



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 34 902 B4** 2006.08.31

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 34 902.9**  
 (22) Anmeldetag: **26.07.2002**  
 (43) Offenlegungstag: **12.02.2004**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B64G 1/40** (2006.01)  
**B64G 1/44** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(61) Zusatz in:  
**10 2004 004 543.7**

(73) Patentinhaber:  
**Ellinghaus, Frank, 12587 Berlin, DE**

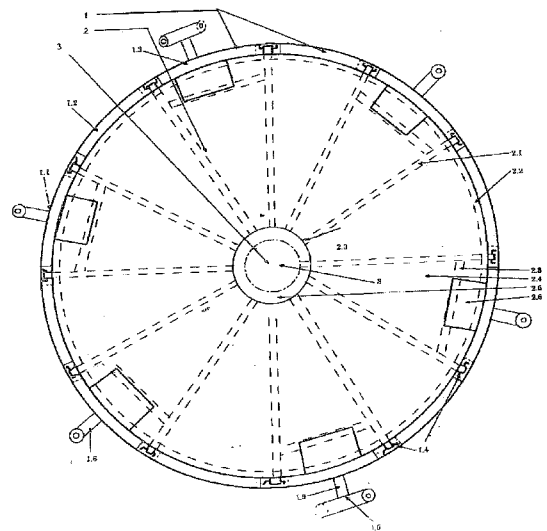
(72) Erfinder:  
**gleich Patentinhaber**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 198 25 785 C2**  
**US 46 14 319 A**  
**US 61 94 790**  
**NASA Solar Sail Technology Development:**  
**Design &**  
**Construction [online], [rech. am 23.04.03] Im**  
**Internet: <URL:http://www.solarsail.jpl.nasa.gov/**  
**introduction/design-construction.html>;**  
**JP 05-294 295 A, in: Pat. Abstr. of Jp.;**  
**Colin R. McInnes: "Solar Sailing, Technology,**  
**Dynamics and Mission Applications", Springer**  
**Verlag, 1999;**  
**Forward, Dr. Robert L.: "Solar Sail Mission Re-**  
**quirements", JPL, 12.01.2000, unter forward"at"**  
**whidbey.com anforderbar;**

(54) Bezeichnung: **Thruster-Solar-Segler mit Ring-Segment-Montage-System**

(57) Hauptanspruch: Thruster-Solar-Segler, als Treibstoff sparendes Raumfahrzeug, in Form einer flachen Scheibe mit einem Solarsegel, das in einen Außenring eingespannt ist und mit mehreren an dem Außenring angeordneten Antriebseinheiten, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Außenring ein starrer Rohr-Außenring (1) ist,
- der Rohr-Außenring (1) aus Rohr-Segmenten mit ineinander steckbaren Steckverbindungen zusammengesetzt ist,
- die Steckverbindungen mit Splintstangen (1.9.3) und Kontermuttern (1.9.1) gesichert sind.
- das Solarsegel (2) mit mehreren Haltegurten (2.1) in den Rohr Außenring (1), der als Außenskelett dient, eingespannt ist,
- die Haltegurte (2.1) durch quer liegende Rand- (2.2) und Ladegurte (2.3) verbunden werden können,
- die Gurte (2.1, 2.2, 2.3) zur Aufnahme von Nutzlasten ausgelegt sind,
- der Rohr-Außenring zur Aufnahme von mehreren Thruster-Antriebseinheiten dient, wobei es sich bei den Thruster-Antriebseinheiten um Niederschubantriebe handelt,
- zur Schuberzeugung in longitudinaler und axialer Richtung jeweils mehrere Thruster-Antriebseinheiten mit umschalt-/umkehrbarer Schubrichtung vorhanden...



## Beschreibung

**[0001]** Die Anmeldung betrifft einen Thruster-Solar-Segler gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Ring-Segment-Montage-System gemäß dem nebengeordneten Oberbegriff des Anspruchs 16.

**[0002]** Weltraumstrukturen, die als Ganzes in den Orbit verbracht werden, sind in ihrer Größe auf die Außenmaße des Launchers beschränkt oder müssen dort aus mehreren Teilen zusammengebaut werden, wie z. B. die Internationale Raumstation (ISS) oder sich auf geeignete Weise selbst entfalten.

**[0003]** Insbesondere für Solarsegler, die die sehr schwache Antriebskraft der Sonnenstrahlung benutzen, werden extrem große Segelflächen und damit auch extrem große Raumfahrzeugstrukturen benötigt, um einen ausreichenden Antrieb zu erzielen.

## Stand der Technik

**[0004]** Diese kann man nicht einfach am Stück in den Orbit befördern. Eine mögliche Lösung eines derartigen Problems wurde in aktuellen Solarsegler-Designs in selbst entfaltenden bzw. aufklappbaren oder z. B. in der DE 198 25 785 C2 durch sich auf- bzw. abrollende Strukturen aufgezeigt.

**[0005]** Diese Designs betreffen allerdings eher kleinere Strukturen, die als Konzeptnachweise angesehen werden können. Sie lassen jedoch Lösungswege für den Alltagseinsatz, also zum regelmäßigen Gebrauch, der maßgeblich über die reine Selbstentfaltung und Fortbewegung hinausgeht, vermissen.

**[0006]** Eine scheibenförmige Weltraumstruktur-Teil („COSMOS STRUCTURE ARTICLE“), das der äußerlichen Form nach der hier vorgestellten Grundstruktur nach **Fig. 1** ähnelt, ist aus der Druckschrift JP 05294295 A bekannt.

**[0007]** In einen aufblasbaren Außenring ist eine faltbare Membran gespannt, in die eine Solarbatterie eingefügt ist.

**[0008]** Der Außenring ist zusätzlich mit 3 nach außen angebrachten Lagereglern („attitude controller“) versehen, die offensichtlich mit Hilfe der Solarbatterie betrieben werden sollen. Da jedoch im Gegensatz zu den hier behandelten Thruster-Solar-Seglern bzw. Thrusterring-Raumfahrzeugen nach den Ansprüchen 1 und 16 keine Treibstoff-Tanks vorgesehen sind, eignen sich die attitude controller mangels Treibstoff jedoch nicht als Antriebe.

**[0009]** Ebenso eignet sich die aufblasbare Struktur des Außenrings nicht dazu, die hier angestrebte notwendige Größe zu erreichen.

**[0010]** Die US-Patentschrift US 6 194 790 B1 zeigt einen Solarsegler zur Stromerzeugung, bei dem eine Segel-Folie in einen äußeren Rahmen eingespannt ist. Das Solarsegel ist mit dünnen Solarzellen belegt und liefert damit die Energie für elektrische Antriebssysteme, die das Raumfahrzeug für die Stromerzeugung zur Sonne ausrichten sollen und die gegenüberliegend an dem äußeren Rahmen befestigt sind (**Fig. 2**).

**[0011]** Dieses Patent könnte natürlich eine willkommene Ergänzung zur Stromversorgung der in der vorliegenden Erfindung verwendeten Ionen-Thruster sein.

**[0012]** Die Größe der Struktur ist aber auf Grund der Konstruktion (aufblasbar oder entfaltbar) ebenfalls begrenzt (20 m Kantenlänge des Rahmens).

**[0013]** Zwar eignet sich dieser Solarsegler zur Stromerzeugung auch für die Fortbewegung, für den Nutzlasttransport ist er jedoch wegen der fehlenden Vorrichtungen zur Aufnahme von Nutzlast ungeeignet.

