

**Thrusterring-Raumfahrzeug, Thrusterring-Solaresegler, Segment-Montagesystem**

**- Weiterentwicklung durch**

- 1) **Vorrichtungen und Verfahren zum Segelsetzen an großen bzw. übergroßen Thrusterring-Solareseglern,**
- 5 2) **Innenring-Struktur von Thrusterring-Raumfahrzeugen und Verfahren sowie Vorrichtungen zur Montage und Justierung von Innenringstrukturen in einem äußeren (Thruster-)Ring,**
- 3) **Mobiles, andockfähige Triebwerkeinheiten für Thrusterring-Raumfahrzeuge.**

10 Mit diesem Antrag wird die Funktionalität der mit Patentantrag vom 24.07.2002 Az.: 102 34 902.9 – 22 vorgestellten Solarsegler, bzw. Thrusterring-Raumfahrzeuge und der im Erweiterungsantrag vom 31.12.2003 Az.: 10 2004 004 543.7 u. a. behandelten (Innenring-)Haltekonstruktionen für Thrusterring-Raumfahrzeuge um die in der Überschrift genannten Vorrichtungen bzw. Verfahren erweitert.

15

Diese Raumfahrzeuge sind insbesondere durch einen starren, **tragenden Rohraußenring** mit mehreren dort hauptsächlich zur Steuerung angeordneten Niedrigschub-Antriebseinheiten gekennzeichnet, der auch das Solarsegel, sowie Solarzellen und sämtliche sonstige Lasten mit Hilfe von Gurt- oder Faden-Netzen bzw. Bespannungen  
20 aufnehmen kann.

Die Außenring-Konstruktion lässt den Verzicht auf komplizierende, die Handhabung des Seglers erschwerende Mast- Baum- und Sparren-Konstruktionen zu, während die Verlagerung der Steuerungs-Antriebe nach außen den Weg frei gibt für die Aufnahme  
25 einer durch das Netz gehaltenen, von beiden Seiten zugänglichen, zentralen Docking- und Ladestation in Form einer Innenring-Konstruktion.

30 Die im Zentrum angebrachte Innenring-Struktur ist dazu geeignet, auch mehrere  
Raumfahrzeuge bzw. flugfähige Funktionseinheiten ein und ausdocken zu lassen, sowie  
Nutzlasten mittels Windenvorrichtungen aufzunehmen und zu handhaben.

35 **Zu 1) Vorrichtungen und Verfahren zum Segelsetzen an großen bzw. übergroßen  
Solarseglern**

Wie die Raumsonde der Europäischen Union, Smart I bewiesen hat, sind Niedrigschub-  
antriebe nicht nur zur Steuerung, sondern auch zum direkten Antrieb eines  
40 Raumfahrzeuges geeignet. (Smart I hat mit Hilfe ihres solarelektrischen Antriebes unter  
ständiger Erhöhung der Orbitgeschwindigkeit aus einer Erdumlaufbahn heraus den  
Mondorbit erreicht).

Die umfangreiche Antriebsausstattung der hier behandelten Solarsegler kann diesen  
45 ebenfalls dazu verhelfen, den Orbit zu erhöhen, bevor das als Hauptantriebsquelle  
vorgesehene Segel gesetzt wird.

Diese Eigenschaft soll wie nachfolgend beschrieben, genutzt werden um Zusammenbau  
des Seglers und das Segelsetzen zu trennen und dadurch die für Solarsegler gefährlichen  
50 Auswirkungen der irdischen Randatmosphäre zu vermeiden.

**Problemstellung:**

Je größer ein Solarsegler ist, desto mehr Schubkraft kann er entwickeln, je dünner das  
eigentliche Segelmaterial ist, desto größer ist (wegen der geringeren Masse) die aus dem  
55 Schub gewonnene Beschleunigung.

Daher sollte die Segelfolie eines Solarseglers äußerst dünn und möglichst groß sein, um neben der eigentlichen tragenden Struktur des Solarsegels auch einen nennenswerten Anteil an Nutzlast mitführen zu können.

60 Eine Solarsegelfolie nach dem derzeitigen Stand der Technik hat gerade einmal die Reißfestigkeit von sehr dünner Cellophan-Folie, ein Karbonfaser verstärktes Segel (das mit einer Verdreifachung des Materialgewichts bestraft wird) hat etwa die Stärke eines Blattes Papier.

