

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 838 656 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
29.04.1998 Patentblatt 1998/18

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F42B 10/64

(21) Anmeldenummer: 97114018.1

(22) Anmeldetag: 14.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(71) Anmelder:  
Daimler-Benz Aerospace  
Aktiengesellschaft  
81663 München (DE)

(30) Priorität: 04.09.1996 DE 19635847

(72) Erfinder:  
Hetzler, Walter, Dipl.-Ing.  
85630 Grasbrunn (DE)

#### (54) Lenkflugkörper mit Staustrahlantrieb

(57) Lenkflugkörper mit Staustrahlantrieb, mit einem den Zellenquerschnitt ausfüllenden Triebwerk, mit zwei äußeren Lufteinläufen im unteren Zellenbereich, welche mit Nachlaufschächten bis zum Heck führen, mit einem Heckleitwerk aus vier separat schwenkbaren Rudern in Form eines Diagonalkreuzes und mit einer starren Flügelanordnung in Flugkörpermitte oder vorderhalb.

heiten in Längs- und Umfangsrichtung des Lenkflugkörpers versetzt längs angeordnet.

Die kinematische Verbindung von der Antriebseinheit zum unteren Ruder bildet je eine Koppelstange mit Gelenken an beiden Enden.

Die kinematische Verbindung von der Antriebseinheit zum oberen Ruder bilden jeweils ein schwenkbarer Doppelhebel und eine Koppelstange mit Kugelgelenken an beiden Enden.

Zu jedem Ruder ist eine Antriebseinheit mit Linearbewegung vorhanden.

In jedem Nachlaufschacht sind zwei Antriebsein-

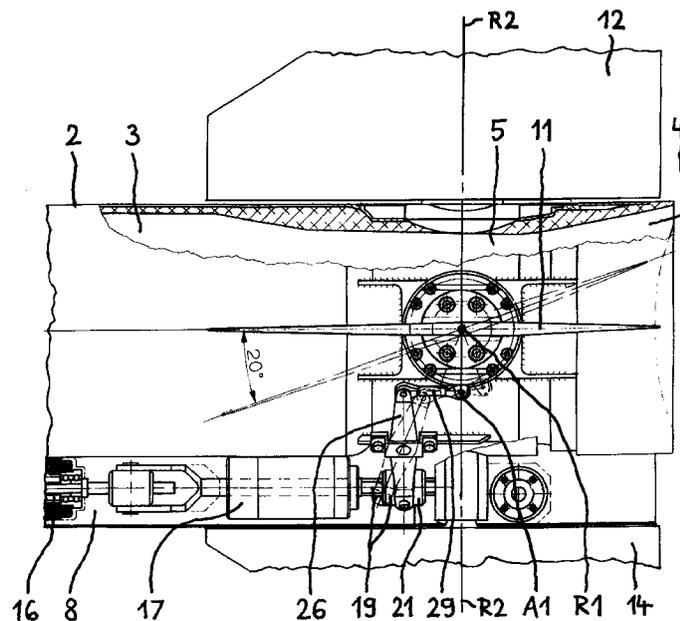


Fig. 3

EP 0 838 656 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Lenkflugkörper mit Staustrahlantrieb, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei Flugkörpern mit Strahltriebwerken ist es aus aerodynamischen und konstruktiven Gründen oft so, daß der Zellenquerschnitt nicht oder nur unwesentlich größer ist, als der maximale Triebwerksquerschnitt. Somit ist es in der Regel schwierig, im Triebwerksbereich zusätzliche Funktionselemente in die Zelle zu integrieren. Werden außenluftunabhängige Raketentriebwerke als Antriebe verwendet, so weisen diese aufgrund ihrer hohen Betriebsdrücke in der Regel einen stark eingeschnürten Düsenhals, d.h. einen stark reduzierten Durchmesser im Bereich zwischen Brennkammer und Schubdüse, auf. Da dieser Bereich meist mit dem Leitwerksbereich des Flugkörpers zusammenfällt bietet es sich an, hier Ruderservos, Gestänge, Ruderlager etc. in die Zelle zu integrieren. Zum Teil ist die Brennkammer im Querschnitt kleiner als die Schubdüse, so daß sich zusätzliche Einbaumöglichkeiten ergeben. Aus guten Gründen, z.B. des Wirkungsgrades und der Reichweite, geht der Trend jedoch zunehmend zu luftatmenden Antrieben. Insbesondere für kleinere bis mittlere Flugkörper bieten sich aufgrund ihrer einfachen, robusten und preiswerten Konstruktion Staustrahltriebwerke an. Da diese aber mit relativ niedrigen Betriebsdrücken arbeiten, benötigen sie relativ große Strömungsquerschnitte, wobei der Düsenhals nur geringfügig eingezogen ist. Somit führt diese Triebwerksart leider zu extrem beengten Einbauverhältnissen für die Ruderkinematik. Die Zellenkontur unterliegt häufig auch Schnittstellenforderungen seitens der Abschuß- bzw. Trägervorrichtungen, des Trägerflugzeuges selbst usw., insbesondere beim Ersatz existierender Flugkörper durch verbesserte Versionen, so daß auch örtlich begrenzte Querschnittserweiterungen oft nicht möglich sind.

