



(10) **DE 10 2009 060 327 A1** 2011.06.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 060 327.1**

(22) Anmeldetag: **23.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **30.06.2011**

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

(71) Anmelder:

**Airbus Operations GmbH, 21129, Hamburg, DE**

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Gölling, Burkhard, 28816, Stuhr, DE; Haucke,  
Frank, 10245, Berlin, DE; Bauer, Matthias, 10437,  
Berlin, DE; Nitsche, Wolfgang, 14728, Gollenberg,  
DE; Peltzer, Inken, 10407, Berlin, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

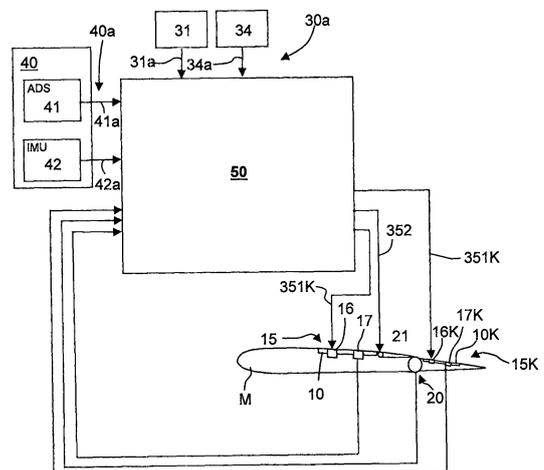
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

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

(57) Zusammenfassung: Flugzeug (F) mit Tragflügeln (1a, 1b), die aus einem Hauptflügel (M) und zumindest einer gegenüber diesem verstellbar angeordneten Steuerklappe (S) und zumindest einer Einstellklappe (K) gebildet sind, das Flugzeug aufweisend:

eine Flugregelvorrichtung (50), die eingangsseitig funktional verbunden ist mit einer Sensorvorrichtung zur Erfassung der Stellposition der Steuerklappe (S) und mit den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (16; 16K) und die zur Übermittlung von Stellkommandos (50a) ausgangseitig funktional verbunden ist mit dem Aktuator (21) einer Steuerklappe (S) und Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (15; 15K), wobei eine mit der Flugregelvorrichtung (50) funktional verbundene Flugzustands-Sensorvorrichtung (40) zur Erfassung von Flugzuständen des Flugzeugs, wobei eine Vorgabevorrichtung (30) zur Erzeugung von Flugzuständen des Flugzeugs entsprechenden Sollkommandos (30a) als Eingangssignale der Flugregelvorrichtung (50), und

wobei die Flugregelvorrichtung (50) eine Funktion aufweist, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (15; 15K) vornimmt.



## 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. Solche Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen können realisiert sein als:

- Passive Wirbelgeneratoren,
- Vorrichtungen, die ein kontinuierliches Ausblasen in ablösungsgefährdeten Gebieten vorsehen,
- Vorrichtungen, mit denen ein Absaugen der zur Ablösung neigenden Strömung erreicht wird.

**[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 vorgesehen, dessen Tragflügel aus einem Hauptflügel und zumindest einer gegenüber diesen jeweils verstellbar angeordneten Stellklappe gebildet sind. Die Stellklappe kann eine Steuerklappe sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Stellklappe eine Hochauftriebsklappe sein. Das Flugzeug weist auf:

- einen Aktuator zur Betätigung der zumindest einen Stellklappe oder Steuerklappe sowie eine Sensorvorrichtung zur Erfassung der Stellposition der Stellklappe,
- zumindest eine sich in zumindest einem sich in Flügelspannweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment des Hauptflügels und/oder zumindest einer Steuerklappe jedes Tragflügels erstreckende Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen zur Beeinflussung des das Oberflächensegment überströmenden Fluids und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen zur Messung des Strömungszustands an dem jeweiligen Segment,
- eine Flugregelvorrichtung, die eingangsseitig funktional verbunden ist mit der Sensorvorrichtung zur Erfassung der Stellposition der Stellklappe oder Steuerklappe und mit den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen und die zur Übermittlung von Stellkommandos ausgangsseitig funktio-

nal verbunden ist mit dem Aktuator und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen,

- eine mit der Flugregelvorrichtung funktional verbundene Flugzustands-Sensorvorrichtung zur Erfassung von Flugzuständen des Flugzeugs und
- eine Vorgabevorrichtung zur Erzeugung von Flugzuständen des Flugzeugs entsprechenden Sollkommandos als Eingangssignale der Flugregelvorrichtung.

**[0006]** Die Flugregelvorrichtung ist derart ausgeführt, dass diese Stellkommandos zur Kommandierung des Aktuators und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Flugregelvorrichtung die aktuellen Stellkommandos aufgrund der Sollkommandos der Vorgabevorrichtung, der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung ermittelt. Die Flugregelvorrichtung kann insbesondere eine Funktion aufweisen, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen vornimmt.

**[0007]** Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Regelvorrichtung die Strömungszustands-Sollwerte segmentweise als lokale Strömungszustands-Sollwerte ermittelt, um jeweils eine Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen in jeweils zumindest einem sich in Flügel- oder Klappen-Spannweitenrichtung erstreckenden Oberflächensegment jedes Flügels bzw. einer Klappe zur Beeinflussung des das Oberflächensegment überströmenden Fluids anzusteuern.

**[0008]** Die Stellklappe, die durch den von der Flugregelvorrichtung angesteuerten Aktuator betätigt wird, kann insbesondere eine Steuerklappe des Flugzeugs sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Stellklappe auch eine Einstellklappe sein. Als Einstellklappe wird in diesem Zusammenhang eine Stellklappe verstanden, die einen Betriebszustand oder einen Flugzustand einstellt und dabei nicht oder nicht primär zum Steuern des Flugzeugs verwendet wird. Die Stellbewegung der Steuerklappe ist bei der Steuerung des Flugzeugs also ständig bewegt, während die Einstellklappe während einer Flugphase oder eines Teils der Flugphase, z. B. des Starts oder der Landung, nicht verstellt wird. Die Einstellklappe kann insbesondere eine Hochauftriebsklappe wie eine Vorderkantenklappe oder eine Hinterkantenklappe sein. Weiterhin kann die erfindungsgemäß von der Flugregelvorrichtung angesteuerte Stellklappe eine Klappe sein, die sowohl die Funktion einer Einstellklappe als auch die Funktion einer Steuerklappe hat.

**[0009]** Die Flugregelvorrichtung ist insbesondere derart ausgeführt, dass diese zur Steuerung des Flugzeugs neben Stellkommandos zur Kommandie-

nung des Aktuators der Stellklappe auch Stellkommandos zur Ansteuerung und Betätigung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt und an diese übermittelt. Die Ansteuerung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen ist somit funktional integriert mit der Erstellung von Stellkommandos zur Kommandierung des Aktuators der zumindest einen Stellklappe oder Steuerklappe und die entsprechend erzeugten Ansteuerungskommandos zur Betätigung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen sowie des Aktuators der zumindest einen Stellklappe oder Steuerklappe stehen funktional in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis. Die Flugregelvorrichtung ermittelt dabei die aktuellen Stellkommandos zur Ansteuerung des Aktuators und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen aufgrund der Sollkommandos der Vorgabevorrichtung, der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung. Die Vorgabevorrichtung kann insbesondere eine Steuerungs-Vorgabevorrichtung zur Betätigung von Stellklappen und insbesondere von Steuerklappen zur Steuerung des Flugzeugs und/oder zur Verstellung von Einstellklappen nach der Erfindung sein. D. h. bei Betätigung der Steuerklappen und/oder von Einstellklappen nimmt die Flugregelvorrichtung zusätzlich eine Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten durch Beeinflussung der Strömung an der Oberfläche des Tragflügels und/oder zumindest der Stellklappe in Abhängigkeit des Flugzustands und der Steuerungskommandos eine Auswahl von zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen vor.

