

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Juni 2002 (20.06.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/47976 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B64C** CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04629
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. Dezember 2001 (11.12.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 61 637.2 11. Dezember 2000 (11.12.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EADS DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; 81663 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PEREZ, Juan** [ES/DE]; Am Gries 22, 83620 Feldolling (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: AERODYNAMIC WING WITH AT LEAST PARTIALLY VARIABLE CURVATURE AND STRUCTURAL JOINTS

(54) Bezeichnung: AERODYNAMISCHER FLÜGEL MIT ZUMINDEST BEREICHSWEISE VARIABLELER WÖLBUNG SOWIE STRUKTUR-GELENKE

(57) Abstract: The invention relates to an aerodynamic wing with at least partially variable curvature, comprising a variable wing surface (7) with at least two spars (21, 22, 23, 24), arranged between a first (131) and second (132) cladding for support thereof and with at least two drive units (25a, 25b, 25c) arranged between the above, for altering the relative position thereof. Each drive unit comprises a strut arrangement (100; 101, 102), which may be adjusted lengthwise, by means of an adjuster gear, the ends of which are supported by a bearing device (110). Each end of the strut arrangement (100; 101, 102) is provided with a first connector (115), connecting said end to the adjacent cladding (131, 132) and a second connector (116), connecting said end to the adjacent spar (21, 22, 23).

(57) Zusammenfassung: Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variable Wölbung mit einem variablen Flügelbereich (7) mit mindestens zwei Holmen (21, 22, 23, 24), die zwischen einer ersten (131) und einer zweiten (132) Beplankung zu deren Abstützung gelegen sind und zwischen denen zur Veränderung von deren relativer Lage zumindest zwei Antriebseinheiten (25a, 25b, 25c) angeordnet ist, wobei jede Antriebseinheit eine in ihrer Länge über einen Verstell-Mechanismus einstellbare Streben-Anordnung (100; 101, 102) umfaßt, deren Enden mittels einer Lagerungs-Einrichtung (110) gelagert sind, wobei an jedem Ende der Streben-Anordnung (100; 101, 102) ein erster Lenker (115) das jeweilige Ende gelenkig mit der jeweils näher gelegenen Beplankung (131, 132) und ein zweiter Lenker (116) das Ende mit dem jeweils näher gelegenen Holm (21, 22, 23) verbindet. (Fig. 1b)



WO 02/47976 A2

**Aerodynamischer Flügel
mit zumindest bereichsweise variabler Wölbung
sowie Struktur-Gelenke**

Die Erfindung betrifft einen aerodynamischen Flügel mit zumindest bereichsweise variabler Wölbung insbesondere für Flugzeuge sowie Struktur-Gelenke zur Verwendung in aerodynamischen Flügeln zur Verbindung zueinander beweglicher Bauteile.

Zur Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften von Flügeln sind aus dem allgemeinen Stand der Technik Konzepte für einen Flügel mit variablem und über Steuermechanismen einstellbarem Profil bekannt. Diese Konzepte sind jedoch verhältnismäßig aufwendig gebaut und deshalb auch nachteilig in bezug auf die Ansteuerung und Kontrolle der Stellbewegungen.

Die US 4,349,169 zeigt einen Tragflügel mit einem mittels eines Stellantriebs veränderlichen Profil. Antriebsstangen des Stellantriebs sind mittels Gelenke mit der Struktur des Tragflügels verbunden, wobei die Achsrichtung der Gelenke in Spannweitenrichtung verläuft. Dadurch ist zwar eine Profilveränderung möglich, wenn in Spannweiten-Richtung gesehen mehrere Stellantriebe mit entsprechenden Betätigungs-Stangen hintereinander angeordnet sind. Die dort offenbarte Profilform-Veränderung erfolgt jedoch bei diesem Gegenstand über die gesamte Spannweiten-Richtung.

Eine Torsion oder Verwindung eines sich in Spannweiten-Richtung erstreckenden Flügelkastens, der aus den Stangen, dem Stützelement und dem entsprechenden

Teil der Flügel-Bepunktung gebildet ist, ist mit dem Gegenstand der US 4,349,169 nicht oder nur mit erheblichen technischen Problemen möglich. Bei mehreren in Spannweiten-Richtung hintereinander angeordneten Stellantrieben müßten diese zueinander unterschiedliche Stellwege ausführen. Jedoch kommt es dann bei den Lagerungen mit einer Drehachse in Spannweiten-Richtung, wie dies mit den jeweiligen Lagern vorgesehen ist, zu Verspannungen der Kolben- oder Betätigungsstangen, einer Verspannung der Lagerstellen und der Mechanik im Inneren der jeweiligen Stellantriebe. Dadurch besteht die Gefahr von Verklemmungen.

Der Betätigungsmechanismus der DE 680525 offenbart ausschließlich lineare Stellantriebe. Die DE 680525 offenbart keine Hinweise auf einen in Spannweiten-Richtung veränderliches Tragflügel-Profil.

In der EP 860 355 ist ein aerodynamisches Bauteil mit veränderbarer Wölbung offenbart, das aus Rippen mit einem Außengürtel und mehreren an diesem angreifenden längenkonstanten Versteifungsstreben gebildet wird. Die Versteifungsstreben werden zur Verformung des Bauteils mittels Akutatoren derart betätigt, daß sich die Versteifungsstreben in der Rippen-Längsrichtung oder Strömungsrichtung bewegen. Bei diesem Gegenstand ist eine Verwindung des Tragflügels durch unterschiedliche Ansteuerung von in Spannweiten-Richtung hintereinander angeordneten Aktuatoren möglich. Jedoch erfolgt eine Verspannung der Lagerstellen der Versteifungsstreben.

Die Aufgabe der Erfindung ist, einen Tragflügel variabler Wölbung zu schaffen, mit dem durch Verformung zumindest von Teilbereichen eine flexible Anpassung des Flügelprofils an die auftretenden aerodynamischen Lasten möglich ist, wobei der Verstellmechanismus möglichst einfach gebildet ist, ein einfaches Antriebskonzept erlaubt und Relativ-Verschiebungen seiner Elemente berücksichtigt.

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

Durch die Verwendung der verschwenkbaren Knickstreben können die üblichen Rippen im wesentlichen eliminiert werden. Diese Bauweise ermöglicht zusammen mit der Verwendung von gewichtssparenden Stellantrieben die Gestaltung eines in bezug auf das Gewicht günstigen Tragflügels variabler Wölbung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1a eine Draufsicht auf eine für ein Flugzeug vorgesehene Ausführungsform des Flügels zumindest bereichsweise variabler Wölbung, dessen vorderes und hinteres Ende mit einer Vorderkanten- und einer Hinterkanten-Klappe versehen ist, wobei in dem Flügelbereich schematisch Holme sowie Antriebseinheiten des erfindungsgemäßen Verstellmechanismus in der Ausführungsform mit Knick-Streben eingezeichnet sind,
- Figur 1b eine perspektivische Darstellung des flexiblen Flügelkastens nach der Fig. 1a bzw. 1b,
- Figur 2 einen Schnitt in Strömungsrichtung durch den Flügel nach der Figur 1a bzw. 1b,
- Figur 3a eine Antriebseinheit in der Ausführungsform mit Knick-Streben von der Seite gesehen,

- Figur 3b eine perspektivische Ansicht der Antriebseinheit nach der Figur 3a
- Figur 3c eine weitere perspektivische Ansicht der Antriebseinheit der Figur 3a,
- Figur 3d eine perspektivische Ansicht eines Teils der Antriebseinheit der Figur 3a,
- Figur 4 eine Antriebseinheit in der Ausführungsform mit einer längsverschieblichen Streben-Anordnung von der Seite gesehen,
- Figur 5a eine Antriebseinheit in der Ausführungsform nach der Figur 4 von der Seite gesehen in einer ersten Verstellposition,
- Figur 5b eine Antriebseinheit nach der Figur 5a in einer zweiten Verstellposition,
- Figur 5c eine Antriebseinheit nach der Figur 5a in einer dritten Verstellposition,
- Figur 6 eine Seitenansicht eines Teils einer Ausführungsform einer Antriebseinheit, bei der die Verbindungen zwischen den Lenkern, zwischen den Lenkern und der Beplankung und zwischen einem Holm und der Beplankung durch Struktur-Gelenke ausgeführt sind,
- Figur 7 eine perspektivische Darstellung des flexiblen Flügelkastens nach der Fig. 2, in die mit unterbrochenen Linien verschiedene Wölbungszustände des flexiblen Flügelkastens eingezeichnet sind.

In der Figur 1a und 1b ist der gesamte aerodynamische Flügel 1 eines Flugzeugs oder allgemein eines Fluggerätes mit einem Flügelbereich 7 variabler Wölbung oder variablen Flügelbereich dargestellt, dessen Flügeltiefe sich in der Richtung 4 erstreckt. Der mit dem Bezugszeichen 5 versehene Pfeil zeigt die Strömungsrichtung der umgebenden Luft in Bezug auf den Flügel 1, während das Bezugszeichen 10 auf die Flügellängs- oder Spannweiten-Richtung hinweist.

Die Erfindung ist nicht nur für Fluggeräte vorgesehen, sondern auch für jedes Fahrzeug und weitere Anwendungen geeignet, bei denen aerodynamische und formveränderliche Flächen oder Flügel erforderlich sind.

Der Flügel 1 umfaßt neben dem Flügelbereich 7 variabler Wölbung, der aus mehreren variablen Flügelkasten 7a, 7b, 7c gebildet wird, einen Wurzelbereich 9 und einen weitgehend formsteifen Flügelkasten 6 im Übergang zwischen dem Wurzelbereich 9 und dem variablen Flügelbereich 7. Die Erfindung kann jedoch auch ohne den formsteifen Flügelkasten 6 angewendet werden. Der formsteife Flügelkasten 6 ist am Rumpf (nicht gezeigt) des Flugzeugs gelegen, und mit dem Wurzelbereich 9 ist der Flügel 1 am Rumpf des Flugzeugs befestigt. Der Flügel 1 kann zusätzlich eine Vorderkanten-Klappe 11 und eine Hinterkanten-Klappe 12 aufweisen. Am freien Ende des Flügels 1 ist eine Flügelspitze 13 angeordnet, deren Form vom Anwendungsbereich des Flügels 1 abhängt. Der Flügel 1 kann auch in etwa in Längsrichtung verlaufende Rippen 14 aufweisen.

Erfindungsgemäß kann der Flügel 1 jedoch auch den Flügelbereich 7 allein umfassen, also ohne z.B. einer Vorderkanten-Klappe 11 oder einer Hinterkanten-Klappe 12.