Es sind Flugkörper bekannt, bei welchen außenseitig auf die Zellenkontur aufgesetzte Lufteinläufe primär aus strömungstechnischen Gründen in Form von Nachlaufschächten bis zum Flugkörperheck verlängert sind. Diese Nachlaufschächte können, falls nicht anderweitig genutzt, für die Installation von Elementen des Ruderantriebes verwendet werden.

Ausgehend von einer gattungsgemäßen Konfiguration mit vier radial angeordneten, separat schwenkbaren Rudern und mit zwei Nachlaufschächten im Bereich der beiden unteren Ruder besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen Lenkflugkörper mit Staustrahlantrieb zu schaffen, dessen Ruderstellensystem bestmöglich in die Zelle integriert ist und auch bei extremen mechanischen und thermischen Bedingungen die vorgegebenen Anforderungen, z.B. hinsichtlich Stellgenauigkeit und Stellgeschwindigkeit, voll erfüllt.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Kombination der Merkmale a) bis e)

gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

Die vier Antriebseinheiten mit linearer Stellbewegung für die vier Ruder sind örtlich konzentriert je paarweise in den beiden Nachlaufschächten angeordnet, wobei der doppelte Versatz - in Längs- und Umfangsrichtung des Flugkörpers - zusätzlich raumtechnische Vorteile bringt. Somit sind ausreichend große/starke Antriebe verwendbar, welche nicht in die Zelle selbst integriert werden müssen.

Die kinematische Verbindung Antrieb-Ruder erfolgt über relativ einfache, stabile und platzsparende Gestänge mit wenig Lagern und Gelenken, wobei an jedem Ruder ein definierter Gestängeanlenkpunkt vorgesehen ist.

Die Gestänge für die beiden unteren Ruder, bestehend aus je einer Koppelstange mit zwei Gelenken, sind - wie die Antriebseinheiten - auch vollständig in die Nachlaufschächte integriert.

Die Gestänge für die beiden oberen Ruder bestehen jeweils aus zwei gelenkig verbundenen Elementen, nämlich einem schwenkbar gelagerten Doppelhebel und einer Koppelstange mit räumlich beweglichen Gelenken. Sie führen aus den Nachlaufschächten heraus und sind bis hin zu den Rudern der räumlichen, i.w. zylindrischen Zellenkontur angepaßt.

In den Unteransprüchen 2 bis 8 sind bevorzugte Ausgestaltungen des Lenkflugkörpers nach dem Hauptanspruch gekennzeichnet.

Die Erfindung wird anschließend anhand der Figuren noch näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Lenkflugkörpers,

Fig. 2 eine seitliche Teilansicht eines Flugkörperhecks in Achsrichtung eines unteren Ruders mit Einblick in einen Nachlaufschacht,

Fig. 3 eine vergleichbare Teilansicht in Achsrichtung eines oberen Ruders,

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Flugkörper im Bereich der Ruder mit Blickrichtung von hinten.

Fig. 1 zeigt einen Lenkflugkörper 1 mit Staustrahlantrieb in perspektivischer Ansicht mit Blickrichtung schräg von links vorne sowie von oben. Zur Verdeutlichung ist ein orthogonales Achsenkreuz eingezeichnet, bei welchem die Längsachse mit X, die Querachse mit Y und die Hochachse mit Z bezeichnet sind. Flugmechanisch gesehen wären dies die Rollachse (X), die Nickachse (Y) und die Gierachse (Z). Es ist zu erkennen, daß die Zelle 2 des Lenkflugkörpers 1 eine weitgehend kreiszyklindrische Form besitzt, wobei der Durchmesser lokal etwas variiert. Zu erkennen sind auch die beiden im unteren Bereich von außen auf die

Zelle 2 aufgesetzten Lufterläufe 6, 7, welche in Form von Nachlaufschächten 8, 9 (hier nur 8 sichtbar) bis zum Flugkörperheck verlängert sind, was sowohl aerodynamische als auch konstruktive, insbesondere raumtechnische, Vorteile bringt. Für die aerodynamische Steuerung sind vier separat bewegliche Ruder 11 bis 14 (13 hier nicht sichtbar) in Form eines rechtwinkligen Diagonalkreuzes angeordnet, so daß man von zwei oberen Rudern 11, 12 und zwei unteren Rudern 13, 14 sprechen kann. Im mittleren bis vorderen Flugkörperbereich ist eine mit dem Ruderkreuz fluchtende Flügelanordnung 10 vorhanden, wobei die unteren Flügel nur noch als kurze Spitzen aus den Lufterläufen 6, 7 hervorstehen und mehr der mechanischen Führung/Fixierung, z.B. in einer Startvorrichtung, als der Aerodynamik dienen.

