



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 007 042.4**

(22) Anmeldetag: **05.02.2010**

(43) Offenlegungstag: **11.08.2011**

(51) Int Cl.: **B64C 13/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Airbus Operations GmbH, 21129, Hamburg, DE

(72) Erfinder:

Gölling, Burkhard, 28816, Stuhr, DE

(74) Vertreter:

**Schatt IP Patent- und Rechtsanwaltskanzlei,
80331, München, DE**

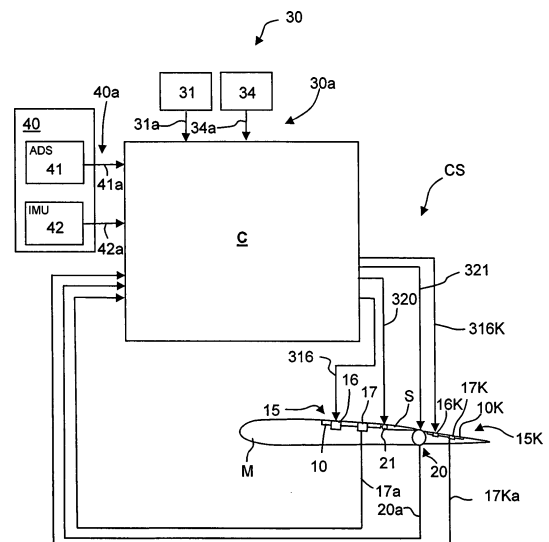
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Flugzeug mit einer Steuerungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Flugzeug (F) mit Tragflügeln (1; 1a, 1b), die jeweils aus einem Hauptflügel (M) und zumindest einer gegenüber diesem verstellbar angeordneten Steuerklappe (S) aufweisen, und mit einem Hochauftriebssystem (HAS) mit zumindest einer Einstellklappe (K) zur Einstellung des Auftriebs der Tragflügel (1a, 1b) zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs, aufweisend:

- zumindest eine Anordnung (15; 15K) von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (16; 16K) zur Beeinflussung des das Oberflächensegment (10; 10K) überströmenden Fluids,
- eine mit den Stellantrieben und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (16; 16K) funktional verbundene Ansteuerungsvorrichtung zur Kommandierung derselben, um die Einstellklappe (K) zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (16; 16K) bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen,
- eine mit der Ansteuerungsvorrichtung in Verbindung stehende Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (30) zur Erzeugung von Soll-Kommandos (30a) für die Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs, wobei die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund von Soll-Kommandos (30a) der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (30) Kommandos für die Stellantriebsvorrichtung (20) und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (16; 16K) erzeugt, um die Einstellklappe (K) zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (16; 16K) bewirkten Strömungsbeeinflussung zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs einzustellen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Flugzeug mit einer Steuerungsvorrichtung.

[0002] Aus dem generellen Stand der Technik sind in die Tragflügel eines Flugzeugs integrierte Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bekannt, mit denen vorgegebene lokale aerodynamische Strömungszustände an Segmenten des Tragflügels stabilisiert werden sollen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, Turbulenzen am Tragflügel zu reduzieren, um zu verhindern, dass in kritischen Flugzuständen durch die Bildung lokaler turbulenter Strömung der lokale Auftriebsbeiwert reduziert ist.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung ist, Maßnahmen bereitzustellen, mit denen die aerodynamische Leistungsfähigkeit geregelter Flugzeuge zu erhöht werden kann.

[0004] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den auf diesen rückbezogenen Unteranspruch angegeben.

[0005] Erfindungsgemäß ist ein Flugzeug mit Tragflügeln vorgesehen, die jeweils aus einem Hauptflügel und zumindest einer gegenüber diesem verstellbar angeordneten Steuerklappe aufweisen, und mit einem Hochauftriebssystem mit zumindest einer an dem Hauptflügel gegenüber diesem mittels einer Stellantriebsvorrichtung verstellbar angeordneten Einstellklappe zur Einstellung des Auftriebs der Tragflügel zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs, aufweisend:

- zumindest eine in einem sich in Flügelspannweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment des Hauptflügels und/oder zumindest einer Einstellklappe jedes Tragflügels gelegene Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen zur Beeinflussung des das Oberflächensegment überströmenden Fluids,
- einer Stellantriebsvorrichtung zur Betätigung der Einstellklappen,
- eine mit den Stellantrieben und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen funktional verbundene Ansteuerungsvorrichtung zur Kommandierung derselben, um die Einstellklappe zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen,
- eine mit der Ansteuerungsvorrichtung in Verbindung stehende Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung zur Erzeugung von Soll-Kommandos für die Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs,

wobei die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund von Soll-Kommandos der

Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung Kommandos für die Stellantriebsvorrichtung und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt, um die Einstellklappe zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs einzustellen.

[0006] Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen sind insbesondere derart ausgeführt, dass diese aufgrund der Soll-Kommandos die lokalen Auftriebsbeiwerte oder die Verhältnisse von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert in demjenigen Segment verändern, in dem diese jeweils angeordnet sind.

[0007] Die durch die Erfindung erzielbaren Vorteile liegen in folgenden Aspekten:

- kontrollierte Kurzlande-Möglichkeit der Flugzeugs,
- Unterdrückung des Einflusses von Böen, Turbulenzen und sonstigen instationären Anströmbedingungen während der Landung,
- Aufweitung des möglichen Flugbereichs hinsichtlich der Anstellwinkel bei bestimmtem, gewünschtem Auftrieb, Widerstand oder Gleitzahl,
- Berücksichtigung im Flugzeugdesign kann den technischen Aufwand und das Gewicht von Einstellklappen oder Hinterkanten-Klappen oder Hinterkanten-Devices für den Hochauftrieb reduzieren, damit auch Reduktion der Fairings und geringerer Strömungswiderstand und besserer Auftrieb auf dem Hinterkanten-Device,
- Erhöhung der Wirksamkeit von Steuerflächen, so dass die Verwendung von kleineren Steuerflächen oder ein agileres Flugverhalten möglich ist,
- Erreichung von geringeren Anfluggeschwindigkeiten im Landeanflug, d. h. kürzere Landebahnen bei gleicher Flugzeuggröße notwendig.

[0008] Weiterhin ermöglicht die Erfindung Anflugprozeduren bei konstant gehaltenem großem Gleitwinkel bei Variation des Anstellwinkels ohne Schubkorrektur durch Regelung des Auftriebsbeiwertes im Zusammenhang mit dem Widerstandsbeiwert durch Einstellung der Ablösungstiefe auf der Hinterkantenklappe durch Einstellung des variablen Volumen/Massenstroms des Strömungskontrollsystems.

[0009] Durch die Erfindung ist weiterhin ein verbessertes Design to Flight Procedures möglich: Einstellung des für den Flugzustand der gewünschten Flugprozedur notwendigen Auftriebsbeiwertes respektive Widerstandsbeiwertes durch Regelung des Volumen-Massestroms, d. h. Regelung auf eine Zielgröße wie z. B. den Auftriebsbeiwert durch Variation des Volumenstromes, der die Störströmung unter den gegebenen Baumaßen des Strömungskontrollsystems und den Randbedingungen bezüglich der Integration des Aktuatorsystems in die Struktur realisiert.

[0010] Dabei kann vorgesehen sein, dass das Maß der von den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung vorgegeben ist. Die Vorgabe dieses Maßes kann abhängig von der Stellung der Einstellklappe also funktional gekoppelt an dieser oder unabhängig davon und insbesondere konstant vorgesehen sein. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung aufgrund dieses Maßes Kommandos an die Stellantriebe erzeugt und zur Kommandierung derselben an diese übermittelt, um die Einstellklappe zu verstellen.

[0011] Nach einem Aspekt der Erfindung zur Ausführung einer Regelung vorgesehen ist,

- dass die zumindest eine sich in einem in Flügelspannweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment des Hauptflügels und/oder zumindest einer Einstellklappe jedes Tragflügels gelegene Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen zusätzlich Strömungszustands-Sensorvorrichtungen zur Messung des Strömungszustands an dem jeweiligen Segment aufweist und
- dass die Ansteuerungsvorrichtung eine Regelungsfunktion aufweist, mit der diese aufgrund von Soll-Kommandos der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung und der von den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen gemessenen Strömungszustände Kommandos für die Stellantriebe und die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt, um das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen.

[0012] Erfindungsgemäß kann die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt sein, dass diese mittels eines Reglermodells für das Flugzeug einen aktuellen Stellsignal-Vektor zur Kommandierung der Stellantriebsvorrichtung der zumindest einen Einstellklappe und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Ansteuerungsvorrichtung den aktuellen Eingangssignal-Vektor aufgrund der Sollkommandos der Vorgabevorrichtung, der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung ermittelt.

[0013] Nach der Erfindung können die Eingangssignale für die Ansteuerungsvorrichtung über eine Funktion erzeugt werden, die diese entsprechend einer aerodynamischen Kennzahl ermittelt. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass die Sollkommandos für die Stellantriebe und die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen entsprechend oder aufgrund einer Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert ermittelt werden, die aufgrund von Soll-Kommandos der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung und/oder aufgrund der von den

Strömungszustands-Sensorvorrichtungen gemessenen Strömungszustände erzeugt werden, um die Einstellklappe zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen.

[0014] In dieser Hinsicht kann die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung eine Vorrichtung zur Auswahl einer automatischen Betriebsart aufweisen, mit der eine Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs erzeugt wird. Auf diese Weise kann insbesondere eine Betriebsart jeweils für einen Steilanflug (steep approach) und/oder für eine Kurzlandung (short landing) und/oder für eine Langsamflugphase (slow flight) und/oder für einen Standardanflug (normal approach) implementiert sein und über eine Pilotenschnittstelle oder die Vorgabevorrichtung ausgewählt werden.

[0015] Nach der Erfindung kann Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung eine Vorrichtung zur manuellen Betätigung derselben aufweisen, mit der zur Einstellung eines aerodynamischen Auftriebsverhaltens der Tragflügel eine Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert oder eine Einstellung entsprechend einer solchen Kennzahl zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs erzeugt und daraus Soll-Kommandos zur Ansteuerung der Stellantriebe zur Verstellung der Einstellklappen und Soll-Kommandos zur Einstellung des Maßes der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen bewirkten Strömungsbeeinflussung erzeugt.

[0016] Nach einem weitere Aspekt der Erfindung kann eine Auswahl der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen vorgenommen werden. In dieser Hinsicht kann das Flugzeug aufweisen:

- eine mit der Ansteuerungsvorrichtung eingangsseitig funktional verbundenen Stellzustands-Sensorvorrichtung zur Erfassung der Stellposition der Stellklappe,
- dass eine mit der Ansteuerungsvorrichtung funktional verbundene Flugzustands-Sensorvorrichtung zur Erfassung von Flugzuständen des Flugzeugs und
- dass die Ansteuerungsvorrichtung eine Funktion aufweist, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen vornimmt und zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs aufgrund von Soll-Kommandos der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung Kommandos für die Stellantriebe und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt.

[0017] Bei den Ausführungsformen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Einstellklappe eine an dem Tragflügel des Flugzeugs angeordnete Hochauftriebsklappe ist, wobei die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen an der Hochauftriebsklappe und/oder am Hauptflügel angeordnet sind.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann nach der Erfindung vorgesehen sein, dass Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung eines Hauptflügels oder der Einstellklappe gebildet ist aus einer im Hauptflügel und/oder der Einstellklappe angeordneten Druckkammer zur Aufnahme von bedruckter Luft, einer Auslasskammer mit Auslassöffnungen, einer oder mehreren Verbindungsleitungen zur Verbindung der Druckkammer mit der Auslasskammer, zumindest einer in die Verbindungsleitung integrierten Ventilvorrichtung, die funktional mit der Flugregel-Vorrichtung in Verbindung steht. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung die Ventilvorrichtung mittels des aktuellen Stellsignal-Vektors ansteuert, um in der Druckkammer vorhandene bedruckte Luft entsprechend der Stellwerte des aktuellen Stellsignal-Vektors nicht oder in entsprechender Geschwindigkeit und/oder Durchsatz durch die Auslassöffnungen strömen zu lassen, um die Umströmung der Oberfläche des Hauptflügels oder der Einstellklappe zu beeinflussen.

[0019] Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Ansteuerungsvorrichtung eine Segment-Ansteuerungsfunktion aufweisen, die derart ausgeführt ist, dass diese Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung jedes Segments und/oder die Stellkommandos an den Aktuator der Stellklappe oder Einstellklappe aufgrund der Stellsignale der Ansteuerungsvorrichtung durch eine Optimierung unter Berücksichtigung der zum aktuellen Zeitpunkt verfügbaren Leistung und/oder Dynamik der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und/oder des Aktuators der Stellklappe erzeugt.

[0020] Erfindungsgemäß kann das zumindest eine Segment aus mehreren Segmenten gebildet sein, die in der Spannweiten-Richtung des Flügels gesehen hintereinander angeordnet sind.

[0021] Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen gebildet sein aus Ausblasöffnungen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, und einer im Flügel angeordneten Strömungserzeugungsvorrichtung, die insbesondere zum Ausblasen und/oder Absaugen von Luft aus der jeweiligen Strömungsoberfläche des jeweiligen Segments bestimmt ist, durch die Fluid aus den Ausblasöffnungen ausgeblasen wird, um den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert zu

beeinflussen. Die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen können zusätzlich Einsaugöffnungen aufweisen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, und eine im Flügel angeordnete und mit den Einsaugöffnungen in Strömungsverbindung stehende Saugvorrichtung aufweist, durch die Fluid aus den Einsaugöffnungen eingesaugt wird, um den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert zu beeinflussen.

[0022] Nach der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen gebildet ist aus Lautsprecher-Vorrichtungen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, die aufgrund ihrer Aktivierung durch Erzeugung von Luftschwingungen den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert beeinflussen können.

[0023] Weiterhin kann nach der Erfindung vorgesehen sein, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen gebildet ist aus an der Oberfläche des Flügels angeordneten Piezo-Aktuatoren, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, die aufgrund ihrer Aktivierung durch Erzeugung von Luftschwingungen den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert beeinflussen können.