Innerhalb des Flügels 1 und insbesondere des variablen Flügelbereichs 7 verlaufen in dessen Längserstreckung mehrere Holme oder Längsträger, die eine erste und eine dieser gegenüberliegende zweite Beplankung abstützen. Jeweils

benachbarte Holme oder Längsträger sind gegeneinander mittels zumindest zweier Antriebsreihen bzw. Verstellmechanismen beweglich. Dabei sind die Holme oder deren jeweilige Randbereiche über Gelenke 130, die vorzugsweise als Struktur-Gelenke ausgeführt sind, mit den Beplankungen verbunden.

In der in den Figuren 1a und 1b beispielhaft gezeigten Ausführungsform des Flügelbereichs 7 ist ein erster 21, zweiter 22, dritter 23 und vierter 24 Holm dargestellt, die entsprechend der sich zur Flügelspitze 13 verringernden Flügeltiefe zur Flügelspitze hin aufeinander zulaufen. Die Zahl der Holme hängt vom Anwendungsfall und der Bauart sowie der Flügeltiefe des Flügels 1 ab. Zwischen jeweils zwei benachbarten Holmen ist ein Verstellmechanismus 15a, 15b, 15c angeordnet, der jeweils zumindest zwei in Flügellängs-Richtung 10 beabstandete Antriebseinheiten 25a, 26a, 27a bzw. 25b, 26b, 27b bzw. 25c, 26c, 27c umfaßt. In Flügeltiefen-Richtung 4 über den ganzen Flügelbereich 7 gesehen ist zumindest eine Antriebseinheit, während in der Spannweiten-Richtung 10 vorzugsweise zumindest zwei Antriebseinheiten jeweils zwischen zwei benachbarten Holmen angeordnet sind. Bei der Verwendung mehrerer Antriebseinheiten bewirkt das Zusammenwirken mehrerer Antriebseinheiten einer Antriebsreihe bzw. eines mehrerer zwischen jeweils zwei Holmen angeordneten Antriebseinheiten eine vorgegebene Veränderung der Profilform des Flügels 1.

Jede Antriebseinheit umfaßt zumindest eine zwischen zwei benachbarten Holmen verlaufende Streben-Anordnung 100. Es können insbesondere zwei in Spannweiten-Richtung 10 gesehen hintereinander angeordnete Streben-Anordnungen 101, 102 vorgesehen sein. Die zumindest eine Streben-Anordnung 100 kann aus einer in ihrer Länge veränderlichen Stange oder zwei zusammenwirkenden Knickstreben oder in anderer Weise gebildet sein. Die Enden der Streben-Anordnung sind mittels einem in einer Lager-Einrichtung 110 vorgesehenen Gelenk 113 jeweils an einem Holm und an einer Beplankung

gelagert, wobei die Enden derselben Streben-Anordnung am jeweils gegenüberliegenden Holm und an der jeweils gegenüberliegenden Beplankung gelagert sind. Die Lagereinrichtung 110 weist dazu neben der Lagerstelle oder dem Gelenk 113 zur Lagerung des jeweiligen Endes der Streben-Anordnung zwei Lenker 115, 116, ein Gelenk 117 zur gelenkigen Verbindung der Lenker 115 und 116 sowie ein Verbindungs-Glied oder Aufnahme-Element 114 zur Aufnahme oder Verbindung der Gelenke 113, 117. Dabei ist ein erster Lenker 115 an einer ersten Lagervorrichtung 121 am entsprechenden Holm und ein zweiter Lenker 116 an einer mit der entsprechenden Beplankung verbundenen Lagervorrichtung 122 gelagert. Durch die Beabstandung der Lagervorrichtungen 121 und 122 vom Gelenk 117 zur Verbindung der Lenker wird das Auftreten von Zwangskräften vermieden bzw. wird die Relativ-Verschiebung der Lagerung 113 zum jeweiligen Holm und der jeweiligen Beplankung kompensiert, die aufgrund einer Verstellung der Streben-Anordnung 100 und einer Formänderung des jeweiligen Flügelkastens eintritt.

Bei der Ausführungsform mit den Knick-Streben können die Gelenke 113 und 117 auch als ein Gelenk, z.B. durch die Verwendung eines geeigneten Kugel-Gelenks ausgeführt sein.

Dadurch, daß die Enden der Streben-Anordnung 100 mit jeweils gegenüberliegenden Beplankungen und gegenüberliegenden Holmen in Verbindung stehen, verläuft die Streben-Anordnung 100 in etwa diagonal in einem sich zwischen zwei Holmen erstreckenden, flexiblen Flügelkasten. Da die Holme außerdem gelenkig oder flexibel mit den Beplankungen verbunden sind und die Längserstreckung der Streben-Anordnung 100 oder der Abstand der Enden derselben zwischen benachbarten Holmen mittels eines Verstellmechanismus oder mittels Stellantrieben verlängerbar oder verkürzbar ist, können jeweils benachbarte Holme verschwenkt oder auch verwunden werden.

Erfindungsgemäß ist also ein aerodynamischer Flügel mit zumindest bereichsweise variabler Wölbung mit mindestens zwei Holmen vorgesehen, die zwischen einer ersten und einer zweiten Beplankung zu deren Abstützung gelegen sind und zwischen denen zur Veränderung von deren relativer Lage zumindest zwei Antriebseinheiten angeordnet ist, wobei jede Antriebseinheit eine in ihrer Länge über einen Verstell-Mechanismus einstellbare Streben-Anordnung 100 umfaßt, deren Enden mittels einer Lagerungs-Einrichtung 110 gelagert sind, wobei an jedem Ende der Streben-Anordnung ein erster Lenker das jeweilige Ende gelenkig mit der jeweils näher gelegenen Beplankung und ein zweiter Lenker das Ende mit dem jeweils näher gelegenen Holm verbindet.

Die in der Figur 1 beispielhaft gezeigte Ausführungsform des Flügelbereichs 7 variabler Wölbung zeigt eine erste 25, eine zweite 26 und eine dritte 27 Antriebsreihe, die aus den Antriebseinheiten 25a, 26a, 27a bzw. 25b, 26b, 27b bzw. 25c, 26c, 27c gebildet sind. Jede Antriebsreihe 25, 26, 27 verläuft quer zu den Holmen 21, 22, 23, 24 oder in Richtung der Flügeltiefe 4 und erstreckt sich vorzugsweise über den gesamten variablen Flügelbereich 7, d.h. zwischen den jeweils äußeren gegeneinander beweglichen Holmen des Flügelbereichs 7. In der Darstellung der Figur 1 verläuft eine Antriebsreihe zwischen von dem ersten Holm 21 bis zum vierten Holm 24. Jede Antriebsreihe 25, 26, 27 wird aus zumindest einer Antriebseinheit mit zumindest einer Streben-Anordnung 100 gebildet. Jede Antriebseinheit ist zwischen jeweils zwei benachbarten Holmen zu deren Verschwenkung angeordnet. Die Anzahl von Antriebseinheiten einer Antriebsreihe 25, 26, 27 hängt also von der Zahl der sich an dieser Flügel-Längsposition 10 befindlichen und zur Verwölbung des variablen Flügelbereichs 7 erforderlichen verstellbaren Holme ab. In den Figuren sind dementsprechend über die Flügellänge drei Antriebsreihen 25, 26, 27 mit jeweils drei Antriebseinheiten 25a, 25b, 25c bzw. 26a, 26b, 26c bzw. 27a, 27b, 27c dargestellt.

Zum Antrieb jeder Antriebseinheit ist ein Verstellmechanismus 15a, 15b, 15c vorgesehen, wobei ein Verstellmechanismus zur Betätigung nur einer Antriebseinheit oder mehrerer Antriebseinheiten zwischen zwei Holmen vorgesehen sein kann. In einer Ausführungsform eines Verstellmechanismus kann dieser aus einer Antriebswelle 29, 29a, 29b, 29c gebildet sein, die jeweils die zwischen zwei benachbarten Holmen 21, 22, 23, 24 gelegenen Antriebseinheiten verbindet und ansteuert oder mechanisch antreibt. Zum Beispiel bei der Ausführungsform nach der Figur 1a verbindet eine erste Antriebswelle 29a, die zwischen dem ersten 21 und zweiten 22 Holm gelegenen ersten Antriebseinheiten 25a, 26a, 27a, eine zweite Antriebswelle 29b, die zwischen dem zweiten 22 und dritten 23 Holm gelegenen Antriebseinheiten 25b, 26b, 27b, eine dritte Antriebswelle 29c, die zwischen dem dritten 23 und vierten 24 Holm gelegenen Antriebseinheiten 25c, 26c, 27c.

Auch kann alternativ oder zusätzlich jede Antriebseinheit mit einem eigenen Stellantrieb als Bestandteil eines Verstellmechanismus versehen sein, der mechanisch, hydraulisch oder elektrisch angesteuert wird.

Im Bereich der Flügelspitze kann eine Reihe 28 von Stellantrieben 28a, 28b, 28c jeweils zur linearen Verlängerung eines Gestänges angeordnet sein, wobei vorzugsweise zwischen jeweils zwei benachbarten Holmen 21 und 22 oder 22 und 23 oder auch 23 und 24 vorzugsweise jeweils ein Stellantrieb angeordnet ist. Eine solche Reihe 28 hat die Funktion einer Antriebsreihe 25, 26, 27 und kann auch anstelle der ersten, zweiten und / oder dritten Antriebsreihe vorgesehen sein. Der Vorteil einer Reihe 28 ist, daß sie eine Gestalt aufweisen kann, bei der nur ein geringer Platzbedarf erforderlich ist.

Eine Ausführungsform einer Antriebseinheit 25a ist in den Figuren 2, 3a, 3b, 3c und 3d im Detail dargestellt. Die Figur 2 zeigt die Antriebseinheiten 25a, 25b, 25c von der Seite und die Figuren 3a, 3b, 3c zeigen die Antriebseinheit in einer Seitenansicht sowie in perspektivischer Darstellung. In der Figur 3d ist die Lagerung dieser Ausführungsform der Antriebseinheit 25a dargestellt. Das Bezugszeichen 30 bezeichnet die Flügeldicken-Richtung.

