

(19)



(11)

**EP 2 653 626 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**23.10.2013 Patentblatt 2013/43**

(51) Int Cl.:  
**E04B 1/19 (2006.01) A63H 33/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **12002760.2**

(22) Anmeldetag: **20.04.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

- **Danzer, Martin**  
**81929 München (DE)**
- **Rogler, Bernhard**  
**5020 Salzburg (AT)**

(71) Anmelder: **Festo AG & Co. KG**  
**73734 Esslingen (DE)**

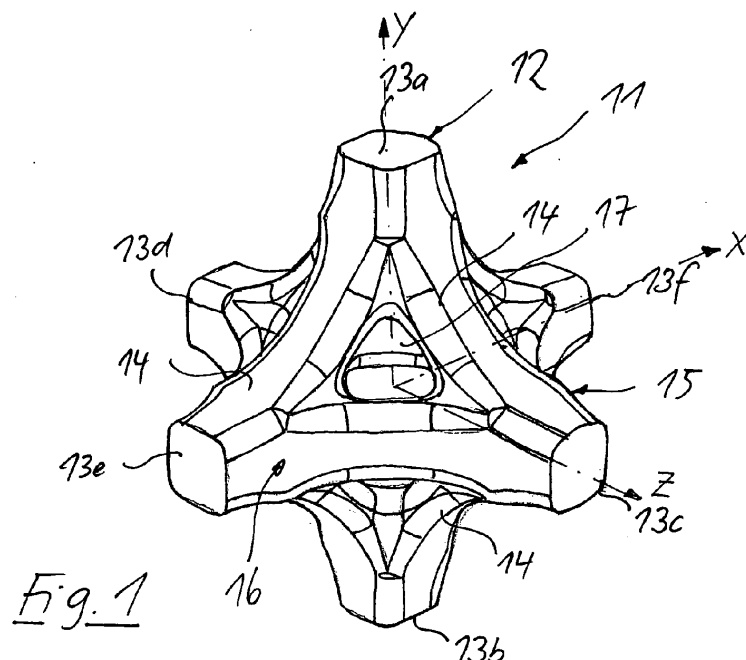
(74) Vertreter: **Vogler, Bernd et al**  
**Patentanwälte**  
**Magenbauer & Kollegen**  
**Ploching Strasse 109**  
**73730 Esslingen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Thallemer, Axel**  
**80796 München (DE)**

### (54) Leichtbaustruktur

(57) Es wird eine Leichtbaustruktur vorgeschlagen, mit wenigstens einer Struktureinheit (12), die über sechs Stützpunkte (13a-13f) verfügt, die paarweise derart auf den drei Koordinatenachsen eines durch X-, Y- und Z-Koordinaten aufgespannten kartesischen Koordinatensystems liegen, dass die auf der jeweils gleichen Achse liegenden Stützpunkte (13a-13f) mit gleichem Abstand beidseits des Koordinatensystems angeordnet sind, wo-

bei jeder Stützpunkt (13a-13f) mit allen anderen Stützpunkten (13a-13f), ausgenommen mit dem auf der gleichen Koordinatenachse gegenüberliegenden, mittels je mindestens eines Stützstabes (14) zug- und druckfest verbunden ist, derart, dass sich in jeder aus zwei Koordinatenachsen aufgespannten Ebene ein sich aus vier an Stützpunkten (13a-13f) miteinander verbundenen Stützstäben zusammengesetzter Stützrahmen gebildet ist.



**EP 2 653 626 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Leichtbaustruktur, die beispielsweise als Strukturbauteil in verschiedenen Bereichen Anwendung findet.

**[0002]** Leichtbaustrukturen sind bereits seit langem bekannt. Der Hauptgrund für den Einsatz von Leichtbaustrukturen ist die Gewichtsreduktion. Daher finden Leichtbaustrukturen beispielsweise Anwendung im Flugzeugbau, in der Automobilindustrie und in der Bauindustrie, insbesondere beim Bau von Gebäuden.

**[0003]** Leichtbaustrukturen können auf unterschiedliche Arten gebildet werden. Es ist möglich, dass Leichtbaumaterial eingesetzt wird, d.h. die Leichtbaustruktur und die Gewichtsersparnis resultieren aus den Materialeigenschaften. Hier sind beispielsweise die aus dem Automobilbau bekannten Aluminium- oder Magnesium-Komponenten zu nennen. Diese bieten einen erheblichen Gewichtsvorteil gegenüber Stahlblech-Komponenten. Selbstverständlich ist auch der Einsatz von Nichtmetall-Komponenten, beispielsweise Kunststoff-Komponenten als Leichtbaumaterial denkbar.

