

(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
27. Mai 2010 (27.05.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/057817 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01B 21/04 (2006.01) *B64F 5/00* (2006.01)
B64C 1/06 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/065001
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
11. November 2009 (11.11.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2008 043 977.0
21. November 2008 (21.11.2008) DE
61/116,807 21. November 2008 (21.11.2008) US
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AIRBUS OPERATIONS GMBH** [DE/DE]; Kreetstag 10, 21129 Hamburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **ARNOLD, Ralph** [DE/DE]; Lerchenstrasse 16a, 26969 Butjadingen (DE).
- (74) **Anwalt:** **PECKMANN, Ralf**, Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR, Friedrichstrasse 31, 80801 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** STRUCTURAL ELEMENT FOR A FUSELAGE CELL STRUCTURE OF AN AIRCRAFT, COMPRISING AT LEAST ONE POSITIONING AID

(54) **Bezeichnung :** STRUKTURELEMENT FÜR EINE RUMPFZELLENSTRUKTUR EINES FLUGZEUGS MIT MINDESTENS EINER POSITIONIERHILFE

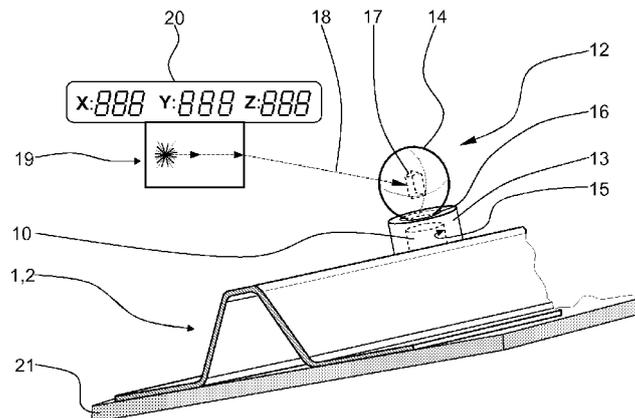


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a structural element (1) for a fuselage cell structure of an aircraft, in particular a stringer profile (2) or an annular frame segment, wherein the structural element (1) is formed using a composite material, in particular using a carbon-fiber-reinforced epoxide resin. According to the invention, the structural element (1) comprises at least one positioning aid (10,11) for facilitating a position determination by way of a measurement system. A laser measurement system and/or a tactile measurement system (22) can be used as the measurement system. By using the reflector (12), which can be attached to the positioning aid (10,11) in a fixed fashion as a target for the laser measurement system, which is preferred to be a laser tracker (19), a spatial position of the structural element (1) can be determined in relation to a further component (21) in a non-contact manner and with high precision. In the process, measurement precisions of up to 1/500 mm in any spatial direction can be achieved depending on the distance. After the position determination and the alignment of the structural element (1), the reflector (12) can be removed from the positioning aid (10,11). Alternatively, a measurement of the structural element

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/057817 A1



SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

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

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(1) can be done using a measurement arm (23) of a tactile measurement system (23). Finally, the positioning aids (10,11) are removed from the structural element (1) quickly and free of residue using a machining method, for example. By using the structural element (1) according to the invention, the manufacturing effort in the production of complex fiber composite components that have a plurality of structural elements to be spatially positioned exactly can be significantly reduced.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Strukturelement (1) für eine Rumpfwabenstruktur eines Flugzeugs, insbesondere ein Stringerprofil (2) oder ein Ringspansegment, wobei das Strukturelement (1) mit einem Verbundmaterial, insbesondere mit einem kohlefaserverstärkten Epoxidharz, gebildet ist. Erfindungsgemäß weist das Strukturelement (1) mindestens eine Positionierhilfe (10,11) zur Erleichterung einer Positionsbestimmung mittels eines Messsystems auf. Als Messsystem können ein Lasermesssystem und/oder ein taktiles Messsystem (22) zum Einsatz kommen. Infolge des spielfrei auf die Positionierhilfe (10,11) aufbringbaren Reflektors (12) als ein Ziel für das Lasermesssystem, bei dem es sich vorzugsweise um einen Lasertracker (19) handelt, lässt sich eine räumliche Position des Strukturelements (1) in Relation zu einem weiteren Bauteil (21) berührungslos und mit hoher Genauigkeit bestimmen. Hierbei sind, in Abhängigkeit von der Entfernung, Messgenauigkeiten von bis zu 1/500 mm in jeder Richtung des Raumes erreichbar. Nach der erfolgten Positionsbestimmung und der Ausrichtung des Strukturelements (1) kann der Reflektor (12) von der Positionierhilfe (10,11) abgenommen werden. Alternativ kann eine Einmessung des Strukturelements (1) durch einen Messarms (23) eines taktilen Messsystems (23) erfolgen. Abschließend werden die Positionierhilfen (10,11) beispielsweise spangebender Verfahren schnell und rückstandsfrei vom Strukturelement (1) entfernt. Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Strukturelements (1) lässt sich der Fertigungsaufwand bei der Herstellung komplexer Faserverbundbauteile mit einer Vielzahl von räumlich exakt zu positionierenden Strukturelementen signifikant reduzieren.