**[0010]** Die Flugregelvorrichtung kann dabei insbesondere einen Regelungsalgorithmus aufweisen, der die genannten Eingangswerte entsprechend der empfangenen Sollkommandos ausregelt („complete control“). Der Regelungsalgorithmus der Flugregelvorrichtung kann zum einen aus der Synthese eines Maßes für den Auftrieb, Widerstand oder Gleitzahl aus Sensordaten, insbesondere von jeweils Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen lokal zugeordneten Sensorvorrichtungen auf dem Tragflügel oder der Klappe, und zum anderen aus einem robusten Regelalgorithmus zur Erreichung eines vorgegebenen Zielwertes für obiges Maß gebildet sein. Der Regler wird vorzugsweise durch eine Anti-Wind-Up-Reset-Struktur unterstützt.

**[0011]** Die Auswahl der jeweils zu aktivierenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und die Ermittlung der Stärke, mit der die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen zu einem gegebenen Zeitpunkt aktiviert werden, kann insbesondere aus einer Kombination von zeitlicher Integration und Nachschlagetabelle gewonnen und kann eindeutig mit einer flugrelevanten Größe wie z. B. einer Kennzahl für den lokal den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen jeweils zugeordneten Auftrieb verbunden werden. Dabei kann insbesondere eine loka-

le Auftriebs-Kennzahl jeweils einem Segment auf der Strömungsoberfläche des Tragflügels oder einer Stellklappe ermittelt werden, in dem einer Mehrzahl von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen angeordnet sind. Indirekt ist auf diese Weise zur Betätigung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen eine Vorgabe z. B. eines Auftriebs oder Auftriebsbeiwerts möglich, die dann durch den Algorithmus in eine Vorgabe für die Maßzahl umgesetzt wird. Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass die lokale Auftriebs-Kennzahl verwendet wird, um die Abweichung der jeweiligen lokalen Auftriebs-Kennzahl von einer mittels jeweils einer zugeordneten Sensorvorrichtungen gemessenen aktuellen Maßzahl zu ermitteln, mit der bestimmt wird, ob die jeweilige Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung aktiviert wird und mit welcher Stärke.

**[0012]** 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.  $H_\infty$ -Synthese, Robustifizierung, robustes LoopShaping). 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 Anforderung reagibel, was die Betriebssicherheit erhöht. Er ist immer an die aktuelle Situation angepasst, ohne durch vorangegangene Stellgrößen-Beschränkungen hervorgerufene Verzögerungen aufzuweisen.

**[0013]** 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 und/oder den Aktuator oder Klappenantrieb der zumindest einen angesteuerten Stellklappe erzeugt – auf der Basis von Kalibrationen und daraus abgeleiteten Parametern für die Zuordnung von Regelgrößen und Stellgrößen in Abhängigkeit von Flugzustandsgrößen.

**[0014]** Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Regler funktional derart ausgeführt, dass dieser mit einer integrierten Reglerfunktion und insbesondere in einem Operationsintervall oder Iterationsschritt einen Stellsignal-Vektor ermittelt, der zum einen Stellsignale für den zumindest einen Aktuator der Stellklappe und insbesondere der zumindest einen Steuerklappe und zum anderen Stellsignale für Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen beinhaltet. In den Stellsignalen für Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen ist auch festgelegt, ob überhaupt Stellsignale für einige oder sämtliche Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen vorzusehen sind, d. h. welche Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen jeweils angesteuert werden.

**[0015]** Nach der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Flugregelvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese mittels eines Reglermodells für das Flugzeug einen aktuellen Stellsignal-Vektor mit Stellgrößen zur Kommandierung des Aktuators der zumindest einen Steuerklappe und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Flugregelvorrichtung den aktuellen Eingangssignal-Vektor aufgrund der Sollkommandos der Vorgabevorrichtung, der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung.

**[0016]** Durch die Erfindung werden insbesondere sind systemische Begrenzungen hinsichtlich der maximalen Verfahrbarkeit der Hinterkantendevise unter Berücksichtigung von Lasten, Wartungsanforderungen und Kosten berücksichtigt und dabei die aerodynamische Leistung eines Hochauftriebssystems verbessert. Weiterhin wird bei einem stärker gewölbtes Profil die Ablösung der Strömung auf der Oberseite der Einstellklappe verhindert. Weiterhin wird durch die Erfindung den sehr genauen Anforderungen an die Einstellung einer Einstellklappe relativ zum Hauptflügel hinsichtlich Gewicht und eine effizienten Gesamtsystem-Integration gelöst, wodurch ein Gesamthochauftriebssystem gewichtsoptimiert und kostenoptimiert werden kann.

**[0017]** Nach der Erfindung kann also insbesondere die Einstellklappe eine an dem Tragflügel des Flugzeugs angeordnete Hochauftriebsklappe sein, wobei die Anordnung (15) von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen an der Hochauftriebsklappe und/oder am Hauptflügel angeordnet sind.

**[0018]** Auch kann die für die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen jeweils vorgesehene flugrelevante Kennzahl z. B. einem lokalen Auftriebsbeiwert, einem lokalen Widerstand, einer lokalen Gleitzahl entsprechen und dabei instationär aus Ersatzregelgrößen bestimmt werden, um dann diese Kennzahl für einen Sollwertvergleich zu benutzen und schließ-

lich so einen prinzipiell beliebigen Wert für die jeweilige Kennzahl – im Rahmen der Physik – einzustellen, aus dem mittels linearer, robuster Regelalgorithmen, ausgelegt auf ein lineares Modell, Stellsignale für die lokalen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen ermittelt werden.

**[0019]** 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.

**[0020]** Dabei kann die Funktion zur Ermittlung zur Auswahl der zu aktivierenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen eine Filterfunktion sein oder auf einer Filterfunktion basieren. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass diejenigen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen, deren jeweils zugeordnete Sensorvorrichtungen Mess-Signale liefern, die innerhalb einer zulässigen Bereichs liegen, nicht aktiviert werden, also Stellsignale mit dem Wert Null zugeordnet werden. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die lokale Strömungsgeschwindigkeit oder der lokale Druck ein Mindestmaß überschreitet. Demgegenüber werden Stellsignale für diejenigen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen mit einem Wert zu deren Aktivierung ermittelt, deren jeweils zugeordnete Sensorvorrichtungen Mess-Signale liefern, die außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen, der insbesondere derart definiert sein kann, dass dessen Grenze der Übergang zu lokalen Strömungsablösungen bildet.

**[0021]** Diese Strömungskontrollmaßnahmen sind einzeln, für sich geeignete Maßnahmen, um die Ablösung auf der Klappe teilweise oder vollständig für einen bestimmten Bereich zu verhindern. Sie stellen aber nur einzelne subsystemische Lösungen dar, da sie nur für eine spezifische Konfiguration ausgelegt sind.

**[0022]** Durch ein in Profiltiefenrichtung kaskadiertes und segmentiert geregeltes Anregesystem können verschiedene ablösegefährdete Strömungssituationen, hervorgerufen durch unterschiedliche Konfigurationen, effizienter vermieden werden. Das periodische bzw. gepulste Ausblasen von Druckluft durch Schlitze oder ähnlich geartete Topologien auf der Hinterkantenklappe hat sich bereits als sehr effektiv erwiesen und war gegenüber dem kontinuierlichen Ausblasen für die untersuchten Konfigurationen bezüglich des verwendeten Luftmassenstroms auch sehr viel effizienter (Faktor 2 bis 4). Da mit veränderten Klappenpositionen die Strömungsbedingungen im Bereich der Klappe variieren, können sich auch unterschiedliche Ablösezustände mit unterschiedlichen Ablösepositionen auf der Hinterkantenklappe einstellen.