**[0004]** Ein anderer Ansatz ist, die Leichtbaustruktur dadurch zu bilden, dass herkömmlich verwendetes Material mit Material-Ausmagerungen versehen wird, so dass das durch die Material-Ausmagerungen eingesparte Material die Gewichtsreduktion ergibt.

**[0005]** Schließlich ist noch ein weiterer Ansatz denkbar, nämlich dass die Leichtbaustruktur als räumliches Gitter ausgebildet ist.

**[0006]** Allen Leichtbaustrukturen ist jedoch gemein, dass die Gewichtsreduktion nicht zu Lasten der Stabilität des gesamten Systems gehen darf. Leichtbaumaterialien sind daher derart auszuwählen, dass deren Materialeigenschaften für den Anwendungszweck eine hinreichende Stabilität gewährleisten. Ist die Stabilität nicht ausreichend, ist es beispielsweise möglich, die Leichtbaustrukturen als Komponenten eines Verbundwerkstoffes einzusetzen, der dann insgesamt eine höhere Stabilität besitzt.

**[0007]** Bei dem oben genannten Anwendungsfall, dass die Leichtbaustrukturen mittels Material-Ausmagerungen geschaffen werden, ergibt sich ein Stabilitätsproblem. Derartige Leichtbaustrukturen lassen sich daher nur dort einsetzen, wo relativ geringe Kräfte auf die Leichtbaustruktur wirken.

**[0008]** Bei der Ausgestaltung der Leichtbaustruktur als räumliches Gitter besteht der Bedarf eine Gitterstruktur bereitzustellen, die in Abhängigkeit vom Anwendungsfall hinreichende Stabilität und Steifigkeit aufweist.

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Leichtbaustruktur zu schaffen, die gegenüber den aus dem Stand der Technik genannten Leichtbaustrukturen, insbesondere solchen die aus einem räumlichen Gitter bestehen, eine erhöhte Stabilität aufweist und daher ein breiteres Anwendungsspektrum bietet.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch eine Leichtbaustruktur mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1

gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Leichtbaustruktur weist wenigstens eine Struktureinheit auf, die über sechs Stützpunkte verfügt, die paarweise derart auf den drei Koordinatenachsen eines durch X-, Y- und Z-Koordinaten aufgespannten kartesischen Koordinatensystems liegen, dass die auf der jeweils gleichen Achse liegenden Stützpunkte mit gleichem Abstand beidseits des Koordinatensystems angeordnet sind, wobei jeder Stützpunkt mit allen anderen Stützpunkten, ausgenommen mit dem auf der gleichen Koordinatenachse gegenüberliegenden, mittels je mindestens eines Stützstabes zug- und druckfest verbunden ist, derart, dass in jeder aus zwei Koordinatenachsen aufgespannten Ebene ein sich aus vier an Stützpunkten miteinander verbundenen Stützstäben zusammengesetzter Stützrahmen gebildet ist.

**[0012]** Ein ganz wesentlicher Effekt der Erfindung ist also, dass durch die an den Stützpunkten miteinander verbundenen Stützstäbe ein spezielles, kraftflussoptimiertes Raumgitter geschaffen wird, wodurch eingeleitete Kräfte und Momente optimal abgeleitet werden. Außerdem ergibt die Stabkonstruktion aus einzelnen Stützstäben einen erheblichen Gewichtsvorteil gegenüber Strukturen aus Vollmaterial.

**[0013]** In besonders bevorzugter Weise sind die Stützstäbe jeweils konkav gekrümmt, insbesondere stetig konkav gekrümmt ausgebildet. Eine derartige Ausgestaltung wirkt sich besonders günstig auf den Kraftfluss aus.

**[0014]** Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die Struktureinheit oktaederartig ausgebildet.

**[0015]** In besonders bevorzugter Weise sind mehrere Struktureinheiten zu einer Struktureinheit-Cluster verbunden. Oktaederartige Struktureinheiten können also zu einem Oktaeder-Cluster verbunden sein.

**[0016]** Besonders bevorzugt sind innerhalb eines Struktureinheit-Clusters einander benachbarte Struktureinheiten an den einander zugewandten Stützpunkten der einen und der anderen Struktureinheit miteinander verbunden. Zweckmäßigerweise sind die Stützpunkte direkt ohne Zwischenschaltung anderer Bauteile miteinander verbunden. Die Stützpunkte können also einstückig miteinander verbunden sein.