Fig. 2 zeigt i.w. die Antriebskinematik des linken unteren Ruders 14 in Blickrichtung von dessen Schwenkachse R2. Das rechte untere Ruder 13 sowie das linke obere Ruder 11 mit ihrer gemeinsamen Schwenkachse R1 sind - mit Bruchlinien zu den Außenbereichen hin - in Seitenansicht zu sehen, ebenso wie die horizontal angeordnete Zelle 2. Der Nachlaufschacht 8 ist graphisch aufgeschnitten, so daß sein Inneres einsehbar ist. Am weitesten links, d.h. in Flugrichtung vorne, befindet sich die Antriebseinheit 16 des Ruders 14, in Form eines büstenlosen Gleichstrom-Elektromotors mit Rollenspindeltrieb 18. Die Antriebseinheit 17 des Ruders 11 ist bezüglich der Einheit 16 sowohl in Längsrichtung als auch in Umfangsrichtung des Lenkflugkörpers 1 versetzt und liegt näher an der Ruderachseebene (R1, R2). Das Ruder 14 weist - hier senkrecht unterhalb seiner Schwenkachse R2 - einen Gestängeanlenkpunkt A2 auf. Zwischen diesem und der Mutter 20 des Rollenspindeltriebes 18 ist eine auf Zug und Druck belastbare Koppelstange 23 als kinematisches Verbindungsglied eingefügt. Diese weist gabelartige Gelenkenden 24, 25 auf, welche die Mutter 20 und den Ruderhebel umgreifen und mit diesen gelenkig verbunden sind. Da die Gelenkachsen G1, G2 und die Ruderschwenkachse R2 hier parallel sind, genügen Gelenke mit einem Freiheitsgrad, d.h. mit Schwenkbarkeit um eine Achse.

Fig. 3 zeigt i.w. die Antriebskinematik des linken oberen Ruders 11 in Blickrichtung seiner Schwenkachse R1. Das linke untere Ruder 14 sowie das rechte obere Ruder 12 mit ihrer gemeinsamen Schwenkachse R2 sind - Bruchlinien zu den radial äußeren Bereichen hin - in Seitenansicht zu sehen, ebenso wie die horizontal angeordnete Zelle 2. Letztere ist im oberen Bildbereich aufgeschnitten dargestellt, wobei auch der Strömungskanal des Triebwerkes im wandnahen Bereich zu sehen ist. Das Bezugszeichen 3 weist etwa in den Bereich des stromabwärtigen Staubrennkammerendes, das Bezugszeichen 5 in den Bereich des Düsenhalses und das Bezugszeichen 4 in den Bereich der Schubdüse, genauer gesagt in deren Austrittsquerschnitt. Es ist zu erkennen, daß die äußere Zellenwand

im Bereich des Düsenhalses 5 eine umlaufende Einschnürung aufweist, in welcher zumindest Teile der Ruderlagerung sowie des Rudergestänges untergebracht sind. Das Innere des Nachlaufschachtes 8 ist wieder einsehbar dargestellt, jedoch aus einer gegenüber Fig. 2 um 90° verschiedenen Blickrichtung. Links unten ist die Antriebseinheit 16 für das Ruder 14 im Teillängsschnitt zu sehen. Weiter rechts auf gleicher Höhe folgt die Antriebseinheit 17 des Ruders 11 - in Ansicht - mit ihrem Rollenspindeltrieb 19 einschließlich dessen Mutter 21. Der Gestängeanlenkpunkt des Ruders 11 ist mit A1 bezeichnet. Die Stellkraft- bzw. Stellbewegungsübertragung erfolgt von der Mutter 21 auf den um eine feste Achse schwenkbaren Doppelhebel 26 und weiter über eine mit letzterem gelenkig verbundene Koppelstange 29 auf den Punkt A1. Da die Ruderschwenkachse R1 und die Schwenkachse des Doppelhebels 26 weder parallel sind, noch sich schneiden, ist die Koppelstange 29 mit zwei räumlich beweglichen Kugelgelenken versehen. Die kinematische Anordnung gleicht einem sogenannten Watts-Gestänge, wobei sich durch geometrische Anpassung (Längen, Winkel, Achslagen) eine nahezu vollständige Linearität zwischen der Ein- und der Ausgangsbewegung erreichen läßt.