**[0023]** Ein Aktuatorsystem mit einer festgelegten Anregeposition ist jedoch nur für einen bestimmten Bereich optimiert, sodass im Off-Design-Fall die Wirksamkeit der aktiven Strömungskontrolle abnimmt und der Energiebedarf übermäßig ansteigen kann.

**[0024]** Das periodische bzw. gepulste Ausblasen durch Schlitze oder ähnlich geartete Topologien auf der Hinterkantenklappe mit segmentierten und kaskadenartig angeordneten Schlitzen oder ähnlich geartete Topologien kann sich daher als besonders effizient erweisen, da die jeweiligen Strömungszustände besser kontrolliert werden können und der Energieeintrag durch die gepulste Düsenströmung gezielt und effizient verteilt in die abgelöste oder in Ablösung befindende Klappenströmung erfolgt. Wird darüber hinaus eine Regelung des Auftriebsbeiwertes als beispielhafte Zielgröße zum Einsatz gebracht, lässt sich die Wirkung autonom steuern und effizient gestalten.

**[0025]** Erste experimentelle Ergebnisse an zweidimensionalen Profilen zeigen, dass eine kaskadenartige Anordnung des Anregesystems die zur Ablösung neigende Strömung effizient zum Wiederanlegen bringen kann. Die Untersuchungen an industriellen Windkanalmodellen haben bereits die Wirkungsweise dieser Strömungskontrolltechnik auf der Grundlage von Modellaktuatoren bewiesen.

**[0026]** Eine notwendige Anzahl geeigneter Sensoren, wie zum Beispiel Drucksensoren, wird in Profiltiefen- und in Spannweitenrichtung zur Erkennung des aktuellen lokalen Strömungszustandes in die Hinterkantenklappe integriert. Die hiermit gewonnenen Messdaten und die Zielwertvorgabe eines bestimmten Parameters, zum Beispiel des Auftriebsbeiwertes, der Sink- und/oder Steigrate, durch den Piloten dienen als Eingabewerte für einen entsprechend ausgelegten Regelkreis. Als Stellgrößen für das Aktuatorsystem können die Parameter, Frequenz, Pulsbreite, Impulseintrag in die Strömung und/oder der Phasenversatz zwischen den Anregepositionen verwendet werden. Je nach aktuellem Strömungsfall können die Anregepositionen separat oder gemeinsam betrieben werden. Als Anregemechanismus sind segmentierte gepulste Druckluft-Aktuatoren besonders geeignet, da sie sich bereits in zahlreichen Experimenten bewährt haben. Grundsätzlich sind aber auch andere Aktuatoren, wie zum Beispiel Synthetik-Jet-Aktuatoren oder mechanisch, elektrisch und/oder pneumatisch getriebene Aktuatoren für die hier beschriebene Anwendung einsetzbar, wenn sie einen entsprechenden Funktionsweise und Leistung aufweisen und darüber hinaus die Integrationsanforderungen in einen Regelkreis zur dynamischen Steuerung/Regelung erfüllen.

**[0027]** Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung eine Flugzustands-Regelvorrichtung und eine Strömungszustand-Regelvorrichtung aufweist, wobei:

- die Flugzustands-Regelvorrichtung derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund der Sollkommandos der Vorgabevorrichtung, der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung und aufgrund von Sensorsignalen der Strömungszustand-Sensorvorrichtung Stellkommandos an den Aktuator der Steuerklappe und von Strömungszustands-Sollwerten an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt, und
- die Strömungszustand-Regelvorrichtung funktional mit der Flugzustands-Regelvorrichtung zum Empfang der Strömungszustands-Sollwerte zur Kommandierung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen verbunden ist und derart ausgeführt ist, dass diese aufgrund der Strömungszustands-Sollwerte und aufgrund der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen Strömungszustands-Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen übermittelt.

**[0028]** Die Strömungszustands-Sollwerte können insbesondere die lokalen Auftriebsbeiwerte oder die Verhältnisse von Widerstandsbeiwert und Auftriebsbeiwert in demjenigen Segment sein.

**[0029]** Auch kann die Flugregel-Vorrichtung eine Ansteuerungsfunktion aufweisen, die die Stellkommandos an den Aktuator der Steuerklappe und die Strömungszustands-Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen als Eingangssignale empfängt, aufgrund einer Korrelationsfunktion miteinander abstimmt und Stellkommandos zur Betätigung des Aktuators der Steuerklappe und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen erzeugt und an diese übermittelt. Die Ansteuerungsfunktion kann dabei derart ausgeführt sein, dass eine Optimierung der Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und der Stellkommandos an den Aktuator der Steuerklappe unter Berücksichtigung der zum aktuellen Zeitpunkt verfügbaren Leistung und/oder Dynamik der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und/oder des Aktuators der Steuerklappe erfolgt.

**[0030]** Nach der Erfindung kann die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung eines Hauptflügels oder der Einstellklappe gebildet sein aus einer im Hauptflügel und/oder der Einstellklappe angeordneten Druckkammer zur Aufnahme von bedruckter Luft, einer Auslasskammer mit Auslassöffnungen, einer oder mehrere Verbindungsleitungen zur Verbindung der Druckkammer mit der Auslasskammer, zumindest einer in die Verbindungsleitung integrierten Ventilvor-

richtung, die funktional mit der Flugregel-Vorrichtung in Verbindung steht,

wobei die Flugregel-Vorrichtung 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.

**[0031]** Erfindungsgemäß kann die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung eine Steuerungs-Eingabevorrichtung, durch deren Betätigung die Soll-Kommandos erzeugt werden, oder eine Autopiloten-Vorrichtung aufweisen, die aufgrund einer vorgegebenen Betriebsart die Soll-Kommandos z. B. zur Bahnsteuerung des Flugzeugs auf einer vorgegebenen Sollbahn erzeugt.

**[0032]** Das Flugzeug nach der Erfindung kann dabei derart ausgeführt sein, dass die Flugregelvorrichtung als Flugzustands-Regelvorrichtung ausgeführt ist oder eine solche aufweist sowie eine Strömungszustand-Regelvorrichtung aufweist. Die Flugzustands-Regelvorrichtung ist derart ausgeführt, dass diese aufgrund der Sollkommandos der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung und der Sensorsignale der Flugzustands-Sensorvorrichtung Eingangssignale (an die mit der Flugregelvorrichtung funktional verbundene Strömungszustand-Regelvorrichtung übermittelt. Weiterhin kann dabei die Strömungszustand-Regelvorrichtung derart ausgeführt sein, dass diese 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 die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung jedes Segments übermittelt, um das Flugzeug entsprechend der Sollkommandos der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung zu steuern.

**[0033]** Dabei kann vorgesehen sein, dass die Flugzustands-Regelvorrichtung eine Segment-Ansteuerungsfunktion aufweist, die derart ausgeführt ist, dass diese Stellkommandos an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung jedes Segments und/oder die Stellkommandos an den Aktuator aufgrund der Stellsignale der Flugzustands-Regelvorrichtung durch eine Optimierung unter Berücksichtigung der zum aktuellen Zeitpunkt verfügbaren Leistung und/oder Dynamik der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und/oder des Aktuators der Stellklappe erfolgt.

**[0034]** Nach der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen gebildet ist aus Ausblasöffnungen, die

in einem Segment oder mehreren Segmenten angeordnet sind, und einer im Flügel angeordneten Strömungserzeugungsvorrichtung zum Ausblasen und/oder Absaugen, durch die Fluid aus den Ausblasöffnungen ausgeblasen oder abgesaugt wird, um den lokal am Segment auftretenden Auftriebsbeiwert zu beeinflussen.