Die dort dargestellte Ausführungsform der Antriebseinheit 25a weist eine erste 101 und eine zweite 102 Streben-Anordnung in der Gestalt eines Paares von Knickstreben, d.h. eines ersten 31 und zweiten 32 Paares von Knickstreben auf, das bzw. die in etwa in der Flügeltiefen-Richtung 4 oder quer zur Flügellängs-Richtung 10 nebeneinander verläuft bzw. verlaufen. Alternativ kann bei der Gestaltung der Streben-Anordnung aus Knick-Streben je Streben-Anordnung auch nur ein Paar von Knick-Streben oder können auch mehr als zwei Paare von Knick-Streben verwendet werden. Jedes Paar von Knickstreben 31, 32 weist jeweils eine erste 31 bzw. 35 und eine zweite 34, 36 Knickstrebe auf, die an Enden 19b jeweils über Gelenke 37 bzw. 38 gelenkig miteinander verbunden sind. Dazu können die beiden Knickstreben eines Paares an jedem Gelenk 37 bzw. 38 vorzugsweise gabelförmig gestaltet und mittels Bolzen 43a, 43b miteinander verbunden sein. Die zwischen den Holmen 21, 22 vorgesehenen Antriebseinheiten, z.B. mit den Knickstreben, sind zur Bewegung von in Flügeltiefen-Richtung 4 neben diesen gelegenen Holmen, z.B. der Holme 21, 22, oder deren Verdrehung um ihre Längsachse (Spannweiten-Richtung 10) vorgesehen. Zu diesem Zweck die Enden eines Paares von Knick-Streben 35, 36 mittels der Lager-Einrichtung 110 jeweils an einem Holm und an einer Beplankung gelagert sind, wobei jedes Ende gegenüber dem jeweils anderen Ende derselben Streben-Anordnung am gegenüberliegenden Holm und an der gegenüberliegenden Beplankung gelagert ist. In der Darstellung der Figuren 3a, 3b; 3c, 3d sind die beiden Paare von Knickstreben zum einen an einer ersten Beplankung 131 und einem ersten Holm

21 und zum anderen an einer zweiten Beplankung 131 und einem zweiten Holm 22 gelagert. Vorzugsweise erstrecken sich die Knickstreben bei ihrem Verlauf zwischen zwei Holmen 21, 22 von der ersten zur zweiten Beplankung. Die Lagerung der Knickstreben an den jeweiligen Holmen und Beplankungen kann mittels Drehgelenk oder elastischem Gelenk erfolgen.

Beispielsweise sind die an den Holmen 21 bzw. 22 gelegenen Enden 19a der Knickstreben 33, 35 und 34, 36 mittels Drehgelenke 41a, 41b bzw. 42a, 42b an den Holmen 21 bzw. 22 gelagert. Die Drehgelenke 37 bzw. 38 sowie 41a, 41b bzw. 42a, 42b sind derart ausgerichtet, daß die Gelenke 37, 38 zur Verbindung der jeweiligen Knickstreben 33, 34 bzw. 35 eines Paares mittels eines Stellantriebs aus einer Neutralstellung in Spannweiten-Richtung 10 bewegt werden können:

Die Lagerung jedes Paares von Stütz-Streben erfolgt an jedem von dessen Enden mittels Lagereinrichtungen 110, die in der Ausführungsform nach den Figuren 3a bis 3d eine Lagerstelle oder ein Gelenk 113 zur gelenkigen Aufnahme der jeweiligen Stütz-Strebe bzw. Streben-Anordnung 100, eine Lagerstelle oder ein Gelenk 117 zur gelenkigen Verbindung zweier Lenker 115, 116 und ein Verbindungsglied oder Aufnahme-Element 114 zur Verbindung der Gelenke 113 und 117 aufweist. Die Gelenke 113, 117 können auch als ein einzelnes Gelenk gestaltet sein.

Der erste Lenker 115 ist an der jeweiligen Beplankung und der zweite Lenker 116 ist an dem jeweiligen Holm gelagert. Die Lenker sind allgemein an Lagerungsmittel oder Gelenken 121 bzw. 122 gelagert. In der Ausführungsform nach den Figuren 3a bis 3d sind die Lagerungsmittel 121 bzw. 122 der Lenker an Stütz- oder Versteifungs-Elementen 51 bzw. 52 gelagert, die wiederum an der entsprechenden Beplankung 131 oder 132 bzw. am entsprechenden Holm 21, 22 – vorzugsweise zumindest über einen Teilbereich - befestigt sind. Die

Versteifungselemente 51, 52 dienen sowohl der Verbesserung der Krafteinleitung als auch der Versteifung der jeweiligen Beplankung 131, 132 bzw. des jeweiligen Holms 51, 52. Die Lenker können auch jeweils an mehreren Stütz- oder Versteifungs-Elementen 51 bzw. 52 gelagert sein, wie dies in den Figuren 3a bis 3d dargestellt ist.

Durch die Lagerung der Knick-Streben an einer Lager-Einrichtung 110 mit an dem entsprechenden Holm und der entsprechenden Beplankung gelagerten Lenkern 115, 116 wird eine Beabstandung der Lagerungsmittel 121 und 122 vom Gelenk 117 realisiert. Dadurch werden Relativ-Verschiebungen von Elementen der Antriebseinheit, der Beplankungen und der Holme bei einer Veränderung des Flügel-Profiles kompensiert, die aufgrund einer Verstellung der Streben-Anordnung 100 eintritt.

Die Drehgelenke 41a, 41b bzw. 42a, 42b zur Lagerung einer Knickstrebe an dem entsprechenden Holm, der Beplankung bzw. einem Stütz-Element 51, 52 sind vorzugsweise an der Lager-Einrichtung in Form eines Beschlages 53 vorgesehen. Die Drehgelenke 41a, 41b bzw. 42a, 42b zur Lagerung einer Knickstrebe erlauben die Drehung der Knickstrebe in etwa um die Flügeldicken-Richtung 30.

Durch die Schwenk-Bewegung der Knickstreben 33, 34 bzw. 35, 36 werden diese jeweils zueinander verschwenkt, d.h. die Gelenke 33 und 38 voneinander weg oder zueinander hin bewegt. Durch die Verkürzung oder Verlängerung des Abstandes der jeweils gegenüberliegenden Verbindungsstellen 33, 38 zu den beiden Holmen 21 und 22 entsprechend der Winkelstellung, die die Knick-Streben 33, 34 bzw. 35, 36 zueinander einnehmen, wird eine Profil-Änderung erreicht. Die Änderung der jeweiligen Stellung der Streben-Anordnung wird durch den Verstellmechanismus 15a, 15b bzw. 15c bewirkt. Dieser kann durch Stellantriebe 43 gebildet werden, die jeweils eine Streben-Anordnung 100 betätigen.

Der erfindungsgemäße Tragflügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung weist also einen variablen Flügelbereich 7 aus zumindest einem flexiblen Flügelkasten mit zwei, den flexiblen Flügelkasten bildenden Holmen 21, 22, 23, 24 auf, die zwischen einer ersten und einer zweiten Beplankung zu deren Abstützung gelegen sind und zwischen denen zur Veränderung der relativen Lage der Holme zueinander zumindest eine Antriebseinheit 25a zumindest zwischen den zwei benachbarten Holmen angeordnet ist. Jede Antriebseinheit umfaßt zumindest eine zwischen den zwei Holmen verlaufende Streben-Anordnung 100, deren erstes freies Ende 19a über Gelenke 41a, 41b; 42a, 42b mit einem ersten, in der Nähe der ersten Beplankung gelegenen Randbereich (18a eines Holms 21, 22, 23, 24 verbunden sind, und deren zweites freies Ende 19a über Gelenke 41a, 41b; 42a, 42b mit einem weiteren ersten, in der Nähe der zweiten Beplankung gelegenen Randbereich 18a des gegenüberliegenden Holms 21, 22, 23, 24 verbunden sind. Die Längserstreckung der zumindest einen Strebe ist zwischen den Holmen mittels eines Stellantriebs verlängerbar oder verkürzbar, um die Holme durch eine Verkürzung oder Verlängerung des Abstandes zwischen jeweils gegenüberliegenden ersten Randbereichen 18a zur Veränderung der Wölbung des variablen Flügelbereichs 7 um ihre Längsrichtung zu verschwenken oder zu verwinden, da die gegenüberliegenden ersten Randbereiche 18a mit jeweils gegenüberliegenden Beplankungen verbunden ist (Figur 7).

Die Antriebseinheit 25a, 25b, 25c kann auch aus einer linear verlängerbaren oder verkürzbaren Streben-Anordnung 100 gebildet werden, die zur Längenveränderung beispielsweise einen Stellantrieb 28a, 28b, 28c umfassen, wie dies in den Figuren 4; 5a, 5b, 5c dargestellt ist, wobei Merkmale gleicher Funktion mit denselben Bezugszeichen versehen sein können, als in den Figuren 3a bis 3d. In der in der Figur 4 dargestellten Ausführungsform umfaßt die Streben-Anordnung 100 zwei in ihrer Längsrichtung hintereinander angeordnete,

zueinander längsverschiebliche Streben 133, 134. Es kann sich bei dieser Ausführungsform auch um eine in seiner Länge verlängerbaren oder verkürzbaren Strebe handeln. Ein Stellantrieb 143, der zwischen beiden angeordnet ist, bewirkt das Verlängern und Verkürzen der Streben 133, 134. Durch die Verlängerung von Streben bzw. die Schwenkbewegung der Knickstreben 33, 34 bzw. 35, 36 durch entsprechende Stellantriebe 43 werden die in etwa diametral gegenüberliegenden Enden der Holme 21, 22 oder 22, 23 oder 23, 24, die mit den bewegten Knickstreben verbunden sind, gegeneinander bewegt und verschwenkt, wodurch der in Flügellängs-Richtung 10 sichtbare Querschnitt des betreffenden Flügelkastens 7a verwunden oder verzerrt wird (Figuren 6a, 6b, 6c).

Die Längenveränderung der längenveränderlichen Streben beispielsweise mittels des Stellantriebs 143, der eine Strebe teleskopartig auseinander- oder zusammenschiebt. Die Streben 133, 134 sind über ein Gelenk 117 mit den Lenkern 115, 116 verbunden, die miteinander über ein Gelenk 117 verbunden sind. In der Ausführungsform nach der Figur 4 fallen die Gelenke 113, 117 zusammen, d.h. die Lagerung der jeweiligen Strebe 133, 134 und der Lenker miteinander erfolgt mit demselben Gelenk. Für diese Funktionen können jedoch auch verschiedene Gelenke vorgesehen sein. Jeder Lenker 115, 116 ist über ein Gelenk 121 bzw. 122 gelenkig mit der Beplankung sowie mit dem jeweiligen Holm verbunden. In der Ausführungsform nach der Figur 4 ist am Holm 21, 22 auch ein optional verwendbares Stützelement 51 zur Verbesserung der Krafteinleitung vorgesehen. Stattdessen ist der Lenker 116 an einem Bereich des Holms mit größerer Wandstärke gelagert. Benachbarte Lenker 116 verschiedener Antriebseinheiten 25a, 25b, 25c sind in der dargestellten Ausführungsform in demselben Gelenk 122 gelagert, jedoch nicht starr miteinander verbunden.