Fig. 4 zeigt in Ergänzung zu Fig. 3 einen Querschnitt durch die Zelle 2 in der Schwenkachsebene (R1, R2) der Ruder 11 bis 14, wobei der Schnittverlauf bereichsweise dem Gestänge des linken oberen Ruders 11 folgt. Der rechte Nachlaufschacht 9 ist somit in der R1-R2-Ebene geschnitten, der linke Nachlaufschacht 8 in einer weiter vorne liegenden Ebene im Bereich des Doppelhebels 26 und der Mutter 21. Das Ruder 11 ist - wie das Ruder 12 - in einem spielfreien Lager 15, hier einem Vierpunkt-Rillenkugellager, um seine Schwenkachse drehbar geführt. Sein Gestängeanlenkpunkt A1 fällt zusammen mit dem Mittelpunkt M3 des Kugelgelenks 30, welches mit der Koppelstange 29 verbunden ist. Das doppelhebelseitige Kugelgelenk hat in dieser Ansicht die gleiche Mittelpunktslage M3 und ist nicht sichtbar. Man sieht jedoch im Schnitt den Doppelhebel 26, sein Schwenklager 28 mit Schwenkachse S sowie sein unteres, gegabeltes Ende 27. Letzteres umgreift die Mutter 21 des Rollenspindeltriebs 19 und ist gelenkig mit dieser verbunden. Die Mitte der Mutter 21 ist hier mit M1 bezeichnet. An der Mutter 21 sind Gelenkzapfen 22 befestigt, welche in Kulissensteinen drehbar gelagert sein sollen, wobei letztere in den beiden Schenkeln des gegabelten Endes 27 des Doppelhebels 26 begrenzt verschiebbar geführt sein sollen. Dabei soll die Mutter 21 separat verdrehgesichert sein. Diese Kulissenführung ist erforderlich, um bei der gegebenen Kinematik - mit Übergang von Linearbewegung auf Schwenkbewegung - schädliche Zwangskräfte zu vermeiden. Im vorgegebenen Zeichnungsmaßstab ist eine Wiedergabe dieser Details mangels Erkennbarkeit jedoch nicht sinnvoll. Dem Fachmann ist die konstruktive Ausführung ohnehin geläufig.

Die durch die Gelenkzapfen 22 gegebene Gelenk-

achse ist mit G3 bezeichnet. Diese und die Schwenkachse S des Doppelhebels 26 liegen parallel, um Zwangskräfte und Verformungen im Gabelbereich zu vermeiden. Die Mittelpunkte M1 bis M3 liegen auf einer Linie L, welche innerhalb oder etwa am Rand des Materialquerschnittes des Doppelhebels 26 verläuft. Der so erzielte Kraftfluß führt lediglich zu minimalen lokalen Torsionsbelastungen im Doppelhebel 26, was die Steifigkeit der Übertragungskinetik erhöht.

Dadurch, daß die Antriebseinheiten 16 für die unteren Ruder 13, 14 in deutlich größerem Abstand vor der Schwenkachsenebene R1-R2 liegen als die Antriebseinheiten 17 der oberen Ruder 11, 12 läßt sich das Steifigkeitsverhalten der relativ langen und somit "weicheren" Koppelstangen 23 an die "Summensteifigkeit" der im einzelnen "härteren", kürzeren Elemente 26 und 29 anpassen, was der Steuerpräzision der Ruderanordnung zugute kommt.

Die vom Ruder 12 bis in den Bereich des Ruders 14 verlaufende Grenzlinie B gibt die seitens des Startgerätes vorgegebene Kontur wieder, zu welcher die Flugkörperaußenkontur - mit Ausnahme des Ruders 11 - überall einen gewissen Abstand einhalten muß, wovon eben auch das Rudergestänge zum Ruder 11 betroffen ist.