**[0035]** Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen 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.

**[0036]** Die Strömungskontrolle kann durch das spannweite Ausblasen gepulster Druckluft an einer definierten Profiltiefenposition der Einstellklappe oder der Hinterkantenklappe erfolgen. Die nach einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehene Ventilvorrichtung oder Schalteinheit kann mit variabler Frequenz, variablem Duty Cycle (Verhältnis der Zeit mit durchströmter Luft zu der Dauer eines Taktes) und Luftmassenstrom betrieben werden, sodass ein (periodisch) gepulster Luftstrom mit variablem Impuls erzeugt wird. Mit Hilfe einer Druckkammer oder Aktuorkammer kann die gewünschte Austrittsgeschwindigkeitsverteilung am Anregeort erzeugt werden.

**[0037]** Aufgrund der von Gewichtsbeschränkungen zu erfüllenden Lasten- und Sicherheitsbedingungen für die Start- und Landephase werden technische Grenzen für die Auslegung einer derartigen Hinterkantenklappe ohne und mit abgesenktem Spoiler und nachgeführte bzw. ausgefahrene Hinterkantenklappe wesentlich erweitert.

**[0038]** Erfindungsgemäß kann das zumindest eine Segment aus mehreren Segmenten gebildet sein, die in der Spannweiten-Richtung des Flügels gesehen hintereinander angeordnet sind.

**[0039]** Die Vorgabevorrichtung zur Erzeugung von Flugzuständen des Flugzeugs entsprechenden Sollkommandos als Eingangssignale der Flugregel-Vorrichtung kann eine Steuerungs-Eingabevorrichtung zur Steuerung des Flugzeugs ein und die Eingangssignale den Steig- oder Sinkraten oder Beschleunigungen können entsprechende Größen sein. Die Vorgabevorrichtung kann eine Steuerungs-Eingabevorrichtung aufweisen, durch deren Betätigung die Soll-Kommandos erzeugt werden. Auch kann die Vorgabevorrichtung eine Autopiloten-Vorrichtung aufweisen, aufgrund einer vorgegebenen Betriebsart die

Soll-Kommandos erzeugt, z. B. zur Bahnsteuerung des Flugzeugs auf einer vorgegebenen Sollbahn.

**[0040]** Die Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen kann auch zuschaltbar durch Piloten ausgeführt sein.

**[0041]** Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

**[0042]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht eines Flugzeuges, in dem die erfindungsgemäß vorgesehene Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung integriert ist;

**[0043]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung des Querschnitt eines Tragflügels mit einer erfindungsgemäß in zumindest einem Segment desselben vorgesehenen Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und von Strömungszustands-Sensoren sowie einer optional vorgesehenen Stellklappe, die von einer Verstellvorrichtung mit einem Aktuator verstellt werden kann;

**[0044]** [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß vorgesehenen Flugsteuerungsvorrichtung mit einer Flugregelvorrichtung, die beispielhaft funktional mit einem Aktuator einer Steuerklappe und mit zwei Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen jeweils einer über ein Oberflächensegment verteilten Anordnung von einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und einer Strömungszustands-Sensorvorrichtung verbunden ist, wobei die Strömungszustand-Sensorvorrichtung jedes Segments funktional mit der Flugregelvorrichtung verbunden ist und wobei jeweils eine über ein Oberflächensegment verteilte Anordnung von einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und einer Strömungszustands-Sensorvorrichtung auf der Oberseite des Hauptflügels und der Oberseite einer Einstellklappe angeordnet ist,

**[0045]** [Fig. 4](#) eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäß vorgesehenen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung, die beispielsweise in einer Einstellklappe eingebaut ist,

**[0046]** [Fig. 5](#) eine perspektivische schematische Darstellung der in der [Fig. 5](#) dargestellten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung,

**[0047]** [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung eines Tragflügels 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.

**[0048]** [Fig. 7](#) eine Draufsicht auf ein Oberflächensegment einer Einstellklappe mit einer beispielsweise

ausgeführten Anordnung von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen.

**[0049]** In den Figuren sind Komponenten und Funktionen gleicher oder ähnlicher Funktion mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

**[0050]** 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, wie es in der [Fig. 1](#) dargestellt ist, oder Kreuz-Leitwerk ausgebildet sein.

**[0051]** 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](#)).

**[0052]** 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 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.

**[0053]** Im Detail zeigt die [Fig. 2](#) ein Hauptflügel **10** mit einer Stellklappe 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.

**[0054]** Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die in der **Fig. 2** schematisch dargestellte Kombination eines Hauptflügels, zumindest einem Spoiler als einer Steuerklappe und einer Hochauftriebsklappe als Einstellklappe Bezug genommen. Die zumindest eine Steuerklappe kann in dieser Anwendung insbesondere zusätzlich aus einem Querruder und/oder dem Seitenruder sein. Alternativ oder zusätzlich zur Hochauftriebsklappe kann als Einstellklappe die Höhenflosse und/oder das Seitenleitwerk und generell auch eine Einstellklappe und generell eine Stellklappe des Flugzeugs nach der Erfindung funktional einbezogen sein.

**[0055]** Nach der Erfindung ist eine Flugregelvorrichtung **50** vorgesehen, die derart ausgeführt ist, dass diese Stellkommandos zur Kommandierung des jeweiligen Aktuators **21** einer Steuerklappe und/oder einer Einstellklappe wie die Hochauftriebsklappe und von am Tragflügel **1a**, **1b**, **1** und oder an zumindest einer Einstellklappe angeordneten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** erzeugt und an diese übermittelt (**Fig. 3**). Die Flugregelvorrichtung **50** ermittelt die aktuellen Stellkommandos **50a** aufgrund der Sollkommandos **30a** der Vorgabevorrichtung **30**, der Sensorsignale **40a** der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**; **17K**. Die Sollkommandos **30a** als Eingangssignale der Flugregelvorrichtung **50** können aus einer Soll-Beschleunigung und/oder eine eine Soll-Richtung für das Flugzeug gebildet sein. Die Flugregelvorrichtung **50** ist derart ausgeführt, dass diese einen aktuellen Eingangssignalvektor **50a** zur Kommandierung des Aktuators **21** und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** erzeugt und an diese übermittelt.

**[0056]** Die von der Flugregelvorrichtung **50** mittels des aktuellen Eingangssignalvektors **50a** kommandierten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** können angeordnet sein an dem Hauptflügel

M und/oder einer Einstellklappe K, wobei die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **15**; **15K** jeweils eines Oberflächensegments aus zumindest einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung und zumindest einem Strömungszustands-Sensor gebildet ist. 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.

**[0057]** Die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **15** bzw. **15K** ist derart ausgeführt, dass mit dieser aufgrund eines aktuellen Stellsignal-Vektors **50a** die an der jeweiligen Oberfläche anliegende Strömung und somit der Auftriebsbeiwert des Hauptflügels M bzw. der Stellklappe K beeinflusst werden kann. Dabei weist die Flugregelvorrichtung **50** eine Funktion auf, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** vornimmt. Dabei ermittelt die Flugregel-Vorrichtung lokale Strömungszustands-Sollwerte segmentweise, d. h. der aktuelle Stellsignal-Vektor **50a** beinhaltet Stellsignale für jedes der ansteuerbaren Segmente **10**, **10K**.

**[0058]** Dabei kann der Stellsignal-Vektor **50a** derart gebildet sein, dass dieser einen Wert für sämtliche betätigbaren Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** beinhaltet, wobei die aufgrund der Auswahl und nach dem jeweils aktuellen Stellsignalvektor **70a** Stellsignalvektor **70a** nicht zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** den Stellwert Null erhalten.