Die Ausführungsform der Figur 4 ist das Gelenk 130 zur Verbindung eines Holms mit einer Beplankung als Strukturgelenk gestaltet, wobei Lagen der jeweiligen

Enden eines Holms entsprechend auseinandergeklappt sind und dabei einen Flansch bilden, um den Holm mit einer Beplankung zu verbinden. Statt mittels eines Flansches kann die Verbindung auch mittels eines Fusses erfolgen.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lagerung einer Streben-Anordnung 100 ist in der Figur 6 dargestellt. Diese Ausführungsform ist am Beispiel der Verwendung einer Knick-Strebe 33 in einer Streben-Anordnung 100 dargestellt. Die Lagerungs-Einrichtung 110 umfaßt ein Verbindungsglied oder Aufnahme-Element 114 zur Aufnahme des Lagers 41a, bzw. 41b und der Übertragung der auf dieses einwirkenden Kräfte und Momente. An der Lagerungs-Einrichtung 110 ist weiterhin das Gelenk 113 zur Verbindung der Strebe 133 mit den Lenkern 115, 116 in Form eines Drehgelenks vorgesehen.

Zur gelenkigen Verbindung der Lenker 115, 116 ist bei der dargestellten Ausführungsform ein Struktur- oder Riemen-Gelenk 217 vorgesehen. Dazu werden zumindest zwei zu einem Drehgelenk zusammenwirkende Riemen oder Gurte 218, 219 oder Lagen eines Faserverbund-Bauteils eines der beteiligten Funktionselemente, also ein in seiner Längsrichtung flexibles Band verwendet. Das erste flexible Band 218 ist an den einander zugewandten Seiten jedes Lenkers 115, 116 befestigt und erstreckt sich von dort an der diesen abgewandten Außenseite eines Gelenkbolzens 113a des Gelenks 113 herum. Dadurch werden die Lenker 115, 116 gelenkig am Gelenk 113 gehalten. Ein zweites flexibles Band 219 ist an den einander abgewandten Seiten der Lenker 115, 116 befestigt und verbindet die Lenker 115, 116 direkt miteinander, wobei durch eine entsprechende Länge des freien Bereichs des ersten flexiblen Bandes gegen den Gelenk-Bolzen 113a gedrückt wird. Dadurch werden die Lenker 115, 116 in ihrer Längsrichtung gehalten oder in der jeweiligen Schwenklage fixiert. Die flexiblen Bänder 218, 219 sind in Spannweiten-Richtung 10 gesehen zumindest bereichsweise versetzt zueinander angeordnet, und zwar insbesondere an denjenigen Stellen, an denen

diese sich überkreuzen. Es werden also zumindest zwei flexible Bänder verwendet, die in Spannweiten-Richtung 10 zu einander versetzt angeordnet sind und sich im freien Gelenkbereich überkreuzen. Es können auch mehrere in Spannweiten-Richtung 10 nebeneinander angeordnete flexible Bänder 218, 219 mit der voranstehend beschriebenen Funktionsweise vorgesehen sein.

Diese Art von Struktur- oder Riemen-Gelenk kann auch für jegliche Verwendung in aerodynamischen Flügeln zur gelenkigen Verbindung zueinander beweglicher Teile vorgesehen sein, wobei statt der Spann-Weiten-Richtung dessen Achsen-Richtung als Bezugs-Richtung anzusehen ist.

Die in der Figur 6 dargestellte Lagerungs-Einrichtung 110 kann auch mit linear-verschieblichen Streben 133, 134 angewendet werden. Bei der Verwendung von linear-verschieblichen Streben 133, 134 einer Streben-Anordnung würde in der Darstellung der Figur 6 das Gelenk 41a bzw. 41b entfallen.

Weiterhin ist in der Figur 6 eine zu den Drehgelenken 121, 122 alternative Lagerung oder Verbindung der Lenker 115, 116 an der jeweiligen Beplankung 131 dargestellt. Die dort dargestellten Gelenke oder Lagerungsmittel, die dort mit den Bezugszeichen 221 und 222 bezeichnet sind, umfassen eine Kulisse 230 zur Auflagerung des jeweiligen Lenkers 115, 116. In der Figur 6 ist eine in Bezug auf die Lage des jeweiligen Lenkers neutrale Auflagestelle mit der Linie 230a eingezeichnet. Die dem Lenker 115, 116 zugewandte Oberseite 231 der Kulisse 230 ist gekrümmt ausgebildet, um eine Drehbewegung des Lenkers zu ermöglichen. Der jeweilige Lenker ist mittels zumindest zweier flexibler Bänder 233, 234 an der Kulisse bei einer Ermöglichung von Drehbewegungen gehalten. Die flexiblen Bänder 233, 234 können aus Riemen oder Gurten oder Lagen eines Faserverbund-Bauteils eines der beteiligten Funktionselemente gebildet sein. Die flexiblen Bänder 233, 234 halten den jeweiligen Lenker jeweils in

entgegengesetzten Richtungen an der Kulisse 230. Dazu ist ein erstes flexibles Band 233 an einer in Bezug auf die Auflagelinie 230a ersten Seite 230b der Kulisse sowie an einem in Bezug auf die Auflagelinie 230a dieser Seite 230b gegenüber gelegenen Bereich 230c des Lenkers befestigt. Zumindest ein zweites flexibles Band ist in der Spannweiten-Richtung 10 gesehen kreuzweise zu dem ersten Band angeordnet, d.h. die Bereiche, an denen dieses befestigt ist, liegen in Bezug auf die Auflagelinie 230a den zuvor genannten Befestigungsbereichen gegenüber.

Diese Art von Struktur- oder Riemen-Gelenk kann auch für jegliche Verwendung in aerodynamischen Flügeln zur gelenkigen Verbindung zueinander beweglicher Teile vorgesehen sein, wobei statt der Spann-Weiten-Richtung dessen Achsen-Richtung als Bezugs-Richtung anzusehen ist. Es handelt sich dann um ein Struktur-Gelenk zur Verbindung beweglicher Bauteile in einem aerodynamischen Flügel, wobei an einem ersten Bauteil eine Kulisse zur Auflagerung eines zweiten Bauteils vorgesehen ist, wobei die dem zweiten Bauteil zugewandte Oberseite der Kulisse gekrümmt ausgebildet ist, um eine Drehbewegung des zweiten Bauteils zu ermöglichen, wobei das zweite Bauteils mittels zumindest zweier flexibler Bänder jeweils in entgegengesetzten Richtungen an der Kulisse bei einer Ermöglichung von Drehbewegungen gehalten wird

Weiterhin ist in der Figur 6 eine alternative Lagerung oder Verbindung der Holme 21, 22 an der jeweiligen Beplankung (in der Darstellung der Figur 6 die Beplankung 131) dargestellt. Das dort dargestellte Gelenk 130 ist als Drehgelenk ausgebildet. Zu diesem Zweck sind in Spannweiten-Richtung 10 (als der Achsen-Richtung) gesehen im Gelenkbereich kreuzweise zueinander verlaufende flexiblen Bänder 130a, 130b an dem jeweiligen Holm 21, 22 sowie an der jeweiligen Beplankung 131 befestigt. Ein erstes Band 130a verläuft von einer ersten Seite des jeweiligen Lenkers als das bewegliche Bauteil zu einem ersten Bereich der

Beplankung 131 als das feststehende Bauteil, während ein zweites Band 130b von einer zur ersten Seite entgegengesetzt gelegenen zweiten Seite des jeweiligen Lenkers zu einem in Bezug auf eine Neutral-Linie 130c dem ersten Bereich gegenüber gelegenen zweiten Bereich der Beplankung 131 verläuft. Befestigungsmittel z.B. in Form einer Platte oder eines Spannmittels 130e kann zur Befestigung eines Bandes oder mehrerer Bänder vorgesehen sein. Ebenfalls kann eine Gelenk- oder Auflager-oder Meniskus-Scheibe 130f verwendet werden, auf dem das entsprechende Ende des jeweiligen Holms aufliegt. Die Scheibe 130f liegt andererseits auf der Beplankung 131 oder einem Befestigungsmittel 130e auf oder wird auf andere Weise an der Beplankung gehalten. Die Scheibe 130f kann vorteilhafterweise an der dem beweglichen Element, also dem Holm zugewandten Seite eine Gleitschicht aufweisen. Alternativ kann die Scheibe auch am Holm fixiert sein, so daß Holm und Scheibe gegenüber der Beplankung beweglich sind. Je nach der Ausführungsform muß die Gleit-Oberfläche der Scheibe eine entsprechende Krümmung aufweisen.

Eines der flexiblen Bänder des Gelenks 221, 222 kann auch einheitlich mit einem der der des Gelenks 217 gestaltet sein (in der Darstellung der Figur 6 die Bänder 130b und 233).

Diese Art von Struktur- oder Riemen-Gelenk kann auch für jegliche Verwendung in aerodynamischen Flügeln zur gelenkigen Verbindung zueinander beweglicher Teile vorgesehen sein, wobei statt der Spann-Weiten-Richtung dessen Achsen-Richtung als Bezugs-Richtung anzusehen ist.

In einer Ausführungsform können sämtliche für die erfindungsgemäßen Antriebseinheiten verwendeten Stellantriebe 43, 143 von zumindest einer Steuereinheit elektrisch oder elektronisch angesteuert, geregelt und überwacht werden oder zu diesen Zwecken alternativ oder zusätzlich mechanisch

miteinander gekoppelt sein. Durch die Betätigung der an der Flügelspitze 13 angeordneten Stellantriebe 28a, 28b, 28c, die elektrisch, elektronisch oder mechanisch mit den Stellantrieben 43 gekoppelt sein können, kann weiterhin noch die Streckung der Wölbung des Flügels 1 beeinflusst werden.

Es kann eine Antriebswelle 29a, 29b, 29c vorgesehen sein, die in Flügellängs-Richtung 10 hintereinander angeordnete Antriebseinheiten ansteuert oder antreibt.

Dabei kann der Stellantrieb 43 ein Schneckenantrieb sein, der über eine in Flügellängsrichtung verlaufende Antriebswelle 29a gesteuert wird. Eine solche Antriebswelle 29a ist vorzugsweise mit sämtlichen innerhalb von jeweils zwei Holmen, z.B. innerhalb der Holme 21 und 22 entlang der Längserstreckung des Flügels angeordneten Antriebseinheiten 25a, 26a, 27a verbunden. Die Verbindung der Stellantriebe zum Zwecke ihrer Ansteuerung kann auch auf elektrischem, optischem oder hydraulischem Wege erfolgen. Dabei kann der Stellantrieb eine autonome Versorgung haben oder elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch versorgt werden. Vorzugsweise ist an jeder Antriebseinheit 25a, 26a, 27a jeweils zumindest ein Stellantrieb 43 zur Verschwenkung entsprechender Knickstreben angeordnet. Der Stellantrieb kann im Falle einer elektrischen, optischen oder hydraulischen Ansteuerung auch mit einer Regeleinrichtung versehen sein. Hierzu sind an der Antriebseinheit 25a entsprechende Sensoren vorzusehen, die die Ist-Position und gegebenenfalls weitere Größen wie die Verstell-Geschwindigkeit oder -Beschleunigung aufnehmen. Diese Größen werden für einen Vergleich mit entsprechenden Soll-Größen herangezogen und mittels der Regeleinrichtung entstehende Differenzen kompensiert. Es kann statt lokal an den Stellantrieben 43 vorgesehene Regeleinrichtungen auch eine oder mehrere zentrale (nicht gezeigt) oder dezentrale 40 Regeleinrichtungen vorgesehen sein.