**[0017]** Bei einer Weiterbildung der Erfindung weist der Struktureinheit-Cluster eine flächige Außenhülle mit Lochmuster auf. Dies kann beispielsweise dadurch erzielt werden, dass der Cluster in XY-, XZ oder YZ-Ebene jeweils durch die Mittelpunkte der in diesen Ebenen liegenden Stützpunkte geschnitten ist. Die Form der Löcher bzw. Öffnungen kann kreisrund, elliptisch, parabelartig oder hyperbelartig ausgestaltet sein.

**[0018]** Es ist möglich, dass der Struktureinheit-Cluster quaderförmig, insbesondere nach Art eines Kubus ausgebildet ist. Es sind jedoch auch andere geometrische Formen denkbar, beispielsweise kann der Struktureinheit-Cluster als Rhombus, Zylinder usw. ausgestaltet sein. Der Struktureinheit-Cluster kann prinzipiell in jeder erdenklichen Raumform ausgestaltet sein, die entsteht,

wenn Zug- oder Druckkräfte auf den Cluster einwirken und diesen dabei charakteristisch verformen.

**[0019]** Bei einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Stützstäbe jeweils einen quadratischen, mit abgerundeten Ecken ausgebildeten Stabquerschnitt auf. Dieser kraftflussoptimierte Stabquerschnitt kann beispielsweise aus der Natur aus idealisierten Formen abgeleitet sein, beispielsweise aus Luftwurzeln von Pflanzen.

**[0020]** Die Erfindung betrifft ferner noch die Verwendung einer Leichtbaustruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 als Komponente einer Greifeinrichtung.

**[0021]** Die Greifeinrichtung kann beispielsweise auf Basis einer kinematischen Kette ausgebildet sein. Als Beispiel ist ein Greifer zu nennen, der auf dem Prinzip der Watt'schen oder Stephenson'schen Kopplung basiert. Bei einer Watt'schen-Kette handelt es sich um eine sechsgliedrige kinematische Kette mit einem Freiheitsgrad. Die Watt'sche-Kette weist zwei starre Dreiecke auf, die jeweils ein Getriebeglied eines Gelenkgetriebes bilden. Die starren Dreiecke sind jeweils aus drei zueinander ortsfest angeordneten Gelenken aufgespannt, wobei die beiden starren Dreiecke im Fall der Watt'schen-Kette über ein Gelenk miteinander gekoppelt sind, d.h. ein Gelenk des einen starren Dreiecks ist auch ein Gelenk des anderen starren Dreiecks. Es handelt sich also hierbei um eine Dreieckskopplung an einem Punkt. Bei der Stephenson'schen Kette handelt es sich ebenfalls um eine sechsgliedrige kinematische Kette. Hier sind ebenfalls zwei starre Dreiecke vorgesehen, die jedoch im Unterschied zur Watt'schen-Kette über eine Strecke, d.h. über ein weiteres Getriebeglied miteinander gekoppelt sind.

**[0022]** Es ist also möglich, dass einzelne oder sämtliche Getriebeglieder des Gelenkgetriebes einer derartigen Greifeinrichtung aus einer derartigen Leichtbaustruktur bestehen.

**[0023]** Die Erfindung umfasst ferner die Verwendung einer Leichtbaustruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 als Fachwerkstruktur, insbesondere Fachwerkträger. Mit derartigen Fachwerkträgern lassen sich beispielsweise Gebäude, insbesondere Hochhäuser bauen, die ein viel geringeres Gesamtgewicht gegenüber herkömmlich gebauten Hochhäusern besitzen.

**[0024]** Schließlich umfasst die Erfindung die Verwendung einer Leichtbaustruktur als Stützstruktur, insbesondere Stützstrebe in Fluggeräten, beispielsweise Flugzeugen. Vor allem im Flugzeugbau ist eine Gewichtsreduktion einzelner Komponenten bei gleicher Stabilität von großem Interesse.

**[0025]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Struktureinheit und

Figur 2 eine perspektivische Darstellung eines aus

mehreren Struktureinheiten gemäß Figur 1 bestehenden Struktureinheit-Clusters.