**[0059]** Die Flugregelvorrichtung **50** kann dabei insbesondere derart ausgeführt sein, dass diese mittels eines Reglermodells für das Flugzeug einen aktuellen Stellsignalvektor **50a** zur Kommandierung des Aktuators **21** der zumindest einen Steuerklappe S und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **15**; **15K** erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Flugregelvorrichtung **50** den aktuellen Eingangssignalvektor **70a** aufgrund der Sollkommandos **30a** der Vorgabevorrichtung **30**, der Sensorsignale **40a**

der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** und der Sensorsignale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung **17**; **17K** ermittelt.

**[0060]** Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäß vorgesehenen Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16**, **16K** eines Segments ist in der **Fig. 4** am Beispiel einer Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16K** einer Einstellklappe **K** dargestellt. Dabei ist die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **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 Ausblasöffnung 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 Flugregel-Vorrichtung **50** in Verbindung steht. Die Flugregel-Vorrichtung **50** steuert die Ventilvorrichtung **107** mittels des aktuellen Stellsignal-Vektors **70a** an, um in der Druckkammer **101** vorhandene bedruckte Luft entsprechend der Stellwerte des aktuellen Stellsignal-Vektors **70a** 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.

**[0061]** Die Einführung von Druckluft in die Druckkammer **101** kann auf verschiedene Weise 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.

**[0062]** Die in der **Fig. 4** im eingebauten Zustand gezeigte Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16K** ist in der **Fig. 5** 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.

**[0063]** Die Anordnung **110** von Ausblasöffnungen oder die Öffnungsvorrichtung ist vorzugsweise aus einer Anordnung von insbesondere schlitzförmigen Öffnungen (**Fig. 5** bis **Fig. 7**) 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 Flugregel-Vorrichtung **50** 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, zumindest einer Einstellklappe und/oder Steuerklappe, verteilten Segmenten **10**, **10K** mit derartigen Anordnungen **15**, **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** und Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K**.

**[0064]** 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 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 Ausblasöffnungen 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.

**[0065]** 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

Oberflächensegments **10**, **10K** verwendet werden. Z. B. können die Ausblasöffnungen **104** auch kreisförmig, ellipsoid oder sichelförmig ausgebildet sein.

**[0066]** Innerhalb eines Oberflächensegmentes sind auch eine Mehrzahl von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** angeordnet, die in der **Fig. 8** schematisch als Kreissymbole dargestellt sind. Sämtliche Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** sind funktional an die Flugregel-Vorrichtung **50** angekoppelt (**Fig. 3**) zur Übermittlung von aktuellen Strömungszuständen an der Stelle der jeweiligen Strömungszustands-Sensorvorrichtung **17** bzw. **17K** in Form der von jeder Strömungszustands-Sensorvorrichtungen **17** bzw. **17K** jeweils erzeugten Sensorsignalen. In der Flugregel-Vorrichtung **50** 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. Dabei ermittelt die Flugregel-Vorrichtung **50** gleichzeitig Sollkommandos für die Stellantrieb der Steuerflächen **S**.

**[0067]** Verschiedene Oberflächensegmente können auf der Oberfläche des Strömungskörpers, also z. B. des Hauptflügels und/oder der Einstellklappe **K**, nebeneinander oder einander überlappend angeordnet sein.

**[0068]** Auch kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** 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.

**[0069]** Aufgrund der entsprechenden Funktion der Flugregel-Vorrichtung **50** 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 **70a** ermittelt. Dabei steuert die Flugregel-Vorrichtung **50** das oder die Ventilvorrichtungen **107** von mehreren Oberflächensegmenten **10**, **10K** an. Dabei kann insbesondere ein gepulstes Ausblasen vorgesehen sein.

**[0070]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** eine Öffnungsvorrichtung an den jeweiligen Ausblasöffnungen **104** ansteuert, um durch Öffnen und Schließen

derselben den Ausblasstrom an der jeweiligen Ausblasöffnung **104** einzustellen.

**[0071]** Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** funktional an einer an der Druckkammer angekoppelten Druckerzeugungsvorrichtung oder Strömungsförderantrieb (nicht gezeigt) angekoppelt ist, um durch entsprechende Ansteuerung der 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 einzustellen. Auch kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** in bestimmten Flugzustandsbereichen wie z. B. im Reiseflug die Druckerzeugungsvorrichtung 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.

**[0072]** Der Strömungsförderantrieb kann dabei in einem mit der Öffnung verbundenen Kanal installiert oder integriert sein.

**[0073]** 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 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.

**[0074]** Nach der Erfindung ist ein Flugzeug mit einer Flugsteuerungsvorrichtung mit einer mit der Flugregel-Vorrichtung in Verbindung stehenden Betätigungsvorrichtung oder Steuerungs-Eingabevorrichtung **31** zur Erzeugung von Steuerungs-Sollkommandos **31a** für die Steuerung des Flugzeugs **F** vorgesehen. Die Steuerungs-Eingabevorrichtung **31** des Flugzeugs **F** ist üblicherweise aus einer im Cockpit des Flugzeugs angeordneten Steuerungs-Eingabevorrichtung **31** zur Eingabe von Steuerungsvorgaben zur Flugbahnsteuerung des Flugzeugs gebildet, die insbesondere die Piloten-Eingabemittel wie einen Steuerknüppel und optional auch Pedale aufweisen kann.

**[0075]** Weiterhin kann die Flugsteuerungsvorrichtung eine Betriebsarten-Eingabevorrichtung und/oder ein Autopilot **34** aufweisen, die bzw. der Au-

topiloten-Sollkommandos **34a** für die Steuerung des Flugzeugs F erfolgt und die bzw. der mit der Flugregel-Vorrichtung **50** funktional in Verbindung steht, um an diese die Soll-Kommandos **31a** bzw. **34a** zu senden.

**[0076]** 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 der Flugsteuerungsvorrichtung **50** mittels Kommandosignalen, die Soll-Kommandos sind, angesteuert wird, um die jeweils zugeordneten Steuerklappen zur Steuerung des Flugzeugs F zu verstellen. Dabei kann vorgesehen sein, dass einer dieser Steuerklappen durch jeweils einen Stellantrieb oder zur Erhöhung der Ausfallsicherheit des Flugzeugsystems einer Mehrzahl von Stellantrieben zugeordnet ist.

**[0077]** Aufgrund der Steuerungs-Sollkommandos **31a** der Steuerungs-Eingabevorrichtung **31** und/oder die Autopiloten-Sollkommandos **34a** des Autopiloten **34** werden in der Flugregel-Vorrichtung **50** Soll-Kommandos zur Betätigung oder Bewegung von Stellantrieben der Steuerklappen S, **2a**, **2b**, **5a**, **5b** und insbesondere 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.

**[0078]** Das Flugzeug F weist weiterhin eine mit der Flugregel-Vorrichtung **50** 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 Inertialsensor-Vorrichtung **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 **50** empfängt die Flugzustands-Sensorsignale **40a** der von der Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** erfassten Sensorwerte und dabei insbesondere der Luftdaten-Sensorsignale **41a** der Luftdaten-Sen-

sorvorrichtung **41** und die Fluglage-Sensordaten **42a** von der Fluglage-Sensorvorrichtung **42**.