[0024] Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Ansteuerungsvorrichtung eine Sicherheitsfunktion aufweisen mit:

- einer Überwachungsfunktion, die die Werte der Sensorsignale mit Sollwerten vergleicht und feststellt, wenn eine Abweichung über einen vorgegebenen maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus vorliegt,
- einer Rekonfigurationsfunktion, die im Falle einer solchen Abweichung über den maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus, ein Umschalten von der Betriebsart mit Erzeugung von aktuellen Stellsignal-Vektor oder Stellkommandos zur Kommandierung der Aktuatoren der Einstellklappen und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen auf eine Sicherheits-Betriebsart, bei der nur die Einstellklappen zur Einstellung eines vorbestimmten Auftriebszustands des Flugzeug entsprechend der jeweiligen Soll-Kommandos betätigt werden.

[0025] Auch kann vorgesehen sein, dass zur Bildung der Abweichung zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Vergleichsfunktion integriert ist, die einen Soll-Ist-Vergleich mittels einer Differenzbildung oder der Bildung einer Verhältniszahl zwischen Soll- und Ist-Werten bereitstellt.

[0026] Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass zur Bildung der Abweichung zur Überprüfung

der Funktionsfähigkeit in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Vergleichsfunktion integriert ist, die ein Schätzverfahren bereitstellt, mit dem aufgrund der Werte von anderen Flugzeugsensoren diejenigen Werte geschätzt werden, deren Erzeugung zu dieser Zeit durch die Strömungszustand-Sensorvorrichtung erwartet wird und die als Sollwerte behandelt werden können.

[0027] Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Hochauftriebssystem eine Pilotenschnittstelle mit einer Anzeigevorrichtung aufweisen, auf der ein Ausfall eines Teils der Strömungszustand-Sensorvorrichtung und/oder ein Umschalten auf die Sicherheits-Betriebsart angezeigt wird. Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht eines Flugzeuges, in dem das erfindungsgemäße Hochauftriebssystem und die in diesem integrierte Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung integriert ist;

[0029] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung des Querschnitts eines Tragflügels mit einer erfindungsgemäß in zumindest einem Segment desselben vorgesehenen Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und von Strömungszustands-Sensoren sowie einer vorgesehenen Einstellklappe oder Hochauftriebsklappe, die von einer Verstellvorrichtung mit einem Aktuator verstellt werden kann;

[0030] [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäß vorgesehenen Hochauftriebssystems mit einer Ansteuerungsvorrichtung, die aufgrund von Sensorsignalen einer Flugzustands-Sensorvorrichtung und von Sensorsignalen der Strömungszustand-Sensorvorrichtung jedes Segments Stellkommandos zur Ansteuerung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung jedes Segments und/oder der Antriebsvorrichtung zur Verstellung der Einstellklappe erzeugt und an diese übermittelt;

[0031] [Fig. 4](#) ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäß vorgesehenen Hochauftriebssystems mit einer Ansteuerungsvorrichtung, die eine Strömungszustand-Regelvorrichtung zugeordnet ist, wobei Strömungszustand-Regelvorrichtung aufgrund der Eingangssignale der Flugzustands-Regelvorrichtung und aufgrund der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung jedes Segments Strömungszustands-Stellkommandos zur Ansteuerung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung jedes Segments erzeugt und an diese übermittelt; und

[0032] [Fig. 5](#) eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäß vorgesehenen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung, die beispielsweise in einer Einstellklappe eingebaut ist,

[0033] [Fig. 6](#) eine perspektivische schematische Darstellung der in der [Fig. 4](#) dargestellten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung,

[0034] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung eines Tragflügel mit einem Hauptflügel und einer daran angekoppelten Einstellklappe in Form einer Hochauftriebsklappe, auf deren Oberseite eine erfindungsgemäß vorgesehene Anordnung von Ausblasöffnungen einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung angeordnet ist.

[0035] [Fig. 8](#) eine Draufsicht auf ein Oberflächensegment einer Einstellklappe mit einer beispielsweise ausgeführten Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen.

[0036] In den Figuren sind Komponenten und Funktionen gleicher oder ähnlicher Funktion mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0037] Das in der [Fig. 1](#) exemplarisch gezeigte Ausführungsbeispiel eines geregelten Flugzeugs F, auf das die Erfindung angewendet werden kann, weist entsprechend der üblichen Gestalt zwei Tragflügel **1a**, **1b** mit jeweils zumindest einem Querruder **5a** bzw. **5b** auf. Das in der [Fig. 1](#) dargestellte Flugzeug weist weiterhin an jedem Tragflügel **1a**, **1b** jeweils drei Vorderkanten-Auftriebskörper **3a**, **3b** und drei Hinterkanten-Auftriebskörper **4a**, **4b** als Hochauftriebsklappen auf. Optional können die Tragflügel **1a**, **1b** jeweils eine Mehrzahl von Spoilern **2a**, **2b** aufweisen. Weiterhin weist das Flugzeug F ein Heckleitwerk H mit einem Seitenleitwerk **8** mit einem Seitenruder **9** und einem Höhenleitwerk **6** mit jeweils zumindest einem Höhenruder **7** auf. Das Höhenleitwerk **6** kann z. B. als T-Leitwerk oder, wie es in der [Fig. 1](#) dargestellt ist, als Kreuz-Leitwerk ausgebildet sein.

[0038] In der [Fig. 1](#) ist ein auf das Flugzeug F bezogenes Koordinatensystem KS-F mit einer Flugzeug-Längsachse X-F, einer Flugzeug-Querachse Y-F und einer Flugzeug-Hochachse Z-F eingetragen. Jedem Tragflügel **1a**, **1b** kann ein Tragflügel-Koordinatensystem KS-T mit einer Achse S-T für die Spannweitenrichtung, einer Achse T-T für die Tiefenrichtung und eine Achse D-T für die Dickenrichtung des Tragflügels zugeordnet sein ([Fig. 2](#)). Weiterhin kann jeder Klappe ein Klappen-Koordinatensystem KS-K mit einer Achse S-K für die Spannweitenrichtung der Klappe, einer Achse T-K für die Tiefenrichtung und eine Achse D-K für die Dickenrichtung der Klappe zugeordnet sein ([Fig. 2](#)).

[0039] Das erfindungsgemäße Flugzeug F kann auch eine andere Form haben und eine andere Anordnung von Stellklappen als das in der [Fig. 1](#) dargestellte Flugzeug F haben.

[0040] In der [Fig. 2](#) ist schematisch ein Tragflügel **1** gezeigt, der aus einem Hauptflügel M und einer für die Steuerung oder Manövrierung des Flugzeugs vorgesehenen Steuerklappe S sowie einer Hochauftriebsklappe oder generell Stellklappe oder Einstellklappe K gebildet ist. Die Steuerklappe S ist in der [Fig. 2](#) als Spoiler dargestellt und könnte in erfindungsgemäß funktionaler Hinsicht alternativ oder zusätzlich z. B. ein Querruder oder – auch wenn dieses nicht am Hauptflügel angeordnet ist – ein Höhenruder **7** und/oder ein Seitenruder **9** sein.

[0041] Im Detail zeigt die [Fig. 2](#) ein Hauptflügel M mit einer Stellklappe oder Einstellklappe K dargestellt, die an dem Hauptflügel M angekoppelt ist. Erfindungsgemäß kann der aerodynamische Körper die Stellklappe K, d. h. ein an dem Flugzeug verstellbar angeordneter aerodynamischer Körper und dabei z. B. eine in der [Fig. 1](#) gezeigte Stellklappe sein, also z. B. eine Hochauftriebsklappe, ein Querruder, ein Spoiler, ein Höhen- oder Seitenruder. Der erfindungsgemäß vorgesehene aerodynamische Körper kann insbesondere auch ein Hauptflügel M sein. Der Hauptflügel M weist eine an der Saugseite A desselben verlaufende Oberseite M-1, eine an der Druckseite B der derselben verlaufende Unterseite M-2 und gegebenenfalls eine rückseitige, der Hochauftriebsklappe K zugewandte Seite auf. Für die Hochauftriebsklappe oder generell für die Stellklappe K oder den aerodynamischen Körper ist eine Klappentiefen-Richtung T-K bzw. generell Tiefenrichtung, eine Spannweiten-Richtung S-K bzw. generell Spannweitenrichtung und eine Klappendicken-Richtung D-K bzw. generell Klappendickenrichtung definiert. Die Stellklappe K oder Hochauftriebsklappe weist eine an der Saugseite A der Hochauftriebsklappe K verlaufende Oberseite K1 und eine an der Druckseite B der Hochauftriebsklappe K verlaufende Unterseite K2 auf.

[0042] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die in der [Fig. 2](#) schematisch dargestellte Kombination eines Hauptflügels M, zumindest einem Spoiler als einer Steuerklappe S und einer Hochauftriebsklappe als Einstellklappe K Bezug genommen. Die zumindest eine Steuerklappe S kann in dieser Anwendung insbesondere zusätzlich aus einem Querruder und/oder dem Seitenruder sein. Alternativ oder zusätzlich zur Hochauftriebsklappe kann als Einstellklappe K die Höhenflosse und/oder das Seitenleitwerk und generell auch eine Einstellklappe und generell eine Stellklappe des Flugzeugs nach der Erfindung funktional einbezogen sein.

[0043] Nach der Erfindung ist ein Flugzeug F mit Tragflügeln **1a**, **1b** und einem Hochauftriebssystem HAS vorgesehen. Die Tragflügel **1a**, **1b** weisen jeweils den Hauptflügel M und zumindest eine gegenüber diesem verstellbar angeordnete Steuerklappe S zur Steuerung oder Einstellung der Fluglage des Flugzeugs auf. Das Hochauftriebssystem HAS

weist zumindest eine an den Hauptflügeln M gegenüber diesen verstellbar angeordnete Einstellklappe K zur Einstellung des Auftriebs der Tragflügel **1a**, **1b** und somit zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs auf.

[0044] Weiterhin weist das Hochauftriebssystem HAS eine Ansteuerungsvorrichtung C auf, die derart ausgeführt ist, dass diese Stellkommandos zur Kommandierung der jeweiligen Antriebsvorrichtung **20** der Einstellklappen K wie die Hochauftriebsklappe und von am Tragflügel **1a**, **1b**, **1** und/oder an zumindest einer Einstellklappe K jedes Tragflügels angeordneten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** oder **16K** oder deren Stellantriebe erzeugt und an diese übermittelt ([Fig. 3](#)). Optional kann auch vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C aufgrund von Steuerungsfunktionen aufgrund von Steuerungsvorgaben und Eingangssignalen, die von der Flugzustandssensorik übermittelt werden, auch Stellkommandos zur Ansteuerung von Stellantrieben **21** der Steuerklappen S erzeugt und an diese übermittelt. In diesem Fall ist die Ansteuerungsvorrichtung C eine integrierte Funktionalität zur Erzeugung eines Stellkommando-Vektors zur Steuerung des Flugzeugs und Einstellung des Hochauftriebszustands des Flugzeugs zur Verfügung. Alternativ kann neben der Ansteuerungsvorrichtung C eine Flugsteuerungsvorrichtung vorgesehen sein, die aufgrund von Steuerungsfunktionen aufgrund von Steuerungsvorgaben und Eingangssignalen, die von der Flugzustandssensorik übermittelt werden, Stellkommandos zur Ansteuerung von Stellantrieben **21** der Steuerklappen S erzeugt und an diese übermittelt.

[0045] Die Antriebsvorrichtung **20** zur Betätigung der Einstellklappen K kann derart ausgeführt sein, dass diese aus an den Einstellklappen K angekoppelten Stellantrieben gebildet ist. Diese können z. B. als dezentrale Antriebe derart ausgeführt sein, dass an jeweils einer Einstellklappe K zumindest ein Stellantrieb angekoppelt ist. Alternativ kann die Stellantriebsvorrichtung aus einem zentralen, d. h. im Rumpf des Flugzeugs F angeordneten Antrieb gebildet sein, der über Antriebsstränge oder Antriebswellen an den Einstellklappen K angekoppelt ist, um diese zu deren Verstellung anzutreiben und zu bewegen. Die Stellantriebsvorrichtung kann oder die Antriebe können als hydraulische oder elektrische Antriebe ausgeführt sein, die ihre Eingangsleistung von einem entsprechenden Versorgungssystem zu Verfügung gestellt bekommen und aufgrund der von der Ansteuerungsvorrichtung C erzeugten Stellkommandos oder Stellsignale betätigt werden, um die Einstellklappen K zu bewegen.

[0046] Die von der Ansteuerungsvorrichtung C insbesondere mittels Stellkommandos oder eines aktuellen Stellsignal-Vektors kommandierten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** können an

dem Hauptflügel M und/oder zumindest einer Einstellklappe K angeordnet sein. Dabei kann in zumindest einem entsprechenden Oberflächensegment oder segmentweise an dem Hauptflügel M und/oder an zumindest einer Einstellklappe K eine Anordnung aus einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16**; **16K** und zumindest einem Strömungszustands-Sensor **17** bzw. **17K** angeordnet sein. Nach der [Fig. 2](#) ist in einem Segment **10** an der Oberseite M-1 des Hauptflügels und einem Segment **10K** an der Oberseite K1 der Einstellklappe K jeweils eine Anordnung **15** bzw. **15K** aus zumindest einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** und zumindest einem Strömungszustands-Sensor **17** bzw. **17K** angeordnet. In der [Fig. 1](#) sind an den Hauptflügeln der Tragflügel schematisch entsprechende Segmente **11a**, **11b**, **12a**, **12b** eingetragen, in denen jeweils eine solche Anordnung **15** aus zumindest einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** und zumindest einem Strömungszustands-Sensor **17** angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich kann, wie dies auch in der [Fig. 2](#) dargestellt ist, ein solches Segment **10K** mit einer Anordnung **15K** aus zumindest einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16K** und zumindest einer Strömungszustands-Sensorvorrichtung **17K** an der Oberseite K1 oder Unterseite K2 der jeweiligen Einstellklappe K angeordnet sein.

[0047] Das Oberflächensegment **10**, **10K** kann generell ein fiktiver Bereich oder ein Materialabschnitt sein, der in die jeweilige Oberfläche M-1, M-2, K1, K2 eingebracht oder in dieser integriert ist.