**STRUKTURELEMENT FÜR EINE RUMPFZELLENSTRUKTUR
EINES FLUGZEUGS MIT MINDESTENS EINER POSITIONIERHILFE**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Strukturelement für eine Rumpffzellenstruktur eines Flugzeugs, insbesondere ein Stringerprofil oder ein Ringspantsegment, wobei das Strukturelement mit einem Verbundmaterial, insbesondere mit einem kohlefaserverstärkten Epoxidharz, gebildet ist.
- 10 Im modernen Flugzeugbau wird ein zunehmender Einsatz von Verbundbauteilen angestrebt, wobei die Verbundbauteile bevorzugt mit kohlefaserverstärkten Epoxidharzen hergestellt werden. Die Herstellung von derartigen Verbundbauteilen ist jedoch mit fertigungsbedingt in aller Regel unvermeidbaren und zudem nicht reproduzierbaren Maßabweichungen verbunden. Rumpffsektionen aus Verbundmaterialien
- 15 werden oftmals in der so genannten Mehrschalenbauweise durch das Zusammenfügen von mindestens zwei Schalenbauteilen gebildet. Zur Schaffung einer vollständigen Flugzeugrumpffzelle wird anschließend eine Vielzahl von Rumpffsektionen unter Schaffung von Quernähten zu einer vollständigen Flugzeugrumpffzelle zusammengefügt.
- 20 Die Schalenbauteile selbst werden unter anderem durch zumindest eindimensional gekrümmte Hautfelder gebildet, die mit quer zur Flugzeuglängsachse verlaufenden Spantsegmenten sowie mit weiteren Strukturelementen, insbesondere mit Stringern, ausgesteift werden. Aufgrund der vorstehend erwähnten, unvermeidbaren Toleranzabweichungen bei der Fertigung von CFK-Bauteilen müssen beispielsweise die
- 25 Stringer vor dem Zusammenfügen mit dem Hautfeld in nachfolgenden Prozessschritten mit hoher Genauigkeit vermessen und anschließend auf dem Hautfeld positioniert und ausgerichtet werden. Hierdurch entsteht bei der Fertigung von Schalenbauteilen ein erheblicher Arbeitsaufwand.
- 30 Aufgabe der Erfindung ist es daher, die Herstellung von Schalenbauteilen, insbesondere die Ausrichtung von Strukturelementen, wie zum Beispiel Stringern und/oder Spantsegmenten auf dem Hautfeld des Schalenbauteils, zu vereinfachen und nach dem Fügen der Einzelkomponenten, zum Beispiel in der Form von Rumpfschalen, eine erleichterte Vermessung einer ganzen Sektion zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Strukturelement mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Dadurch, dass das Strukturelement mindestens eine Positionierhilfe zur Positionsbestimmung mit einem Messsystem aufweist,
5 wird die räumliche Ausrichtung eines mit der Positionierhilfe ausgestatteten Strukturelementes in Relation zu einem weiteren Bauteil, bei dem es sich zum Beispiel um ein Hautfeld eines Schalenbauteils handelt, erheblich vereinfacht. Darüber hinaus wird die absolute Genauigkeit der räumlichen Ausrichtung des Strukturelements
10 in Bezug auf das zweite Bauteil signifikant verbessert.

Eine Weiterentwicklung des Strukturelements sieht vor, dass das Messsystem ein Lasermesssystem und/oder taktiles Messsystem ist.

Der Einsatz eines Lasermesssystems ermöglicht eine berührungslose Messung mit
15 einer hohen Messgenauigkeit, solange eine Entfernung zwischen dem Lasermesssystem und dem erfindungsgemäßen Strukturelement nicht zu groß wird.

Der Einsatz eines taktilen Messsystems ermöglicht insbesondere bei größeren Abmessungen der einzumessenden Bauteile im Vergleich zu den üblichen Lasermesssystemen eine höhere Messgenauigkeit. Hierbei stellt die Positionierhilfe einen definierten Referenzpunkt für das taktile Messsystem dar, um zu gewährleisten, dass
20 bei einer Vermessung immer exakt die gleiche Messposition herangezogen wird.

Nach einer weiteren vorteilhaften Fortbildung des Strukturelements ist vorgesehen, dass die Positionierhilfe mit einem Ziel, insbesondere mit einem Reflektor, zur Positionsbestimmung mit dem Lasermesssystem, verbindbar ist.
25

Hierdurch kann die Lage eines erfindungsgemäß mit mindestens einer integral ausgebildeten Positionierhilfe versehenen Strukturelements mittels bekannter Lasermesssysteme berührungslos in Bezug zum umgebenden Raum (Messsystem) und/oder in Relation zu einem weiteren Bauteil mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Um ausreichend genaue Positionsangaben zu erzielen, darf eine Entfernung
30 zwischen dem Lasermesssystem und dem einzumessenden Bauteil nicht zu groß werden.

Eine Fortbildung des Strukturelements sieht vor, dass die mindestens eine Positionierhilfe einstückig zum Strukturelement ausgebildet ist.
35

In Folge der integralen Ausbildung der Positionierhilfe zum Strukturelement werden zusätzliche Messfehler, die sich beispielsweise durch ein nachträgliches Aufbringen einer Positionierhilfe auf das Verstärkungsprofil ergeben würden, vollständig eliminiert.

5

Nach Maßgabe einer vorteilhaften Weiterentwicklung des Strukturelements ist vorgesehen, dass die mindestens eine Positionierhilfe an einer räumlich definierten Position am Strukturelement ausgebildet ist.