**[0079]** Die Flugsteuerungsvorrichtung **50** in Form einer Flugzustands-Regelvorrichtung **70** (**Fig. 3**) weist eine Steuerungsfunktion auf, die von der Steuerungseingabevorrichtung **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 erzeugt und an diese übermittelt, so dass durch Betätigung der Stellantriebe eine Steuerung des Flugzeugs F gemäß der Steuerungskommandos erfolgt. Wie beschrieben ist in der **Fig. 3** eine Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei denen auf dem Hauptflügel M und der Stellklappe K an einer Stelle in der jeweiligen Spannweitenrichtung jeweils eine Anordnung **15** bzw. **15K** von Strömungsbeeinflussungsvorrichtungen **16** bzw. **16K** und von Strömungszustands-Sensoren **17** bzw. **17K** angeordnet ist.

**[0080]** Beim Fliegen erzeugt der Pilot mit einer Betätigungsvorrichtung **31** ein Soll-Kommando **31a** für die Steuerung des Flugzeugs. Das Soll-Kommando **31a** für die Flugzeugsteuerung kann z. B. ein dreidimensionalen Beschleunigungsvektor zur relativen Änderung des Flugzustands des Flugzeugs, oder Richtungsänderungsvorgabe sein. Auch kann der Soll-Kommando-Vektor aus beiden Vorgabewerten zusammen gesetzt sein und dabei z. B. für die Lateralbewegung Richtungsänderungsvorgaben und in der Vertikalbewegung des Flugzeugs Beschleunigungsvorgaben generieren. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass Soll-Kommandos oder Soll-Kommando-Vektoren **34a** mittels eines Autopiloten **34** erzeugt werden.

**[0081]** Wie in der **Fig. 3** gezeigt, steuert nach der Erfindung die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** die Flugregelvorrichtung **50** an, die daraufhin aufgrund von Sensorwerten Stellkommandos **50a** vorzugsweise in Form eines Stellsignal-Vektors **70a** zumindest einen derartigen Stellantrieb, der in einem Segment **10** oder **10K** an einer Oberfläche des Tragflügels und optional alternativ oder zusätzlich der gegebenenfalls vorhandenen oder von diesen ansteuerbaren zumindest einen Einstellklappe K angeordnet ist, und einen Stellantrieb **21** der Steuerklappen S ansteuert. Aufgrund von Sollkommandos **30a** der Vorgabevorrichtung **30** werden von der Flugregelvorrichtung **50** also Strömungszustands-Stellkommandos **351** bzw. **351K** zur Betätigung oder Bewegung zumindest eines Aktuators oder Stellantriebs der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **15** bzw. **15K** jedes betroffenen Segments **10** bzw. **10K** zur Verstellung der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen und auch Stellkommandos **352** zur Betätigung oder Bewegung zumindest eines Aktuators

oder des Klappenantriebs **21** der anzusteuernenden Steuerklappen **21** erzeugt und an diese geschickt.

**[0082]** Auch kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** aufgrund entsprechender Eingaben an die Vorgabevorrichtung **31** und daraus erzeugten Sollkommandos **31a** Stellkommandos (nicht gezeigt) zur Verstellung der Einstellklappe K erzeugt und an einen Stellantrieb zur Verstellung derselben erzeugt. Auch kann vorgesehen sein, dass die Flugregel-Vorrichtung **50** derartige Stellkommandos zur Verstellung der Einstellklappe K aufgrund von Flugzustandsdaten erzeugt. Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass in Abhängigkeit der Stellkommandos zur Verstellung der Einstellklappe K sowie in Abhängigkeit der Stellkommandos **352** zur Verstellung der Steuerklappe S die Strömungszustands-Stellkommandos **351** bzw. **351K** ermittelt. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die in dem von der Flugregel-Vorrichtung **50** jeweils erzeugten aktuellen Stellsignal-Vektor **50a** 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.

**[0083]** 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 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 **351** bzw. **351K** an die Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen der jeweiligen Segmente abgeglichen und konsolidiert oder einem übergeordneten Stellkommando jeweils ermittelt werden.

**[0084]** Z. B. in dem Fall, in dem jeder Tragflügel **1a**, **1b** zwei Segmente **10** mit jeweils einer Anordnung **15** bzw. **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** bzw. **16K** und von Strömungszustands-Sensoren **22** bzw. **22K** und zwei Stellklappen K aufweist, die in funktional vorbestimmter Weise zur Stabilisierung und/oder Steuerung des Flugzeugs und/oder Einstellen einer Flugbetriebsart vorgesehen sind, steuert die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** und dadurch die Flugregelvorrichtung **50** aufgrund der darin implementierten Steuerungs- und Regelungsalgorithmen zeitabhängig die genannten Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen

und Klappenantriebe der Steuerklappen zu deren Verstellung an, um einen Fugzustand entsprechend der Soll-Kommandos **31a** und/oder **32a** für die Steuerung des Flugzeugs F oder eine Flugbetriebsart einzustellen, und dabei das Flugzeug in einer Fluglage zu stabilisieren und/oder eine Bahnsteuerungsbewegung auszuführen und/oder die Lastverteilung des Tragflügels einzustellen und/oder Böen zu kompensieren.

**[0085]** Der erfindungsgemäß verwendete Tragflügel kann auch derart ausgeführt sein, dass dieser keine Stellklappe aufweist, die zur Steuerung oder Stabilisierung des Flugzeugs funktional mit der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** oder der Flugregelvorrichtung **50** verbunden ist. In diesem Fall steuert die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** oder die Flugregelvorrichtung **50** Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** zumindest eines Tragflügel-Segments **10** an. In analoger Weise kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass auf der Oberfläche zumindest einer Stellklappe segmentweise eine Anordnung **15K** von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16K** und von Strömungszustands-Sensoren **17K** vorhanden ist, die in beschriebener Weise zur Steuerung oder Stabilisierung des Flugzeugs funktional mit der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** oder der Flugregelvorrichtung **50** verbunden ist.

**[0086]** Die erfindungsgemäße Steuerungsvorrichtung weist somit generell eine Strömungsbeeinflussungs-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 der Flugzustand des Flugzeugs entsprechend der Soll-Kommandos geändert oder beeinflusst wird.

**[0087]** Dabei kann vorgesehen sein, dass der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16**, **16K** als Eingangswert ein aus dem Sollkommando **30a** der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** abgeleiteter Eingangswert zugeführt wird, der mittels

- einer auf Flugzustands-Sensordaten sowie auf Strömungszustands-Sensordaten basierenden Flugregel-Vorrichtung **50** oder
- einer auf Flugzustands-Sensordaten basierenden Flugzustands-Regelvorrichtung **70** aus dem Sollkommando **30a** (Bezugszeichen **66** in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#))

ermittelt wird.

**[0088]** Die Ansteuerung und Betätigung des zumindest einen Aktuators der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen **16** oder **16K** jeweils eines Segments **10** bzw. **10K** kann insbesondere aufgrund von Sollkommandos **30a** der Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung **30** erfolgen, die an die Strömungszustands-Regelvorrichtung gesendet wird, die aus den Sollkommandos **30a** für jeweils jedes Segment **10** bzw. **10K** des zumindest eines Segments **10** bzw. **10K** eine Strömungszustands-Stellgröße für den Aktuator der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung **16** bzw. **16K** eines Flügels 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 wird der jeweils angesteuerte Aktuator betätigt, wodurch 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.

**[0089]** In dem in der [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsbeispiel steht die Flugregelvorrichtung **50** zum Empfang von Flugzustands-Sensorsignalen **40a** mit einer Flugzustands-Sensorvorrichtung **40** in Verbindung.

**[0090]** Die Flugregelvorrichtung **50** insbesondere in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) kann dabei insbesondere einen Regelungsalgorithmus aufweisen, der die genannten Eingangswerte entsprechend der von diesem empfangenen Sollkommandos **30a** ausregelt („complete control“).