**[0026]** Die Figuren 1 und 2 zeigen ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Leichtbaustruktur 11.

**[0027]** Wie in Figur 1 dargestellt, weist die Leichtbaustruktur 11 wenigstens eine Struktureinheit 12 auf. Die Struktureinheit 12 verfügt über sechs Stützpunkte 13a-13f, die paarweise derart an drei Koordinatenachsen eines durch X-, Y und Z-Koordinaten aufgespannten kartesischen Koordinatensystems liegen, dass die auf der jeweils gleichen Koordinatenachse liegenden Stützpunkte 13a, 13b; 13c, 13d; 13e, 13f mit gleichem Abstand beidseits des Koordinatensystems angeordnet sind, wobei jeder Stützpunkt 13a-13f mit allen anderen Stützpunkten 13a-13f, ausgenommen mit dem auf der gleichen Koordinatenachse gegenüberliegenden, mittels je mindestens eines stetig konkav gekrümmten Stützstabes 14 zug- und druckfest verbunden sind, derart, dass in jeder aus zwei Koordinatenachsen aufgespannten Ebene ein sich aus vier an Stützpunkten 13a-13f miteinander verbundenen Stützstäben 14 zusammengesetzter Stützrahmen 15 gebildet ist.

**[0028]** Ein Charakteristikum der Stützstäbe 14 ist, dass sie zwischen den jeweiligen Stützpunkten 13a-13f krümmungsstetig ausgebildet sind, was einen optimalen Kraftfluss zwischen den Stützpunkten 13a-13f gewährleistet. Die Stützstäbe 14 haben also einen kurvenförmigen Verlauf in Form von Ziehkurven oder tangential oder krümmungsstetig angepassten Kurven.

**[0029]** Die Stützstäbe 14 besitzen jeweils einen quasi-quadratischen Stabquerschnitt, der an vier Ecken jeweils abgerundet ist.

**[0030]** Wie in Figur 1 gezeigt, ist die Struktureinheit 12 oktaederartig ausgebildet, wobei acht konkav gekrümmte und von jeweils einem in X-, Y- und Z-Richtung verlaufenden Stützstab 14 umrandete Flächengebilde 16 ausgebildet sind, die jeweils mittig eine fensterartige Durchbrechung 17 aufweisen.

**[0031]** Fig. 2 zeigt ein aus einer Vielzahl von Struktureinheiten 12 zusammengesetzter Struktureinheit-Cluster 18. Hier sind benachbarte Struktureinheiten 12 an den einander zugewandten Stützpunkten 13a-13f einstückig miteinander verbunden. Die Erstreckung erfolgt in alle Koordinatenrichtungen.

**[0032]** Wie weiter in Fig. 2 zu erkennen, besitzt der Struktureinheit-Cluster 18 eine flächige Außenhülle 19, die dadurch entstanden ist, dass beispielsweise wie in Fig. 2 gezeigt in der XY-Ebene durch die Mittelpunkte der sich dort in dieser Ebene erstreckenden Stützpunkte 13a-13f geschnitten ist. Dadurch entsteht an der Außenhülle 19 ein Lochmuster 20 mit kreisrunden Löchern 21. Es ist möglich, dass an den oberflächlich auftretenden Kreisöffnungen an den Kanten Materialanhäufungen ausgebildet sind.

**[0033]** Ein derartiges Struktureinheit-Cluster 18 kann beispielsweise bei Komponenten der zuvor erwähnten

nach Art einer Watt'schen oder Stephenson'schen Kette ausgebildeten Greifeinrichtungen eingesetzt werde. Beispielsweise können Getriebeglieder eines Gelenkgetriebes aus solchen Struktureinheit-Clustern 18 bestehen. Dies bringt einen erheblichen Gewichtsvorteil gegenüber aus Vollmaterial hergestellten Komponenten.