65 Angestrebt werden jedoch noch weitaus geringere Materialstärken, was zu einer sehr großen Beschädigungsempfindlichkeit führt. Dies gilt sowohl für den eigentlichen Betrieb, weil die sich addierenden Kräfte einer großen Segelfläche an den Rändern des Segels am stärksten auswirken und hier die größte Reißgefahr besteht, als auch für den Entfaltungsvorgang im Weltraum.

70 Die besondere Beschädigungsanfälligkeit an den Randbereichen des Segels ergibt sich daraus, das die Befestigung dort erfolgt und weil es für einen besseren Wirkungsgrad des Seglers erforderlich ist, das Segel möglichst flach zu halten, was normalerweise durch Spannung an den seitlichen Aufhängepunkten verwirklicht wird.

75 Eine weitere Möglichkeit der Spannungserhöhung kann z. B. durch komplizierte, von der Fläche des Seglers abstehende Mast- und Baumstrukturen mit daran befestigten Spannungstrossen erfolgen. Dies macht jedoch den Segler sperrig und von einer Seite unzugänglich und erhöht dessen Masse um den entsprechenden Anteil der zusätzlich  
80 benötigten Strukturteile.

Um eine möglichst geringe Struktur-Masse zu erreichen, wäre das Segel so dünn, dass es gerade eben in der Lage sein würde, sämtliche einwirkenden Kräfte aufzunehmen, ohne hierdurch beschädigt zu werden.

85

90 Nach dem derzeitigen technischen Stand wäre z. B. eine 2  $\mu\text{m}$  „dicke“ Trägerschicht der Segelfolie denkbar (also gerade einmal der fünfhundertste Teil eines Millimeters) auf die eine noch erheblich dünnere reflektierende Metallschicht (bevorzugt Aluminium) von ca. 0,1  $\mu\text{m}$  und auf der Rückseite eine weitere 0,0125  $\mu\text{m}$  Metallschicht zur Verbesserung der Wärmeabstrahlung aufgedampft wird.

95

Diese Trägerschicht ist jedoch eigentlich nicht mehr erforderlich, wenn das Segel erst einmal entfaltet und gesetzt ist.

Daher wird sogar erwägt, die Trägerschicht aus einem Plastikmaterial zu fertigen, das  
100 nach dem Segelsetzen durch die einwirkenden UV-Strahlen verdampft, so dass nur noch die reflektierende Metallschicht übrigbleibt.

Bereits 1979 schlug der damalige MIT-Wissenschaftler Eric Drexler ein derartiges Verfahren mit Patenten für Solarsegler und Fertigungsverfahren der Segelfolie vor, bei  
105 dem ein derartiger Film von 15 bis 100 Nanometer Dicke im Weltraum durch eine entsprechende Weltraum-Fabrikationsanlage angefertigt und in vielen kleineren dreieckigen Stücken in einem Montagegestell zu einer großen Segelstruktur zusammengefügt wird, die durch Spannungstrossen und Rotation die für Solarsegler wichtige flache Form aufrecht erhält.

110

Eric Drexler konnte derartige superdünnen Folien in kleinen Mengen auch tatsächlich im Labor selbst anfertigen und handhaben. Es stellte sich heraus, dass sie für falt- bzw.

Entfaltungsvorgänge zu verletzlich waren und eine Produktion auf der Erde mit anschließendem Verbringen in den Weltraum daher nicht in Frage kam.

115

Als einzige Möglichkeit, derartige Folien zu verwenden, verblieb demnach nur die von Drexler vorgeschlagene Anfertigung im Weltraum.

120 Sicherlich ist die direkte Weltraumproduktion die naheliegendste und für die fernere Zukunft geeignetere Problemlösung. Die störenden Einflüsse der irdischen Atmosphäre und Gravitation können hierdurch vermieden werden und daher noch erheblich verletzlichere Segelmaterialien zum Einsatz kommen.

125 Da jedoch Entwicklung und Launchen derartiger Anlagen auch mit nicht unerheblichen Aufwand verbunden sind, dürfte die Produktion solcher Segel auf der Erde für die nähere Zukunft eine beachtenswerte Alternative sein.

130 Für ein auf der Erde gefertigtes Segel, das ja für den Transport in den Weltraum gefaltet werden muss, besteht jedoch die Gefahr, es durch die Faltung zu schwächen und dann anschließend bei der Entfaltung am Ort der Montage zu beschädigen.

135 **Wie kann man ein derart verletzliches Solarsegel im Weltraum entfalten, montieren und unter Last betreiben, ohne dass es insbesondere an den Seiten reißt?**

Ein Teil der Problemlösung wird durch die Bauart der durch diese Patentschrift verbesserten Thruster-Solarsegler wie nachfolgend beschrieben erst ermöglicht.