Zur Überwachung der Stellantriebe 43 bzw. 28a, 28b, 28c oder auch der Lagen der Holme 21, 22 oder 22, 23 oder 23, 24 zueinander bzw. der Flügelstreckung können an entsprechenden Stellen Sensoren nach dem Stand der Technik (nicht gezeigt) vorgesehen sein, die mit zumindest einem elektronischen Rechner über Leitungen in Verbindung stehen. Beim Auftreten von Fehlern in einer Antriebseinheit 25a, 25b, 25c; 26a, 26b, 26c bzw. 27a, 27b, 27c kann eine Abschaltung oder auch eine Rekonfiguration derselben erfolgen. Zu diesem Zweck können redundante Einheiten und insbesondere redundante Stellantriebe 43 bzw. 28a, 28b, 28c vorgesehen sein.

Alternativ zur beschriebenen Ausführungsform kann statt einer Antriebsreihe 25, 26, 27 oder einer Reihe 28 von Stellantrieben auch eine einzelne Antriebseinheit bzw. ein einzelner Stellantrieb vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich können zwischen jeweils zwei Holmen 21 und 22, 22 und 23 bzw. 23 und 24 auch mehrere Antriebseinheiten 25a, 25b, 25c; 26a, 26b, 26c bzw. 27a, 27b, 27c mit jeweils zumindest einem Stellantrieb 43 in Reihe oder parallel zueinander angeordnet sein.

Die Beplankung kann zur Verstärkung der durch die Verschwenkung der Holme auf die Beplankungen ausgeübten Stellkräfte zusätzlich mit Piezoelementen versehen sein. Diese können in einer Weise arbeiten, daß sie aufgrund des Druckes in der Beplankung, der aufgrund der Bewegung der Holme 21, 22 oder 22, 23 oder 23, 24 zueinander entsteht, diesen Druck verstärken, um die von den Stellantrieben 43 bzw. 28a, 28b, 28c aufzubringende Verstell-Leistung zu verringern.

Es können an einem Flügel 1 neben einer Anzahl von Holmen auch noch weitere Holme (nicht eingezeichnet) vorgesehen sein, zwischen denen in beschriebener Weise Antriebseinheiten bzw. Stellantriebe angeordnet sein können. Auch kann

die beschriebene Anordnung auch für den gesamten Flügel, also auch für die Vorderkanten- und Hinterkanten-Klappen, oder nur für letztere vorgesehen sein.

Der erfindungsgemäße zumindest teilweise flexible Tragflügel oder der flexible Tragflügelbereich ist nicht nur für Flugzeuge vorgesehen, sondern kann auch allgemein bei Fahrzeugen, z.B. für Spoiler-Flügel verwendet werden, wenn auch dort andere Größenverhältnisse maßgebend sind.

Patentansprüche

1. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung mit mindestens zwei Holmen (21, 22, 23, 24), die zwischen einer ersten (131) und einer zweiten (132) Beplankung zu deren Abstützung gelegen sind und zwischen denen zur Veränderung von deren relativer Lage zumindest zwei Antriebseinheiten (25a, 25b, 25c) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, daß

jede Antriebseinheit eine in ihrer Länge über einen Verstell-Mechanismus einstellbare Streben-Anordnung (100; 101, 102) umfaßt, deren Enden mittels einer Lagerungs-Einrichtung (110) gelagert sind, wobei an jedem Ende der Streben-Anordnung (100; 101, 102) ein erster Lenker (115) das jeweilige Ende gelenkig mit der jeweils näher gelegenen Beplankung (131, 132) und ein zweiter Lenker (116) das Ende mit dem jeweils näher gelegenen Holm (21, 22, 23) verbindet.

2. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerungs-Einrichtung (110) ein Gelenk (113) zur Lagerung der Streben-Anordnung (100), eine Vorrichtung (114) zur Aufnahme dieses Gelenks (113) sowie ein Gelenk (117) zur Aufnahme der Lenker (115, 116) umfaßt.

3. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerungs-Einrichtung (110) ein Gelenk (113, 117) zur Lagerung der Streben-Anordnung (100) sowie zur Aufnahme der Lenker (115, 116) umfaßt.

4. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beplankungen mit Stütz-Elementen (52) und/oder die Holme mit Stütz-Elementen (51) versteift sind, wobei Lenker jeweils an Stütz-Elementen gelagert sind.

5. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Streben-Anordnung (100; 101, 102) zumindest ein Paar von über Drehgelenke (37; 38) verbundenen Knickstreben (33, 34; 35, 36) umfaßt, deren freie Enden (19a) über Gelenke (41a, 41b; 42a, 42b) derart in der Lagerungs-Einrichtung (110) gelagert sind, daß die Drehgelenke (37; 38) zur Verbindung der Knickstreben mittels des Verstell-Mechanismus in der Spannweiten-Richtung (10) beweglich sind, um die Lagen der mit diesen verbundenen Holme relativ zueinander zu verändern.

6. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach dem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Antriebseinheit zwischen jeweils benachbarten Holmen mehrere Paare von Stützstreben umfaßt, deren Drehgelenke (37; 38) zur Verbindung der Knickstreben zueinander in Gegenrichtung bewegt werden, um die Lagen der mit diesen verbundenen Holme relativ zueinander zu verändern.

7. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Streben-Anordnung (100; 101, 102) in ihrer Längsrichtung verlängerbar und verkürzbar ist.

8. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur gelenkigen Verbindung der Lenker (115, 116) ein Struktur-Gelenk (217) vorgesehen ist, wobei flexible Bänder (218, 219) verwendet werden, die in Spannweiten-Richtung (10) gesehen zueinander versetzt angeordnet sind und sich im freien Gelenkbereich überkreuzen.

9. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur gelenkigen Verbindung der Lenker (115, 116) mit der jeweiligen Beplankung (131, 132) oder dem jeweiligen Holm (21, 22, 23, 24) an der Beplankung eine Kulissee (230) zur Auflagerung eines Lenkers (115, 116) vorgesehen ist, wobei die dem Lenker (115, 116) zugewandte Oberseite (231) der Kulissee gekrümmt ausgebildet ist, um eine Drehbewegung des Lenkers (115, 116) zu ermöglichen, wobei der Lenker (115, 116) mittels zumindest zweier flexibler Bänder (233, 234) jeweils in entgegengesetzten Richtungen an der Kulissee bei einer Ermöglichung von Drehbewegungen gehalten wird.

10. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur gelenkigen Verbindung des jeweiligen Holms (21, 22, 23, 24) mit der jeweiligen

Beplankung (131, 132) ein Struktur-Gelenk mit in Achsen-Richtung (10) gesehen im Gelenkbereich kreuzweise zueinander verlaufenden flexiblen Bänder (130a, 130b) vorgesehen ist, wobei ein erstes Band (130a) von einer ersten Seite des beweglichen Bauteils zu einem ersten Bereich des feststehenden Bauteils (131) verläuft, während ein zweites Band (130b) von einer zur ersten Seite entgegengesetzt gelegenen zweiten Seite des beweglichen Bauteils zu einem in Bezug auf eine Neutral-Linie (130c) dem ersten Bereich gegenüber gelegenen zweiten Bereich des feststehenden Bauteils (131) verläuft.

11. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der variable Flügelbereich (7a) mehrere variable Flügelkästen (7a, 7b, 7c) umfaßt, die in Flügeltiefen-Richtung (4) nebeneinander angeordnet sind und jeweils zwei Holme (21, 22, 23, 24) mit zumindest zwei Antriebselementen zu deren Verschwenkung umfaßt.

12. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an jedem Antriebselement ein Stellantrieb (43) zu dessen Betätigung vorgesehen ist.

13. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach dem Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellantrieb (43) elektrisch, mechanisch oder hydraulisch angesteuert wird.

14. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Antriebswelle (29a, 29b, 29c) vorgesehen ist, die in Flügellängs-Richtung (10) hintereinander angeordnete Antriebseinheiten ansteuert oder antreibt.

15. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellantrieb (43) ein Schneckenantrieb ist.

16. Aerodynamischer Flügel zumindest bereichsweise variabler Wölbung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beplankung zusätzlich mit Piezoelementen versehen ist, um den Druckes in der Beplankung, der aufgrund der Bewegung der Holme entsteht, zu verstärken.

17. Struktur-Gelenk zur Verbindung beweglicher Bauteile in einem aerodynamischen Flügel, dadurch gekennzeichnet, daß zur gelenkigen Verbindung der zwei zueinander beweglichen Bauteile flexible Bänder (218, 219) verwendet werden, die in ihrer Achsen-Richtung gesehen zueinander versetzt angeordnet sind und sich im freien Gelenkbereich überkreuzen.

18. Struktur-Gelenk zur Verbindung beweglicher Bauteile in einem aerodynamischen Flügel, dadurch gekennzeichnet, daß in Achsen-Richtung (10) gesehen im Gelenkbereich kreuzweise zueinander verlaufende flexible Bänder (130a, 130b) vorgesehen sind, wobei ein erstes Band (130a) von einer ersten Seite des ersten Bauteils zu einem ersten Bereich des zweiten Bauteils (131)

verläuft, während ein zweites Band (130b) von einer zur ersten Seite entgegengesetzt gelegenen zweiten Seite des ersten Bauteils zu einem in Bezug auf eine Neutral-Linie (130c) dem ersten Bereich gegenüber gelegenen zweiten Bereich des zweiten Bauteils (131) verläuft.

19. Struktur-Gelenk zur Verbindung beweglicher Bauteile in einem aerodynamischen Flügel nach dem Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, eine Gelenk-Scheibe (130f) zwischen dem ersten und dem zweiten Bauteil gelegen ist, deren auf der Seite des beweglichen Bauteils gelegene Gleit-Oberfläche eine der Bewegung angepaßte Krümmung aufweist.

20. Struktur-Gelenk zur Verbindung beweglicher Bauteile in einem aerodynamischen Flügel, dadurch gekennzeichnet, daß an einem ersten Bauteil eine Kulissee (230) zur Auflagerung eines zweiten Bauteils (115, 116) vorgesehen ist, wobei die dem zweiten Bauteil (115, 116) zugewandte Oberseite (231) der Kulissee gekrümmt ausgebildet ist, um eine Drehbewegung des zweiten Bauteils (115, 116) zu ermöglichen, wobei das zweite Bauteils (115, 116) mittels zumindest zweier flexibler Bänder (233, 234) jeweils in entgegengesetzten Richtungen an der Kulissee bei einer Ermöglichung von Drehbewegungen gehalten wird.

