der von den Last-Sensoren übermittelten Signalen den einer Klappe zugeordneten Stellvorrichtungen einen Fehlerzustand zuordnen kann.

14. Fehlertolerantes Stellsystem nach dem Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das fehlertolerante Stellsystem mehrere Antriebsvorrichtungen (PA1, PA2, PB1, PB2) aufweist, von denen jeweils eine der zumindest einen Verstellvorrichtung (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) jeweils einer Klappe (A1, A2; B1, B2) zugeordnet ist, die mit einer diese ansteuernden Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5)

funktional in Verbindung stehen, und die jeweils aufweisen: zwei Antriebsmotoren (M-A, M-B), zwei Brems-Vorrichtungen (B-a, B-b), wobei den Antriebsmotoren (M-a, M-b) zumindest eine Brems-Vorrichtung (B1, B2) zum Anhalten des Ausgangs des jeweiligen Antriebsmotors (M-a, M-b) zugeordnet ist;

wobei die Verstellvorrichtungen (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) über jeweils eine Antriebs-Verbindung an die der Klappe (A1, A2; B1, B2) jeweils zugeordnete Antriebsvorrichtung (PA1, PA2, PB1, PB2) angekoppelt sind und

wobei an jeder Klappe (A1, A2; B1, B2) zumindest zwei Verstellvorrichtungen (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) angeschlossen und voneinander in Spannweiten-Richtung der Klappe (A1, A2; B1, B2) beabstandet angeordnet sind.

15. Fehlertolerantes Stellsystem nach dem Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die mit zumindest einer Verstellvorrichtung (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) gekoppelte Antriebsvorrichtung zumindest eine Bremsvorrichtung (B-a, B-b) aufweist und die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5) aufweist:

- eine Stell-Funktion zur Betätigung der Antriebsvorrichtung der Klappe,
- eine Überwachungs-Funktion, die ein Kommandosignal an zumindest eine Brems-Vorrichtung (B-a, B-b) zur Betätigung derselben erzeugt und an diese schickt, wenn die Überwachungs-Funktion der Verstellvorrichtung (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) einen Fehlerzustand zugeordnet hat.

16. Fehlertolerantes Stellsystem nach dem Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die mit zumindest einer Verstellvorrichtung (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) gekoppelte Antriebsvorrichtung zumindest eine Bremsvorrichtung (B-a, B-b) aufweist und die Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5) aufweist:

- eine Stell-Funktion zur Betätigung der Antriebsvorrichtung der Klappe,

- eine Überwachungs-Funktion, die ein Kommandosignal an zumindest eine Brems-Vorrichtung (B-a, B-b) zur Betätigung derselben erzeugt und an diese schickt, wenn die Überwachungs-Funktion der Verstellvorrichtung (A11, A12, A21, A22; B11, B12, B21, B22) aufgrund des Vergleichs von Sensorwerten von Positions-Sensoren an zwei verschiedenen Verstell-Vorrichtungen einer Klappe unterschiedliche Verstell-Zustände ermittelt, die ein vorbestimmtes Maß überschreitet.

17. Fehlertolerantes Stellsystem nach dem Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das fehlertolerante Stellsystem eine Antriebseinheit (7) aufweist, die von der Steuerungs- und Überwachungsvorrichtung (5) angesteuert wird und die mit den Verstellvorrichtungen (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22) beider Flügel über eine Drehwelle (11, 12) zu deren Betätigung mechanisch gekoppelt ist.

18. Fehlertolerantes Stellsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das fehlertolerante Stellsystem eine Hochauftriebssystem-Rekonfigurationsfunktion aufweist, die mit einer Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion funktional in Verbindung steht und die in Abhängigkeit von Fehlerzuständen, die dieser von der Verstellvorrichtungs-Fehlererkennungsfunktion übermittelt werden, Kommandos zur Ansteuerung der Verstellvorrichtungen erzeugt oder beeinflusst.