[0048] Die Ansteuerungsvorrichtung C ermittelt die aktuellen Stellkommandos oder einen aktuellen Stellsignal-Vektor CS insbesondere in Form eines Stellsignal-Vektors aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** der Vorgabevorrichtung **30**, optional der Sensorsignale **40a** der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** und optional der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**, **17K**. Die Soll-Vorgaben **30a** als Eingangssignale der Ansteuerungsvorrichtung C können einem Soll-Auftriebszustand, einem Soll-Anstellwinkel, einem Soll-Gleitwinkel, einer aerodynamische Kenngröße wie dem Verhältnis von Auftriebsbeiwert bezogen auf Widerstandsbeiwert, einer Soll-Beschleunigung und/oder einer Soll-Richtung für das Flugzeug oder einer Kombination dieser Werte entsprechen oder aus diesen oder einer Kombination dieser Werte abgeleitet sein und definieren generell einen Sollzustand des Flugzeugs. Die Ansteuerungsvorrichtung C ist derart ausgeführt, dass diese aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** einen aktuellen Eingangssignal-Vektor CS zur Kommandierung des Aktuators **21** und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** erzeugt und an diese übermittelt, bei der das Flugzeug einen den Soll-Vorgaben **30a** entsprechenden Sollzustand einnimmt.

[0049] Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** ist derart ausgeführt, dass mit dieser aufgrund der Stellkommandos CS oder eines aktuellen Stellsignal-Vektors CS die an der jeweiligen Oberfläche anliegende Strömung und somit der Auftriebsbeiwert des Hauptflügels M bzw. der Einstellklappe K beeinflusst werden kann. Dabei kann die Ansteuerungsvorrichtung C eine Funktion aufweisen, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands und der Soll-Vorgaben **30a** eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** vornimmt. In einem Ausführungsbeispiel ermittelt die Ansteuerungsvorrichtung C insbesondere mittels einer Regelungsvorrichtung lokale Strömungszustands-Sollwerte segmentweise, d. h. der aktuelle Stellsignal-Vektor CS beinhaltet Stellsignale für jedes der ansteuerbaren Segmente **10**, **10K**.

[0050] Dabei kann das Stellkommando CS oder der aktuelle Stellsignal-Vektor CS derart gebildet sein, dass dieser einen Wert für sämtliche betätigbaren Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** beinhaltet, wobei die aufgrund der Auswahl und nach dem jeweils aktuellen Stellsignal-Vektor CS nicht zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** den Stellwert Null erhalten.

[0051] Die Ansteuerungsvorrichtung C kann dabei insbesondere derart ausgeführt sein, dass diese mittels einer Regler Vorrichtung oder mittels eines Modells für das Flugzeug oder eines Beobachtermodells ein aktuelles Stellkommando CS oder einen aktuellen Stellsignal-Vektor CS zur Kommandierung der Stellantriebsvorrichtung **20** der zumindest einen Einstellklappe K und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Ansteuerungsvorrichtung C das aktuelle Stellkommando CS oder den aktuellen Stellsignal-Vektor CS aufgrund der Sollkommandos **30a** der Vorgabevorrichtung **30**, optional der Sensorsignale **40a** der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** und optional der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**; **17K** ermittelt.

[0052] Die von den Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**; **17K** ermittelten Sensorsignale **17a** bzw. **17Ka** werden zur Ansteuerungsvorrichtung C zurückgeführt. Auch wird die mit einer entsprechenden Sensorvorrichtung ermittelte Stellposition der Einstellklappe S wird mittels des Sensorsignals **20a** zur Ansteuerungsvorrichtung C zurückgeführt. Auf der Basis dieser Rückführungen kann in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Regelung des Auftriebszustands des Tragflügels aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** durchgeführt werden.

[0053] Das Flugzeug F bzw. Hochauftriebssystem HAS weist nach einer Ausführungsform der Erfindung eine mit der Ansteuerungsvorrichtung C funktional in

Verbindung stehende Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** mit einer Luftdaten-Sensorvorrichtung **41** (Air Data System, ADS) zur Erfassung von Flugzustandsdaten zur Ermittlung des Flugzustands sowie eine Fluglage-Sensorvorrichtung oder eine Inertialsensorvorrichtung **42** (Inertial Measurement Unit, IMU) zur Erfassung eines Flugzustands des Flugzeugs F und insbesondere der Drehraten des Flugzeugs F auf. Die Luftdaten-Sensorvorrichtung **41** weist Luftdaten-Sensoren zur Ermittlung des Flugzustands des Flugzeugs F und insbesondere des dynamischen Drucks, des statischen Drucks und der Temperatur der das Flugzeug F umströmenden Luft auf. Mit der Fluglage-Sensorvorrichtung **42** werden insbesondere Drehraten des Flugzeugs F einschließlich der Gierraten und der Rollraten des Flugzeugs zur Bestimmung der Fluglage desselben ermittelt. Die Flugsteuerungsvorrichtung empfängt die Flugzustands-Sensorsignale **40a** der von der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** erfassten Sensorwerte und dabei insbesondere der Luftdaten-Sensorsignale **41a** der Luftdaten-Sensorvorrichtung **41** und die Fluglage-Sensordaten **42a** von der Fluglage-Sensorvorrichtung **42**.

[0054] Die Strömungszustand-Sensorvorrichtungen **17**; **17K** wie auch die Flugzustands-Sensorvorrichtungen **40** erzeugen somit Sensor-Datenströme, die Eingangssignale der Ansteuerungsvorrichtung und insbesondere der Regelungsvorrichtung sind. Diese generiert daraus die entsprechenden Stellgrößen zur Betätigung des Strömungskontrollsystems oder der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** und der Einstellklappen und somit in Echtzeit oder in Zeitintervallen auf einen geänderten Strömungszustand reagiert und regelnd eingreift. Die Regelung regelt dabei in Echtzeit oder in Zeitschritten das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** bewirkten Strömungsbeeinflussung, die Auswahl und somit auch die Anzahl der jeweils aktivierten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** und die Stellung der Einstellklappen K. Somit werden aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** die lokalen Auftriebsbeiwerte oder die Verhältnisse von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert in demjenigen Segment **10** verändert, in dem diese jeweils angeordnet sind.

[0055] Generell kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung A die Stellkommandos CS aufgrund eines Modells des Flugzeugs F oder des Tragflügels aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** und gegebenenfalls der Sensorsignale **40a** erzeugt.

[0056] Die Ansteuerungsvorrichtung kann derart ausgeführt sein, dass die Kommandos für die Stellantriebe und die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** aufgrund einer Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert oder einer solchen Kennzahl entsprechenden Größe ermittelt werden, die auf-

grund von Soll-Vorgaben **30a** der Vorgabevorrichtung **30** und/oder aufgrund der von den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17**; **17K** gemessenen Strömungszustände erzeugt werden, um die Einstellklappe K zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen. Dabei kann die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt sein, dass diese Kennzahlen für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert in der Ansteuerungsvorrichtung abgespeichert sind. In diesem Sinne können die voranstehend genannten Kennzahlen der jeweiligen Tabelle auch als Steuerungskennzahlen oder Steuergrößen bezeichnet werden. Diese Kennzahlen können insbesondere aufgrund von Kalibrationen erzeugt und in Form von Tabellen oder Matrizen oder Wertereihen in der Ansteuerungsvorrichtung abgelegt worden sein, die Werte für jeweils einen zu erzielenden Auftrieb enthalten.

[0057] Der Wert eines zu erzielenden Auftriebs kann jeweils insbesondere einem Auftriebsbeiwert oder einem Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert entsprechen oder aus einem dieser Werte abgeleitet sein. Der Wert eines zu erzielenden Auftriebs ist generell ein Betrag oder ein Wert, der das Erreichen eines Flugzustands entsprechend der Soll-Vorgaben **30a** bewirkt und aus Versuchen und/oder analytisch ermittelt wird, und kann jeweils insbesondere auch einem in Bezug auf den Tragflügel lokalen Auftriebsbeiwert oder einem Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert oder einer Gleitzahl in einem Oberflächensegment entsprechen oder aus einem dieser Werte abgeleitet sein.

[0058] Die Ansteuerungsvorrichtung kann eine Funktion aufweisen, die in der Ansteuerungsvorrichtung aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** und/oder aufgrund der von den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17**; **17K** gemessenen Strömungszustände mittels der abgespeicherten Kennzahlen für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert den zu dem gegebenen Zeitpunkt jeweils relevanten Wert für den zu erzielenden Auftrieb ermittelt.

[0059] Weiterhin kann die Ansteuerungsvorrichtung eine Stellkommando-Ermittlungsfunktion aufweisen, die mittels eines Reglers und/oder einer Beobachterfunktion aus dem als relevant ermittelten Wert für den zu erzielenden Auftrieb für den jeweiligen Zeitpunkt das Stellkommando CS oder einen aktuellen Stellsignal-Vektor CS ermittelt. Eine solche Beobachterfunktion kann ein mathematische Modell eines Flugzeugs beinhalten, mit dem die Ansteuerungsvorrichtung aufgrund von Eingangsdaten in Form der Soll-Vorgaben **30a** den Wert für den zu erzielenden Auftrieb für den jeweiligen Zeitpunkt das Stellkom-

mando CS oder einen aktuellen Stellsignal-Vektor CS ermittelt, bei dessen Kommandierung das Flugzeug den Sollkommandos oder Stellsignal-Vektoren CS entsprechende Flugzustände einnimmt.

[0060] Alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung als dynamisches System realisiert ist und Funktionen zur Realisierung eines lernfähigen oder lernenden Systems aufweist, die derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund des Betriebs des Flugzeugs und den dabei auftretenden gemessenen Flugzuständen unter einmaliger oder wiederholter Durchführung eines vorbestimmten Flugprofils und optional unter Berücksichtigung von äußeren Umgebungsbedingungen wie z. B. Windgeschwindigkeiten, Häufigkeit von Böen, Luftzustandsparametern, einen Datensatz ermittelt, aus dem ein aktueller Eingangssignal-Vektor CS oder Sollkommandos CS für einen vergleichbaren Flugzustand oder eine vergleichbare Betriebsart mit solchen Flugzuständen verwendet werden. Aus den Werten eines solchen Datensatzes kann dabei wie beschrieben eine Tabelle von Wertzahlen gebildet werden, die die Ansteuerungsvorrichtung zur Ermittlung des aktuellen Eingangssignal-Vektors CS oder der Sollkommandos CS verwendet. Zu diesem Zweck kann in der Ansteuerungsvorrichtung insbesondere ein neuronales Netz implementiert sein, mit dem eine Lernfähigkeit der Ansteuerungsvorrichtung im vorgenannten Sinn erreicht wird. Eine derartige Ansteuerungsvorrichtung kann derart ausgeführt sein, dass diese einen Basis-Datensatz enthält, auf den die Ansteuerungsvorrichtung zugreift, wenn Flugzustände oder Betriebsarten, für die die Ansteuerungsvorrichtung hinsichtlich der Erzeugung von aktuellen Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS einzustellen oder zu optimieren ist. Die Ansteuerungsvorrichtung kann dabei weiterhin derart ausgeführt sein, dass mit diesem Flugzustände oder Flugprofile, z. B. spezielle Anflugprofile geflogen werden. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass mehrmals bestimmte Flugprofile, z. B. bestimmte Anflugverfahren wie zwischen Start1 und Ziel1 und zwischen Start2 und Ziel2, und dabei insbesondere immer dieselbe Route geflogen werden, aus denen dann optimierte Kennzahlen für die Tabelle zur Ermittlung von Stellsignal- oder Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS bestimmt werden. Hierzu kann aber auch vorgesehen sein, dass diese Tabelle aufgrund des Fliegens der jeweiligen Flugprofile durch Erfassen von Messwerten durch das Flugzeug und/oder eine externe Einrichtung wie eine luft- oder bodengestützte Flugüberwachungs- oder Flugtesteinrichtung ermittelt wird. Das Erfassen von Messwerten durch das Flugzeug kann insbesondere durch das Erfassen von Flugzustandsgrößen und/oder von lokalen Strömungszustandsgrößen durch die Strömungszustand-Sensorvorrichtungen **17**; **17K** erfolgen. Aus diese Weise wird die Ansteuerungsvorrichtung C als ein dynamisches, aber determinis-

tisches System realisiert, das als ‚lernendes System‘ auf einen Basisdatensatz zugreift, dieses aber im Betrieb des Flugzeugs bezüglich spezieller Anflugbedingungen wie das Fliegen immer derselben Route angepasste sozusagen optimierte Daten für die Bildung von Stellsignal- oder Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS oder für die Definition einer Regelung optional mittels einer externen Optimierungsvorrichtung ermittelt und abspeichert und sich dessen im normalen Einsatz automatisiert bedient.

[0061] Bei diesen Ausführungsformen der Ansteuerungsvorrichtung C kann diese derart ausgeführt sein, dass diese optional mittels einer externen Optimierungsvorrichtung durch das reelle Abfliegen von Flugzuständen oder Betriebsarten wie z. B. Flugprofile von Landeverfahren, eine Einstellung oder Kalibrierung von Kennzahlen einer Tabelle der Ansteuerungsvorrichtung mit einem Basisdatensatz der Kennzahlen vornimmt, so dass mit dieser eingestellten oder kalibrierten Tabelle mit Kennzahlen auf optimale Weise im normalen Flugbetrieb dann aktuelle Stellsignal- oder Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS erzeugt werden. Eine solche externe Optimierungsvorrichtung kann dabei ein Flugzeugmodell und optional auch ein Modell der Ansteuerungsvorrichtung aufweisen, mit dem bzw. mit denen durch Optimierungsverfahren die Tabelle mit Kennzahlen zur Erzeugung von Stellsignal- oder Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS erzeugt werden. Eine solche Tabelle kann aufgrund des Fliegens von verschiedenen Flugprofilen oder Landeprofilen erzeugt werden und in die Ansteuerungsvorrichtung implementiert werden. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die in den verschiedenen geflogenen Flugprofilen auftretenden Konstellationen von Soll-Vorgaben **30a**, gemessenen lokalen Strömungszuständen und gemessenen Flugzuständen die Kennzahlen der Tabelle ermittelt werden. Die Ansteuerungsvorrichtung C kann insbesondere derart ausgeführt sein, dass diese aufgrund der jeweils eingegebenen Soll-Vorgaben **30a**, gemessenen lokalen Strömungszustände und gemessenen Flugzustände aktuelle Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS ermittelt.

[0062] Die Tabelle mit Kennzahlen zur Erzeugung von Stellsignal- oder Eingangssignal-Vektoren CS oder Sollkommandos CS wird derart wie beschrieben im Versuch und optional ergänzend durch mathematische Verfahren und einer Störgrößenanalyse erstellt, dass die Ansteuerungsfunktionen robust gegenüber Störungen sind, so dass die Flugzustände gemäß der Sollvorgaben **30a** auf dem Auftreten von Böen und/oder Turbulenzen zuverlässig erreicht wird. Bei der Ausführung der Ansteuerungsvorrichtung C mit einer Regelung ist diese derart robust ausgeführt, dass diese mit den o. g. hinterlegten Wertetabellen die primär zu erreichenden Flugzustände einstellt und die diese störenden, sekundären Strö-

mungszustände z. B. aufgrund von Böen und/oder Turbulenzen erkennt und kompensiert.