140 Der starre tragende Außenring erlaubt es, die Last des Segels und evtl. Spannungen zum

flach halten der Segelfläche auf diesen mittels Kantenfäden gleichmäßig zu verteilen.

Dennoch sind die Probleme der Handhabung eines derart enormen Segels bei der Entfaltung und Montage, der Schwächung des Segels durch die Faltung, sowie der  
145 erhöhten Gravitationsbelastung des empfindlichen Segelmaterials durch die Beschleunigung bei Launcher Starts für die hier behandelten Solarsegler noch nicht vollständig gelöst.

150 Dem Erfinder ist bisher bis auf die durch Eric Drexler vorgeschlagene direkte Weltraumanfertigung riesiger, drachenähnlicher Solarsegel, deren Spannung durch Rotation und Spannungstrossen erhalten wird, auch kein Vorschlag hierzu für übergroße Solarsegler anderer Bauart bekannt geworden.

155 Gegenüber dem hier behandelten Thruster-Solarsegler mit zentraler Nutzlast- und Docking-Station weist diese Bauart neben dem höheren Aufwand für Entwicklung und Projektion entsprechender Weltraum-Fertigungs-Anlage jedoch deutliche Nachteile in Bezug auf Steuerbarkeit des Seglers und Handhabung der Ladung auf.

160 Zudem könnte die Montage eines derartigen Seglers wegen der nachfolgend noch beschriebenen Absturzgefahr nicht im für Solarsegler problematischen Randbereich der Erdatmosphäre erfolgen und müsste derzeit mangels entsprechenden Strahlungsschutzes für Astronauten ausschließlich ferngesteuert erfolgen.

165 Die mit dieser Patentschrift beschriebene Methode soll unter anderem eine Montage des Raumfahrzeuges mit auf der Erde angefertigten Teilen an einer Raumstation, die sich im erdnahem Orbit befindet, ermöglichen.

Dies ist jedoch nach derzeitigem technischen Stand auch nicht problemlos.

170 Hierzu ein Zitat aus Solar Sailing, Technology, Dynamics and Mission Applications, 1  
Ausgabe, Seite 56: „One of the key problems in solar sail design is the packing and  
subsequent deployment of large areas of thin sail film.“ „Indeed, the packing and  
deployment problem has perhaps been the greatest impediment to practical solar sail  
utilisation.“

175

Gerade für die hier behandelten sehr großen Solarsegler ist ein durchführbares  
praktisches Verfahren zum Verstauen und zum Setzen des Segels, ohne dieses bei dieser  
Gelegenheit zu beschädigen, notwendig.

180 Dies sollte eine gewisse Automatisierung bei der Segelmontage erfolgen, durch die die  
Gefährdung von Astronauten wegen evtl. direkter Einsätze im freien Raum weitgehend  
verringert wird.

Es besteht (von der durch den Weltraumeinsatz bedingten Gefahr für die Astronauten  
185 einmal abgesehen) die Gefahr, dass Astronauten in Raumanzügen mehrere  
Quadratkilometer große Segel nicht handhaben können, bzw. dieses aufgrund der  
Behinderung durch Raumanzüge bei der Montage beschädigen (eine falsche Bewegung  
bzw. Beschleunigung bzw. Abtreiben in die falsche Richtung könnte hierzu ausreichen).

190 Um übergroße Solarsegel von mehr als 2 x 2 Quadratkilometer (die derzeit als  
Obergrenze angesehene Segelfläche, die gefaltet in den Laderaum eines Space Shuttles  
passt) anfertigen zu können, sollte noch eine weitere Lösung gefunden werden. Denn  
derzeit sieht man es für ein großes Segel wohl als notwendig an, es komplett auf der Erde  
aus vielen Segelstoff Bahnen zusammensetzen, das Segel zu falten, in den Weltraum  
195 zu transportieren und dort wieder auseinander zu falten.

Ein weiteres Problem, mit denen sich Projektdesigner großer Solarseglerprojekte auseinandersetzen müssen, sind die Auswirkungen der irdischen Restatmosphäre im erdnahen Orbit.

200

So wird z. B. die Internationale Raumstation (ISS), die sich in diesem Randbereich bewegt (durchschnittlich ca. 400 km über der Erdoberfläche), durch diese atmosphärischen Reste derart ausgebremst, dass sie bald auf die Erde stürzen würde, wenn nicht regelmäßige umlauferhöhende Korrekturmaßnahmen unter Thrustereinsatz erfolgen würden.