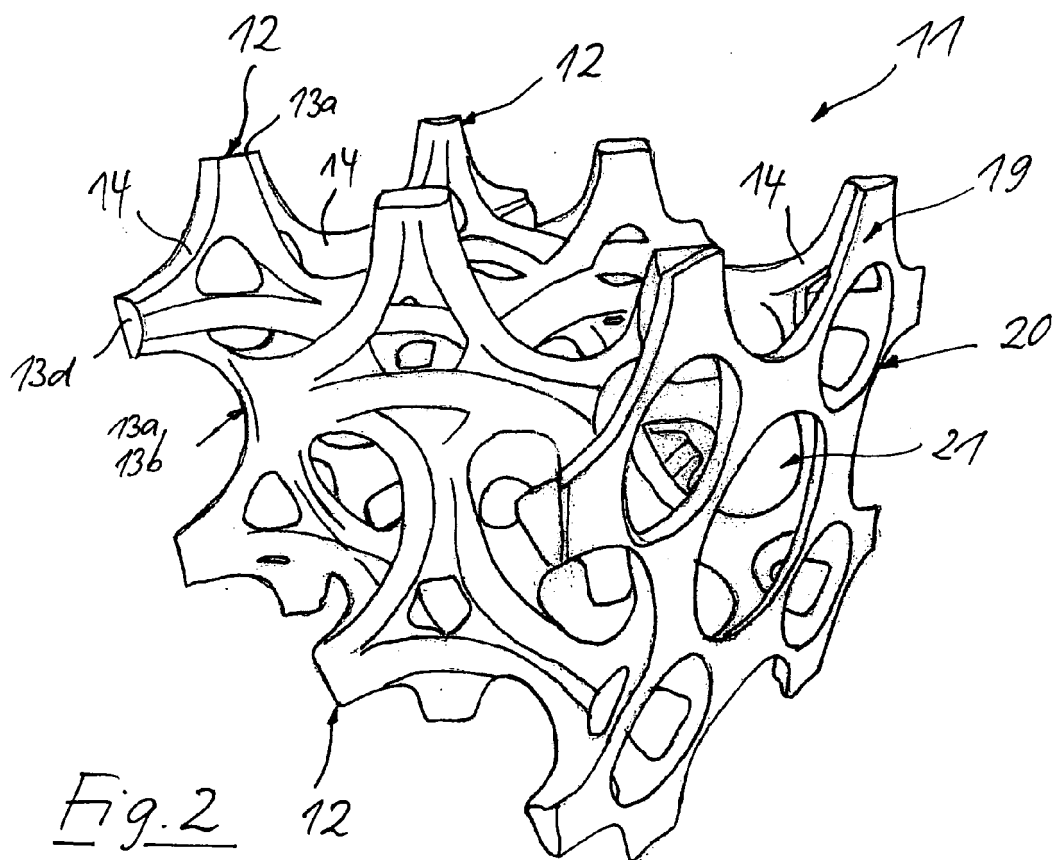
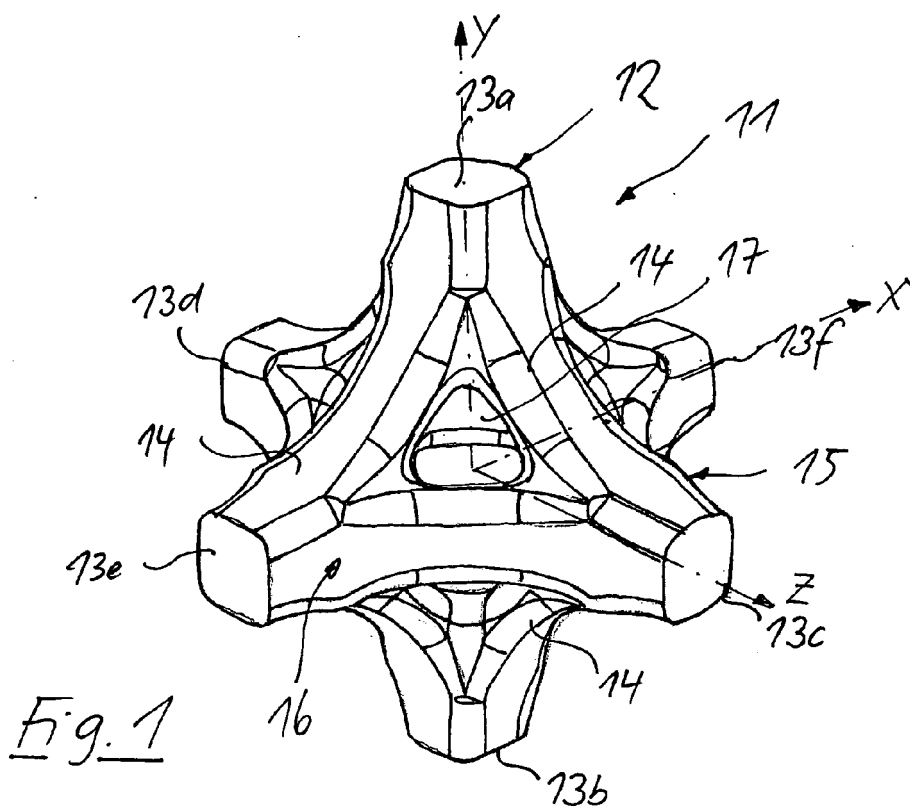
**[0034]** Ein weiterer Anwendungsfall ist insbesondere der Hochhausbau. Die grazilen, kraftflussoptimierten und damit stabilen sowie leichten Cluster können als Fachwerkträger eingesetzt werden und bringen hier erhebliche Vorteile.