[0063] Dabei kann vorgesehen sein, dass die lokalen Strömungszustandsänderungen aufgrund von Störungen in der Luftanströmung wie Böen und/oder Turbulenzen gegenüber den aufgrund der kommandierten Flugzustandsänderungen auftretenden Strömungszustandsänderungen erkannt werden, so dass zur Kompensation von Störungen wie Böen und/oder Turbulenzen eine spezielle Böen-Abminderungsfunktion in der Ansteuerungsvorrichtung wirksam sein kann, die Stillkommandos CS zur Kompensation von Störungen in der Luftanströmung wie Böen und/oder Turbulenzen entsprechend modifiziert. Die Erkennung von Störungen in der Luftanströmung wie Böen und/oder Turbulenzen gegenüber den aufgrund der kommandierten Flugzustandsänderungen auftretenden Strömungszustandsänderungen können durch Vergleich der Strömungszustandsänderungen mit den jeweils kommandierten Soll-Vorgaben **30a** und mit Hilfe eines in der Ansteuerungsvorrichtung implementierten Flugzeugmodells, das Soll-Flugzustandsänderungen aufgrund der Soll-Vorgaben **30a** ermittelt und mit den tatsächlich auftretenden lokalen und gemessenen Strömungszustandsänderungen vergleicht.

[0064] Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Regelung als vollständige Regelung realisiert ist, die aufgrund eines Flugzeugmodells oder eines Beobachters die Flugzustände gemäß der Soll-Vorgaben **30a** aufgrund der Flugzustandssensordaten **40a** und der Strömungszustands-Sensordaten ermittelt und dabei jede dieser genannten Störungen ausregelt.

[0065] Nach einer erfindungsgemäßen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hochauftriebsystems oder Flugzeugs erzeugen Sensoren in Form der Strömungszustand-Sensorvorrichtungen **17; 17K** wie auch der Flugzustands-Sensorvorrichtungen **40** Sensor-Datenströme, die einer Ansteuerungsvorrichtung C und insbesondere einer Regelungsfunktion und/oder einem Beobachter zugeführt werden. Die Ansteuerungsvorrichtung C gemäß der Erfindung ermittelt daraus die entsprechenden Stellkommandos oder Stellgrößen für das Strömungskontrollsystem oder die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16, 16K** und die Stellantriebsvorrichtung oder die Antriebsvorrichtung der Einstellklappe K. Auf diese Weise wird erfindungsgemäß auf einen geänderten Strömungszustand in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit regelnd reagiert und ein ermittelter und vorgegebene Soll-Auftriebszustand erreicht und eingehalten. Das erfindungsgemäße Hochauftriebssystem weist also ein Strömungskontrollsystem mit den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** als Strömungsaktuatoren und optional Strömungszustand-Sensorvorrichtungen **17; 17K** als

Subsystem auf. Eine Regelung kann dabei vorgesehen sein, die die Verstellposition oder -bewegung der Einstellklappe K und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16, 16K** bewirkten Strömungsbeeinflussung regelt.

[0066] Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C mit einer Pilotenschnittstelle funktional derart verbunden ist, dass die die Verstellposition der Einstellklappe K und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16, 16K** kommandierten oder bewirkten Strömungsbeeinflussung mit der Pilotenschnittstelle angezeigt wird.

[0067] Nach einer Ausführungsform der Erfindung sind die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** als Fluid-Ausblasvorrichtungen ausgeführt. In diesem Fall kann mit den Stellkommandos CS der Volumenstrom des Fluids kommandiert werden, mit dem das Fluid aus Austrittsöffnungen der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** austritt. Mit der Kommandierung der Einstellklappen K kann bei einer entsprechenden Anordnung der Einstellklappen K am Hauptflügel M auch die Größe des Spalts zwischen dem Hauptflügel M und der Einstellklappe K eingestellt werden.

[0068] Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** ist derart ausgeführt, dass mit dieser die an der jeweiligen Oberfläche anliegende Strömung und somit der Auftriebsbeiwert des Hauptflügels M bzw. der Stellklappe K beeinflusst werden kann.

[0069] Dabei kann mit der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** insbesondere auch das Maß eingestellt werden, in dem die an der jeweiligen Oberfläche anliegende Strömung beeinflusst werden kann. Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** ist nach einem Ausführungsbeispiel aus einer Öffnung (nicht gezeigt) und einer Strömungserzeugungs-Vorrichtung oder einem Strömungsförderantrieb (nicht gezeigt) gebildet, durch die eine Ausblas- oder Absaug-Strömung von Luft durch die Öffnung erzeugt wird. Der Strömungsförderantrieb kann dabei in einem mit der Öffnung verbundenen Kanal installiert oder integriert sein und kann mit einer fest eingestellten Leistung arbeiten oder dieser kann derart ausgeführt sein, dass mit diesem aufgrund einer entsprechenden Ansteuerung durch eine Ansteuerungsfunktion der Einlassdruck und/oder der Ausblasdruck und/oder der Differenzdruck verändert oder gesteuert wird.

[0070] Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** kann alternativ oder zusätzlich auch eine Ausblasöffnungs-Veränderungsvorrichtung oder Ein-saugöffnungs-Veränderungsvorrichtung aufweisen, mit der die Öffnung eines Kanals im Inneren des Hauptflügels M bzw. der Stellklappe K an der Ober-

fläche in die Umgebung mündet, wobei der Kanal an einer anderen Stelle des Hauptflügels M bzw. der Stellklappe K ein- oder ausmündet. Auf diese Weise kann mit der Ausblasöffnungs-Veränderungsvorrichtung oder Einsaugöffnungs-Veränderungsvorrichtung die Menge der die Öffnung jeweils durchströmten Luft gesteuert oder eingestellt werden kann.

[0071] Die Strömungszustands-Sensorvorrichtung **15** bzw. **15K** kann einen oder mehrere Sensoren zur Erfassung des Strömungszustands auf der Oberseite der Hochauftriebsklappe anliegenden oder abgelösten Strömung aufweisen. Dabei kann der Sensor oder mehrere Sensoren zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit ein Hitzdrahtsensor sein. Weiterhin kann der Sensor oder können die mehrere Sensoren aus einem Piezo-Wandschubspannungssensor zur Erfassung der Wandschubspannung gebildet sein. Dabei kann der Sensor oder mehrere Sensoren zur Erfassung der Wandschubspannung ein Heißfilmsensor sein.

[0072] Der Sensor kann oder die mehreren Sensoren können generell ein Sensor zur Erfassung der Eigenschaften der Strömungszustandes auf der Oberseite des Hauptflügels M bzw. der Klappe K sein, der oder die derart ausgeführt ist oder sind, dass durch das von dem Sensor erzeugte Signal eindeutig der Strömungszustand ermittelt werden kann, d. h. dass festgestellt werden kann, ob eine anliegende oder abgelöste Strömung vorliegt, detektiert bzw. erfassen kann.

[0073] Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Strömungszustands-Sensorvorrichtung **17** bzw. **17K** in dem genannten Kanal im Inneren der Klappe K vorgesehen ist, um Strömungszustände in einem Kanal oder mehreren Kanälen in der Hochauftriebsklappe und/oder im Hauptflügel mittels einer entsprechenden Sensorvorrichtung erfasst und als Strömungswerte an die Hochauftriebsklappen-Verstellvorrichtung zur Kontrolle der Strömungszustände und zur Veränderung der Ansteuerung oder Regelung von Vorrichtungen zur Strömungsbeeinflussung weitergegeben werden.

[0074] Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäß vorgesehenen Strömungsbeeinflussungsvorrichtung **16**, **16K** eines Segments ist in der [Fig. 5](#) am Beispiel einer Strömungsbeeinflussungsvorrichtung **16K** einer Einstellklappe K dargestellt. Dabei ist die Strömungsbeeinflussungsvorrichtung **16K** gebildet aus einer Druckkammer **101** zur Aufnahme von bedruckter Luft, einer Auslasskammer oder Ausblas-kammer **103** und einer oder mehrere Verbindungsleitungen **105** zur Verbindung der Druckkammer **101** mit der Auslasskammer **103**. Die Ausblas-kammer **103** weist zumindest eine Auslassöffnung oder Ausblas-öffnung und vorzugsweise eine Anordnung **110** von Auslassöffnungen oder Ausblasöffnungen auf. Zur

bloßen Veranschaulichung ist in der [Fig. 5](#) eine einzelne Ausblasöffnung **104** eingetragen. In die zumindest eine Verbindungsleitung **105** ist zumindest eine Ventilvorrichtung **107** integriert, die funktional mit der Ansteuerungsvorrichtung C in Verbindung steht. Die Ansteuerungsvorrichtung C steuert die Ventilvorrichtung **107** mittels des aktuellen Stellsignal-Vektors oder Stellkommandos **316**, **316K**, **416**, **416K** an, um in der Druckkammer **101** vorhandene bedruckte Luft entsprechend der Stellwerte des aktuellen Stellsignal-Vektors oder Stellkommandos **316**, **316K**, **416**, **416K** nicht oder in entsprechender Geschwindigkeit und/der Durchsatz in die Auslasskammer **103** strömen zu lassen, von wo aus die Luft durch eine Anordnung **110** von Ausblasöffnungen austritt, um die Umströmung der Oberfläche K1 der Einstellklappe K zu beeinflussen.

[0075] Die Einführung von Druckluft in die Druckkammer **101** kann auf verschiedene Weise und insbesondere mittels einer Druckerzeugungsvorrichtung erfolgen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Druckluft von einem Staudruckbereich an der Oberfläche eines Strömungskörpers des Flugzeugs und insbesondere an der Einstellklappe oder des Hauptflügels von der äußeren Strömung entnommen wird. An die Druckkammer kann auch eine Druckerzeugungsvorrichtung oder eine Pumpe oder ein Strömungsvariator angeschlossen sein, die bzw. der Luft über eine Zufuhrleitung aufnimmt. Die Zufuhrleitung kann insbesondere von einer Öffnung oder einer Anordnung von Öffnungen an der Oberseite des Hauptflügels M und/oder der Klappe K ausgehen. Diese Öffnung kann dabei an einem Ort oder die Anordnung von Öffnungen können über einen Bereich des Hauptflügels M und/oder der Klappe K verteilt angeordnet sein, der derart vorgesehen ist, dass an diesen Stellen Absaugeffekte auftreten, die mit den an der Anordnung **110** von Ausblasöffnungen erzeugten Ausblaseffekten in vorbestimmter Weise korrelieren.

[0076] Die in der [Fig. 5](#) im eingebauten Zustand gezeigte Strömungsbeeinflussungsvorrichtung **16K** ist in der [Fig. 6](#) schematisch als strukturell isolierte Einrichtung gezeigt. Die [Fig. 6](#) zeigt schematisch einen Tragflügel mit einem Hauptflügel M und einer daran angekoppelten Einstellklappe K in Form einer Hochauftriebsklappe, auf deren Oberseite eine erfindungsgemäß vorgesehene Anordnung **110** von Ausblasöffnungen angeordnet ist.

[0077] Die Anordnung **110** von Ausblasöffnungen oder die Öffnungsvorrichtung ist vorzugsweise aus einer Anordnung von insbesondere schlitzförmigen Öffnungen ([Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#)) gebildet. Nach der Erfindung ist vorzugsweise vorgesehen, dass die mit einer oder mehreren Ausblas-kammern strömungstechnisch in Verbindung stehenden Ausblasöffnungen über ein Oberflächensegment des Strömungskörpers des Flugzeugs verteilt sind. Dabei können

mehrere Oberflächensegmente in der Strömungsrichtung S gesehen nebeneinander oder hintereinander angeordnet sein, um die Strömung über einen größeren Bereich des Strömungskörpers zu beeinflussen. Die Ansteuerungsvorrichtung C ermittelt die Stellkommandos und hierfür entsprechende Stellwerte für jede Anordnung **15**, **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** jedes ansteuerbaren Segments **10**, **10K** von über den Strömungskörper, also z. B. über die Hauptflügel und/oder zumindest einer Einstellklappe K verteilten Segmenten **10**, **10K** mit derartigen Anordnungen **15**, **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K**.

[0078] In der [Fig. 8](#) ist beispielsweise ein Oberflächensegment **10K** als Draufsicht mit einer Anordnung **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen dargestellt, wie diese nach der Erfindung generell in einem Oberflächensegment des Hauptflügels oder einer Einstellklappe K und generell eines Strömungskörpers des Flugzeugs F angeordnet sein kann. Die in der [Fig. 7](#) dargestellte Anordnung weist eine matrixartig über das Oberflächensegment **10K** verteilte Anordnung von **110** von Ausblasöffnungen **104**. Generell sind die Ausblasöffnungen **104** der Anordnung **110** von Auslassöffnungen über das jeweilige Oberflächensegment verteilt, um die Umströmung an oder oberhalb des gesamten Bereichs des Oberflächensegmentes **10** bzw. **10K** zu beeinflussen. Vorzugsweise ist eine Druckkammer und eine Ventilvorrichtung **107** den Öffnungen **104** eines Oberflächensegmentes **10**, **10K** zugeordnet. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass eine Druckkammer **101** den Öffnungen **104** von mehreren Oberflächensegmenten **10**, **10K** zugeordnet sind.

[0079] Die Ausblasöffnungen **104** weisen eine Form auf, die zur Beeinflussung der Umströmung des jeweiligen Oberflächensegmentes **10**, **10K** optimal ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass verschiedene Formen von Ausblasöffnungen **104** innerhalb eines Oberflächensegmentes **10**, **10K** verwendet werden. Z. B. können die Ausblasöffnungen **104** auch kreisförmig, ellipsoid oder sichelförmig ausgebildet sein.

[0080] Innerhalb eines Oberflächensegmentes sind auch eine Mehrzahl von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** angeordnet, die in der [Fig. 8](#) schematisch als Kreissymbole dargestellt sind.