**[0091]** Der Regelungsalgorithmus der Flugregelvorrichtung **50** und/oder der Strömungszustands-Regelvorrichtung **60** kann zum einen aus der Synthese eines Maßes für den Auftrieb, Widerstand oder Gleitzahl aus Sensordaten (insbesondere Drucksensoren als Sensorvorrichtung **17** auf dem Tragflügel oder der Klappe **K**) und zum anderen aus einem robusten Regelalgorithmus zur Erreichung eines vorgegebenen Zielwertes für obiges Maß. 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 eindeutig 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.

**[0092]** 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.  $H_\infty$ -Synthese, Robustifizierung, robustes LoopShaping). 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 Anforderung reagibel, was die Betriebssicherheit erhöht. Er ist immer an die aktuelle Situation angepasst, ohne durch vorangegangene Stellgrößen-Beschränkungen hervorgerufene Verzögerungen aufzuweisen.

**[0093]** 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.

**[0094]** 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 Regelungsalgorithmen, ausgelegt auf ein lineares Modell, erreichen zu können.

**[0095]** 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.

## Patentansprüche

1. Flugzeug (F) mit Tragflügeln (**1a**, **1b**), die aus einem Hauptflügel (M) und zumindest einer gegenüber diesem verstellbar angeordneten Steuerklappe (S) und zumindest einer Einstellklappe (K) gebildet sind, das Flugzeug aufweisend:

– einen Aktuator (**21**) zur Betätigung der zumindest einen Steuerklappe (S) sowie eine Sensorvorrichtung (**24**) zur Erfassung der Stellposition der Steuerklappe (S),

– zumindest eine sich in zumindest einem sich in Flügelspannweiten-Richtung erstreckenden Oberflächensegment (**10**; **10K**; **11a**, **12a**; **11b**, **12b**) des Hauptflügels (M) und/oder zumindest einer Einstellklappe (K) jedes Tragflügels (M; **1a**, **1b**) erstreckende Anordnung (**15**; **15K**) von Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) zur Beeinflussung des das Oberflächensegment (**10**; **10K**) überströmenden Fluids und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) zur Messung des Strömungszustands an dem jeweiligen Segment (**10**; **11a**, **12a**; **11b**, **12b**),

**dadurch gekennzeichnet,**

– dass eine Flugregelvorrichtung (**50**), die eingangsseitig funktional verbunden ist mit der Sensorvorrichtung (**24**) zur Erfassung der Stellposition der Steuerklappe (S) und mit den Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**16**; **16K**) und die zur Übermittlung von Stellkommandos (**50a**) ausgangsseitig funktional verbunden ist mit dem Aktuator (**21**) und den Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**15**; **15K**),

– dass eine mit der Flugregelvorrichtung (**50**) funktional verbundene Flugzustands-Sensorvorrichtung (**40**) zur Erfassung von Flugzuständen des Flugzeugs und

– dass eine Vorgabevorrichtung (**30**) zur Erzeugung von Flugzuständen des Flugzeugs entsprechenden Sollkommandos (**30a**) als Eingangssignale der Flugregelvorrichtung (**50**), und

– dass die Flugregelvorrichtung (**50**) eine Funktion aufweist, die zur Optimierung von lokalen Auftriebsbeiwerten an dem Tragflügel in Abhängigkeit des Flugzustands eine Auswahl der zu betätigenden Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**15**; **15K**) vornimmt.

2. Flugzeug nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Flugregelvorrichtung (**50**) derart ausgeführt ist, dass diese mittels eines Reglermodells für das Flugzeug einen aktuellen Stellsignal-Vektor (**70a**) zur Kommandierung des Aktuators (**21**) der zumindest einen Steuerklappe (S) und der Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) erzeugt und an diese übermittelt, wobei die Flugregelvorrichtung (**50**) den aktuellen Eingangssignal-Vektor (**50a**) aufgrund der Sollkommandos (**30a**) der Vorgabevorrichtung (**30**), der Sensorsignale (**40a**) der Flugzustands-Sensorvorrichtung (**40**) und der Sensorsig-

gnale der Strömungszustand-Sensorvorrichtung (**17**; **17K**) ermittelt.

3. Flugzeug nach dem Anspruch 1 oder 2, 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 Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtungen (**16**; **16K**) und von Strömungszustands-Sensorvorrichtungen (**17**; **17K**) an der Hochauftriebsklappe (**4a**, **4b**) und/oder am Hauptflügel (M) angeordnet sind.

4. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollkommandos (**30a**) als Eingangssignale der Flugregelvorrichtung (**50**) aus einer Soll-Beschleunigung und/oder eine Soll-Richtung für das Flugzeug gebildet ist.

5. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Strömungsbeeinflussungs-Vorrichtung (**16**; **16K**) eines Hauptflügels oder der Einstellklappe 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 Flugregel-Vorrichtung (**50**) in Verbindung steht, wobei die Flugregel-Vorrichtung (**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.

6. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) eine Steuerungs-Eingabevorrichtung aufweist, durch deren Betätigung die Soll-Kommandos (**30a**) erzeugt werden.

7. Flugzeug nach dem Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsbeeinflussungs-Vorgabevorrichtung (**30**) eine Autopiloten-Vorrichtung (**33**) aufweist, aufgrund einer vorgegebenen Betriebsart die Soll-Kommandos (**30a**) erzeugt (z. B. zur Bahnsteuerung des Flugzeugs auf einer vorgegebenen Sollbahn).

8. Flugzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flugregel-Vorrichtung (**50**) eine Segment-Ansteuerungs-

funktion 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 Flugzustands-Regelvorrichtung (**70**) 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.

9. 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.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