#### Patentansprüche

1. Lenkflugkörper mit Staustrahlantrieb, insbesondere für militärische Einsätze, mit einem den Querschnitt seiner Zelle weitgehend bis vollständig ausfüllenden Triebwerk, mit zwei außenseitig auf die Zellenkontur aufgesetzten Lufterläufen im unteren Zellenbereich, welche mit Nachlaufschächten bis zum Flugkörperheck verlängert sind, mit einem Heckleitwerk aus vier radial, vorzugsweise in Form eines rechtwinkligen Diagonalkreuzes, angeordneten, separat schwenkbaren Rudern, wobei die Schäfte der beiden unteren Ruder in das Innere der Nachlaufschächte führen, und mit einer starten Flügelanordnung im mittleren bis vorderen Flugkörperbereich, **gekennzeichnet** durch die Kombination folgender, zum Teil bekannter Merkmale:
  - a) Zu jedem Ruder (11 bis 14) ist eine Antriebseinheit (16, 17) mit linearer Stellbewegung vorhanden,
  - b) in jedem der beiden Nachlaufschächte (8, 9) sind zwei der vier Antriebseinheiten (16, 17) in Längs- und Umfangsrichtung des Lenkflugkörpers (1) zueinander versetzt mit längsorientierter Bewegungsrichtung angeordnet,
  - c) jedes Ruder (11 bis 14) weist in Abstand zu seiner Schwenkachse (R1, R2) einen Gestängeanlenkpunkt (A1, A2) auf,
  - d) die kinematische Verbindung von der Antriebseinheit (16) zum Gestängeanlenkpunkt (A2) jedes der beiden unteren Ruder (13, 14) bildet eine Koppelstange (23) mit je einem Schwenk- oder Kugelgelenk an beiden Enden (Gelenkende 24, 25),
  - e) die kinematische Verbindung von der Antriebseinheit (17) zum Gestängegelenkpunkt (A1) jedes der beiden oberen Ruder (11, 12) bilden ein um eine Achse (S) schwenkbarer Doppelhebel (26) und eine Koppelstange (29) mit je einem Kugelgelenk (30) an beiden Enden.
2. Lenkflugkörper nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebseinheiten (16, 17) als elektromechanische Motor-Getriebe-Einheiten ausgeführt sind, vorzugsweise als bürstenlose Gleichstrommotoren mit Rollenspindeltrieben (18, 19).
3. Lenkflugkörper nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Antriebseinheiten (16) für die unteren Ruder (13, 14) vor den beiden Antriebseinheiten (17) für die oberen Ruder (11, 12), d.h. in größerem Abstand vor der von den Ruderschwenkachsen (R1, R2) aufgespannten Ebene, angeordnet sind, und daß die Rudergestänge für die unteren Ruder (13, 14) (je eine Koppelstange 23) hinsichtlich ihrer Steifigkeit, d.h. hinsichtlich ihrer Kraft-Verformungs-Charakteristik, an die Rudergestänge für die oberen Ruder (11, 12) (je ein Doppelhebel 26 und eine Koppelstange 29) angepaßt sind.
4. Lenkflugkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Koppelstangen (23) für die unteren Ruder (13, 14) mit gabelkopffartigen Gelenkenden (24, 25) mit parallelen Gelenkachsen (G1, G2) versehen sind.
5. Lenkflugkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Doppelhebel (26) der Gestänge für die oberen Ruder (11, 12) jeweils mit einem gegabelten Ende (27) die Mutter (21) eines Rollenspindeltriebes (19) umgreift und an der Mutter (21) befestigte Gelenkzapfen (22) in langlochförmigen Kulissen mit Kulissensteinen aufnimmt, wobei die Mutter (21) selbst verdrehgesichert ist.
6. Lenkflugkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei jedem Doppelhebel (26) seine Schwenkachse (S) und die Gelenkachse (G3) durch die Mutter (21) des Rollenspindeltriebes (19), d.h. die Achse durch die Mitte der Gelenkzapfen (22), parallel stehen.

7. Lenkflugkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei jedem Doppelhebel (26) der Schnittpunkt (M1) der Gelenkachse (G3) durch die Mutter (21) des Rollenspindeltriebes (19) mit der Spindelachse des Rollenspindeltriebes (19), der radiale und axiale Mittelpunkt (M2) seines Schwenklagers (28) und der Mittelpunkt (M3) des koppelstangenseitigen Kugelgelenkes (30) auf einer Linie (L) liegen. 5
8. Lenkflugkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest der Großteil der Schwenk- und Gelenklager (15, 28, 30) der Rudergestänge und Ruder (11 bis 14) als Wälzlager ausgeführt sind. 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