**[0014]** Ein solares Antriebssystem zeigt auch das US-Patent Nr. 4,614,319 vom 30.09.1986 bezüglich eines einfachen Solar-Segels mit einer Spannungstrosse an deren Ende die Nutzlast befestigt ist. In der genannten Patentschrift wird auch ein kurzer Abriss der englischsprachigen Solarsegel-Modelle (u. a. auch Science Fiction) gegeben.

**[0015]** Weiterhin ist als Stand der Technik bezüglich möglicher Orbits und physikalischer Zusammenhänge bekannt:

„Solar Sailing, Technology, Dynamics and Mission Applications“ von Colin R. McInnes, Springer Verlag, 1999. In diesem Buch dürfte auch der derzeitige technische Stand und die entwickelten Anwendungs-Modelle des Solar-Segelns weitgehend beschrieben sein.

**[0016]** Eine ausführliche Aufzählung der derzeit bekannten Solar-Segel-Modelle und -Missionen beinhaltet der von Dr. Robert L. Forward für das Jet Propulsion Laboratory (JPL) erstellte Report „Solar Sail Mission Requirements“ vom 12.01.2000, der frei im Internet herunter ladbar ist oder über E-mail bei forward@whidbey.com angefordert werden kann.

**[0017]** Es ist anzumerken, dass es sich bei sämtlichen in der Solarsegel-Literatur erwähnten Modellen auch tatsächlich um solche handelt, die bisher noch nie im All eingesetzt worden sind.

**[0018]** Das erste Solar-Segel, das voraussichtlich zum Einsatz kommen wird, ist das privat finanzierte „Cosmos 1“ der Planetary Society.

**[0019]** Vorgesehen ist, es voraussichtlich im Spätjahr des Jahres 2002 aus Kostengründen mit einer preisgünstigen russischen Volna-Rakete in eine sub-orbitale Laufbahn zu launchen, wo es sich entfalten und, wenn alles gut geht, mit Hilfe der Photonen-Strahlung in einen Orbit bewegen soll.

**[0020]** Das Segel besitzt eine verstellbare Mittelstruktur, an die 8 dreieckige, in der Neigung einstellbare Solarsegel-Segmente befestigt sind. Durch Verstellung der Neigungswinkel soll eine Steuerung des Solarsegels erfolgen. Weitere Informationen über dieses Projekt sind über die Internetseiten der Planetary Society abrufbar.

**[0021]** Ein weiteres Projekt, das Chancen auf die Realisierung hat, ist das Odissee Projekt, bei dem ein quadratisches, 40 × 40 m Solarsegel im Piggy-Back-Verfahren mit einer Ariane V Rakete gelauncht und innerhalb von 1,5 Jahren den Mond passieren, sowie innerhalb von 1,7 Jahren den Erd-Orbit verlassen soll.

**[0022]** Ein 20 × 20 m großes Versuchssegel, bei dem unterschiedliche ultradünne Segel-Elemente aus Kapton, Mylar und Polyethylen-Naphtalat und ultraleichte ausfahrbare Kohlefasermasten getestet wurden, wurde am 17.12.1999 erfolgreich als erstes Solarsegel im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit ESA und in engem Kontakt mit NASA/JPL entwickelt.

**[0023]** Das geplante Segel soll bei 40 × 40 m Größe nur 35 kg wiegen, das gesamte Projekt einschließlich Nutzlast 77 kg.

**[0024]** Die beiden vorgenannten, kurz vor der bzw. in der Verwirklichungsphase befindlichen Projekte dürften damit dem heutigen Stand der Technik entsprechen.

**[0025]** Die DLR gab auf ihrer Web-Site zu dem entwickelten Segel folgendes bekannt:  
„Das vorliegende Design ermöglicht die Entwicklung eines navigierbaren Sonnensegel Raumfahrzeugs, wobei der Lichtdruck auch für die Lageregelung genutzt wird.“

#### Aufgabenstellung

**[0026]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Treibstoff sparendes Raumfahrzeug auf der Basis eines Solarseglers so weiterzuentwickeln, dass deutlich größere Segelflächen als bisher möglich werden und das somit den Transport auch von größerer Nutzlast zulässt, wobei das Raumfahrzeug eine hohe Manövrierbarkeit aufweisen und eine große Lebensdauer bei einfacher Wartung haben soll.

**[0027]** Diese Aufgabe wird mit einem Thruster-So-

lar-Segler gemäß den Merkmalen des Anspruches 1 sowie einem Ring-Segment-Montage-System gemäß den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst.

**[0028]** Vorteilhafte Weiterbildungen des Hauptanspruches und des Nebenanspruchs sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0029]** Die Bezeichnung Thruster-Solar-Segler soll schon darauf hindeuten, dass der Thruster-Komponente im Vergleich zu anderen Solar-Segel-Projekten eine höhere Bedeutung zugemessen wird und das Raumfahrzeug auch ohne Nutzung des Photonen-Druckes mit Hilfe der Thruster manövrierfähig bleibt (z. B. auch bei Landungen und Starts auf und von schwerkraftarmen Objekten).

**[0030]** Außerdem handelt es sich gleichzeitig um ein Ring-Segment-Montage-System, das durch seine Einfachheit das kostengünstige Zusammenfügen sehr großer Strukturen, wie z. B. Trägerschiffe, Lastensegler, Solarstrom-Kraftwerke, Raumstationen, Material-Depots im Weltraum, Weltraum Hotels, Radiowellen-Empfänger, erst ermöglicht.

**[0031]** Nun mag man die unbestritten höheren Gewichtsanteile, die durch das zahlreiche Mitführen wenn auch kleinerer Thruster nebst Treibstoffvorrat als widersprüchlich zur angestrebten möglichst ultraleichten Bauart eines Solarseglers ansehen.

**[0032]** Dieser Nachteil wird jedoch bei weitem durch die Vorteile dieser vorgestellten Hybrid-Antriebsart aufgewogen.

**[0033]** Bei sehr großen Strukturen, die durch die Segment-Bauweise und einfache Montage im sowie Transport in den Weltraum im Quadratkilometer-Bereich liegen können, dürften ein paar Thruster mehr oder weniger die Gewichtsbilanz nicht allzu stark belasten.

**[0034]** So hat das nach derzeitigen Annahmen von der Nutzlast des Space-Shuttles her größtmögliche in das All zu befördernde quadratische Solarsegel eine Fläche von ca. 2 × 2 km und eine Masse von 19200 kg.

**[0035]** Dieses Segel könnte theoretisch eine Nutzlast von 32000 kg von der Erde zum Mars innerhalb von 4,2 Jahren anliefern und sodann innerhalb von 2 Jahren wieder zur Erde zurückkehren.

**[0036]** An dieser Nutzlast ist schon zu sehen, dass der Gewichtsanteil für den Thruster-Antrieb mit zunehmender Größe selbst bei Erhöhung der Zahl der Thruster-Einheiten immer kleiner wird.

**[0037]** Bezüglich der verschiedenen verwendbaren Thruster-Entwicklungen sei insbesondere auf die An-

triebsart der Ionen-Thruster hingewiesen.

**[0038]** Diese sind derzeit von der erreichbaren Ausstoß-Geschwindigkeit von ca. 30 km/Sek., der möglichen Dauer des Einsatzes und des erheblich niedrigeren Treibstoffbedarfes den bisher verwendeten chemischen Raketenantrieben haushoch überlegen.

**[0039]** Auch der große Nachteil des Ionen-Antriebes, die derzeit noch recht geringe Leistung ist vorliegendenfalls sogar erwünscht, da eine Verwendung der Thruster hauptsächlich zur Steuerung und Lageausrichtung erfolgen soll.

**[0040]** Hierbei werden wegen der nötigen Feinsteuerung eher geringe, einfacher zu regulierende Antriebskräfte benötigt.