#### Patentansprüche

1. Leichtbaustruktur, mit wenigstens einer Struktureinheit (12), die über sechs Stützpunkte (13a-13f) verfügt, die paarweise derart auf den drei Koordinatenachsen eines durch X-, Y- und Z- Koordinaten aufgespannten kartesischen Koordinatensystems liegen, dass die auf der jeweils gleichen Koordinatenachse liegenden Stützpunkte (13a-13f) mit gleichem Abstand beidseits des Koordinatensystems angeordnet sind, wobei jeder Stützpunkt (13a-13f) mit allen anderen Stützpunkten (13a-13f), ausgenommen mit dem auf der gleichen Koordinatenachse gegenüberliegenden, mittels je mindestens eines Stützstabes (14) zug- und druckfest verbunden ist, derart, dass sich in jeder aus zwei Koordinatenachsen aufgespannten Ebene ein sich aus vier an Stützpunkten (13a-13f) miteinander verbundenen Stützstäben (14) zusammengesetzter Stützrahmen (15) gebildet ist. 5
2. Leichtbaustruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützstäbe (14) jeweils konkav gekrümmt, insbesondere stetig konkav gekrümmt, ausgebildet sind. 10
3. Leichtbaustruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Struktureinheit (12) oktaederartig ausgebildet ist. 15
4. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Struktureinheiten (12) zu einem Struktureinheit-Cluster (18) verbunden sind. 20
5. Leichtbaustruktur nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb eines Struktureinheit-Clusters (18) einander benachbarte Struktureinheiten (12) an den einander zugewandten Stützpunkten (13a-13f) der einen und der anderen Struktureinheit (12) miteinander verbunden sind. 25
6. Leichtbaustruktur nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Struktureinheit-Cluster (18) eine flächige Außenhülle (19) mit Lochmuster 30

(20) aufweist.

7. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Struktureinheit-Cluster (18) quaderförmig ausgebildet ist. 35
8. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützstäbe (14) jeweils einen quadratischen mit abgerundeten Ecken ausgebildeten Stabquerschnitt aufweisen. 40
9. Verwendung einer Leichtbaustruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 als Komponente einer Greifeinrichtung (11). 45
10. Verwendung einer Leichtbaustruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 als Fachwerkstruktur, insbesondere Fachwerkträger. 50
11. Verwendung einer Leichtbaustruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 als Stützstrebe in Fluggeräten, beispielsweise Flugzeugen. 55





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 12 00 2760

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 154 577 A1 (EUROP PROPULSION [FR]) 11. September 1985 (1985-09-11) * Seite 1, Zeile 29 - Zeile 34; Abbildung 4 *	1-11	INV. E04B1/19 A63H33/06
X	WO 96/09447 A1 (IVERSON JEFFREY B [US]) 28. März 1996 (1996-03-28) * Abbildungen 1, 4 *	1,3-5, 7-11	
X	US 4 869 041 A (CHU RUSSELL [US]) 26. September 1989 (1989-09-26) * Abbildung 6 *	1,3-5,10	
X	GB 2 132 306 A (SATTERWHITE RANDALL GRIFFIN) 4. Juli 1984 (1984-07-04) * Abbildung 5 *	1,3-7	
X	US 3 830 011 A (OCHRYMOWICH S) 20. August 1974 (1974-08-20) * Abbildung 14 *	1,3	
X	US 5 473 852 A (LINDSEY KEVIN [GB]) 12. Dezember 1995 (1995-12-12) * Abbildung 13 *	1,3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E04B A63H E04C E04H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 11. Oktober 2012	Prüfer Topcuoglu, Sadik Cem
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 00 2760

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0154577	A1	11-09-1985	CA 1249411 A1	31-01-1989
			DE 3565141 D1	27-10-1988
			EP 0154577 A1	11-09-1985
			FR 2559813 A1	23-08-1985
			JP 60195250 A	03-10-1985
			US 4612750 A	23-09-1986
WO 9609447	A1	28-03-1996	KEINE	
US 4869041	A	26-09-1989	KEINE	
GB 2132306	A	04-07-1984	KEINE	
US 3830011	A	20-08-1974	KEINE	
US 5473852	A	12-12-1995	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82