[0081] Sämtliche für das Hochauftriebssystem vorgesehenen Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** sind funktional an die Ansteuerungsvorrichtung C angekoppelt ([Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)) zur Übermittlung von aktuellen Strömungszuständen an der Stelle der jeweiligen Strömungszustands-Sen-

sorvorrichtung **17** bzw. **17K** oder der jeweiligen Segmente in Form der von jeder Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** jeweils erzeugten Sensorsignalen. In der Ansteuerungsvorrichtung C wird für jedes Segment auf der Basis der gemessenen Strömungszustände ermittelt, an welchen Ausblasöffnungen **104** und dort mit welcher Stärke Luft ausgeblasen werden soll, um für das Flugzeug einen Flugzustand einzustellen, die den von der Vorgabevorrichtung **30** zur Erzeugung von Flugzuständen des Flugzeugs erzeugten Sollkommandos entsprechen.

[0082] Dabei ermittelt die Ansteuerungsvorrichtung C gleichzeitig Sollkommandos für die Stellantriebe der Einstellklappen K und optional auch der Steuerflächen S.

[0083] Verschiedene Oberflächensegmente können auf der Oberfläche der Saugseite und/oder Druckseite des Strömungskörpers, also z. B. des Hauptflügels und/oder der Einstellklappe K, nebeneinander oder einander überlappend angeordnet sein.

[0084] Auch kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C Strömungszustände, die mittels in weiteren Oberflächensegmenten **10**, **10K** angeordneten Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17**, **17K** ermittelt werden, zur Ermittlung von Stellkommandos von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** herangezogen werden.

[0085] Aufgrund der entsprechenden Funktion der Ansteuerungsvorrichtung C stellt diese durch Kommandierung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** von einem oder mehreren Oberflächensegmenten **10**, **10K** insbesondere auch das Maß ein, in dem die an dem jeweiligen Oberflächensegmente **10**, **10K** anliegende Strömung beeinflusst werden kann. Hierzu werden entsprechende Werte des aktuellen Stellsignal-Vektors CS ermittelt. Dabei steuert die Ansteuerungsvorrichtung C einen Stellantrieb und z. B. die Ventilvorrichtungen **107** von mehreren Oberflächensegmenten **10**, **10K** an. Dabei kann insbesondere ein gepulstes Ausblasen vorgesehen sein.

[0086] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C mittels aktueller Stellsignal-Vektoren CS oder Stellkommandos CS zur Kommandierung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** eine Öffnungsvorrichtung an den jeweiligen Ausblasöffnungen **104** ansteuert, um durch Öffnen und Schließen derselben den Ausblasstrom an der jeweiligen Ausblasöffnung **104** einzustellen.

[0087] Zusätzlich oder alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C funktional an einer an der Druckkammer angekoppelten Druckerzeugungsvorrichtung oder Strömungsförder-

antrieb (nicht gezeigt) angekoppelt ist, um durch entsprechende Ansteuerung der Druckerzeugungsvorrichtung den Druck in der Druckkammer einzustellen und um auf diese Weise die Ausblasgeschwindigkeit an den Öffnungen **104** eines Oberflächensegments **10**, **10K** einzustellen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, den Druck in der Druckkammer aufgrund des Flugzustands und insbesondere aufgrund der Fluggeschwindigkeiten und der Flughöhe oder daraus abgeleiteter Größen mittels eines Stellsignal-Vektors CS oder von Stellkommandos CS einzustellen. Auch kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C in bestimmten Flugzustandsbereichen wie z. B. im Reiseflug die Druckerzeugungsvorrichtung mittels eines Stellsignal-Vektors CS oder von Stellkommandos CS deaktiviert. Generell kann die Druckerzeugungsvorrichtung auch mit einer fest eingestellten Leistung arbeiten oder diese kann derart ausgeführt sein, dass mit dieser aufgrund einer entsprechenden Ansteuerung durch eine Ansteuerungsfunktion der Einlassdruck und/oder der Ausblasdruck und/oder der Differenzdruck verändert oder gesteuert wird.

[0088] Der Strömungsförderantrieb kann dabei in einem mit der Öffnung verbundenen Kanal installiert oder integriert sein.

[0089] Das Medium, mit dem die Druckluft bereitgestellt wird, kann auf verschiedene Weisen bereitgestellt werden, z. B. vom Triebwerk, einer Hilfsturbine (z. B. einer sogenannten Auxillary Power Unit oder APU), über die Einläufe der Klimaanlage, über Öffnungen eines Fairings z. B. der Einstellklappe, über beliebige andere Öffnungen/Ansaugstellen z. B. im Vorderkantenbereich des Flügels und/oder im Seitenantenbereich von Klappen. Strömungsförderantriebe können dabei zusätzlich in den entsprechenden Verbindungskanälen mit den Luftquellen integriert sein, um den entsprechenden Druck und/oder Massenstrom bereit zu stellen.

[0090] Bei diesen Ausführungsformen der Erfindung kann der Massen- oder Volumenstrom in der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** oder eine diesem entsprechende Größe als Regelgröße, d. h. als mittels der Ansteuerungsvorrichtung einzustellende Größe oder Stellgröße vorgesehen sein, wobei je nach Ausführungsbeispiel die genannte Ventilvorrichtung und/oder Druckerzeugungsvorrichtung oder Strömungsförderantrieb mittels des Stellsignal-Vektors CS oder Stellkommandos CS angesteuert werden.

[0091] Bei einer alternativen Ausführung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** können diese jeweils aus einem piezoelektrischen Aktuator gebildet sein, so dass mit den Stellsignal-Vektoren CS oder den Stellkommandos CS die angelegte Spannung an den piezoelektrischen Aktuatoren

kommandiert werden. Bei der Ausführung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** durch Plasma-Aktuatoren oder kernenergiebasierten Aktuatoren wird mit den Stellsignal-Vektoren CS oder den Stellkommandos CS die Stromstärke zur Steuerung desselben und/oder die an diesen anzulegende Spannung kommandiert. Weiterhin können die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** aus auf chemischen Prozessen basierenden Aktuatoren gebildet sein, wobei Stellsignal-Vektoren CS oder den Stellkommandos CS die Konzentration eines chemischen Stoffes wie eines Katalysators, der z. B. chemische Reaktionen wie kleine Sprengungen triggert, bestimmen.

[0092] Erfindungsgemäß kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** aufgrund der Stellsignal-Vektoren CS oder Stellkommandos CS eine pulsierende Ausblas-Strömung an der Oberfläche des Hauptflügels und/oder der Einstellklappe K im Bereich der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** realisieren. Die Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17**, **17K** können generell aus einem Sensor zur Erfassung der Eigenschaften der Strömungszustandes auf der Oberseite des Hauptflügels M bzw. der Klappe K sein, der derart ausgeführt ist, dass die Ansteuerungsvorrichtung C insbesondere in Abhängigkeit der Flugzustandssensorsignale **40a** durch das von dem Sensor erzeugte Signal eindeutig der Strömungszustand ermittelt werden kann und insbesondere dass durch den Vergleich mit entsprechenden Grenzwerten insbesondere in Abhängigkeit der Flugzustandssensorsignale **40a** festgestellt werden kann, ob eine anliegende oder abgelöste Strömung vorliegt, detektiert bzw. erfassen kann.

[0093] Die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** kann aus einer manuellen Betätigungsvorrichtung **31** zur manuellen Einstellung der Verstellposition der Einstellklappe K, die Sollkommandos **31a** erzeugt, und/oder eine Betriebsarten-Eingabevorrichtung und/oder einen Autopiloten **34** aufweisen, die bzw. der Autopiloten-Sollkommandos **34a** erzeugt. Die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** steht mit der Ansteuerungsvorrichtung C funktional in Verbindung steht, um an diese die Sollkommandos **31a** bzw. **34a** zu senden.

[0094] Den am Flugzeug jeweils vorhandenen Steuerklappen, wie z. B. den Querrudern **5a**, **5b**, den Spoilern **2a** bzw. **2b**, ist zumindest ein Stellantrieb und/oder eine Antriebsvorrichtung zugeordnet, die jeweils erfindungsgemäß optional von einer Flugsteuerungsvorrichtung mittels Kommandosignalen angesteuert wird, um die jeweils zugeordneten Steuerklappen S zur Steuerung des Flugzeugs F zu verstellen. Dabei kann vorgesehen sein, dass einer dieser Steuerklappen durch jeweils einen Stellantrieb oder zur Erhö-

hung der Ausfallsicherheit des Flugzeugssystems einer Mehrzahl von Stellantrieben zugeordnet ist.

[0095] Die Ansteuerungsvorrichtung C des Hochauftriebssystems HAS nach der Erfindung kann auch in der Flugsteuerungsvorrichtung funktional integriert sein. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung werden aufgrund der Steuerungs-Sollkommandos **31a** der Steuerungs-Eingabevorrichtung **31** und/oder die Autopiloten-Sollkommandos **34a** des Autopiloten **34** in der Flugsteuerungsvorrichtung Soll-Kommandos zur Betätigung oder Bewegung von Stellantrieben der Steuerklappen S, **2a**, **2b**, **5a**, **5b** und in der Ansteuerungsvorrichtung C der Flugsteuerungsvorrichtung insbesondere Soll-Kommandos zur Betätigung des Aktuators zur Verstellung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** und/oder des Aktuators oder des Klappenantriebs der anzusteuernenden Einstellklappen K erzeugt und an diese geschickt. Der Aktuator zur Verstellung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**, **16K** kann insbesondere die zugeordnete Ventilvorrichtung und/oder die jeweils zugeordnete Druckerzeugungsvorrichtung oder der zugeordnete Strömungsförderantrieb sein. Die Flugsteuerungsvorrichtung kann dabei als Flugzustands-Regelvorrichtung ausgeführt sein und eine Steuerungsfunktion aufweisen, die von der Steuerungs-Eingabevorrichtung **30** Steuerungskommandos und von der Sensorvorrichtung **40** Sensorwerte **40a** empfängt. Die Steuerungsfunktion ist derart ausgeführt, dass diese in Abhängigkeit der Steuerungskommandos **30a** und der erfassten und empfangenden Sensorwerte **40a** Stellkommandos für die Stellantriebe der Steuerflächen S und/oder der Einstellklappen K erzeugt und an diese übermittelt, so dass durch Betätigung der Stellantriebe eine Steuerung des Flugzeugs F gemäß der Steuerungskommandos erfolgt.

[0096] Beim Fliegen erzeugt der Pilot zur Betätigung des Hochauftriebssystems HAS mit einer Betätigungsvorrichtung **31** ein Soll-Kommando **31a** für die Einstellung des Hochauftriebssystems HAS und des Auftriebszustands des Flugzeugs. Das Soll-Kommando **31a** für das Hochauftriebssystem HAS kann z. B. ein dreidimensionaler Flugzustandsvektor zur Einstellung oder relativen Änderung des Auftriebszustands des Flugzeugs sein. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass Soll-Kommandos oder Soll-Kommando-Vektoren **34a** mittels eines Autopiloten **34** erzeugt werden. Bei dieser Ausführungsform nach der Erfindung steuert die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** die Ansteuerungsvorrichtung C an, die daraufhin aufgrund von Sensorwerten Stellkommandos CS vorzugsweise in Form eines Stellsignal-Vektors zumindest eine Stellantriebsvorrichtung der in einem Segment **10** oder **10K** an einer Oberfläche des Tragflügels und/oder zumindest einer Einstellklappe K angeordneten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** und einen Stellantrieb **21** der Einstellklappen K ansteuert. Aufgrund

von Sollkommandos **30a** der Vorgabevorrichtung **30** werden, wie in der Ausführungsform der **Fig. 3** dargestellt ist, von der Ansteuerungsvorrichtung C Strömungszustands-Stellkommandos **316** bzw. **316K** zur Betätigung oder Bewegung zumindest eines Aktuators oder Stellantriebs der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** jedes betroffenen Segments **10** bzw. **10K** zur Verstellung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und auch Stellkommandos **350** zur Betätigung oder Bewegung zumindest einer Stellantriebs-Vorrichtung **20** der anzusteuernenden Einstellklappen **20** erzeugt und an diese geschickt.

[0097] Auch kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C aufgrund entsprechender Eingaben an die Vorgabevorrichtung **31** und daraus erzeugten Sollkommandos **31a** Stellkommandos **320** zur Verstellung der Einstellklappe K erzeugt und an einen Stellantrieb **20** zur Verstellung derselben erzeugt. Auch kann vorgesehen sein, dass die Ansteuerungsvorrichtung C derartige Stellkommandos zur Verstellung der Einstellklappe K auch aufgrund von Flugzustandsdaten erzeugt. Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass in Abhängigkeit der Stellkommandos zur Verstellung der Einstellklappe K sowie in Abhängigkeit der Stellkommandos **321** an den Stellantrieb **12** der zumindest einen Steuerklappe S zur Verstellung der Steuerklappe S die Strömungszustands-Stellkommandos **316** bzw. **316K** ermittelt werden. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die in dem von der Ansteuerungsvorrichtung C jeweils erzeugten aktuellen Stellsignal-Vektor die Stellkommandos zur Kommandierung des Aktuators **21** der zumindest einen Steuerklappe S und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** und optional der Einstellklappen K sowie die Information enthalten sind, welche der Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen zu einem Zeitpunkt betätigt werden sollen.

[0098] Durch die Betätigung oder Bewegung der Stellantriebe der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen werden in vorbestimmter Weise die lokalen Auftriebsbeiwerte oder die Verhältnisse von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert in demjenigen spannweiten Bereich verändert, in dem das Segment **10** bzw. **10K** mit der jeweils angesteuerten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung gelegen ist. Bei dem Vorhandensein mehrerer in Spannweitenrichtung und/oder in Tiefenrichtung des Hauptflügels oder der Klappe K angeordneten Segmente **10**, **10K** kann vorgesehen sein, dass mittels einer Segment-Ansteuerungsfunktion die Strömungszustands-Stellkommandos **316** bzw. **316K** an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen der jeweiligen Segmente abgeglichen und konsolidiert oder einem übergeordneten Stellkommando jeweils ermittelt werden.

[0099] Die erfindungsgemäße Steuerungsvorrichtung weist somit generell eine Strömungsbeeinflussung

sungs-Vorgabevorrichtung **30** mit einer Ansteuerungsfunktion zur Erzeugung von Soll-Kommandos an Antriebsvorrichtungen zur Verstellung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** des zumindest einen Oberflächensegments **10** bzw. **10K** und/oder von Soll-Kommandos an Antriebsvorrichtungen zur Verstellung von zumindest einer Stellklappe je Tragflügel auf, die aufgrund der Soll-Kommandos zur Steuerung des Flugzeugs entsprechende Soll-Kommandos zur Betätigung von Stellvorrichtungen an den Flügeln ermittelt, durch deren Aktivierung ein Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs vorgenommen wird und/oder der Flugzustand des Flugzeugs entsprechend der Soll-Kommandos geändert oder beeinflusst wird.