**[0041]** Ein Erfordernis der Erfindung ist demnach eine möglichst leichte Bauweise, so dass kleine, leichte Thruster und ein geringer Kraftstoffbedarf zur Verringerung der mitzuführenden Kraftstoff-Masse unbedingt notwendig sind.

**[0042]** Derzeit in Satelliten verwendete Ionen-Thruster haben oft einen Durchmesser von etwa 10 cm, sind also schon relativ klein.

**[0043]** Es wurden jedoch bereits Ionen-Thruster mit den Ausmaßen von ca. 3 mal 5 cm (der Micro Wave Thruster vorgestellt 1997 durch das Discovery Magazin, entwickelt von Michael Miccio von der Firma Aerospace Engineering) und von 7 cm Durchmesser entwickelt.

**[0044]** Sogar winzig kleine Micro-Thruster (digitale Thruster) von der Größe eines Mohn-Samens wurden bereits erprobt und könnten für kleine sehr leichte Thruster-Solar-Segler in der Zukunft zum Einsatz kommen.

**[0045]** Die vorliegende Erfindung verwendet Thruster, ist jedoch nicht auf eine spezielle Art festgelegt. Lediglich die Anordnung und Anbringung wie unter [Fig. 1](#) und [Fig. 2.a](#) bis [Fig. 2.d](#) dargestellt, gehört zum Anspruch des Thruster-Photonen-Seglers.

**[0046]** Als Treibstoff wäre derzeit Xenon-Gas wegen seiner Ungiftigkeit und fehlenden Explosionsgefahr sicherlich eine gute Wahl.

**[0047]** Das Solarsegel nutzt den Druck der von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen als kostenfreie und reichlich vorhandene Antriebsenergie.

**[0048]** Dieser ist zwar sehr gering aber doch messbar.

**[0049]** Daher muss das Fahrzeug eine möglichst große Segelfläche bei möglichst niedrigem Gewicht

aufweisen.

**[0050]** Wie auch die Gravitation nimmt die Kraft des Lichtdruckes mit zunehmender Annäherung an die Sonne in der umgekehrten Potenz zum Abstand zur Sonne zu, das heißt konkret, bei einer Halbierung der Erde/Sonne-Entfernung, also etwa auf Höhe des Planeten Merkur hat sich die Stärke des Photonen-Drucks bereits vervierfacht.

**[0051]** Eine weitere Halbierung, was auch wegen der Hitzebelastung des Raumfahrzeuges derzeit die Grenze des machbaren zu sein scheint, ergibt nochmals eine Vervielfachung der einwirkenden Kraft, somit den sechzehnfachen Wert dessen, der auf Höhe der Erde gemessen werden kann.

**[0052]** Was liegt daher näher als die Nähe der Sonne zu suchen, um dort eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu erzielen und diesen Schwung dann für das Erreichen des anvisierten Zieles auszunutzen? Nicht auszudenken, welche enormen Kräfte und Beschleunigungen bei einer weiteren Halbierung der möglichen Entfernung zur Sonne durch Entwicklung noch hitzebeständigerer Materialien freigesetzt werden könnten.

**[0053]** Leider gilt die Potenzierung der Lichtkraft auch umgekehrt, das heißt, die Kraft der Sonnenstrahlung hat sich bei etwa der dreifachen Entfernung Erde/Sonne soweit verringert, das sie kaum noch nutzbar ist.

**[0054]** Daher kann eine Mission in Richtung zu den sonnennahen Planeten Venus oder Merkur oder zur Sonne selbst in erheblich kürzerer Zeit erfolgen, als zum weiter von der Sonne entfernten Planeten Mars.

**[0055]** Mars liegt jedoch auch noch im Wirksamkeitsbereich der dreifachen Erde/Sonne-Entfernung (AU).

**[0056]** Eine Mission zum Mars und anschließende Rückkehr zur Erdumlaufbahn ist daher unter Ausnutzung der kostenlosen Antriebsenergie der Sonnenstrahlung grundsätzlich unter Hinnahme längerer Missions-Dauer „preiswert“ möglich.

**[0057]** Weiter über den Wirksamkeitsbereich von 3 AU hinausgehende Missionen sollten daher zunächst die Nähe der Sonne suchen und mit der dort gewonnenen Geschwindigkeit das entfernte Ziel anstreben. Hierbei sind grundsätzlich deutlich höhere Geschwindigkeiten als mit chemischen oder auch mit Ionen-Antrieben möglich.

**[0058]** Um einen außerhalb des Sonnensystems liegenden Stern zu erreichen, würde eine Raum-Mission zunächst einmal unsere Sonne ansteuern, um dort die benötigte Geschwindigkeit zu erlangen.

**[0059]** Wie der Diskus eines Diskuswerfers wird der Segler dann bei hoher Geschwindigkeit aus den Fesseln der Sonnen-Schwerkraft in Richtung des Ziels entlassen und erhält dabei durch den Lichtdruck der Sonnenstrahlung einen starken Beschleunigungs-Stoß.

**[0060]** Während der jahrelangen Reise ist keine weitere Energie zur Navigation erforderlich, der Segler behält einfach seine einmal erworbene Geschwindigkeit bei und beendet auf der weiteren Anreise sämtliche Aktivitäten.

**[0061]** Erst wenn der Zielstern erreicht ist, erwecken die Solarzellen den Ionen-Antrieb und die Steuerung wieder zum Leben.

**[0062]** Mit Hilfe des Lichtdruckes des Zielsternes bremst der Segler sodann ab und kann seine Forschungsmission durchführen, sowie ggf. in der vorstehend beschriebenen Art zur Sonne zurückkehren.

**[0063]** Sollte es weiteres intelligentes Leben im Weltraum geben, wäre es denkbar, dass Besuche der Erde auf genau die gleiche Art erfolgen, das heißt, zunächst würde erst einmal die Sonne zum Abbremsen der Fahrt angelaufen.

#### Art der Steuerung bzw. des Manövrierens

**[0064]** Obwohl die Sonnenstrahlung das Segel eigentlich von der Sonne wegdrückt, ist ähnlich wie beim Segeln eine Art des „Kreuzens“ möglich.

**[0065]** Wie auch beim Segeln, bei dem das Schwert den Gegendruck zum Wind erzeugt, der es bei normalen Segelbooten (High Performance Segler können noch enger am Wind segeln) erlaubt, etwa bis auf 45 Grad gegen den Wind anzusegeln, ist auch hier eine Gegenkraft vorhanden, nämlich die Gravitation.

**[0066]** Allerdings geht man zur Zeit davon aus, das der Vektor des Lichtdrucks nicht auf 45 Grad, sondern lediglich auf 90 Grad zur Sonne umgelenkt werden kann. Dies reicht jedoch, um die Umlaufgeschwindigkeit des Raumfahrzeuges um die Sonne je nach Richtung der Ablenkung (positive oder negative Neigung des Segels) zu erhöhen oder zu vermindern.

**[0067]** Eine Verminderung der Umlaufgeschwindigkeit durch eine negative Neigung des Segels bewirkt aber immer eine Annäherung an die Sonne.

**[0068]** Wie beim Segelboot reicht eine kleine einfache Drehung des Fahrzeuges aus, um die Bewegung in eine andere Richtung, hier in Richtung Sonne in Gang zu setzen, die das Raumschiff viele Millionen Kilometer Weg zurücklegen lässt, ohne das es nach der ersten Drehung auch nur ein einziges Gramm

weiteren Treibstoffes hierfür bedarf! Eine weitere Drehung kann dann wieder die Umkehr weg von der Sonne bewirken, jedoch diesmal wegen des viel stärkeren Lichtdruckes in der Nähe der Sonne mit einer viel höheren Anfangs-Beschleunigung. Derartige Manöver lassen sich zudem noch mehrfach wiederholen, ohne das der Treibstoffvorrat merklich reduziert wird.