Das erfindungsgemäß ausgebildete Strukturelement kann beispielsweise im bekannten so genannten RTM-Verfahren ("Resin-Transfer-Molding-Verfahren") hergestellt werden. Hierbei wird eine vorgeformte Verstärkungsfasernanordnung in ein zum Beispiel zweiteiliges Formwerkzeug eingelegt und anschließend unter Anwendung von Druck und/oder Temperatur mit einem aushärtbaren Kunststoffmaterial, insbesondere einem Zweikomponenten-Epoxidharz, vollständig infiltriert. Als Verstärkungsfasernanordnung kommen in aller Regel Kohlefasern zum Einsatz, die in einer Vielzahl von übereinander geschichteten Lagen bevorzugt kraftflussoptimiert verlaufen. Die räumliche Gestalt des herzustellenden Bauteils wird beim RTM-Prozess durch das Formwerkzeug mit hoher Genauigkeit vorgegeben, wodurch jedoch Toleranzabweichungen aufgrund von thermisch bedingten Schrumpfungerscheinungen nicht ausgeschlossen werden können. Es ist möglich, die erfindungsgemäße Positionierhilfe durch sämtliche Verfahren zu erzeugen, die auf einer Form als formgebendes Werkzeug basieren. Die am Strukturelement vorgesehene Positionierhilfe kann zum Beispiel durch eine kleine Ausnehmung bzw. eine kleine Vertiefung im Formwerkzeug einstückig zum übrigen Strukturelement – ähnlich einem Spritzgrat bzw. einem Spritzast in der Spritzgießtechnik – während des Herstellungsprozesses des Strukturelements gleich mit ausgebildet werden. Ein separater Prozessschritt zur Schaffung der Positionierhilfe ist daher entbehrlich. Da die Positionierhilfe bereits während des Herstellungsprozesses des Strukturelements an einer räumlich exakt definierten Position, zum Beispiel im Bereich einer Mittellinie eines Stringerprofils, mit ausgebildet wird, wird eine spätere Vermessung der räumlichen Lage des Verstärkungsprofils vereinfacht und zudem eine Einmessung der räumlichen Lage des Strukturelements mit extrem hoher Genauigkeit ermöglicht. Die exakte räumliche Lage der Positionierhilfe kann aufgrund der bekannten CAD-Daten des Formwerkzeugs mit hoher Präzision ermittelt werden.

35

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die mindestens eine Positionierhilfe rein mechanisch, insbesondere durch Abschleifen, Abraspeln, Abfräsen, Abbrechen, Abschneiden oder eine beliebige Kombination hiervon vom Strukturelement abtrennbar ist.

- 5 Hierdurch kann die Positionierhilfe nach erfolgter Einmessung auf einfache Art und Weise wieder vom Strukturelement entfernt werden, um nachfolgende Fertigungsschritte nicht zu beeinträchtigen. Das Abbrechen oder Abschneiden der Positionierhilfe kann beispielsweise durch das Vorsehen einer kleinen Sollbruchstelle weiter vereinfacht und hierdurch an definierter Stelle vollzogen werden. Für das korrekte Ein-
- 10 messen eines Bauteils im dreidimensionalen Raum sind stets mindestens drei Messstellen, das heißt mindestens drei Positionierhilfen notwendig.

Eine weitere Fortentwicklung des Strukturelements sieht vor, dass das Lasermesssystem insbesondere ein Lasertracker ist.

- 15 Der Einsatz eines Lasertrackers erlaubt die Bestimmung einer absoluten Position eines stationären oder bewegten Objekts im Raum in Bezug auf den Aufstellungsort des Lasertrackers. Voraussetzung hierfür ist, dass am Objekt ein geeigneter Reflektor zum Zurückstrahlen der vom Lasertracker ausgesandten Laserstrahlung angeordnet ist. Der Reflektor wird mittels der erfindungsgemäßen Positionierhilfe in einer
- 20 bereits aus den Konstruktions-CAD-Daten exakt vordefinierten räumlichen und damit bekannten Position auf dem Strukturelement, bei dem es sich insbesondere um einen Stringer, einen Querträger oder ein Spantsegment handelt, positioniert. Diese bekannten räumlichen Positionen dienen als Sollwerte bzw. als Vorgabe für die Vermessung der relativen Lage aller Strukturkomponenten zueinander. Durch das Auf-
- 25 stecken bzw. das auf andere Art und Weise erfolgende Anordnen des Reflektors auf der Positionierhilfe lässt sich die räumliche Position des Strukturelements mittels des Lasertrackers auf bis zu 1/500 mm genau bestimmen.

- Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Strukturelements sind in den weiteren
- 30 Patentansprüchen dargelegt.

In der Zeichnung zeigt

- Fig. 1** ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strukturelements in
- 35 einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2 eine vergrößerte Vorderansicht des Strukturelements aus Fig. 1 mit aufgestecktem Reflektor für ein Lasermesssystem, und

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des auf einem Bauteil befindlichen Strukturelements nach Fig. 2 bei der Positionserfassung mittels eines taktilen Messsystems.

In der Zeichnung weisen dieselben konstruktiven Elemente jeweils dieselbe Bezugsziffer auf.

10

Die **Fig. 1** zeigt als ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strukturelements 1 ein so genanntes Ω -Stringerprofil 2. Das Stringerprofil 2 verfügt über einen Mittelabschnitt 3 mit einer in etwa trapezförmigen Querschnittsgeometrie. Der Mittelabschnitt 3 verfügt über eine horizontale Deckfläche 4, an die beidseitig zwei geneigte Seitenflächen 5,6 anschließen. Die Seitenflächen 5,6 gehen schließlich jeweils in zwei horizontal verlaufende Flansche 7,8 über. Im Bereich einer Mittellinie 9 des Stringerprofils 2 sind hintereinander versetzt zwei Positionierhilfen 10,11 mit einer jeweils anderen geometrischen Gestalt angeordnet.