[0100] Die Ansteuerungsvorrichtung C insbesondere in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) kann dabei insbesondere einen Regelalgorithmus aufweisen, der die genannten Eingangswerte entsprechend der von diesem empfangenen Sollkommandos **30a** ausregelt („complete control“).

[0101] Der Regelalgorithmus der Ansteuerungsvorrichtung C kann zum einen eine Synthese eines Maßes für den Auftrieb, Widerstand oder Gleitzahl aus Sensordaten (insbesondere Drucksensoren als Sensorvorrichtung **17** auf dem Tragflügel oder der Klappe K) bilden und zum anderen als ein robuster Regelalgorithmus zur Erreichung eines vorgegebenen Zielwertes für obiges Maß ausgeführt sein. Der Regler wird durch eine Anti-Wind-Up-Reset-Struktur unterstützt. Das Maß wird aus einer Kombination von zeitlicher Integration und Nachschlagetabelle gewonnen und kann eineindeutig mit einer flugrelevanten Größe wie z. B. dem Auftrieb verbunden werden. Indirekt ist so eine Vorgabe z. B. eines Auftriebs oder Auftriebsbeiwerts möglich, die dann durch den Algorithmus in eine Vorgabe für die Maßzahl umgesetzt wird. Diese Vorgabe für die Maßzahl, im Folgenden Sollwert genannt, wird verwendet, um die Differenz zur aktuellen Maßzahl zu bestimmen, die dann die Stärke und Art des Regiereingriffes bestimmt.

[0102] Der Regler kann auf Basis eines linearen Mehrgrößen-Black-Box-Modells mit einem Verfahren zur Synthese von robusten Reglern entworfen sein. Bei der Identifikation des linearen Mehrgrößen-Black-Box-Modells werden geeignete Störsignale in Form von sprunghaften Änderungen der Aktuationsgröße erzeugt und die Reaktion der Maßzahl darauf gemessen. Aus dem dynamischen Verhalten der Reaktion wird ein lineares Differentialgleichungssystem mit Hilfe von Parameteridentifikationsmethoden gewonnen, das die Basis für die Reglersynthese darstellt. Viele verschiedene solcher Identifikationen liefern eine Modellfamilie, aus dem je Synthese ein repräsentatives bzw. mittleres Modell ausgewählt wird. In der Reglersynthese können Verfahren verwendet werden (z. B. H_∞ -Synthese, Robustifizierung, robustes LoopSha-

ping). Unterstützt werden kann der entstandene klassische lineare Regelkreis durch eine Anti-Wind-Up-Reset-Struktur, die bei einer Forderung für die Stellgröße, die über der realisierbaren Stellgröße liegt, die internen Zustände des Reglers so korrigiert, dass ein Integrationsteil im Regler nicht zu einem Überschwingen bzw. Festsetzen des Reglers führt. So bleibt der Regler auch bei unrealistischen Anforderungen reagibel, was die Betriebssicherheit erhöht. Er ist immer an die aktuelle Situation angepasst, ohne durch vorangegangene Stellgrößen-Beschränkungen hervorgerufene Verzögerungen aufzuweisen.

[0103] Der Regler kann insbesondere als Optimalregler ausgeführt sein, der alle notwendigen Eingangsgrößen als Regelgrößen empfängt und nach einem Regelverfahren-Algorithmus in einem matrixartigen Verfahren die verschiedenen Ausgangssignale für Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** und/oder den Aktuator **21** oder Klappenantrieb der zumindest einen angesteuerten Stellklappe K erzeugt – auf der Basis von Kalibrationen und daraus abgeleiteten Parametern für die Zuordnung von Regelgrößen und Stellgrößen in Abhängigkeit von Flugzustandsgrößen.

[0104] Erfindungsgemäß wird also eine flugrelevante Kennzahl (Auftrieb, Auftriebsbeiwert, Widerstand, Gleitzahl, etc.) instationär aus Ersatzregelgrößen zu bestimmen, dann diese Kennzahl für einen Sollwertvergleich zu benutzen und schließlich so einen prinzipiell beliebigen Wert für die jeweilige Kennzahl – im Rahmen der Physik – einstellen und mittels linearer, robuster Regelalgorithmen, ausgelegt auf ein lineares Modell, erreichen zu können.

[0105] Dabei ist das Regelsystem durch den Verzicht auf schwere, bewegliche Teile deutlich schneller als konventionelle, mechanische Lösungen, so dass lokale Strömungsphänomene gezielt unterdrückt bzw. genutzt werden können.

[0106] In der [Fig. 4](#) ist ein weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der das Hochauftriebssystem eine Strömungsbeeinflussungs-Ansteuerungsvorrichtung C1 als Teil der Ansteuerungsvorrichtung C aufweist, die aus den Sollkommandos **30a** für jeweils jedes Segment **10** bzw. **10K** des zumindest eines Segments **10** bzw. **10K** eine Strömungszustands-Stellgröße **416** bzw. **416K** ([Fig. 4](#)) für den Aktuator der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** eines Flügels und/oder einer Einstellklappe K erzeugt, die einem zu einem Zeitpunkt geforderten lokalen Auftriebsbeiwert für den Bereich des jeweiligen Segments entspricht. Aufgrund der Ansteuerung und Kommandierung des Aktuators jeweils jedes Segments mittels der Strömungszustands-Stellgröße **416**, **416K** wird der jeweils angesteuerte Aktuator der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** betätigt, wo-

durch die jeweils zugehörige Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15** bzw. **15K** des Strömungszustand in der den Tragflügel an dem lokalen Segment beeinflusst und dadurch insbesondere den an dem jeweiligen Segment **10** bzw. **10K** anliegenden Strömungszustand beeinflusst und verändert. Die Ansteuerungsvorrichtung C werden dabei Sollkommandos **416**, **416K** erzeugt, die in der Strömungsbeeinflussungs-Ansteuerungsvorrichtung C1 in einem inneren Regelkreis mit den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** realisiert werden. Die Strömungsbeeinflussungs-Ansteuerungsvorrichtung C1 kann auch in der Ansteuerungsvorrichtung C integriert, also eine Teilfunktion derselben sein.

[0107] Der tatsächlich am jeweiligen Segment **10** bzw. **10K** anliegende Strömungszustand wird mittels der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **16** bzw. **16K** erfasst und der erfasste Strömungszustand-Istwert als Sensorsignal **62** bzw. **62K** in einer Vergleichsvorrichtung **65** bzw. **65K** mit dem Wert eines Eingangssignals **416** bzw. **416K** verglichen. Der Wert des Eingangssignals kann der Wert des mit der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** erzeugten Soll-Kommandos **30a** sein oder aus diesem abgeleitet sein. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Wert des Eingangssignals **416** bzw. **416K** aus einem Soll-Kommando **30a** in der Ansteuerungsvorrichtung C ermittelt wird.

[0108] Wie in der [Fig. 4](#) weiterhin gezeigt ist kann die Steuerung des Flugzeugs oder Einstellung eines Auftriebszustands des Flugzeugs mittels einer Ansteuerungsvorrichtung C derart vorgesehen sein, dass diese Stellkommandos CS mit einem Stellsignal **420** zur Betätigung der Einstellklappe K sowie Eingangssignale **416**, **416K** für zumindest eine Strömungszustands-Regelvorrichtung **60** bzw. **60K** für eine Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** am Hauptflügel und/oder eine Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **60K** an der Einstellklappe K erzeugt. Die jeweilige Strömungszustands-Regelvorrichtung **60** bzw. **60K** nimmt in einer Vergleichsvorrichtung **65** bzw. **65K** einen Vergleich des Eingangssignals mit dem Strömungszustand-Istwert **62** bzw. **62K** als Sensorsignal der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17** bzw. **17K** jedes Segments vor. Für jedes Segment **10** bzw. **10K** wird mittels einer Stellgrößen-Bestimmungsfunktion **67** bzw. **67K** und der Segment-Ansteuerungsfunktion **68** bzw. **68K** ein Strömungszustand-Stellkommando **61** bzw. **61K** ermittelt, mit dem durch entsprechende Betätigung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** der einzustellende Strömungszustand erreicht wird. Somit ist bei dieser Ausführungsform insbesondere vorgesehen:

- aus dem von den Strömungszustands-Sensoren jeweils eines Segments gemessenen Strömungszustand Ermittlung eines auf das Segment bezogenen Strömungswerts als Istwert, der einem aktuellen lokalen Auftriebsbeiwert entspricht,
- Ermittlung eines Vergleichswertes aus dem Soll-Strömungswert und dem Ist-Strömungswert,
- aus dem Vergleichswert Ermittlung eines Soll-Kommandos für die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen zur Betätigung derselben.

[0109] Bei den in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Funktionalitäten können die von der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**; **17K** ermittelten Sensorsignale **17a** bzw. **17Ka** zur Ansteuerungsvorrichtung C zurückgeführt werden. Auch wird die mit einer entsprechenden Sensorvorrichtung ermittelte Stellposition der Einstellklappe S mittels des Sensorsignals **20a** zur Ansteuerungsvorrichtung C zurückgeführt. Auf der Basis dieser Rückführungen kann in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Regelung des Auftriebszustands des Tragflügel aufgrund der Sollvorgaben **30a** durchgeführt werden.

[0110] Bei der Realisierung des Hochauftriebssystems ist zu beachten, dass dieses sowie die in dieser integrierte Ansteuerungsvorrichtung als zuverlässiges Realzeitsystem ausgebildet ist, das z. B. innerhalb von $t_1 = 0,1$ s und vorzugsweise innerhalb von 0.05 s auf einen neuen gemessenen Strömungszustand reagiert und entsprechend des neuen Strömungszustands den aktuellen Eingangssignal-Vektor CS oder die Sollkommandos CS erzeugt. Die System-Reaktionszeit bezeichnet also den Zeitraum, in dem das erfindungsgemäße Hochauftriebssystem HAS mit den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** sowie den zugehörigen Aktuatorssystem ausfallen darf, ohne dass das Flugzeug in einen katastrophalen Zustand gelangen kann, oder den Zeitraum, den das Hochauftriebssystem benötigt, um bei einem Ausfall von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** auf aerodynamische Ereignisse zu reagieren, also in spezifischer Weise zu agieren. Die Eigenzeit t_1 oder System-Reaktionszeit bemisst sich dabei danach, bis tatsächlich dieses Signal an den jeweiligen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** als Steuerungssignal ankommt und diese jeweils die Strömungsbeeinflussung bewirken. Diese Eigenzeit setzt sich ansatzweise zusammen aus der Länge eines Flügels dividiert durch die Schallgeschwindigkeit plus der Reaktionszeit der gegebenenfalls an den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** vorhanden mechanischen Komponenten wie z. B. die mechanischen Ventile oder gegebenenfalls die Anlaufzeit der Pumpen. Nach der Erfindung erfolgt die Auswahl der konkreten Ausgestaltung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16**; **16K** des Aktortyps aufgrund der aerodynamischen und dadurch auf der zeitlichen An-

forderungen wie die vorgenannte System-Reaktionszeit, die an das Hochauftriebssystem zu stellen sind.

[0111] Die Kommandierung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** sowie Einstellklappen mittels der Ansteuerungsvorrichtung C kann mittels Funktionen erfolgen, mit denen Maßgaben verarbeitet sind, die für den Landeanflug bzw. die Landung insbesondere realisieren: eine maximal zulässige Sinkgeschwindigkeit und/oder einen maximal zulässigen Gleitpfadwinkel und/oder ein maximal zulässiges Landeanfluggeschwindigkeitsprofil und/oder eine maximal zulässige Landegeschwindigkeit und/oder eine maximal zulässige oder gewünschte und relativ niedrige Lärmabstrahlung.

[0112] Die Ansteuerungsvorrichtung kann eine Sicherheitsfunktion aufweisen, die im Falle eines kurzzeitigen Ausfalls der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** oder im Kommando- oder Regelungspfad derselben, einen noch sicheren Landeanflug erlaubt. Die Sicherheitsfunktion weist eine Überwachungsfunktion auf, die die Funktionsfähigkeit und aerodynamische Wirksamkeit der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** und/oder der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17; 17K** überprüft, indem die Werte der Sensorsignale **17a** bzw. **17Ka** mit Sollwerten verglichen wird und feststellt, wenn eine Abweichung über einen vorgegebenen maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus vorliegt. Zur vorgenannten Überprüfung der Funktionsfähigkeit und aerodynamischen Wirksamkeit kann in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Vergleichsfunktion integriert sein, die bereitstellt:

- einen Soll-Ist-Vergleich mittels einer Differenzbildung oder der Bildung einer Verhältniszahl zwischen Soll- und Ist-Werten und/oder
- ein Schätzverfahren, mit dem aufgrund der Werte von anderen Flugzeugsensoren wie insbesondere der Flugzustandssensoren und dabei basierend auf der Basis der durch diese ermittelten Flugzustände diejenigen Werte geschätzt werden, deren Erzeugung zu dieser Zeit durch die Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17; 17K** erwartet wird und die als Sollwerte behandelt werden können.

[0113] Die Sicherheitsfunktion weist weiterhin eine Rekonfigurationsfunktion auf, die im Falle einer solchen Abweichung über den maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus, ein Umschalten der Funktionen vorsieht

- von der Betriebsart mit Erzeugung von aktuellen Stellsignal-Vektor CS oder Stellkommandos CS zur Kommandierung der Aktuatoren **21** der Einstellklappen K und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K**
- auf eine zweite oder Sicherheits-Betriebsart, bei der nur die Einstellklappen zur Einstellung eines vorbestimmten Auftriebszustands des Flug-

zeug entsprechend der jeweiligen Soll-Kommandos **30a** betätigt werden, und nicht mehr die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K**, so dass in dieser Betriebsart der aktuelle Stellsignal-Vektor CS oder die Stellkommandos CS Kommandos zur Kommandierung der Aktuatoren **21** der Einstellklappen K und nicht der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** enthält.

[0114] Diese Umschaltung erfolgt dabei vorzugsweise innerhalb der System-Reaktionszeit. In dieser Sicherheits-Betriebsart erfolgt ein Verfahren der Stellklappen K oder der Hochauftriebsklappen in eine Position, bei der keine Regelung der Strömung für die aktive Strömungskontrolle mittels der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** erforderlich ist, aber dennoch eine notwendige aerodynamische Performance des Flugzeugs sichergestellt wird.