**[0069]** Insbesondere solche Manöver machen die Stärke des Solarsegel-Antriebes aus, die weder durch den Ionen-Antrieb und erst recht nicht durch chemische Antriebe erreicht werden können.

**[0070]** Übrigens erreichen High-Performance-Segelboote oft Geschwindigkeiten, die das Doppelte der Geschwindigkeit des antreibenden Mediums (hier des Windes) übersteigen.

**[0071]** Es soll mit dieser Aussage nicht suggeriert werden, die doppelte Lichtgeschwindigkeit sei durch Solarsegeln erreichbar.

**[0072]** Jedoch bleibt die Hoffnung, das sich der Solardruck-Vektor vielleicht doch noch in Richtung Sonne lenken lässt und dadurch überraschende Resultate ermöglicht. Wegen der hervorragenden Steuerungsmöglichkeiten würde die hier vorgestellte Erfindung gute Voraussetzungen zur Entdeckung hierzu geeigneter Segeltechniken bieten.

#### Ausführungsbeispiel

**[0073]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und den dazu gehörigen Zeichnungen erläutert.

**[0074]** **Fig. 1** Thruster-Solar-Segler, bestehend aus einem Antriebsring, der als Außenskelett und gleichzeitig als Halterung für die verwendeten Thruster, Solarsegel und Haltegurte dient. Die vorliegende Zeichnung zeigt 12 Ring-Segmente mit 6 Doppelthrustern, hiervon zwei mit Strahl-Ausstoß zur Seite und 4 mit Strahl-Ausstoß nach oben/unten.

**[0075]** **Fig. 2a-2b** stellen die Doppelthruster-Einheiten mit Strahlrohr nach oben/unten (**Fig. 2a**), bzw. seitlich (**Fig. 2b**) dar, die mittels der Strahlrohr-Halterung **1.9**, die gleichzeitig als Tank dient, an ihren jeweiligen Segmenten (hier **1.1** und **1.3**) befestigt sind.

**[0076]** **Fig. 2c** zeigt eine Thruster-Einheit in auseinander genommenem Zustand.

**[0077]** **Fig. 2d** zeigt eine Doppelthruster-Einheit mit einem typischen Ionen-Thruster-Aufbau mit jeweils Ionisator, Beschleuniger und Neutralisator. Die Ionen Thruster selbst sind jedoch nicht Gegenstand der Anmeldung.

**[0078]** Fig. 3a u. 3b stellen die Gurtbefestigung an den Ring-Segmenten dar, die durch Spannen der Gurte um die Gurthalterungen 1.4, mittels verschraubter Halteplatten 2.1.1, die beidseitig angelegt und mit Hilfe der Schrauben 2.1.1.1 und Kontermuttern 2.1.1.2 befestigt werden.

**[0079]** Fig. 4 In Fig. 4 wird ein Mutter-Solar-Segler mit vier kleineren und zwei größeren Tochterseglern dargestellt, die an den Haltegurten des Mutterschiffes befestigt sind.

**[0080]** Erzielung einer Drehbewegung durch Thrustersteuerung.

**[0081]** Fig. 1 zeigt einen Photonensegler mit extern am Antriebsring 1 nach außen befestigten Doppelthruster-Anordnungen. (Thruster 1.6 für oben/unten Strahlrichtung, Thruster 1.5 für seitliche Strahlrichtung nach links und nach rechts). Siehe hierzu auch Fig. 2.a, Fig. 2.b und Fig. 2.d.

**[0082]** Jedem Thrusterpaar ist jeweils ein gekoppeltes Paar auf der Gegenseite des Ringes genau gegenüberliegend zugeordnet. Die Thruster werden immer gleichzeitig in Paaren gezündet. Dabei ist einem Thruster der einen Einheit der entgegengesetzt zündende der Gegenseite zugeordnet.

**[0083]** Soll nun eine Drehung des Fahrzeuges um die Mittelachse erfolgen, könnte z. B. auf der einen Seite des Ringes der oben liegende Thruster einer Thrustereinheit 1.6 und auf der anderen Seite der unten liegende Thruster der gegenüberliegenden Thrustereinheit 1.6 gezündet werden.

**[0084]** Nun würde das allein allerdings zu einer ungewollten Rotation um die eigene Achse führen. Daher wird kurz vor Erreichen der gewünschten Lage die Strahlrichtung umgedreht.

**[0085]** Das heißt, nunmehr werden der unten liegende Thruster auf der einen und der oben liegende Thruster auf der anderen Seite mit genau dem gleichen Impuls wie das erste Thrusterpaar gezündet. Die Lageänderung in die gewünschte Position ist somit vollbracht.

**[0086]** Bei großen Antriebsringen mit vielen Antriebseinheiten ist selbstverständlich die Zündung mehrerer nebeneinander liegender Thruster zur besseren Feinsteuerung möglich.

**[0087]** Genau die gleiche Technik wird bei Drehungen um den Pol der Scheibe also einer seitlichen Drehung mit Hilfe der Thruster 1.5 vollzogen. Fig. 2.a und Fig. 2.b zeigen nochmals näher die Ausrichtung der Doppelthruster oben/unten und rechts/links. Fig. 2.d zeigt die entgegengesetzte Anordnung der einzelnen Thruster in einer Doppel-Einheit anhand

einer typischen Ionen-Thruster-Ausführung.

**[0088]** Die Thruster 1.5 ermöglichen es auch, das Raumfahrzeug zur Lagestabilisierung in – diesmal erwünschte – Rotation zu versetzen.

**[0089]** Vorteile der engen Verbindung von Thruster-Technologien mit der Solarsegel-Technik.

**[0090]** Zunächst einmal werden Thruster ohnehin zu Steuerung des Segels dringend benötigt. Dies ermöglicht einmal die notwendige Feinsteuerung zur Entwicklung ausgefeilter Segeltechniken und sodann auch deren Anwendung.

**[0091]** Ionen- und auch andere Thruster können jedoch auch ohne Segeleinsatz das Fahrzeug antreiben und stellen somit insbesondere in sonnenfernen oder Schatten-Bereichen ein unabhängiges Antriebsmittel dar und ermöglichen einen Antrieb in Bereichen, die dem Solarsegel verschlossen sind.

**[0092]** Wie schon erwähnt können Thruster auch Rotation zur Lagestabilisierung erzeugen.

**[0093]** Ebenfalls kann diese Rotation zur Erzeugung künstlicher Schwerkraft verwendet werden. So ist das Einhängen einer Raumstation an einer rotierenden Ringstruktur in genau der Entfernung vom Mittelpunkt möglich, in der die gewünschte Schwerkraft erzeugt wird.

**[0094]** Weiterhin eröffnen Thruster die Möglichkeit zur direkten Landung auf und Start von gravitationschwachen Objekten, wie z. B. Asteroiden oder Monden.

**[0095]** Ein zusätzlicher Aspekt der Thruster Verwendung in Solarsegel-Projekten, der keinen technischen Hintergrund hat, soll nicht unerwähnt bleiben.

**[0096]** Die Solarsegel-Technologie wurde bereits seit Anfang der 20er Jahre angedacht und theoretisch fortentwickelt. Die Technologie ist derzeit überreif zur praktischen Erprobung! Dennoch kam sie bisher nie zum Einsatz. Projekte, die einseitig auf Masse ausstoßende Antriebe setzten, erhielten bisher immer den Vorrang.