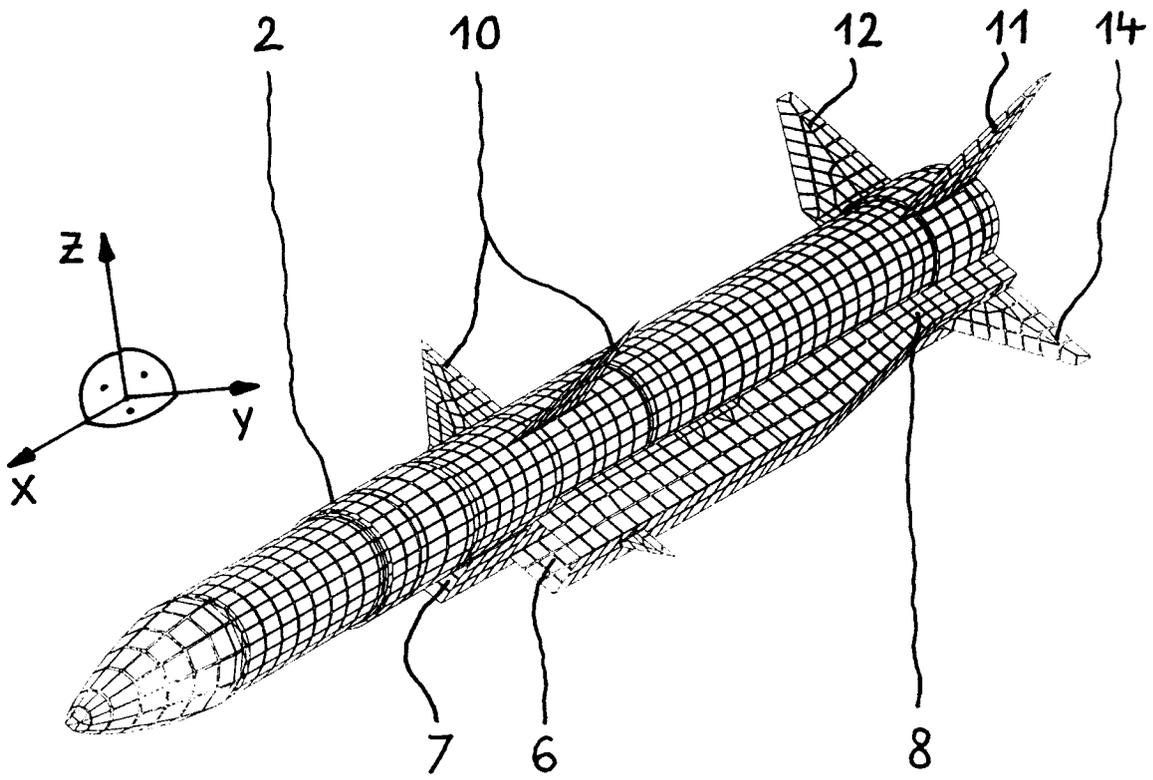


Fig. 1