Fig. 1a

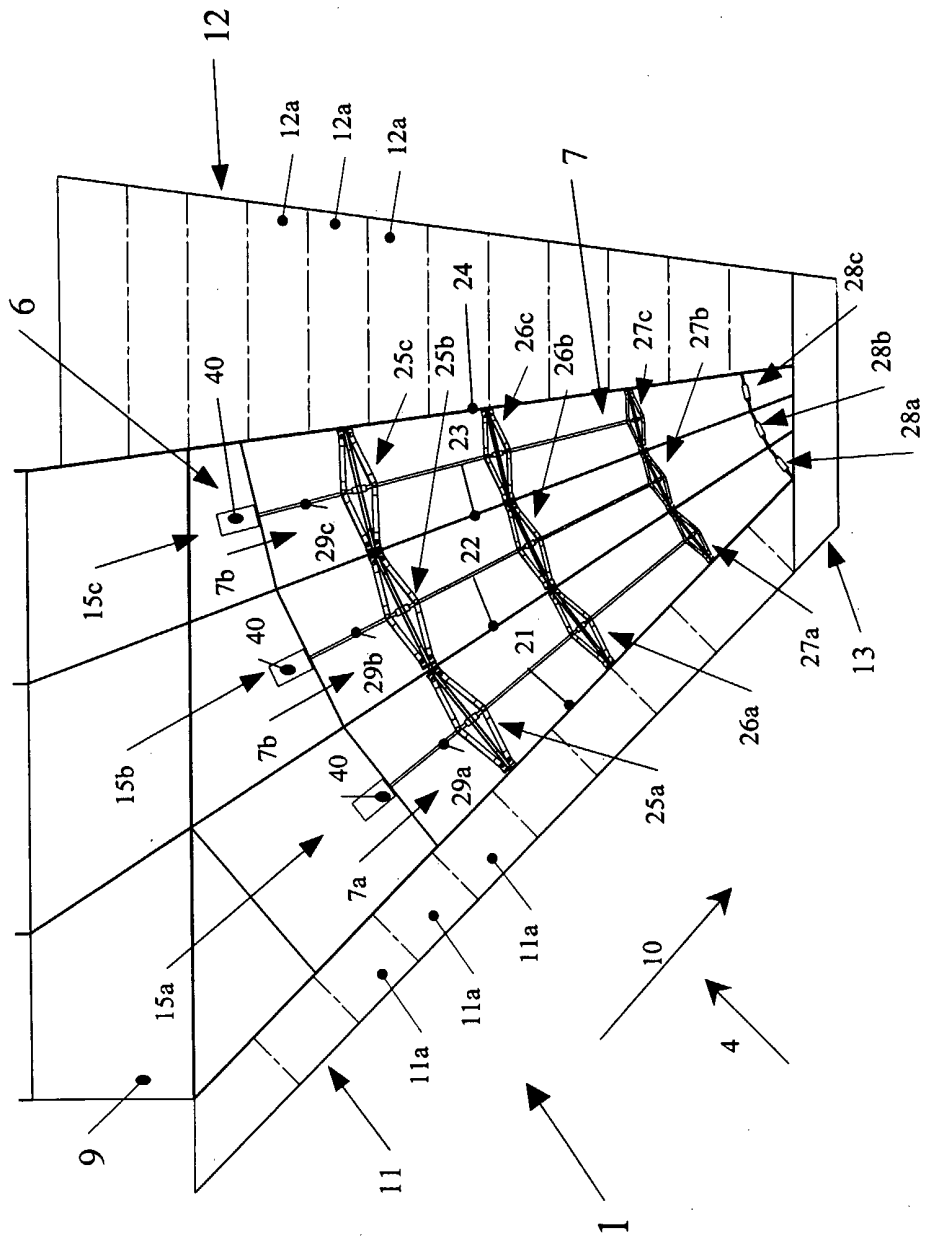


Fig. 1b

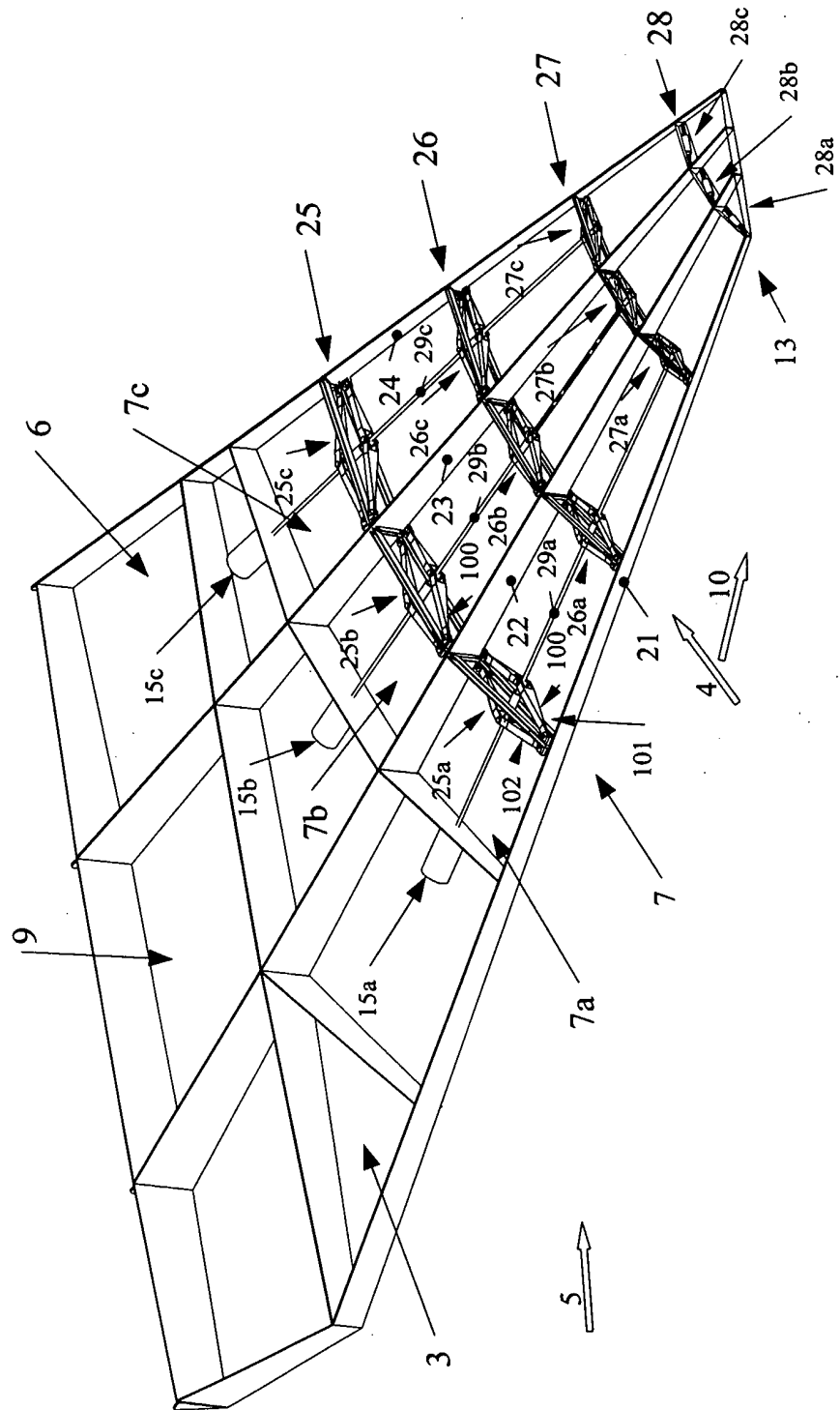
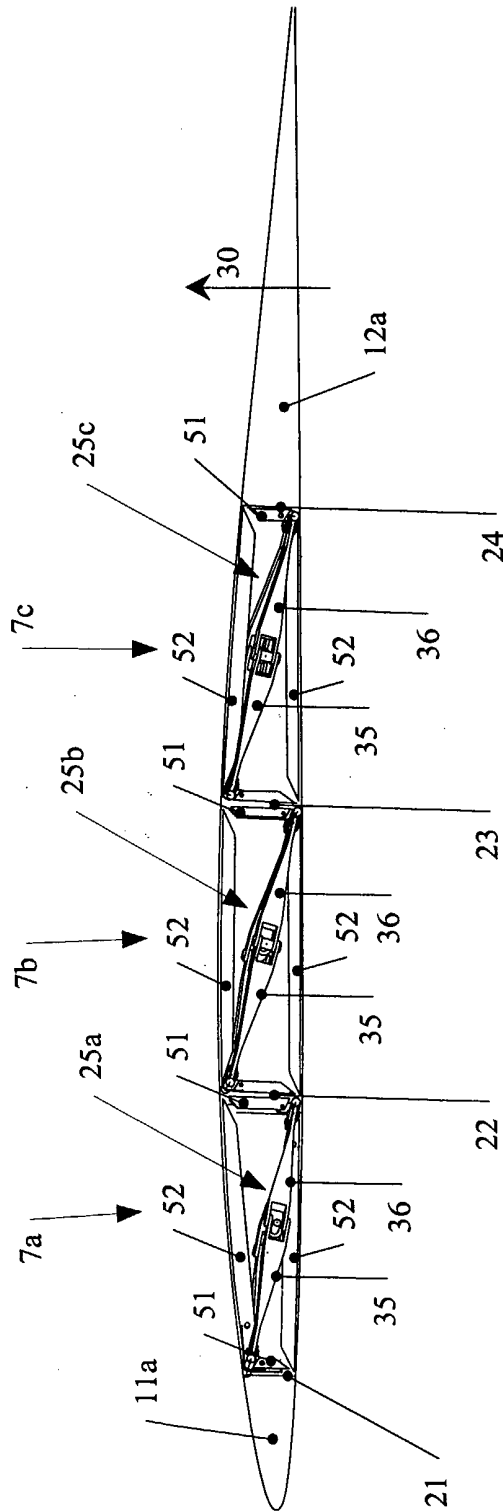