20 Das Stringerprofil 2 kann zum Beispiel mittels des RTM-Prozesses mit einem kohlefaserverarmten Epoxidharz hergestellt werden. Die Positionierhilfen 10,11 weisen im Gegensatz zum übrigen Stringerprofil 2 keine Faserarmierung auf, sondern bestehen bevorzugt ausschließlich aus dem Harz, das auch für die Schaffung der Harzmatrix des Stringerprofils 2 zur Einbettung der Kohlefasern Verwendung findet.

25 Das RTM-Verfahren findet bevorzugt für Spante Anwendung. Stringerprofile und andere Strukturelemente werden im Allgemeinen in einer Form mit einem Ober- und einem Unterwerkzeug in einem Heiß-Umform-Prozess (so genanntes "Hot-Forming") oder durch kaltes Umformen in einem solchen Werkzeug erzeugt. Beim anschließenden Autoklavieren verringert sich die Viskosität des zur Bildung des
30 Strukturelements eingesetzten Harzsystems und schafft so im Zuge des Aushärtungsvorgangs in Verbindung mit entsprechenden Ausnehmungen in den Werkzeugen und in Verbindung mit dem latent vorhandenen Harzüberschuss die Positionierhilfen an den vorgesehenen Stellen.

Bei der Erzeugung der Bauteile besteht in der Matrix in der Regel ein Harzüberschuss, der für die integrale Ausbildung der Positionierhilfe mitgenutzt wird. Die
35 Ausbildung der Positionierhilfen 10,11 erfolgt während der Durchführung des RTM-

- Prozesses. Zu diesem Zweck ist es lediglich erforderlich, die benutzten Formwerkzeuge mit einer Vertiefung zu versehen, deren Oberflächengeometrie der gewünschten späteren Form der Positionierhilfen 10,11 entspricht. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 weist die vordere Positionierhilfe 10 die räumliche Gestalt eines Zylinders auf, während die hinten liegende Positionierhilfe 11 kegelförmig ausgestaltet ist. Auf die Positionierhilfen 10,11 kann ein Reflektor im Idealfall spielfrei aufgesteckt werden, der in Verbindung mit einem so genannten Lasertracker (vgl. Fig. 2) eine hoch genaue Positionsmessung des Stringerprofils 2 in Relation zu einem weiteren nicht gezeigten Bauteil ermöglicht.
- Grundsätzlich können die Positionierhilfen 10,11 jede denkbare Oberflächengeometrie aufweisen, solange der Reflektor hinterschneidungsfrei und vor allem im Idealfall spielfrei auf die Positionierhilfen 10,11 aufbringbar ist. Da die Positionierhilfen 10,11 lediglich mit der Harzmatrix des Stringerprofils 2 hergestellt sind, lassen sich diese nach erfolgter Positionierung mittels des Lasertrackers beispielsweise durch Abschleifen, Abschneiden, Abschaben, Abfräsen, Abraspeln oder Abscheren im Bereich einer Sollbruchstelle schnell und rückstandsfrei vom Stringerprofil 2 entfernen. Abweichend von der gezeigten Anordnung der Positionierhilfen 10,11 auf der Mittellinie 9 können diese Positionierhilfen 10,11 an beliebigen Stellen auf dem Mittelabschnitt 3, im Bereich der Seitenflächen 5,6 und/oder im Bereich der Flansche 7,8 auf dem Stringerprofil 2 angeordnet sein, solange die genauen Raumkoordinaten der Position der Positionierhilfen 10,11 bestimmbar sind. Diese Raumkoordinaten sind in aller Regel aus den CAD-Geometriedaten der zur Herstellung des Stringerprofils 2 benutzten Formwerkzeuge mit hoher Genauigkeit ableitbar.
- Die **Fig. 2** zeigt eine vergrößerte perspektivische Ansicht des Strukturelements 1 bzw. des Ω -Stringerprofils 2 mit der zylindrischen Positionierhilfe 10 aus der Fig. 1. Auf die Positionierhilfe 10 ist ein Reflektor 12 als ein Ziel (s.g. "Target") für ein Lasermesssystem aufgesteckt. Zusätzlich kann die Positionierhilfe 10 eine Klemm- und/oder (Auf-)Rastvorrichtung aufweisen, um einen festen Sitz des Reflektors 12 auch über Kopf zu gewährleisten. Die Klemm- und/oder (Auf-)Rastvorrichtung ermöglicht nach der Beendigung des Einmessvorgangs das Ablösen des Reflektors 12 von der Positionierhilfe 10. Die (Auf-)Rastvorrichtung kann zum Beispiel mit einer federbelasteten Kugel im Bereich der Positionierhilfe 10 gebildet sein, die in eine korrespondierend ausgestaltete Ausnehmung des Reflektors 12 zumindest bereichsweise formschlüssig einbringbar ist. Der Reflektor 12 umfasst unter anderem eine Halterung 13 mit einer Kugel 14, wobei die Halterung 13 unterseitig eine Aus-

nehmung 15 aufweist, die zumindest bereichsweise formschlüssig auf die zylindrische Positionierhilfe 10 aufsteckbar bzw. mit dieser verbindbar ist, um zeitweilig eine weitgehend spielfreie mechanische Verbindung herzustellen. Darüber hinaus verfügt die Halterung 13 im Bereich einer Oberseite über eine leicht konkave bzw. kalottenförmige Vertiefung 16, in der die Kugel 14 gleichfalls im Idealfall spielfrei aufgenommen ist. Innerhalb der Kugel 14 befindet sich ein Prismenspiegel 17, der mit einem Laserstrahl 18 interagiert bzw. wechselwirkt, der von einem als Lasermesssystem dienenden Lasertracker 19 emittiert wird.