## Montage im All

### Montage der Ringstruktur und deren Vorteile

**[0097]** Durch Zerlegung des starren Außenringes in rohrförmige Segmente, (siehe Fig. 1, Teile 1.1 bis 1.3) die vorzugsweise aus ultraleichtem carbonfaser-verstärktem Plastikmaterial gefertigt sind, ist die Endmontage im All möglich. Die Segmente sind an einer Seite verdünnt und werden einfach beim Zusammenbau wie Abwasser-Rohre ineinander ge-

steckt.

**[0098]** Mit einer kontermutter-gesicherten Splintstange **1.8** (ohne Zeichnung), die vollständig durch die ineinander gesteckten Rohrsegmente durchgeführt wird, erfolgt die endgültige Befestigung. Diese Splintstangen können auch zur Befestigung der Einzelsegmente an einem Launcher-Transportkopf dienen.

**[0099]** Mit Hilfe von ein- und mehrlagigen Launcher-Köpfen, die den ASAP-Strukturen der Ariane **5** ähneln, können die Gerüstsegmente selbst sehr großer Ringstrukturen an der Außenwand der letzten Launcher-Stufe zum Ort des Zusammenbaus transportiert werden.

**[0100]** Die Transportkopf-Halterung enthält die Gegenrohren für die zu transportierenden Rohrsegmente. Das Einhängen, Aushängen und die direkte Entnahme der Rohre erfolgt von außen – wo sie bei der Montage auch benötigt werden.

**[0101]** Das Raumproblem, das bei vielen Missionen wegen der großen Schubkraft der Trägerraketen oft schwerwiegender als das Gewichtsproblem ist, ist hiermit gelöst.

**[0102]** Weiterer Vorteil des Zusammenbaus ganzer Raumfahrzeugstrukturen aus standardisierten Rohrsegmenten ist die Möglichkeit der Massenproduktion, geringerer Anteil von Fehlerquellen, schnellerer, fehlervermeidender Zusammenbau, sowie schnellere und weniger fehleranfällige Planungsmöglichkeiten.

**[0103]** Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass der Transport wegen des geringen Gewichtes der Segmente ggf. auch im Piggy-Back-Verfahren als Nebenladung zu einer Hauptmission erfolgen kann.

**[0104]** Bei einem Außendurchmesser der letzten Stufe des Launchers von 4 m und einem angenommenen Durchmesser der Segmente von 6 cm können mit einem einlagigen Ring aus um die Launcher-Außenseite angeordnete von der Transportkopfhalterung herunterhängende rohrförmige Ringsegmente ca. 200 Segmente transportiert werden.

**[0105]** Die Krümmung der Segmente wirkt sich hierbei mit zunehmender Größe der Ringstrukturen immer weniger aus, so dass der Launcher-Start nicht durch die Sperrigkeit der außen angebrachten Rohrsegmente behindert wird.

**[0106]** Bei einer angenommenen Segmentlänge von 15 m, also bei 200 Stück mit einer Gesamtlänge von 3000 m und einer Wandstärke von 1 mm würde sich ein komprimiertes Massenvolumen einer Ringlage von ca. 0,6 Kubikmeter carbonfaserverstärkter Kunststoffmasse ergeben.

**[0107]** Abhängig vom spezifischen Materialgewicht sicherlich keine Masse, die einem Launcher Probleme bereiten dürfte.

**[0108]** Dies gilt selbst dann, wenn ein mehrlagiger Transport-Kopf mit mehr als 1000 Segmenten verwendet wird, der für die Versorgung eines Großprojektes ausreichen, sowie einige Reserve-Segmente übrig lassen würde.

**[0109]** Das Zusammenfügen der Ringsegmente erfolgt vorzugsweise an einer Haltevorrichtung an der Außenwand der ausführenden Raumstation, die das Durchziehen des bereits zusammengefügt Ringteiles zur weiteren Montage ermöglicht.

**[0110]** Diese Montage könnte in der Anfangsphase von Astronauten durchgeführt werden, später jedoch hauptsächlich durch hierfür konstruierte Automaten, bzw. Roboter.

**[0111]** Hierbei werden zunächst 2 Halbringe montiert, die dann zum Abschluß ineinander gesteckt werden.

#### Montage der Thruster

**[0112]** Die Montage der Thruster ist in [Fig. 2.c](#) dargestellt.

**[0113]** Die Elemente **1.9.3**, **1.9.4**, **1.9.5**, **1.9.6**, **1.10** bilden bereits eine Einheit bzw. sind schon vormontiert.

**[0114]** Diese Einheit wird dann mittels der Splintstangen, die vollständig durch das Rohrsegment gesteckt werden, an diesem befestigt. Die endgültige Sicherung erfolgt mittels des Konter-Halbrohres **1.9.2** und Kontermuttern.

#### Montage des Segels

**[0115]** Die Montage des Segels von Hand durch mehrere Astronauten dürfte einfacher und für das Segel schonender als die automatische Selbstentfaltung nach dem Launchen sein.

**[0116]** Dabei ist das Segel und die Ringstruktur mit der Kante zur Sonnenstrahlung zu platzieren, damit das noch unvollendete Raumfahrzeug nicht unbeabsichtigt Fahrt aufnimmt oder das Segel abtreibt, bzw. beschädigt wird.

**[0117]** Das Befestigen der Segelgurte erfolgt nach [Fig. 3.a](#) und [Fig. 3.b](#).

**[0118]** Das Gurtende **2.1** wird hierbei über den Gurt-haltegriff **1.4** geschlagen und gespannt. Die beiden übereinander liegenden Gurt-Teile werden sodann zwischen den Halteplatten **2.1.1** verschraubt.

**[0119]** Die Befestigung der Solarzellen erfolgt auf der Vorderseite des Segels.

**[0120]** In **Fig. 1** wurde für jede Doppelthrustereinheit ein eigener Solarzellen-Komplex direkt in der Nähe vorgesehen sowie ein Solarzellen Ring in der Mitte der Scheibe für die Stromverbraucher der Nutzlast.

**[0121]** Alternativ ist die Vorbeschichtung des Segels mit flexiblen Solarzellen an den gewünschten Stellen möglich, so dass eine Montage in diesem Fall nicht mehr nötig ist (s. hierzu auch US-Patent 6,194,790 vom 27.02.2001).

**[0122]** Es verbleibt dann nur noch die Durchführung der Stromanschlüsse für die Thruster über Verschraubung mit den Splintstangen **1.9.2** nach **Fig. 2.c** und die Platzierung sowie Installation der Nutzlast und das Raumfahrzeug ist einsatzbereit.

Nutzung des Thruster-Solar-Seglers als Mutter- bzw. Trägerschiff

**[0123]** **Fig. 4** zeigt die Unterseite eines Mutterschiffes auf der Basis von **Fig. 1** mit 2 größeren und 4 kleineren Tochterschiffen, die mittels Halterungen, die von den Haltegurten des Mutterschiffes ausgehend in die Ringsegmente der geladenen Raumschiffe eingreifen, befestigt sind.

**[0124]** Auch andere Objekte, wie z. B. Raumstationen, Weltraum-Hotels, Material-Depots, etc. können auf der Unterseite für kurzfristigen Transport oder auf Dauer befestigt sein.

**[0125]** In der Beispiel-Zeichnung könnte es sich um Satelliten handeln, die ohne eigenen Treibstoffverbrauch durch das Mutterschiff an den Einsatzort transportiert werden oder deren Segelfläche so klein ist, das ein Erreichen des Einsatzortes zu lange dauern würde.