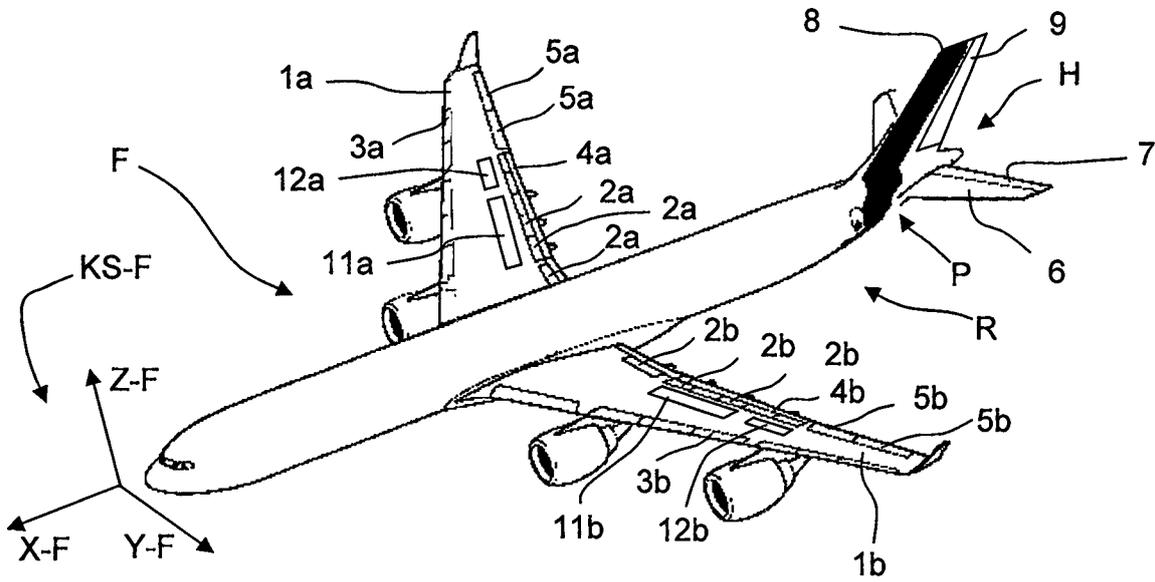


Fig. 1

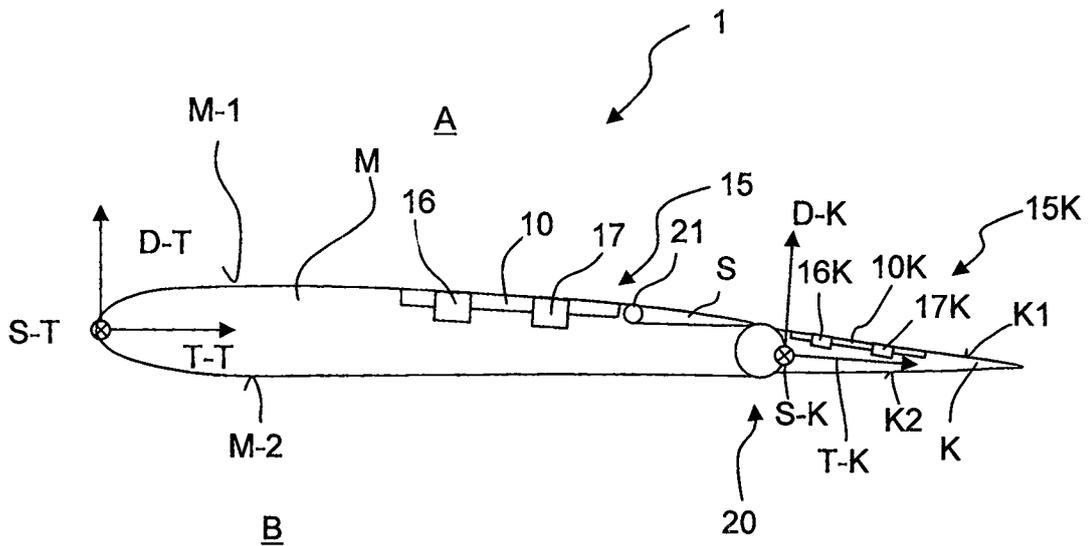


Fig. 2

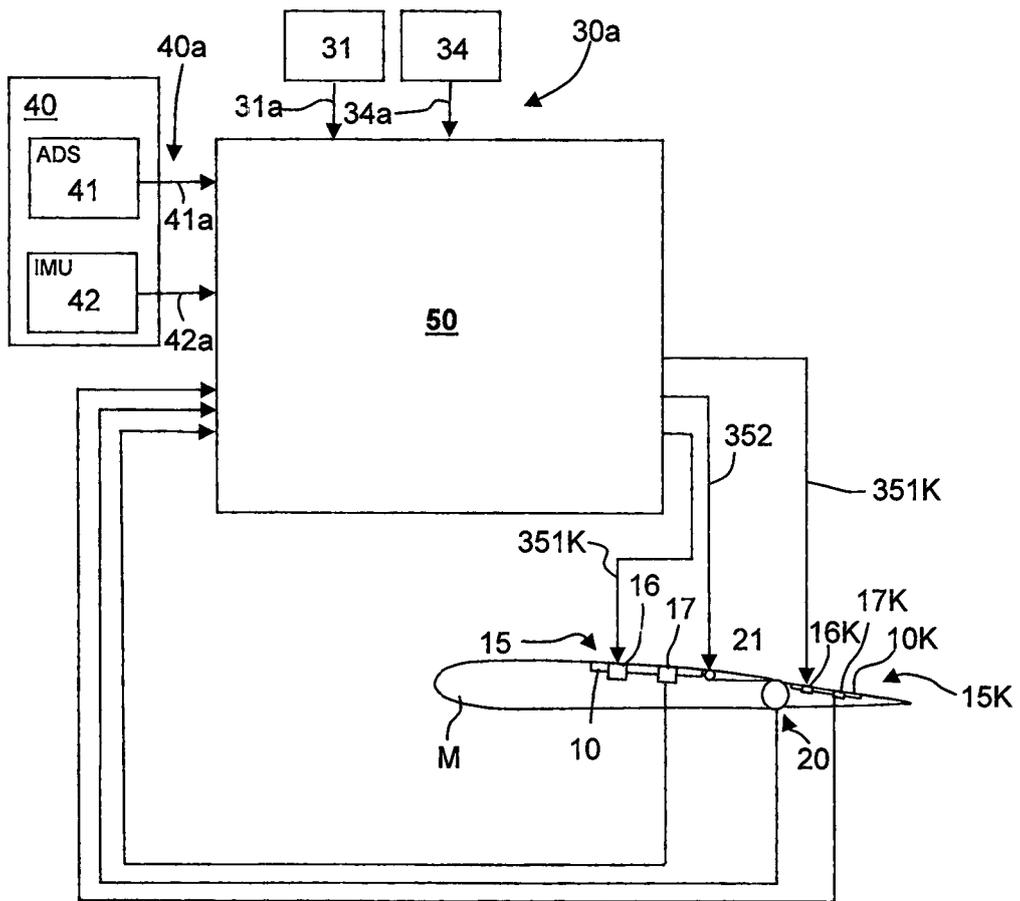


Fig. 3

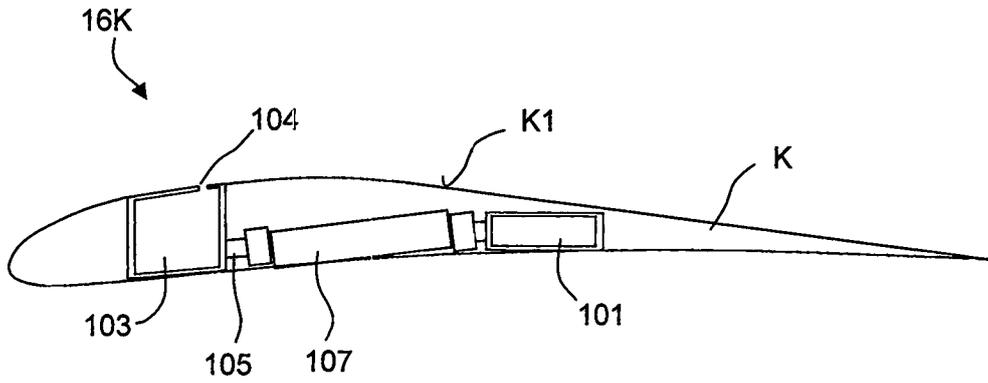


Fig. 4

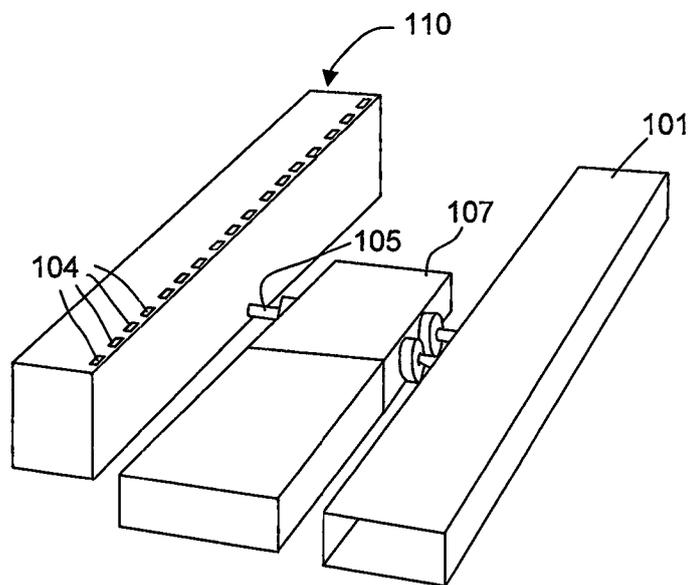


Fig. 5