Fig. 2



5/11

Fig. 3b

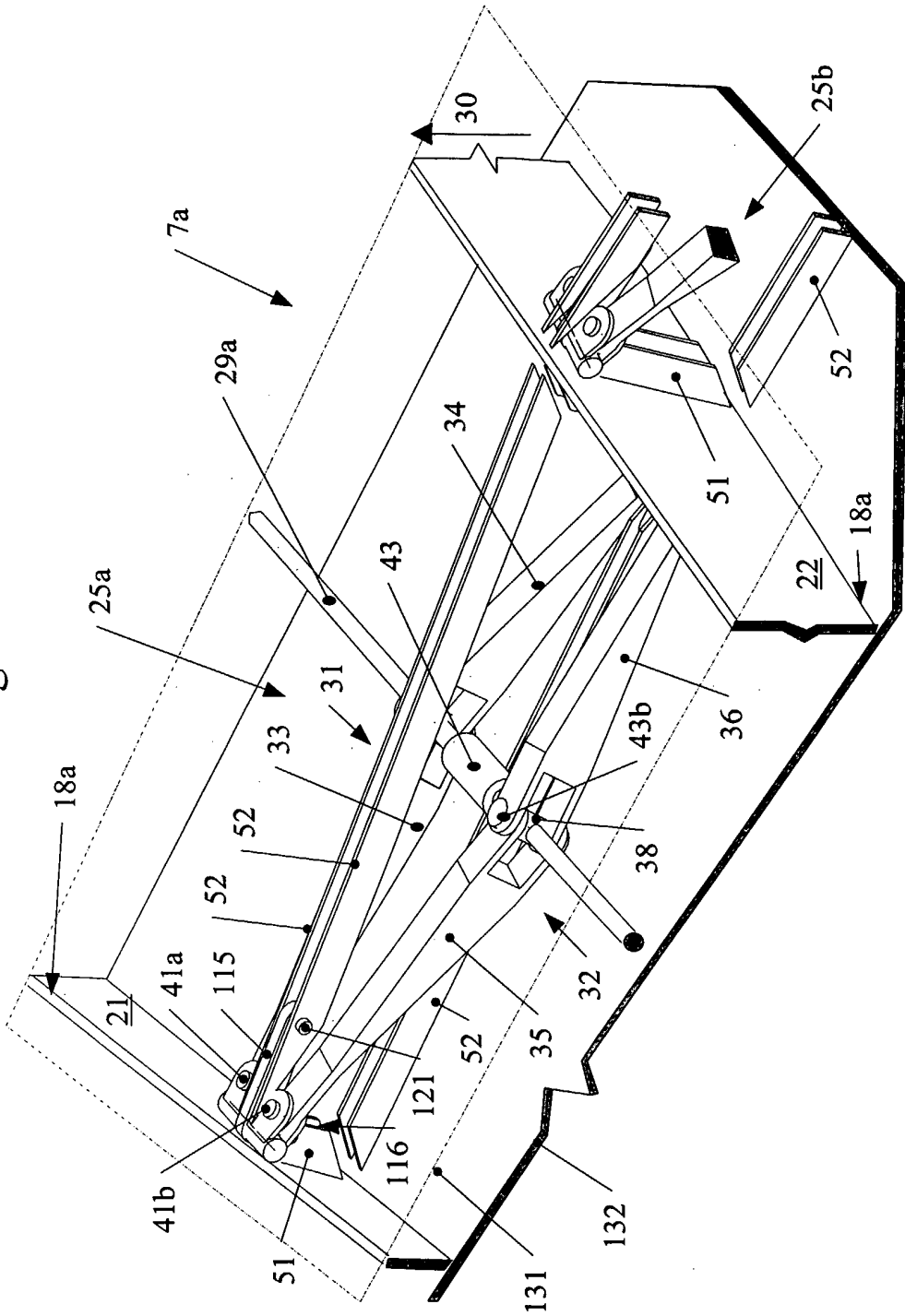
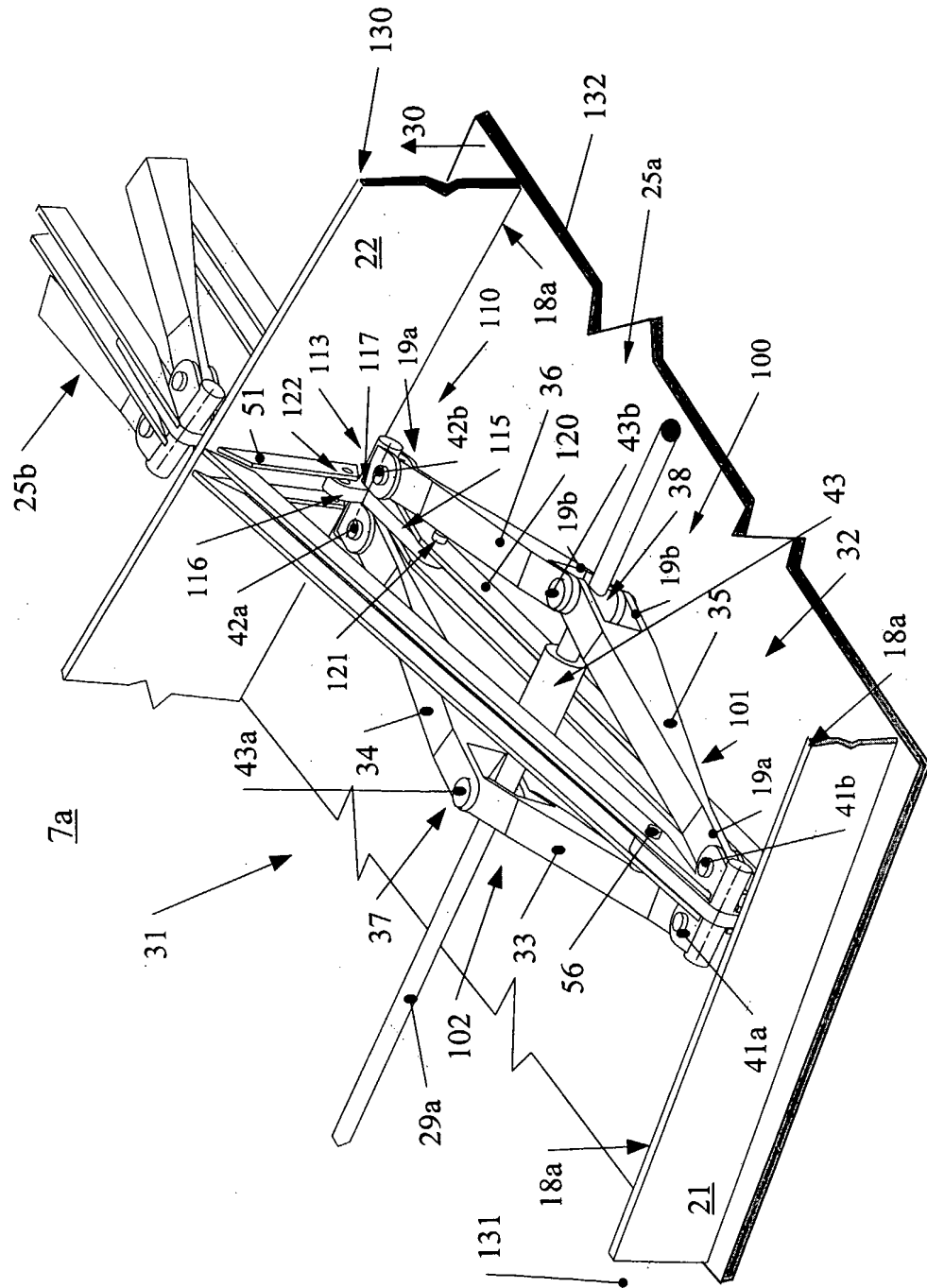