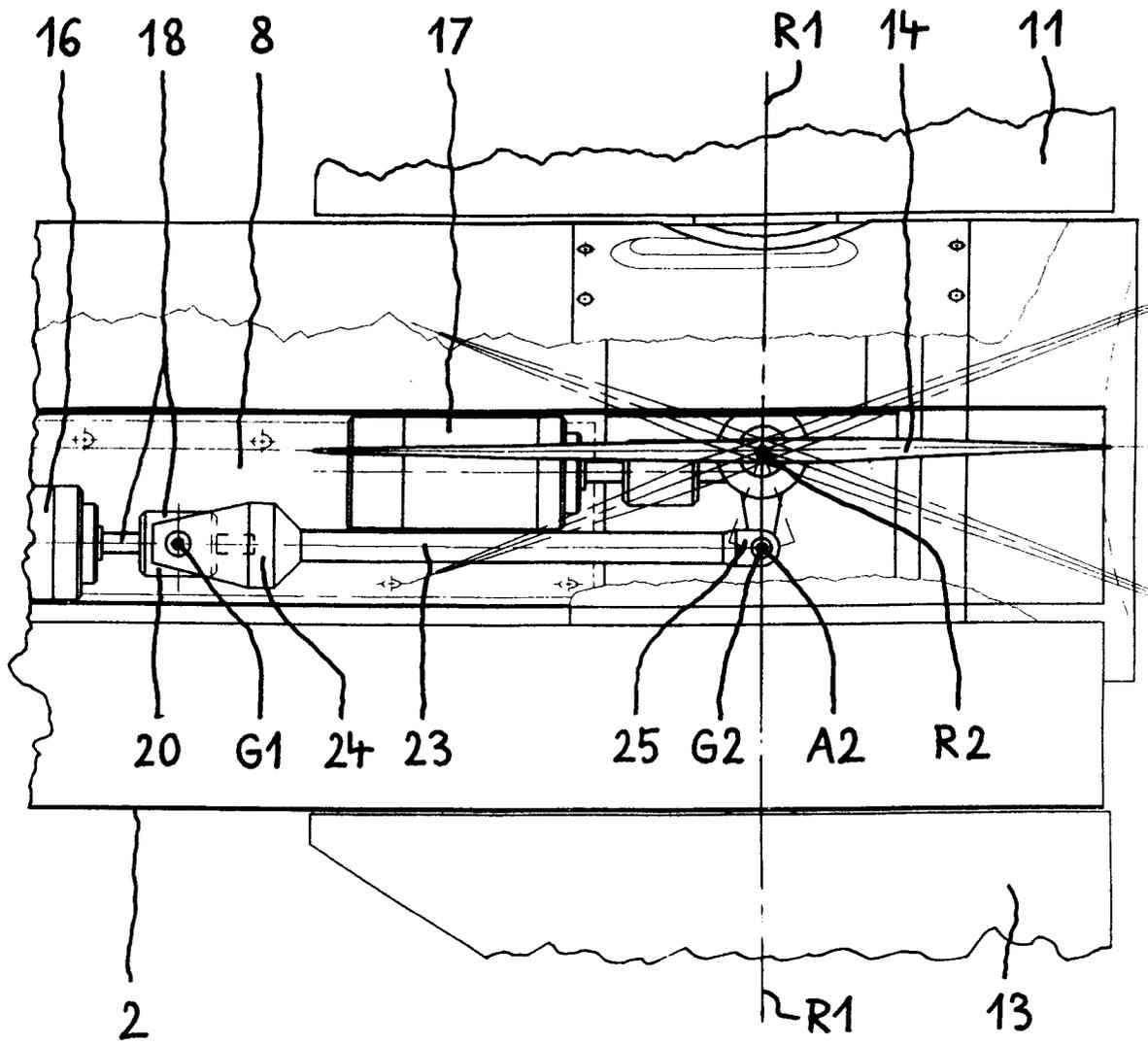


Fig. 2

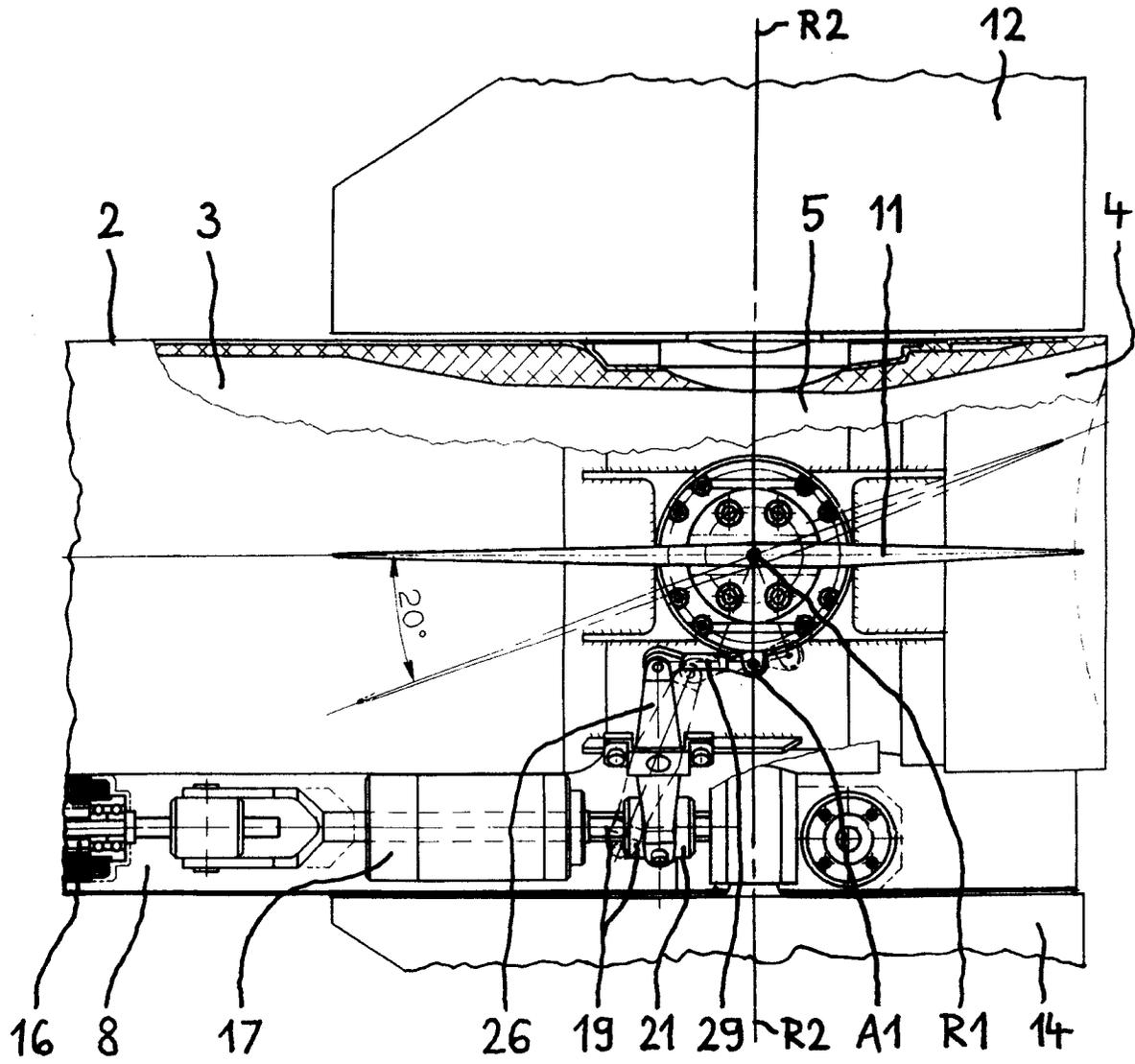