[0115] Für das Umschalten auf die Sicherheits-Betriebsart kann in der Flugsteuerungsvorrichtung eine Umschaltfunktion integriert sein, die von der Ansteuerungsvorrichtung C die Information erhält, dass ein Umschalten zu erfolgen hat und daraufhin die Steuerklappen S aktiviert, um den aufgrund des Umschaltens auf die zweite Betriebsart auftretenden Transienten, d. h. die dabei auftretenden Änderungen des Flugzustands, zu minimieren. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Flugzeug während des Landeanflugs aufgrund des Ausfalls eines Teils der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17; 17K** in einen katastrophalen Zustand gelangen kann.

[0116] Das Hochauftriebssystem HAS nach der Erfindung kann auch eine Pilotenschnittstelle mit einer Anzeigevorrichtung aufweisen, auf der der Ausfall eines Teils der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17; 17K** und/oder ein Umschalten auf die Sicherheits-Betriebsart angezeigt wird. Auf diese Weise kann der Pilot eine Entscheidung darüber treffen, ob er in der jeweiligen Flugsituation ein manuelles Einstellen des Flugzustands z. B. über die Vorgabevorrichtung **30** vornehmen soll, so dass die Kontrolle des Piloten über die Flugzustände des Flugzeugs in jeder Flugphase auf im Falle eines Fehlers bei den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16; 16K** oder bei einer Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17; 17K** bestehen bleibt.

Patentansprüche

1. Flugzeug (F) mit Tragflügeln (**1; 1a, 1b**), die jeweils aus einem Hauptflügel (M) und zumindest einer gegenüber diesem verstellbar angeordneten Steuerklappe (S) aufweisen, und mit einem Hochauftriebssystem (HAS) mit zumindest einer an dem Hauptflügel (M) gegenüber diesem mittels einer Stellantriebsvorrichtung (**20**) verstellbar angeordneten Einstellklappe (K) zur Einstellung des Auftriebs der Trag-

flügel (**1a**, **1b**) zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs, aufweisend:

- zumindest eine in einem sich in Flügelspanweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment (**10**; **10K**; **11a**, **12a**; **11b**, **12b**) des Hauptflügels (M) und/oder zumindest einer Einstellklappe (K) jedes Tragflügels (M; **1a**, **1b**) gelegene Anordnung (**15**; **15K**) von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) zur Beeinflussung des das Oberflächensegment (**10**; **10K**) überströmenden Fluids,
 - einer Stellantriebsvorrichtung zur Betätigung der Einstellklappen (K),
 - eine mit den Stellantrieben und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) funktional verbundene Ansteuerungsvorrichtung zur Kommandierung derselben, um die Einstellklappe (K) zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen,
 - eine mit der Ansteuerungsvorrichtung in Verbindung stehende Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) zur Erzeugung von Soll-Kommandos (**30a**) für die Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs,
- wobei die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund von Soll-Kommandos (**30a**) der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) Kommandos für die Stellantriebsvorrichtung (**20**) und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) erzeugt, um die Einstellklappe (K) zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs einzustellen.

2. Flugzeug nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Maß der von den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung vorgegeben ist und die Ansteuerungsvorrichtung aufgrund dieses Maßes Kommandos an die Stellantriebe erzeugt und zur Kommandierung derselben an diese übermittelt, um die Einstellklappe (K) zu verstellen.

3. Flugzeug nach dem Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- dass die zumindest eine sich in einem in Flügelspanweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment (**10**; **10K**; **11a**, **12a**; **11b**, **12b**) des Hauptflügels (M) und/oder zumindest einer Einstellklappe (K) jedes Tragflügels (M; **1a**, **1b**) gelegene Anordnung (**15**; **15K**) von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) zusätzlich Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) zur Messung des Strömungszustands an dem jeweiligen Segment (**10**; **11a**, **12a**; **11b**, **12b**) aufweist und
- dass die Ansteuerungsvorrichtung eine Regelungsfunktion aufweist, mit der diese aufgrund von Soll-Kommandos (**30a**) der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) und der von den Strömungs-

zustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) gemessenen Strömungszustände Kommandos für die Stellantriebe und die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) erzeugt, um das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen.

4. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese mittels eines Reglermodells für das Flugzeug einen aktuellen Stellsignal-Vektor (CS) zur Kommandierung der Stellantriebsvorrichtung (**20**) der zumindest eine Einstellklappe (K) und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Ansteuerungsvorrichtung (C) den aktuellen Eingangssignal-Vektor (**50a**) aufgrund der Sollkommandos (**30a**) der Vorgabevorrichtung (**30**), der Sensorsignale (**40a**) der Flugzustands-Sensorvorrichtung (**40**) und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung (**17**; **17K**) ermittelt.

5. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerungsvorrichtung derart ausgeführt ist, dass die Sollkommandos (CS) für die Stellantriebe und die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) aufgrund einer Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert ermittelt werden, die aufgrund von Soll-Kommandos (**30a**) der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) und/oder aufgrund der von den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) gemessenen Strömungszustände erzeugt werden, um die Einstellklappe (K) zu verstellen und/oder das Maß der durch die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung einzustellen.

6. Flugzeug nach dem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) eine Vorrichtung zur Auswahl einer automatischen Betriebsart aufweist, mit der eine Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs erzeugt wird.

7. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) eine Vorrichtung zur manuellen Betätigung derselben aufweist, mit der zur Einstellung eines aerodynamischen Auftriebsverhaltens der Tragflügel (**1a**, **1b**) eine Kennzahl für den Auftrieb oder für das Verhältnis von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert oder eine Einstellung entsprechend einer solchen Kennzahl zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs erzeugt und daraus Soll-Kommandos zur An-

steuerung der Stellantriebe zur Verstellung der Einstellklappen (K) und Soll-Kommandos zur Einstellung des Maßes der durch die Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen (**16**; **16K**) bewirkten Strömungsbeeinflussung erzeugt werden.

8. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Flugzeug aufweist:

- eine mit der Ansteuerungsvorrichtung eingangsseitig funktional verbundenen Stellzustands-Sensorvorrichtung zur Erfassung der Stellposition der Stellklappe (K),
- dass eine mit der Ansteuerungsvorrichtung funktional verbundene Flugzustands-Sensorvorrichtung (**40**) zur Erfassung von Flugzuständen des Flugzeugs und
- dass die Ansteuerungsvorrichtung eine Funktion aufweist, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen (**15**; **15K**) vornimmt und zur Einstellung des Auftriebszustands des Flugzeugs aufgrund von Soll-Kommandos (**30a**) der Strömungsbeeinflussungsvorrichtung (**30**) Kommandos für die Stellantriebe und den Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen (**16**; **16K**) erzeugt.

9. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellklappe (K) eine an dem Tragflügel (**1a**, **1b**) des Flugzeugs (F) angeordnete Hochauftriebsklappe (**4a**, **4b**) ist, wobei die Anordnung (**15**) von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen (**16**; **16K**) und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) an der Hochauftriebsklappe (**4a**, **4b**) und/oder am Hauptflügel (M) angeordnet sind.

10. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Strömungsbeeinflussungsvorrichtung (**16**; **16K**) eines Hauptflügels oder der Einstellklappe (K) gebildet ist aus einer im Hauptflügel und/oder der Einstellklappe angeordneten Druckkammer (**101**) zur Aufnahme von bedruckter Luft, einer Auslasskammer (**103**) mit Auslassöffnungen (**104**), einer oder mehrere Verbindungsleitungen (**105**) zur Verbindung der Druckkammer (**101**) mit der Auslasskammer (**103**), zumindest einer in die Verbindungsleitung (**105**) integrierten Ventilvorrichtung (**107**), die funktional mit der Flugregelvorrichtung (**50**) in Verbindung steht, wobei die Ansteuerungsvorrichtung (**50**) die Ventilvorrichtung (**107**) mittels des aktuellen Stellsignal-Vektors (**50a**) ansteuert, um in der Druckkammer (**101**) vorhandene bedruckte Luft entsprechend der Stellwerte des aktuellen Stellsignal-Vektors (**70a**) nicht oder in entsprechender Geschwindigkeit und/oder Durchsatz durch die Auslassöffnungen (**104**) strömen zu lassen, um

die Umströmung der Oberfläche (K1) des Hauptflügels (M) oder der Einstellklappe (K) zu beeinflussen.

11. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerungsvorrichtung (C) eine Segment-Ansteuerungsfunktion aufweist, die derart ausgeführt ist, dass diese Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungsvorrichtung (**16**; **16K**) jedes Segments (**10**; **10K**) und/oder die Stellkommandos an den Aktuator (**21**) aufgrund der Stellsignale der Ansteuerungsvorrichtung (C) durch eine Optimierung unter Berücksichtigung der zum aktuellen Zeitpunkt verfügbaren Leistung und/oder Dynamik der Strömungsbeeinflussungsvorrichtung (**16**; **16K**) und/oder des Aktuators (**21**) der Stellklappe (K) erzeugt.

12. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Segment aus mehreren Segmenten gebildet ist, die in der Spannweiten-Richtung des Flügels gesehen hintereinander angeordnet sind.

13. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen gebildet ist aus Ausblasöffnungen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, und einer im Flügel angeordneten Strömungserzeugungsvorrichtung, durch die Fluid aus den Ausblasöffnungen ausgeblasen wird, um den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert zu beeinflussen.

14. Flugzeug nach dem Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen zusätzlich Einsaugöffnungen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, und eine im Flügel angeordnete und mit den Einsaugöffnungen in Strömungsverbindung stehende Saugvorrichtung aufweist, durch die Fluid aus den Einsaugöffnungen eingesaugt wird, um den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert zu beeinflussen.

15. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen gebildet ist aus Lautsprecher-Vorrichtungen, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, die aufgrund ihrer Aktivierung durch Erzeugung von Luftschwingungen den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert beeinflussen können.

16. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen gebildet ist aus an der Oberfläche des Flügels angeordneten Piezo-Aktuatoren, die in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, die auf-

grund ihrer Aktivierung durch Erzeugung von Luftschwingungen den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert beeinflussen können.

17. Flugzeug (F) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerungsvorrichtung (C) eine Sicherheitsfunktion aufweist mit:

- einer Überwachungsfunktion, die die Werte der Sensorsignale (**17a** bzw. **17Ka**) mit Sollwerten vergleicht und feststellt, wenn eine Abweichung über einen vorgegebenen maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus vorliegt,
- einer Rekonfigurationsfunktion, die im Falle einer solchen Abweichung über den maximalen zulässigen Abweichungswert hinaus, ein Umschalten von der Betriebsart mit Erzeugung von aktuellen Stellsignalvektor (CS) oder Stellkommandos (CS) zur Kommandierung der Aktuatoren (**21**) der Einstellklappen K und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) auf eine Sicherheits-Betriebsart, bei der nur die Einstellklappen zur Einstellung eines vorbestimmten Auftriebszustands des Flugzeug entsprechend der jeweiligen Soll-Kommandos **30a** betätigt werden.

18. Flugzeug nach dem Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung der Abweichung zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit in der Ansteuerungsvorrichtung (C) eine Vergleichsfunktion integriert ist, die einen Soll-Ist-Vergleich mittels einer Differenzbildung oder der Bildung einer Verhältniszahl zwischen Soll- und Ist-Werten bereitstellt.

19. Flugzeug nach dem Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung der Abweichung zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit in der Ansteuerungsvorrichtung C eine Vergleichsfunktion integriert ist, die ein Schätzverfahren bereitstellt, mit dem aufgrund der Werte von anderen Flugzeugsensoren diejenigen Werte geschätzt werden, deren Erzeugung zu dieser Zeit durch die Strömungszustand-Sensorvorrichtung (**17**; **17K**) erwartet wird und die als Sollwerte behandelt werden können.

20. Flugzeug (F) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochauftriebssystem (HAS) eine Pilotenschnittstelle mit einer Anzeigevorrichtung aufweist, auf der ein Ausfall eines Teils der Strömungszustand-Sensorvorrichtung (**17**; **17K**) und/oder ein Umschalten auf die Sicherheits-Betriebsart angezeigt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