**[0126]** So wäre es dann auch möglich, Kleinsatelliten derart auszurüsten, das das Segel nur für das Stationhalten und Manövrieren in Sonnennähe ausreicht.

**[0127]** Das Absetzen derartiger Objekte im Sonnen-Einflußbereich erfolgt durch Drehen der Unterseite zur Sonne.

**[0128]** Da das Mutterschiff durch sein niedrigeres spezifisches Gewicht im Verhältnis zur Segelfläche stärker als das Tochterschiff von der Sonne weggedrückt wird und dadurch schneller als dieses beschleunigt, kann die Trennung erfolgen, ohne das die Gefahr durch Beschädigungen durch Thruster-Einsatz besteht.

**[0129]** Das Lösen der Gurthalterungen ist z. B. durch Abschmelzen mittels elektrischer Heizdrähte möglich, die bereits an den zu trennenden Stellen befestigt sind und durch Solarzellen-Strom betrieben werden.

Erläuterungen zu den Zeichnungen und Bezugszeichenliste

**[0130]** Anmerkung: Die Zeichnungen **Fig. 1** bis **Fig. 4** sind nicht maßstabsgerecht, da sich die Größe der zu beschreibenden Objekte im Quadratkilometer Bereich bewegen können und die strukturellen Teile der Konstruktion wie z. B. die Rohrdurchmesser der Rohrsegmente des Außenringes eher im Zentimeter-Bereich.

**[0131]** Die Bezugszeichen gliedern sich in die Bereiche

#### Bezugszeichenliste

- 1 Antriebsring mit Beschlägen, Antrieben
- 2 Solar-Segel/Haltegurte
- 3 Nutzlast-Plattform
- 4 Launcher-Transporthalterung für Ringsegmente

#### Bezugszeichenliste

- 1 Antriebsring
  - 1.1 Antriebs-Segment
  - 1.2 Leer-Segment
  - 1.3 Seitenstrahl-Segment
  - 1.4 Gurthalterung
  - 1.5 Doppelthrustere Seiten
  - 1.6 Doppelthrustere oben/unten
  - 1.7 Befestigungs-Öffnung
  - 1.8 Befestigungs-Splint
  - 1.9 Strahlrohr-Halterung
    - 1.9.1 Kontermuttern
    - 1.9.2 Konter-Halbrohr
    - 1.9.3 Splintstangen
    - 1.9.4 Halterungs-Halbrohr
    - 1.9.5 Tankrohr
    - 1.9.6 Elektro-Litze
    - 1.10 Strahlrohr
      - 1.10.1 Ionisator
      - 1.10.2 Beschleuniger
      - 1.10.3 Neutralisator
  - 2 Solar-Segel
    - 2.1 Haltegurten
      - 2.1.1 Gurthalte-Platten
        - 2.1.1.1 Gurthalte-Schrauben



2.1.1.2	Gurthalte-Kontermuttern
2.2	Rand-Gurt
2.3	Lade-Gurte
2.4	Segel-Folie
2.5	Solarzellen-Ring
2.6	Solarzellen-Array
3	Nutzlast-Plattform

### Patentansprüche

1. Thruster-Solar-Segler, als Treibstoff sparendes Raumfahrzeug, in Form einer flachen Scheibe mit einem Solarsegel, das in einen Außenring eingespannt ist und mit mehreren an dem Außenring angeordneten Antriebseinheiten,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

- a) der Außenring ein starrer Rohr-Außenring (1) ist,
  - b) der Rohr-Außenring (1) aus Rohr-Segmenten mit ineinander steckbaren Steckverbindungen zusammengesetzt ist,
  - c) die Steckverbindungen mit Splintstangen (1.9.3) und Kontermuttern (1.9.1) gesichert sind.
  - d) das Solarsegel (2) mit mehreren Haltegurten (2.1) in den Rohr Außenring (1), der als Außenskelett dient, eingespannt ist,
  - e) die Haltegurte (2.1) durch quer liegende Rand- (2.2) und Ladegurte (2.3) verbunden werden können,
  - f) die Gurte (2.1, 2.2, 2.3) zur Aufnahme von Nutzlasten ausgelegt sind,
  - g) der Rohr-Außenring zur Aufnahme von mehreren Thruster-Antriebseinheiten dient, wobei es sich bei den Thruster-Antriebseinheiten um Niederschubantriebe handelt,
  - h) zur Schuberzeugung in longitudinaler und axialer Richtung jeweils mehrere Thruster-Antriebseinheiten mit umschalt-/umkehrbarer Schubrichtung vorhanden sind und
- jeweils einer Thruster-Antriebseinheit auf der einen Seite des Ringes, eine gleichartige auf der anderen Seite des Ringes diagonal gegenüberliegt.

2. Thruster-Solar-Segler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Rohr-Segmente rund oder oval oder dreieckig geformt ist.

3. Thruster-Solarsegler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohr-Segmente (1.1, 1.2, 1.3) zum Einstecken in das jeweils benachbarte Rohrsegment ausgebildet sind und zudem an beiden Rohr-Enden Bohrungen zum Durchführen von Splintstangen besitzen.

4. Thruster-Solarsegler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des Außenringes rund oder oval oder dreieckig ist.

5. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenseite des Außenringes haltegriffartige Gurthalte-

rungen (1.4) angebracht sind und die Gurte bei zusammengesetztem Außenring um die Gurthalterungen gespannt und mittels Gurthalte-Platten (2.1.1) von beiden Seiten durch Verschraubung zusammen gepresst und dadurch befestigt werden.

6. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Zentrum des scheibenförmigen Raumfahrzeuges eine Nutzlastplattform (3) mittels der Haltegurte angebracht ist.

7. Thruster-Solar-Segler nach dem Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass um die Nutzlastplattform (3) ein Solarzellenring (2.5) angebracht und an den Haltegurten (2.1) befestigt ist.

8. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass an den Haltegurten (2.1) weitere Solarzellen-Arrays (2.6) in der Nähe der Verbrauchseinheiten befestigt sind.

9. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Solarsegel (2) als Solarzellenanlage ausgebildet ist.

10. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) die Thruster-Antriebseinheiten jeweils aus zwei in einem gemeinsamen Strahlrohr (1.10) angeordneten Thrustern und einer gleichzeitig als Tank dienenden Halterung (1.9.5) bestehen, und
- b) das Strahlrohr (1.10) nach beiden Seiten offen ist und
- c) dass in die Mitte des Strahlrohres die gleichzeitig als Tank dienende Halterung (1.9.5) zur direkten Treibstoffversorgung beider Thruster einmündet, wobei diese jeweils entgegengesetzt zueinander mit diagonal entgegengesetzter Ausstoßrichtung angeordnet sind, so dass eine Umkehr des Schubes in die jeweils entgegengesetzte Richtung durch Umschalten auf den jeweils anderen Thruster möglich ist.

11. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die komplette Thruster-Antriebseinheit einschließlich Tank-Halterung steckbar ist.

12. Thruster-Solar-Segler nach dem Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die Montage der Thruster-Antriebseinheiten an dem Rohr-Außenring Halterungs- und Konter-Halbrohre (1.9.4 und 1.9.2) vorgesehen sind, wobei an den Halterungs-Halbrohren (1.9.4) Splintstangen (1.9.3) angebracht sind, wobei beim Stecken der Konter-Halbrohre (1.9.2) über die Splintstangen und Sichern mit Kontermuttern, eine feste, die Rohrwandung an dieser Stelle vollständig umfassende, verstärkende Verbindung entsteht.