Fig. 3

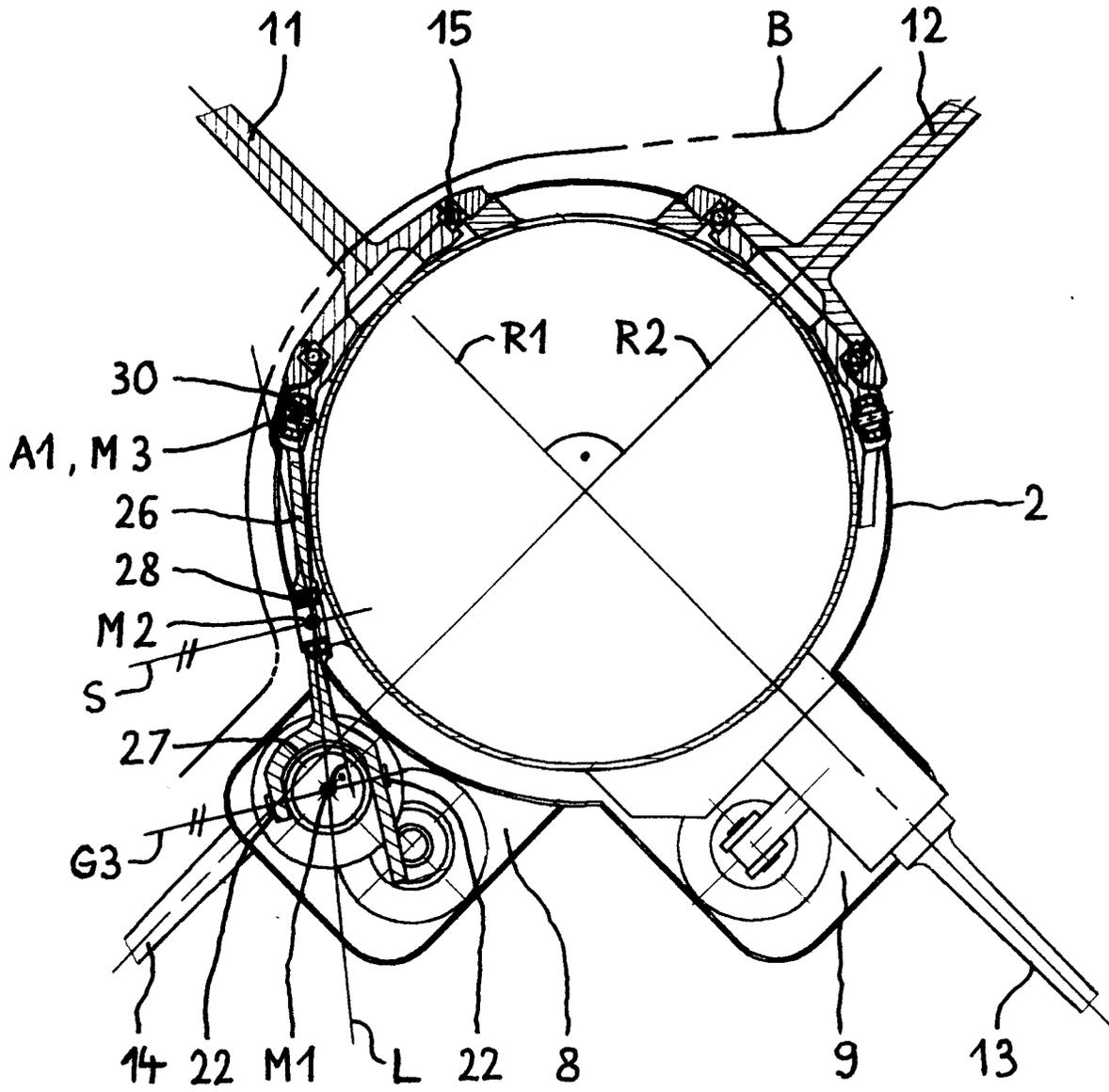


Fig. 4