19. Verfahren zur Rekonfiguration eines Stellsystems mit verstellbaren Verstellklappen mit den Schritten:

- Ermittlung von Signalwerten von einem ersten Last-Sensor (S1) und einem zweiten Last-Sensor (S2) zur Ermittlung von an einer Verstellvorrichtung mit einem Aktuator (20) auftretenden Lasten, wobei der erste Last-Sensor (S1) an

der Eingangsseite (31) und der zweite Last-Sensor (S2) an der Ausgangsseite (32) angeordnet ist,

- in Abhängigkeit der Prüfung des Erfülltseins von Bedingungen mit den von dem ersten Last-Sensor (S1) und dem zweiten Last-Sensor (S2) ermittelten Signalwerten Zuordnung eines Fehlerzustands an ein Bestandteil der jeweiligen Verstellvorrichtung (A11, A12, B11, B12, A21, A22, B21, B22).

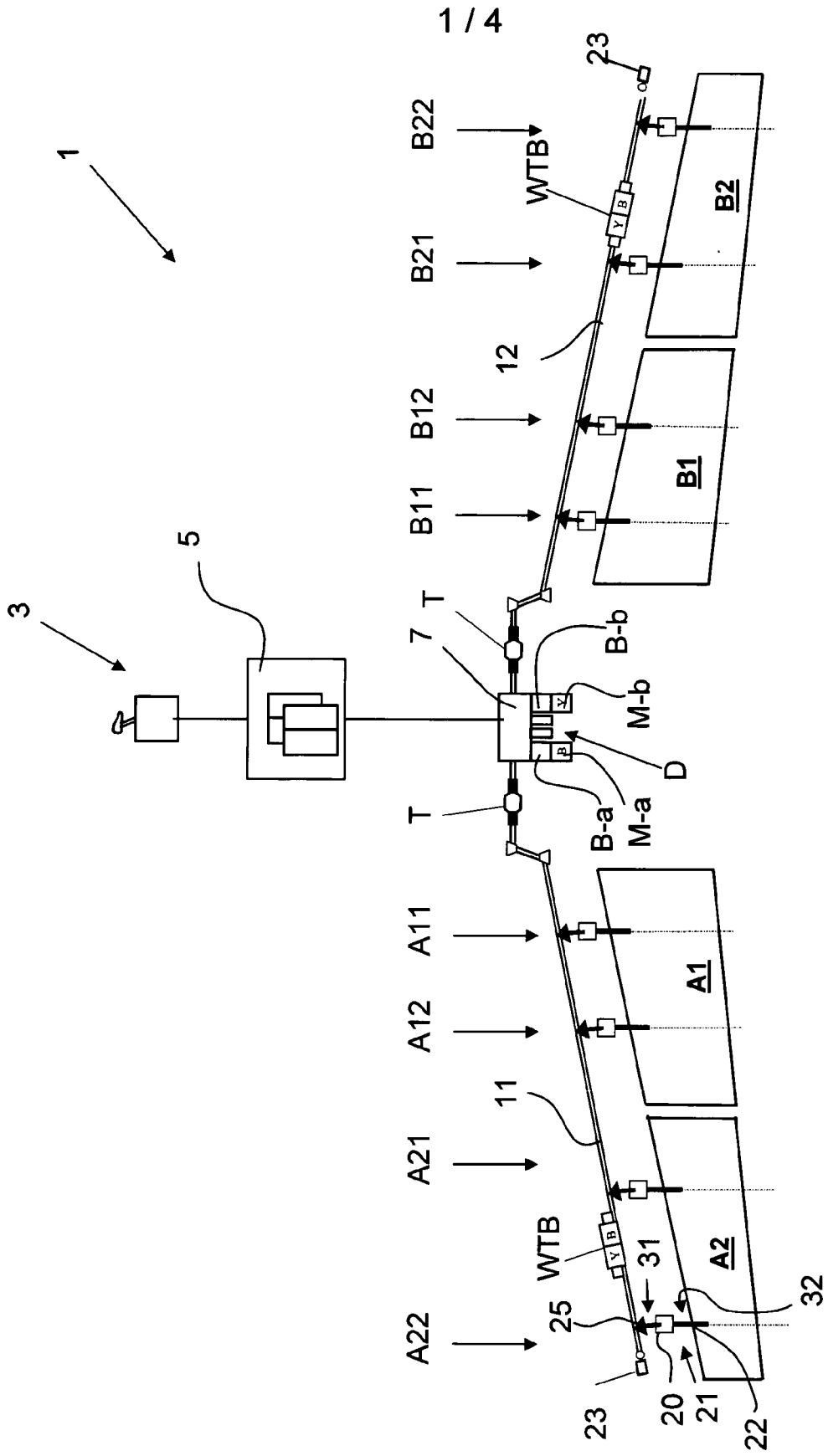
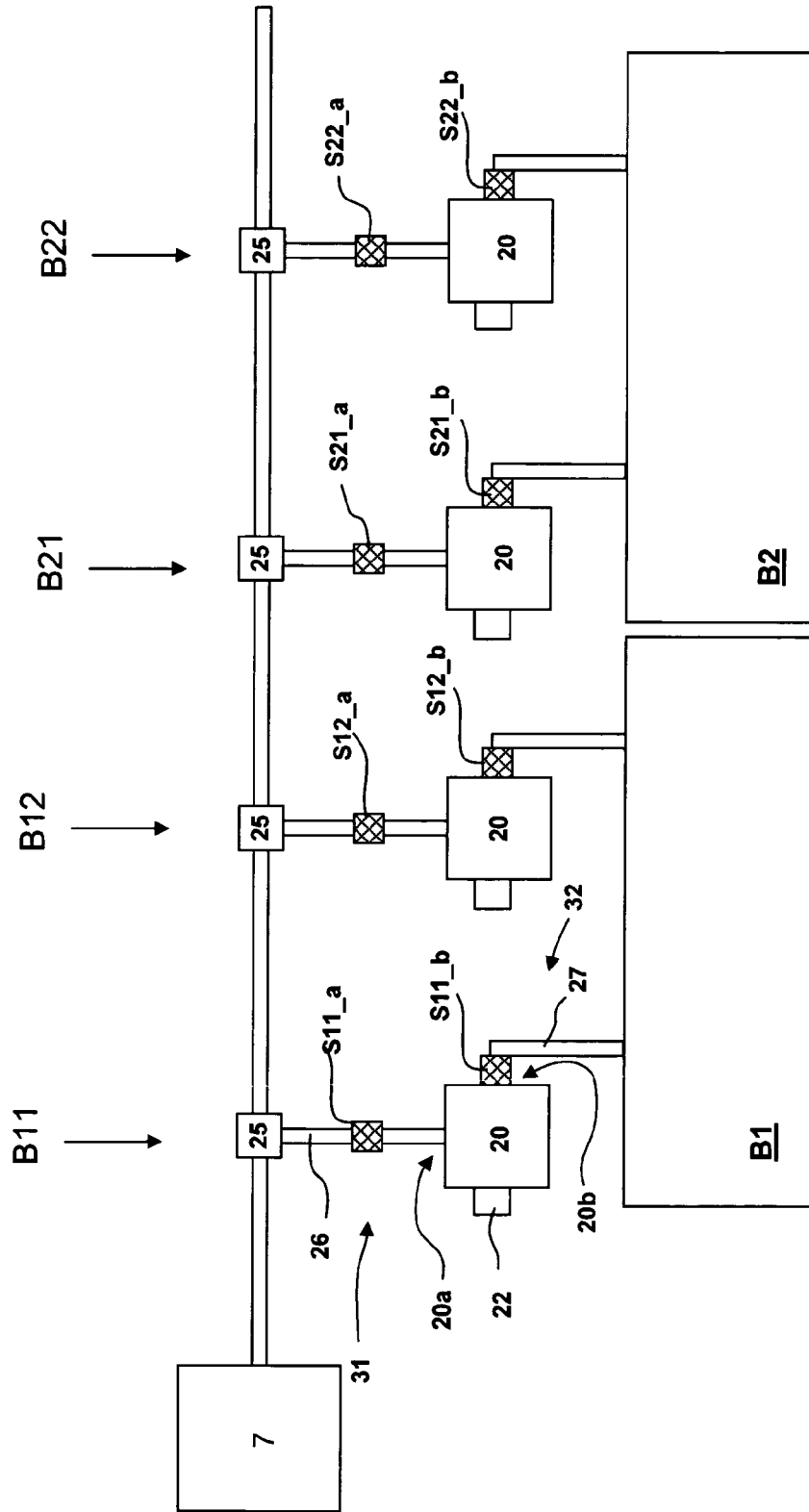
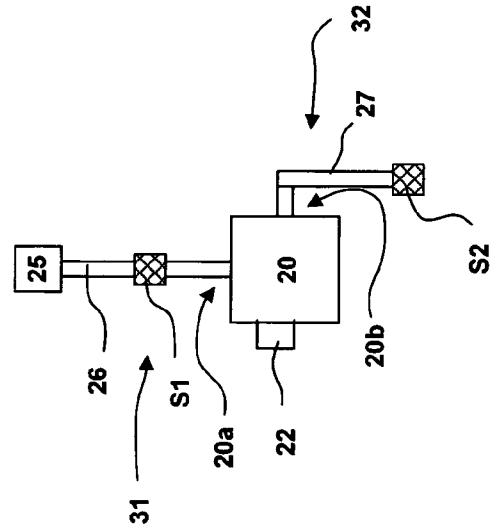