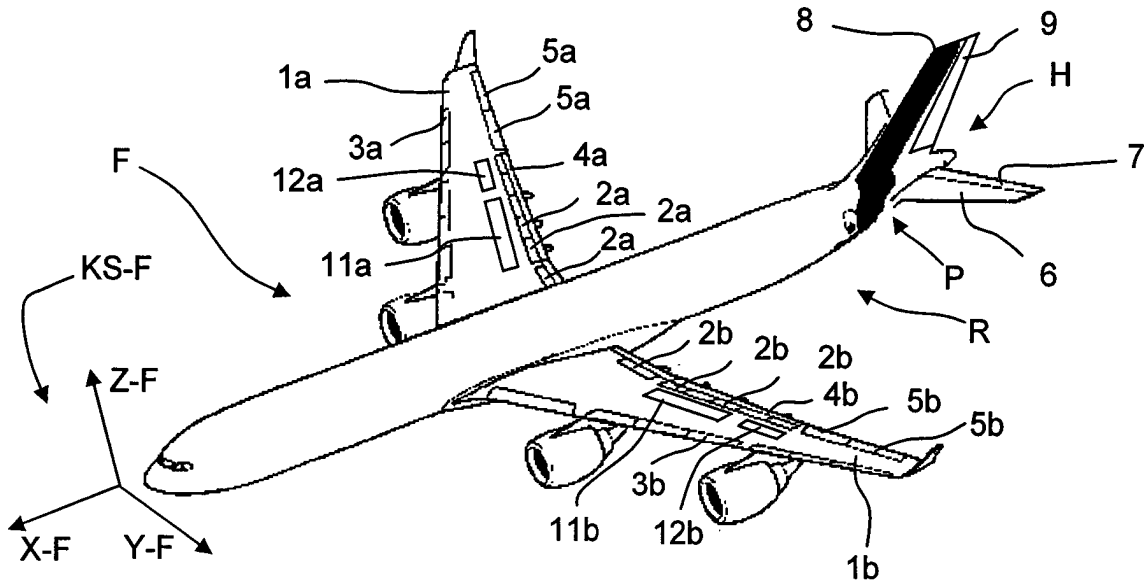


Fig. 1

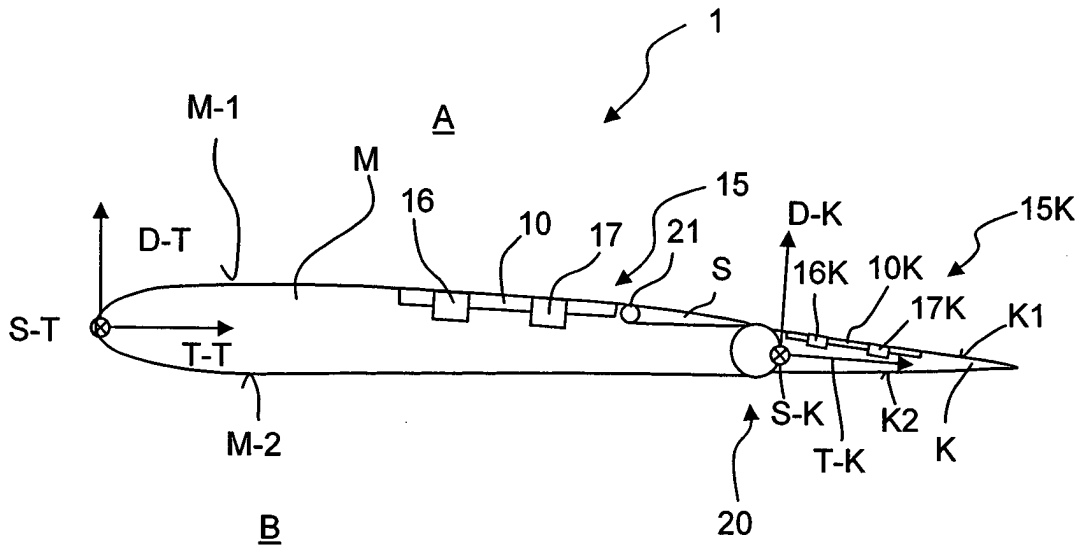


Fig. 2

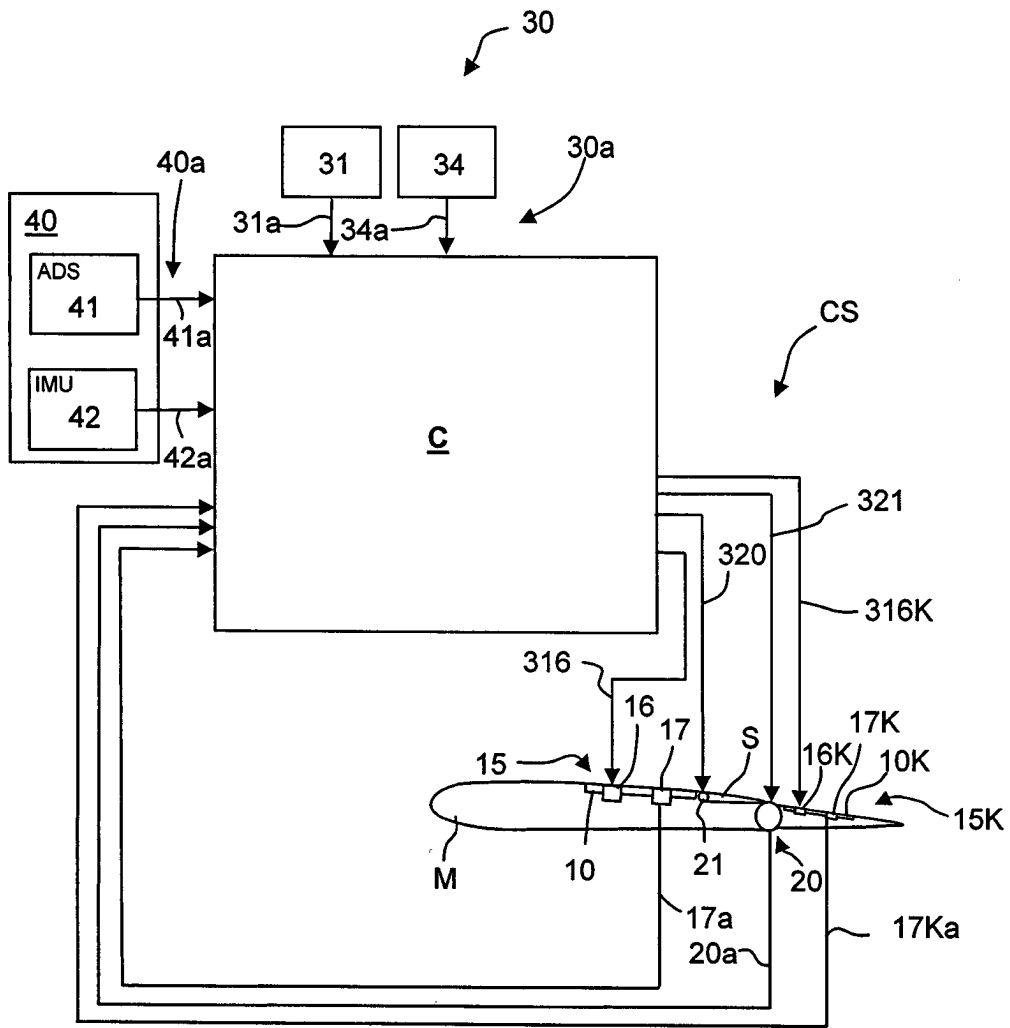


Fig. 3

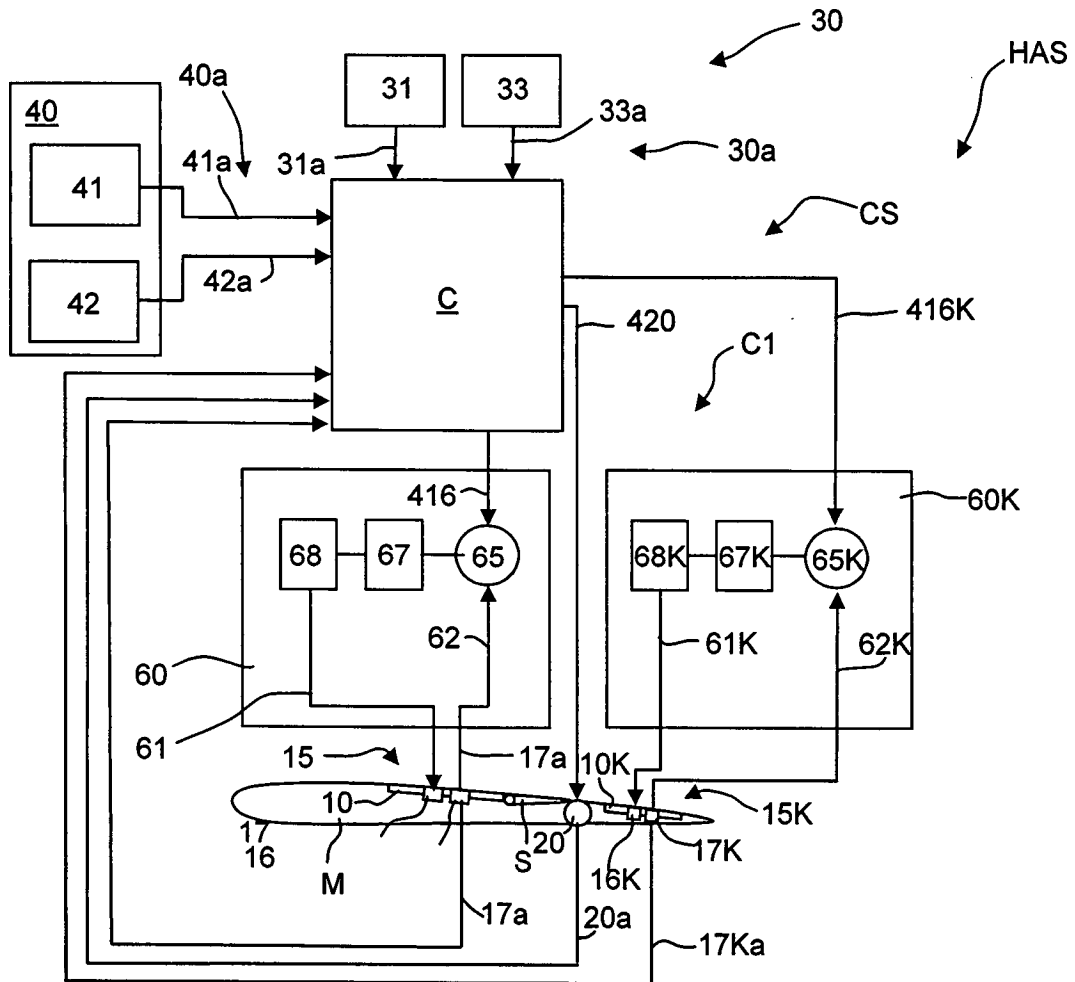


Fig. 4

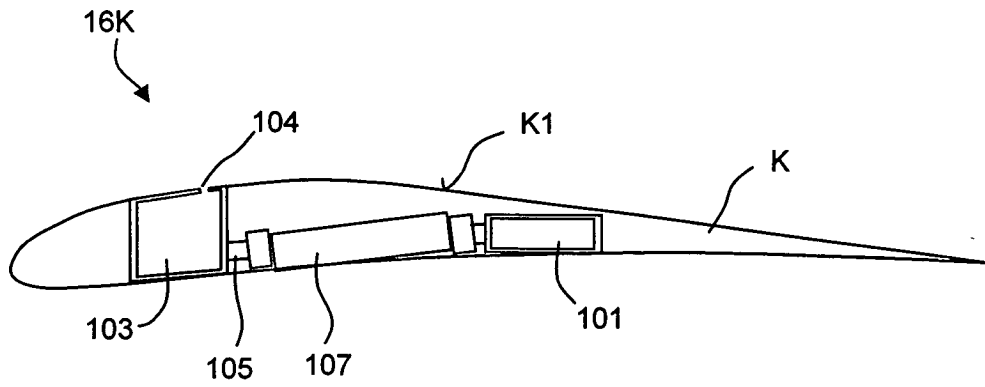


Fig. 5

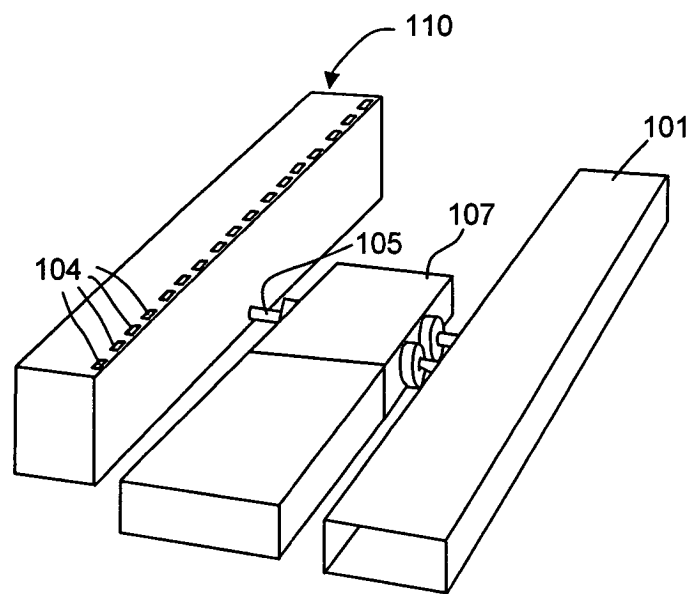


Fig. 6

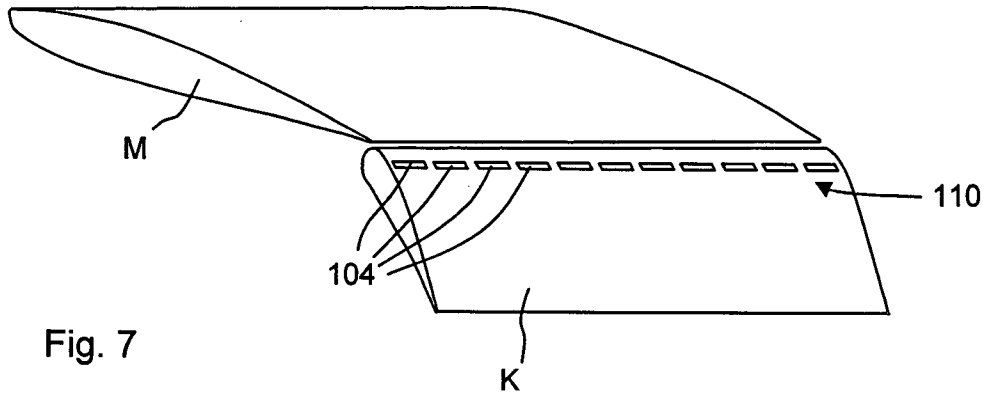


Fig. 7

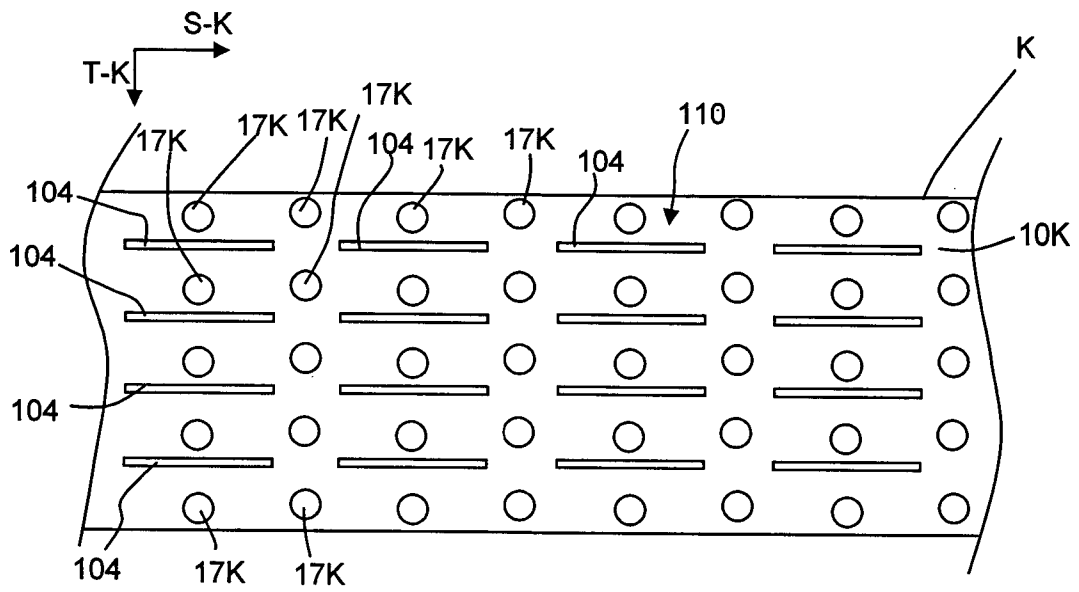


Fig. 8