Bei dem Reflektor 12 bzw. dem Ziel für den Lasertracker 19 handelt es sich – einschließlich der darin enthaltenen Komponenten – um Standardbauteile aus der Messtechnik, die zum Beispiel von den Firmen Leica-Geosystems®, Faro® oder der Fa. API® Automated Precision Deutschland GmbH zur Verfügung gestellt werden. Aus der Wechselwirkung des Laserstrahls 18 mit dem Prismenspiegel 17 bzw. der Kugel 14 vermag der Lasertracker 19 eine hoch präzise räumliche Positionsangabe 20 des Prismenspiegels 17 im Reflektor 12 und damit des Stringerprofils 2 an dieser Position in Relation zum umgebenden Raum bzw. zu einem Bauteil 21 zu bestimmen. Bei diesem Bauteil 21 kann es sich beispielsweise um ein Hautfeld eines mittels des Stringerprofils 2 zu verstärkenden Schalenbauteils handeln. Die Positionsangabe 20 kann zum Beispiel in kartesischen Koordinaten mit einer Genauigkeit von bis zu 1/500 mm erfolgen. Grundsätzlich kann auf den beiden Positionierhilfen 10,11 jeder für den Betrieb mit dem Lasertracker 19 geeignete optische Reflektor 12 zeitweise befestigt werden, der in der Lage ist, mit dem Lasertracker 19 in Wechselwirkung zu treten, um die Positionsangabe 20 zu erzeugen und der spielfrei auf den Positionierhilfen 10,11 aufbringbar ist. In diesen Fällen ist die Halterung 13 (Adapter) bzw. die Kugel 14 nicht zwingend erforderlich. Weiterhin können beliebige Strukturelemente innerhalb einer Rumpffzellenstruktur eines Flugzeugs, wie zum Beispiel Spantsegmente, Querträger, Längsträger, Anbindungswinkel, Stützwinkel, Spantkämme oder Stabilisierungswinkel mit den erfindungsgemäßen Positionierhilfen 10,11 versehen und anschließend eingemessen werden. Die erfindungsgemäß an den Strukturelementen ausgebildeten Positionierhilfen 10,11 erlauben eine vollständige Vermessung einer ganzen Rumpffsektion einer Flugzeugrumpffzelle, wodurch etwaige Abweichungen von vorgegebenen Fertigungstoleranzen mit hoher Genauigkeit und mit geringem Arbeitsaufwand detektierbar sind.

Nach der erfolgten Ausrichtung des Stringerprofils 2 und dem anschließenden Aushärten des Bauteils 21 im Autoklaven wird das Bauteil 21 mit Hilfe der Positioniervorrichtung vermessen und danach der Reflektor 12 entfernt. Da die erfindungsge-

mäßigen Positionierhilfen 10,11 sehr klein bzw. kleinvolumig ausgelegt werden können, ist nicht zu erwarten, dass sie zu Beschädigungen des Vakuumsacks bzw. der Vakuumfolie führen. Die Positionierhilfen 10,11 können, wie vorstehend bereits erläutert, mechanisch abgetragen werden oder für nachfolgende Vermessungstätigkeiten am Bauteil verbleiben.

Somit lässt sich die räumliche Position des erfindungsgemäß mit mindestens einer Positionierhilfe 10,11 versehenen Stringerprofils 2 in Relation zum Bauteil 21 mit hoher Genauigkeit und sicher reproduzierbar bestimmen. Hierdurch wird die Ausrichtung bzw. die Positionierung des Stringerprofils 2 erheblich vereinfacht.

Die **Fig. 3** zeigt das auf dem Bauteil 21 angeordnete Stringerprofil 2 nach Fig. 2 bei einer Positionsbestimmung mittels eines vereinfacht dargestellten taktilen Messsystems.

Das taktilen Messsystem 22 verfügt über einen Messarm 23, der einen endseitig am Messarm 23 angeordneten Messadapter 24 aufweist. Der Messadapter 24 ist, wie durch die schwarzen und weißen Richtungspfeile angedeutet, frei im Raum, unter anderem parallel zur x-Achse, y-Achse und z-Achse eines Koordinatensystems 25 positionierbar. Zu diesem Zweck verfügt der Messarm 23 über eine Vielzahl von geraden Armabschnitten, die gelenkig miteinander verbunden sind. In der Regel verfügt der Messarm 23 über mindestens sechs Freiheitsgrade. In den Gelenkstellen befinden sich Wegaufnehmer, beispielsweise nicht dargestellte optische Drehwinkelgeber, um die räumliche Position des Messadapters 24 in Relation zum Koordinatensystem 25 mit hoher Genauigkeit erfassen zu können.

Zur Ermittlung der relativen Position des Ω -Stringerprofils 2 in Relation zum Koordinatensystem 25 und damit auch in Bezug auf das Bauteil 21, wird der Adapter 24 mittels des Messarms 23 so im Raum ausgerichtet, dass der Messadapter 24 in einen zumindest bereichsweisen Formschluss mit der hinteren, auf dem Ω -Stringerprofil 2 ausgebildeten, kegelförmigen Positionierhilfe 11 kommt. Zu diesem Zweck verfügt der zylindrische Messadapter 24 unterseitig über eine hohlkegelförmige Ausnehmung 26, die korrespondierend (zumindest bereichsweise formschlüssig) zur kegelförmigen Oberflächengeometrie der Positionierhilfe 11 ausgestaltet ist. Alternativ kann auch die vordere, zylindrische Positionierhilfe 10 angefahren werden, sofern der Messadapter 24 unterseitig über eine entsprechend ausgebildete Ausnehmung verfügt, die temporär eine zumindest bereichsweise formschlüssige Verbindung mit dem Messadapter 24 ermöglicht.