13. Thruster-Solar-Segler nach dem Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohr-Segmente des Außenringes Bohrungen zur Befestigung der Thruster-Einheiten mittels Splintstangen (**1.9.3**) besitzen.

14. Thruster-Solar-Segler nach den Ansprüchen 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Splintstange (**1.9.3**) elektrisch leitend ausgeführt und mit einer Litze (**1.9.6**) zur Durchführung der Stromversorgung durch die Rohre zu den Antriebseinheiten ausgebildet sind.

15. Thruster-Solar-Segler nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere kleinere Solarsegler bzw. Raumfahrzeuge an den Haltegurten des Mutterschiffes als Nutzlast befestigt sind.

16. Ring-Segment-Montage System, zur einfachen Weltraummontage großer ringförmiger Weltraum-Strukturen, zu denen auch Thruster-Solar-Segler nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-15 gehören können, jedoch auch Thrusterring-Raumfahrzeuge ohne Solarsegel, sowie Weltraum Strukturen, bei denen es sich nicht um Raumfahrzeuge handelt, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) das tragende Gerüst der Struktur aus einem starren Rohr-Außenring (**1**) besteht,
- b) der Rohr-Außenring (**1**) aus ineinander steckbaren Rohr-Segmenten zusammengesetzt ist,
- c) die Steckverbindungen mit Splintstangen und Kontermuttern gesichert werden,
- d) Lasten/weitere Bestandteile der Struktur an/in der vom Außenring umgebenen Fläche gehalten werden,
- e) die Befestigung der Lasten/Strukturbestandteile mit Hilfe von am Rohr-Außenring (**1**) befestigten Haltegurten **2.1** und/oder quer zu diesen liegender Rand- (**2.2**) und Ladegurte (**2.3**) erfolgt.
- f) der Rohr-Außenring zur Aufnahme von mehreren Thruster-Antriebseinheiten dient, wobei es sich bei den Thruster-Antriebseinheiten um Niederschubantriebe handelt.
- g) zur Schuberzeugung in longitudinaler und axialer Richtung jeweils mehrere Thruster-Antriebseinheiten mit umschalt-/umkehrbarer Schubrichtung vorhanden sind und das jeweils einer Thruster-Antriebseinheit auf der einen Seite des Rohr-Außenring, eine gleichartige auf der anderen Seite des Ringes diagonal gegenüberliegt.

17. Ring-Segment-Montage-System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Rohr-Segmente rund oder oval oder dreieckig geformt ist.

18. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohr-Segmente (**1.1**, **1.2**, **1.3**) zum Einstecken in das jeweils benachbarte Rohrsegment aus-

gebildet sind und zudem an beiden Rohr-Enden Bohrungen zum Durchführen von Splintstangen besitzen.

19. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des Außenringes rund oder oval oder dreieckig ist.

20. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenseite des Außenringes haltegriffartige Gurthalterungen **1.4** angebracht sind und die Gurte bei zusammengesetztem Außenring um die Gurthalterungen gespannt und mittels Gurthalte-Platten **2.1.1** von beiden Seiten durch Verschraubungen zusammen gepresst und dadurch befestigt werden.

21. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im Zentrum der Innenfläche des Ringkörpers eine Nutzlastplattform (**3**) mittels der Haltegurte angebracht ist.

22. Ring-Segment-Montage-System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass um die Nutzlastplattform (**3**) ein Solarzellenring (**2.5**) angebracht und an den Haltegurten (**2.1**) befestigt ist.

23. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass an den Haltegurten weitere Solarzellen-Arrays (**2.6**) in der Nähe der Verbrauchseinheiten befestigt sind.

24. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) die Thruster-Antriebseinheiten jeweils aus zwei in einem gemeinsamen Strahlrohr (**1.10**) angeordneten Thrustern und einer gleichzeitig als Tank dienenden Halterung (**1.9.5**) bestehen, und
- b) das Strahlrohr (**1.10**) nach beiden Seiten offen ist und
- c) dass in die Mitte des Strahlrohres die gleichzeitig als Tank dienende Halterung (**1.9.5**) zur direkten Treibstoffversorgung beider Thruster einmündet, wobei diese jeweils entgegengesetzt zueinander mit diagonal entgegengesetzter Ausstoßrichtung angeordnet sind, so dass eine Umkehr des Schubes in die jeweils entgegengesetzte Richtung durch Umschalten auf den jeweils anderen Thruster möglich ist.

25. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die komplette Thruster-Antriebseinheit einschließlich Tank-Halterung steckbar ist.

26. Ring-Segment-Montage-System nach dem Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass für die Montage der Thruster-Antriebseinheiten an dem

Rohr-Außenring Halterungs- und Konter-Halbrohre (1.9.4 und 1.9.2) vorgesehen sind, wobei an den Halterungs-Halbrohren (1.9.4) Splintstangen (1.9.3) angebracht sind, wobei beim Stecken der Konter-Halbrohre (1.9.2) über die Splintstangen und Sichern mit Kontermuttern, eine feste, die Rohrwandung an dieser Stelle vollständig umfassende, verstärkende Verbindung entsteht.

27. Ring-Segment-Montage-System nach dem Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohr-Segmente des Außenringes Bohrungen zur Befestigung der Thruster-Einheiten mittels Splintstangen (1.9.3) besitzen.

28. Ring-Segment-Montage-System nach einem der Ansprüche 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Splintstangen (1.9.3) elektrisch leitend ausgeführt und mit einer Litze (1.9.6) zur Durchführung der Stromversorgung durch die Rohre zu den Antriebseinheiten ausgebildet sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