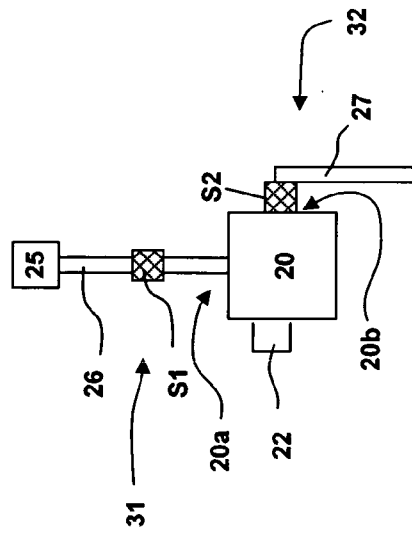
Figure 1



Figur 2



Figur 3b



Figur 3a

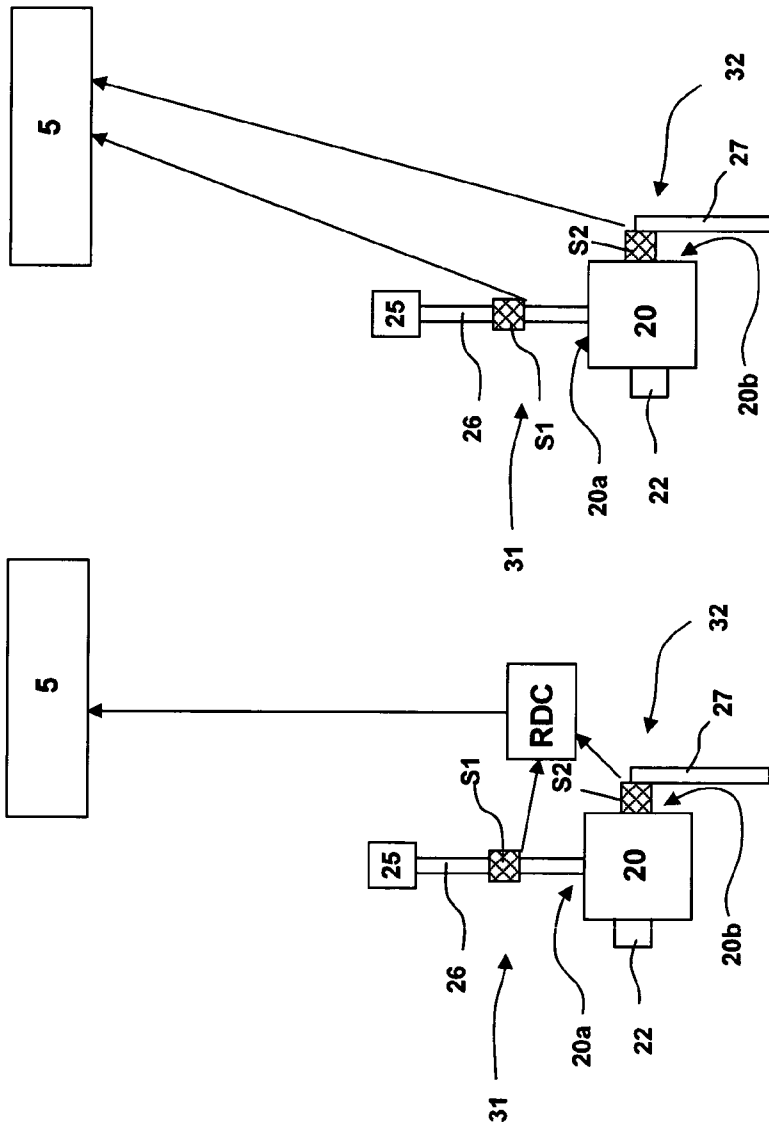


Figure 4b

Figure 4a