Fig. 3c



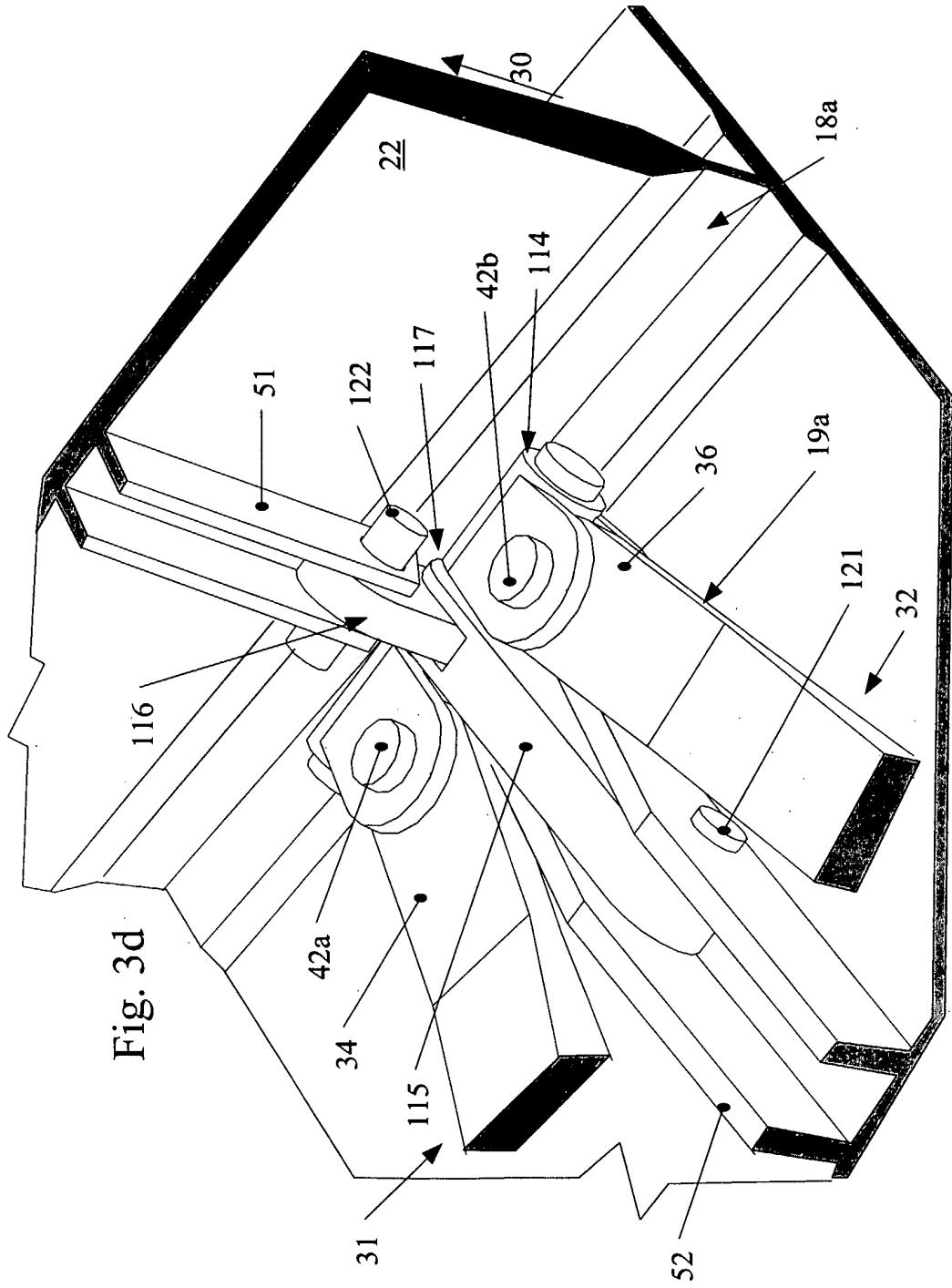
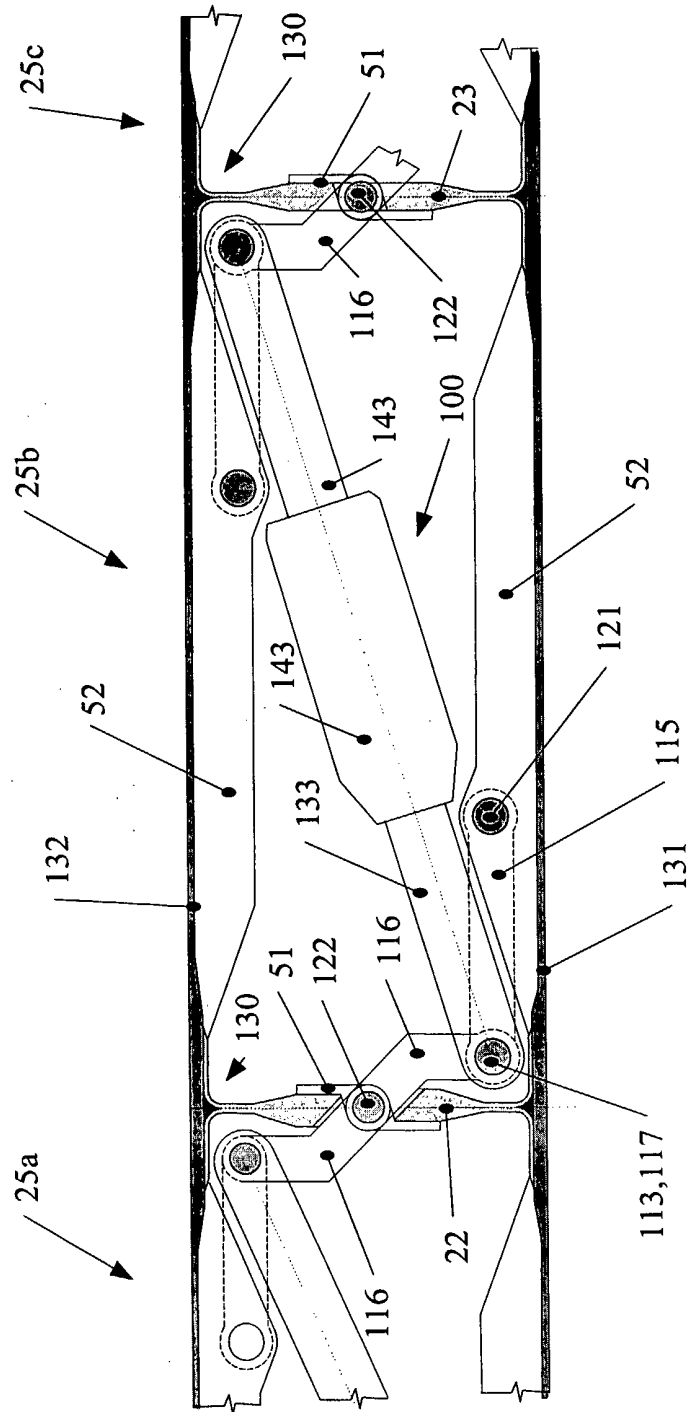


Fig. 4



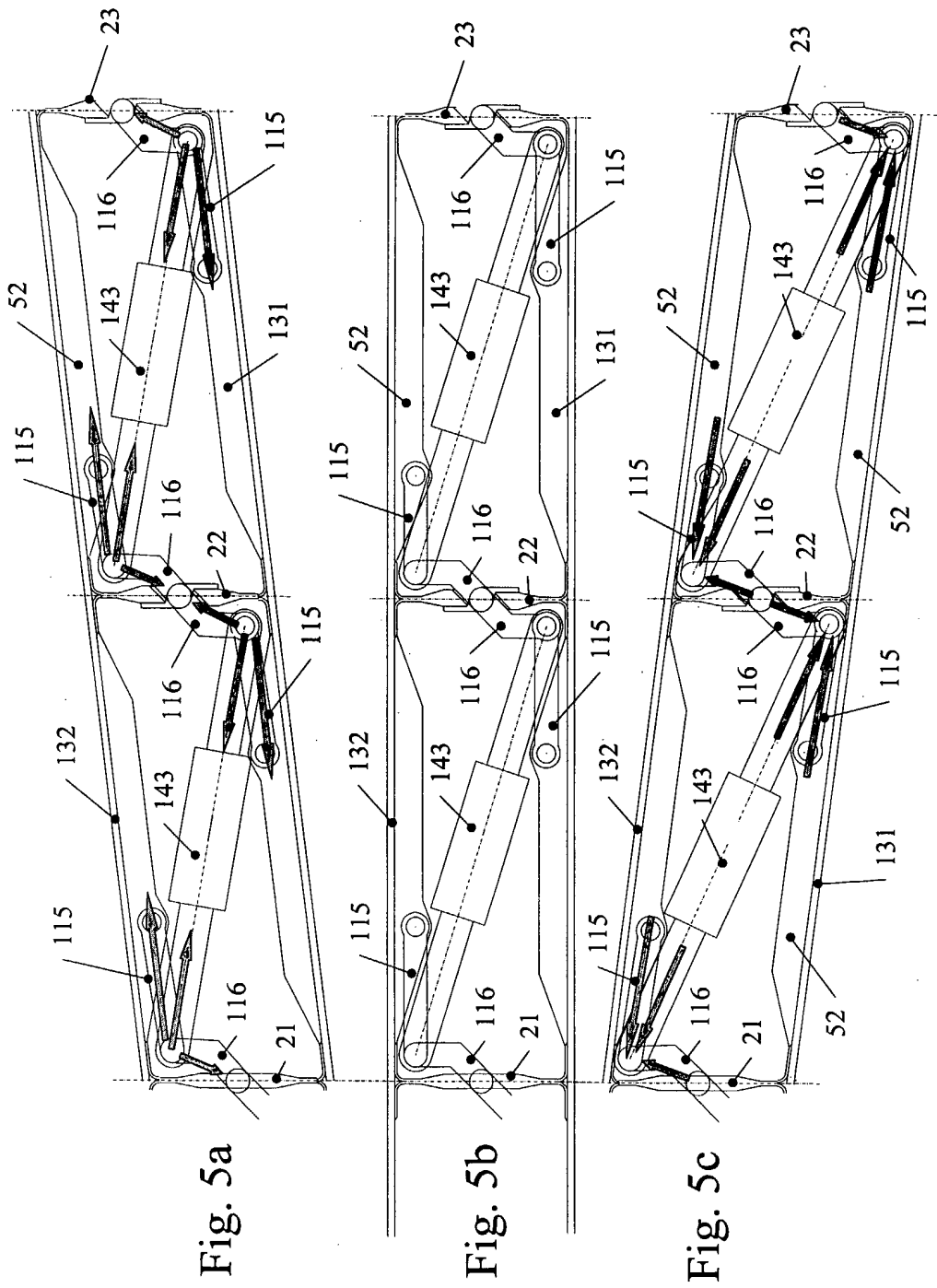


Fig. 6

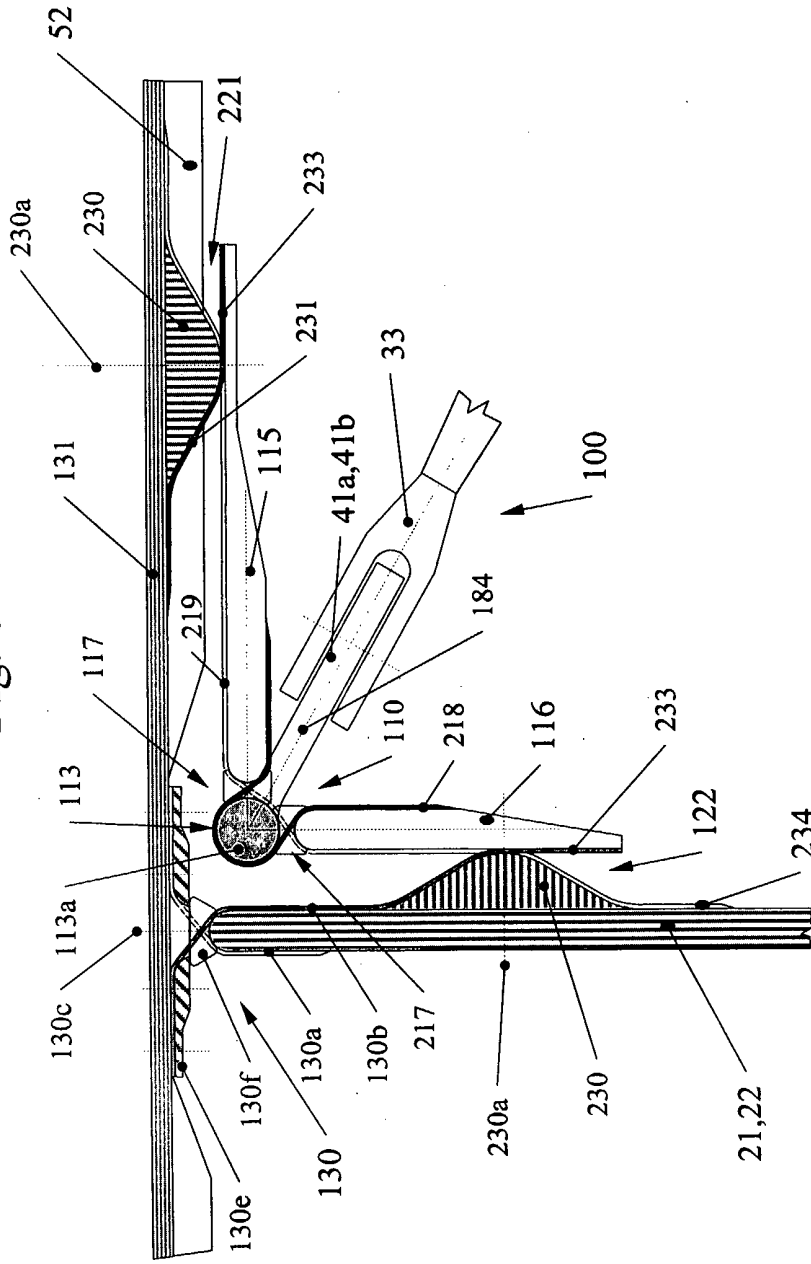


Fig. 7