Die auf diese Weise ermittelte Raumposition des Messadapters 24 wird innerhalb des taktilen Messsystems durch die Wegaufnehmer mit hoher Genauigkeit erfasst, digitalisiert und anschließend in eine Positionsangabe 27 umgewandelt. Die Positionsangabe 27 gibt die relative Position des Ω -Stringerprofils 2 in Bezug auf das Koordinatensystem 25 in geeigneten Koordinaten, wie zum Beispiel in kartesischen, 5 zylindrischen oder polaren Koordinaten an.

Der Einsatz des taktilen Messsystems 22 ermöglicht im Vergleich zu einem Lasermesssystem, insbesondere einem Lasertracker, zwar keine berührungslose Messung, jedoch eine deutlich verbesserte Messgenauigkeit bei größeren Entfernungen zum Messobjekt und/oder großformatigen Messobjekten. Denn die Messunsicherheit eines Lasertrackers steigt mit zunehmendem Abstand zwischen dem Lasertracker und dem Reflektor erheblich an. Bei einer Entfernung von zum Beispiel 30 m zwischen dem Lasertracker und dem Reflektor, ist mit einem Lasertracker in der Regel nur noch eine Messgenauigkeit in der Größenordnung von etwa 0,1 mm er- 15 reichbar.

Anstelle des in Fig. 3 exemplarisch dargestellten taktilen Messsystems 22 mit einem viele Freiheitsgrade umfassenden Messarm 23 zur Führung des Messadapters 24, kann der Messadapter 24 auch an einer die einzumessenden Bauteile überlaufenden Portalanordnung geführt sein, um insbesondere bei großformatigen Bauteilen die Messunsicherheit zu verringern. Die Portalanordnung kann auf zwei, beidseitig 20 von den zu vermessenden Bauteilen angeordneten, parallel zueinander verlaufenden Schienen verschiebbar gelagert sein.

Bezugszeichenliste

	1	Strukturelement	
	2	Ω -Stringerprofil	
5	3	Mittelabschnitt	
	4	Deckfläche	} Ω -Stringerprofil
	5	Seitenfläche	
	6	Seitenfläche	
	7	Flansch	
10	8	Flansch	
	9	Mittellinie	
	10	Positionierhilfe	
	11	Positionierhilfe	
	12	Reflektor	
15	13	Halterung	
	14	Kugel	
	15	Ausnehmung	
	16	Vertiefung	
	17	Prismenspiegel	
20	18	Laserstrahl	
	19	Lasertracker	
	20	Positionsangabe (Ω -Stringerprofil)	
	21	Bauteil	
	22	taktiler Messsystem	
25	23	Messarm	
	24	Messadapter	
	25	Koordinatensystem	
	26	Ausnehmung (Messadapter)	
	27	Positionsangabe (Ω -Stringerprofil)	

Patentansprüche

1. Strukturelement (1) für eine Rumpffzellenstruktur eines Flugzeugs, insbesondere ein Stringerprofil (2) oder ein Ringspantsegment, wobei das Strukturelement (1) mit
5 einem Verbundmaterial, insbesondere mit einem kohlefaserverstärkten Epoxidharz, gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strukturelement (1) mindestens eine Positionierhilfe (10,11) zur Positionsbestimmung mit einem Messsystem aufweist.
- 10 2. Strukturelement (1) nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messsystem ein Lasermesssystem und/oder ein taktilen Messsystem (22) ist.
3. Strukturelement (1) nach Patentanspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionierhilfe (10,11) mit einem Ziel, insbesondere mit einem Reflektor
15 (12), zur Positionsbestimmung mit dem Lasermesssystem verbindbar ist.
4. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Positionierhilfe (10,11) als integraler Teil zum
20 Strukturelement (1) ausgebildet ist.
5. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Positionierhilfe (10,11) an einer räumlich definierten Position am Strukturelement (1) ausgebildet ist.
- 25 6. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Positionierhilfe (10,11) mechanisch, insbesondere durch Abschleifen, Abraspeln, Abfräsen, Abbrechen, Abschneiden oder eine beliebige Kombination hiervon, vom Strukturelement (1) entfernbar ist.
- 30 7. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lasermesssystem insbesondere ein Lasertracker (19) ist.
8. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionierhilfe oder die Positionierhilfen (10,11) eine derartige
35 Formgebung aufweisen, die ein zumindest bereichsweise formschlüssiges und im Wesentlichen spielfreies Anordnen eines Reflektors (12) als Ziel erlauben.

9. Strukturelement (1) nach Patentanspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Positionierhilfe (10,11) insbesondere die Gestalt eines Zylinders, eines Kegels, einer Pyramide oder eines Kegelstumpfes aufweist und bevorzugt mit einem Matrixmaterial des Strukturelements (1), insbesondere mit einem Epoxidharz, gebildet ist.

10. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor (12) ein Spiegel, insbesondere ein Prismenspiegel (17) ist, der in einer Halterung (13) aufgenommen ist, wobei die Halterung (13) auf die Positionierhilfe (10,11) zumindest bereichsweise formschlüssig aufsteckbar ist.