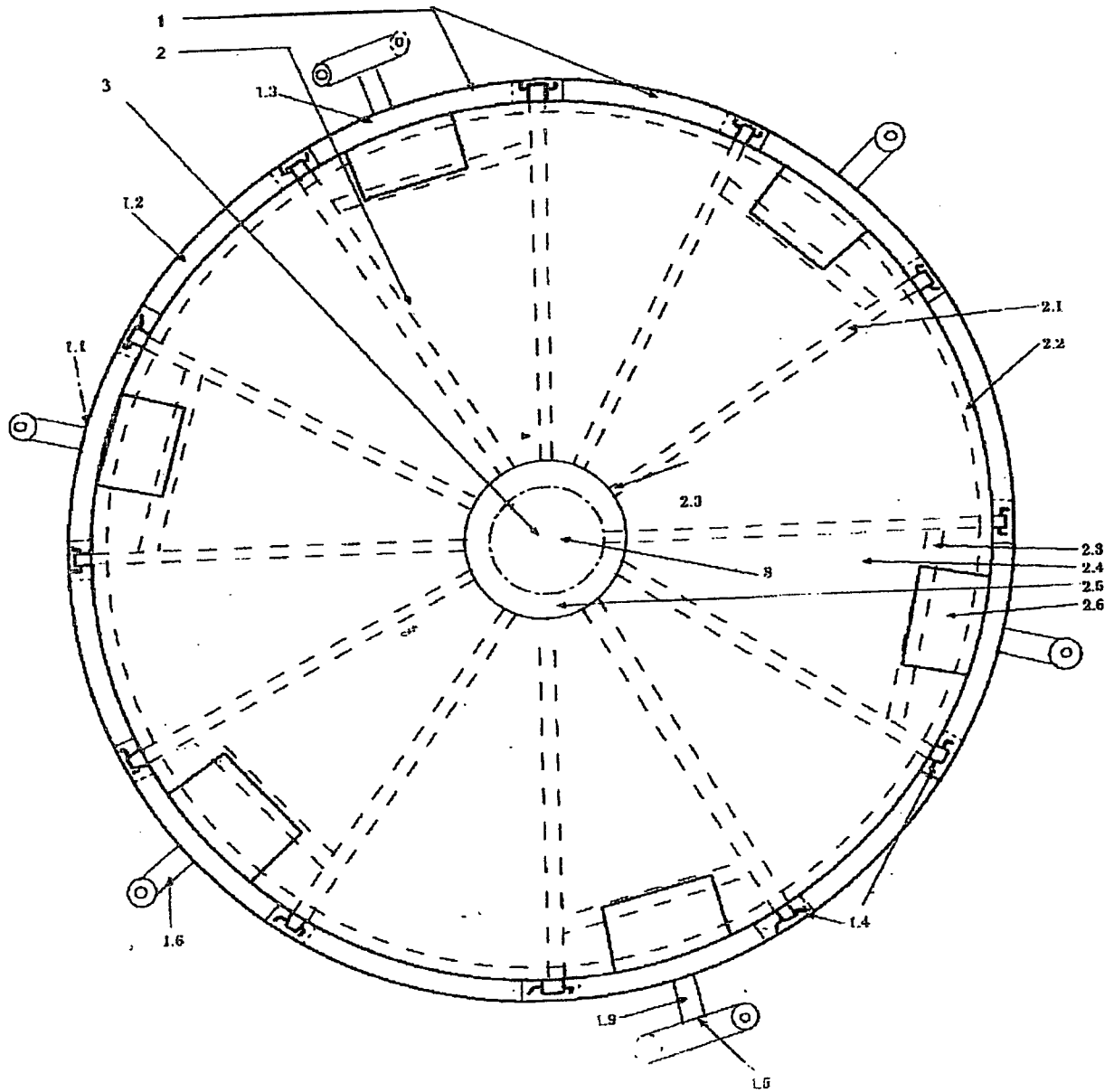


Fig. 2.a



Fig. 2.b

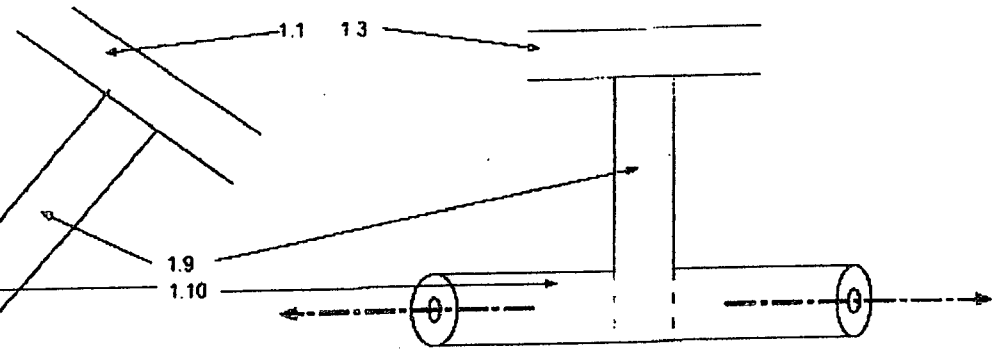


Fig. 2.c

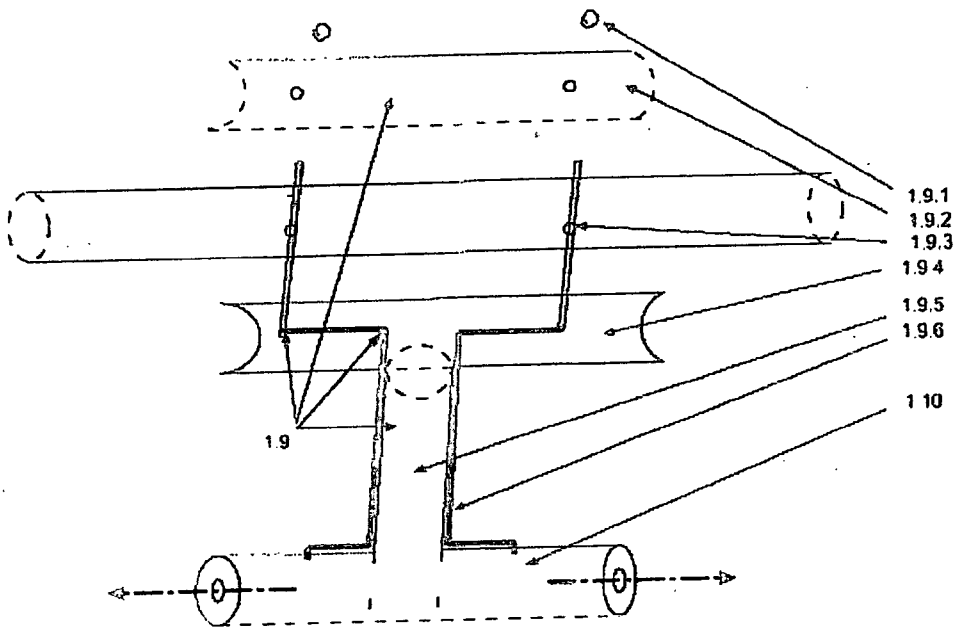


Fig. 2.d

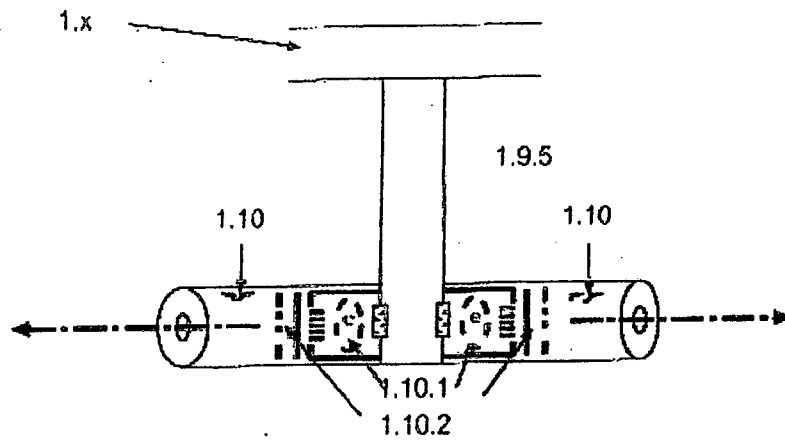


Fig. 3.a

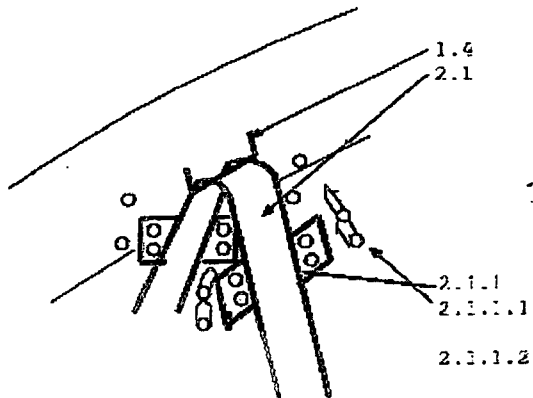


Fig. 3.b

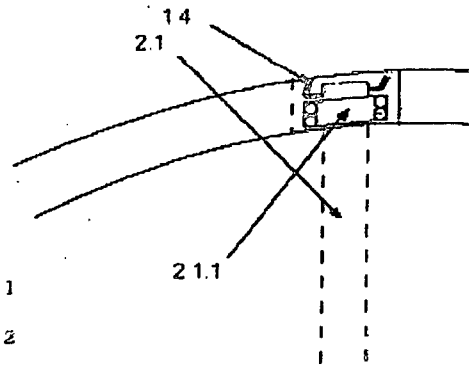


Fig. 4