11. Strukturelement (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des Lasermesssystems eine räumliche Position zwischen dem Strukturelement (1) und einem weiteren Bauteil (21), insbesondere einem Schalensegment und/oder einem Koordinatensystem eines dreidimensionalen Raumes, ermittelbar ist.

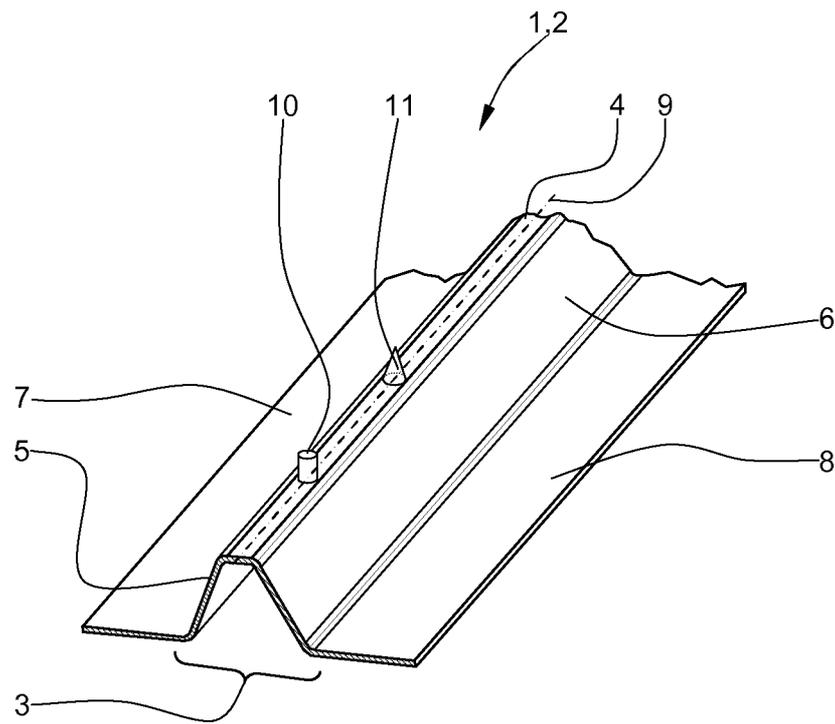


Fig. 1

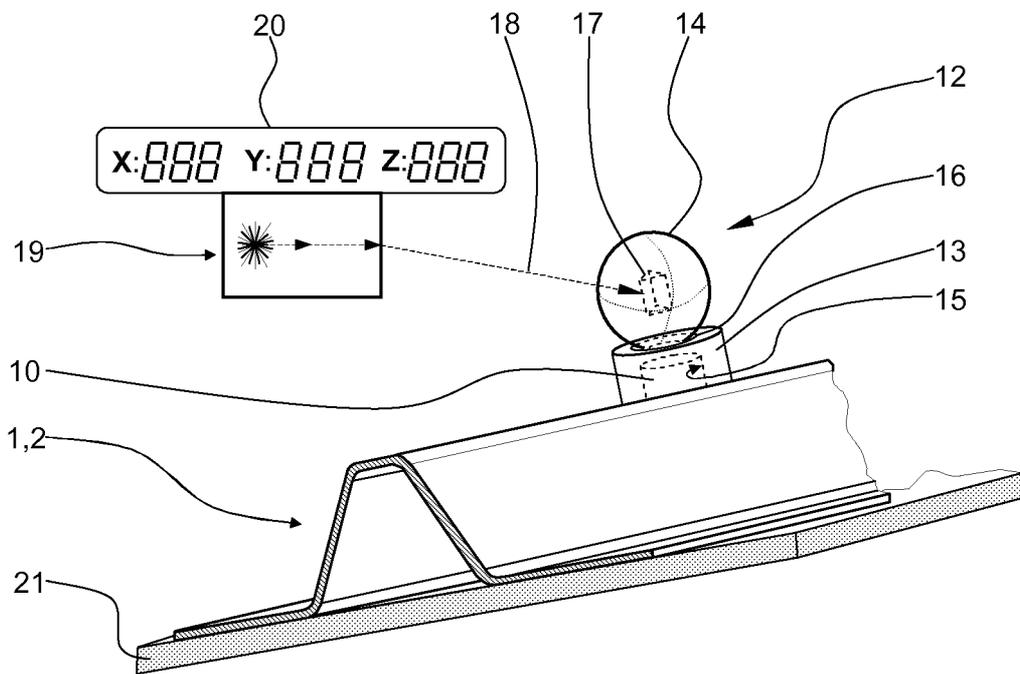


Fig. 2

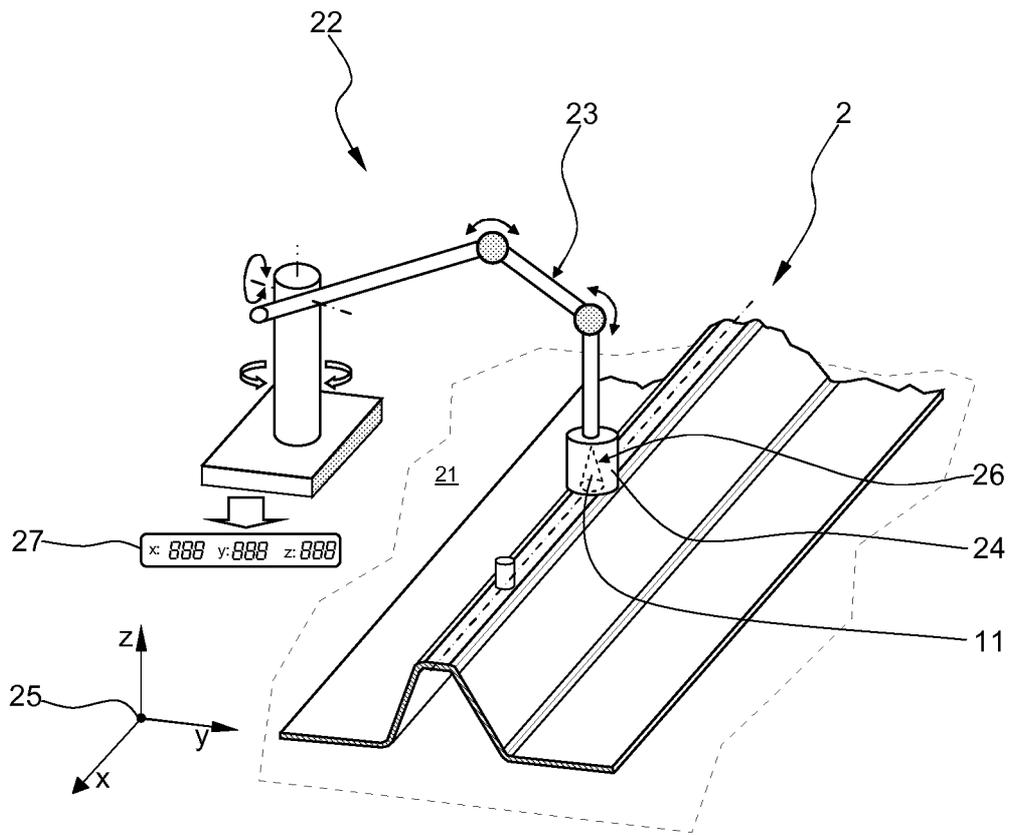


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/065001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B21/04 B64C1/06 B64F5/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B B64C B64F

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/171821 A1 (CLOUD DAVID J [US] ET AL) 21 November 2002 (2002-11-21) paragraphs [0004] - [0013], [0018] - [0029] figure 1	1-3,5-9, 11
A	EP 0 957 335 A2 (NORTHROP GRUMMAN CORP A DELAWA [US] VOUGHT AIRCRAFT IND INC [US]) 17 November 1999 (1999-11-17) paragraphs [0006], [0011] - [0028] figures 1-3	1-3,5,7, 8,11
A	DE 10 2006 019917 A1 (AIRBUS GMBH [DE]) 8 November 2007 (2007-11-08) paragraphs [0007] - [0024], [0029] - [0055] figure 2	1-3,5,7, 8
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 April 2010

Date of mailing of the international search report

15/04/2010

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fernández Plaza, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/065001

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	EP 2 112 463 A1 (AFM TECHNOLOGY GMBH [DE]) 28 October 2009 (2009-10-28) paragraphs [0006] - [0025], [0028] - [0035] figures 1-3 -----	8-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/065001

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002171821	A1	21-11-2002	NONE	
EP 0957335	A2	17-11-1999	CA 2270494 A1 DE 69930782 T2 JP 2000006897 A US 6230382 B1	11-11-1999 16-11-2006 11-01-2000 15-05-2001
DE 102006019917	A1	08-11-2007	CA 2646537 A1 CN 101427191 A EP 2013670 A1 WO 2007125097 A1 JP 2009535612 T US 2010049354 A1	08-11-2007 06-05-2009 14-01-2009 08-11-2007 01-10-2009 25-02-2010
EP 2112463	A1	28-10-2009	WO 2009130024 A1	29-10-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01B21/04 B64C1/06 B64F5/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01B B64C B64F

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/171821 A1 (CLOUD DAVID J [US] ET AL) 21. November 2002 (2002-11-21) Absätze [0004] - [0013], [0018] - [0029] Abbildung 1	1-3, 5-9, 11
A	EP 0 957 335 A2 (NORTHROP GRUMMAN CORP A DELAWA [US] VOUGHT AIRCRAFT IND INC [US]) 17. November 1999 (1999-11-17) Absätze [0006], [0011] - [0028] Abbildungen 1-3	1-3, 5, 7, 8, 11
A	DE 10 2006 019917 A1 (AIRBUS GMBH [DE]) 8. November 2007 (2007-11-08) Absätze [0007] - [0024], [0029] - [0055] Abbildung 2	1-3, 5, 7, 8
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. April 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/04/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Fernández Plaza, P

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A, P	EP 2 112 463 A1 (AFM TECHNOLOGY GMBH [DE]) 28. Oktober 2009 (2009-10-28) Absätze [0006] - [0025], [0028] - [0035] Abbildungen 1-3 -----	8-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/065001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002171821 A1	21-11-2002	KEINE	
EP 0957335 A2	17-11-1999	CA 2270494 A1 DE 69930782 T2 JP 2000006897 A US 6230382 B1	11-11-1999 16-11-2006 11-01-2000 15-05-2001
DE 102006019917 A1	08-11-2007	CA 2646537 A1 CN 101427191 A EP 2013670 A1 WO 2007125097 A1 JP 2009535612 T US 2010049354 A1	08-11-2007 06-05-2009 14-01-2009 08-11-2007 01-10-2009 25-02-2010
EP 2112463 A1	28-10-2009	WO 2009130024 A1	29-10-2009