205

210 Die ISS hat jedoch bereits eine recht hohe Masse und eine im Verhältnis zu einem Solarsegler geringe Angriffsfläche für atmosphärische Auswirkungen; ein Solarsegler mit seiner großen Fläche würde im Einflussbereich der Randatmosphäre jedoch erheblich schwerer beeinträchtigt.

215 Lt. Colin McInnes ist die Bremswirkung der Restatmosphäre unterhalb einer Orbithöhe von 600 – 900 km stärker als der Druck der Sonnenstrahlung.

Ein Segler der auf Höhe der ISS montiert wird, würde demnach spätestens beim Setzen des Segels sehr schnell auf die Erde stürzen, wenn ihm nicht neben dem Segel weitere wirkungsvolle Antriebsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

220

Bei einer Montage außerhalb des atmosphärischen Einflussbereiches kommt jedoch ein direkter Einsatz von Astronauten nicht in Frage, da die dort herrschende Strahlenbelastung des Weltraumes dies nicht zulässt. Hier wäre nur eine robotische, bzw. ferngesteuerte Montage denkbar.

225

Solange also wegen unzureichender Weiterentwicklung entsprechender Fernsteuerungs- und robotischer Techniken der direkte Einsatz von Astronauten erforderlich ist, wäre nur eine erdnahe Erstmontage eines Großseglers bzw. einer übergroßen Weltraum-Struktur, etwa bei der Internationalen Raumstation möglich.

230

Zum Launchen kleinerer, selbstentfaltender Solarsegler wird zur Vermeidung der erdatmosphärischen Gefahrenzone einfach eine Injektion des Seglers in einen ausreichend hohen Orbit bevorzugt. Dies ist jedoch bei großen Seglern, die zudem noch im Weltraum montiert werden müssen, mit derzeitigen technischen Mitteln nicht

235 möglich.

240 Cosmos I, ein selbstentfaltender Solarsegler, dessen Launch-Zeitpunkt in naher Zukunft geplant ist, soll daher in einen Orbit von ca. 825 km über der Erdoberfläche injiziert werden. Dies liegt noch im bzw. am Rande des Gefahrenbereiches der Erdatmosphäre und es bleibt zu hoffen, dass der Segler nicht abstürzt und es aus eigener Kraft schafft, den Orbit zu erhöhen.

245

Aus Kostengründen ist jedoch keine schubkräftigere Launchmöglichkeit vorhanden. Verwendet wird eine russische Interkontinental-Rakete, die wegen des Atomwaffen-Sperrvertrages ohnehin vernichtet werden muss und daher preisgünstig zur Verfügung steht.

250

**Aufgabenstellung:**

Aufgabe der vorliegenden Erfindungen ist es, Verfahren und Vorrichtungen zu deren

Durchführung zur Verfügung zu stellen, die es ermöglichen sehr, bzw. übergroße  
Solarsegel für Solarsegler mit starrem Außenrahmen von der Erde in den Weltraum zu  
255 transportieren und dort am Segler zu montieren, ohne dass Beschädigungen durch  
Faltungen, die Entfaltung des Segels und die Montage bzw. das Segelsetzen entstehen.

Zusätzlich soll ein zumindest teilweise automatisches Segelsetzen und Segelreffen  
ermöglicht werden, um die Montage und den Betrieb eines Thruster-Solarseglers in  
260 atmosphärischen Einflussbereichen (z. B. bei der ISS) zuzulassen während das  
eigentliche Segelsetzen in einem ungefährlicheren, höheren Orbit erfolgen kann.

Weiterhin soll der direkte Einsatz von Astronauten beim Segelsetzen durch  
Vorrichtungen, die eine teilweise Automatisierung ermöglichen, verringert werden.  
265

Diese Vorrichtungen sollen bis hin zu einer Weltraum-Segel-Setzanlage führen, mit der  
das Segel-Setzen und -Ersetzen an einer Vielzahl von Solarseglern vorgenommen und  
vereinfacht werden kann.

270 Zuletzt soll auch die derzeitige Begrenzung der möglichen Segelfläche aufgrund der  
eingeschränkt zur Verfügung stehenden Laderaumfläche des Launchers um ein  
Vielfaches hinausgeschoben werden.

275 **Grundgedanken der Erfindung:**

Anders als bei den meisten Solarsegler Designs, die davon ausgehen, das ein  
Zusammensetzen eines auf der Erde angefertigten Großsegels im Weltraum schwer  
durchzuführen ist, wird das Segel erst im Raum aus einer Vielzahl von einzelnen Bahnen  
280 zusammengefügt, die am Segler zu einem Komplett-Segel vereint werden.

Die Bahnen können auf Rollen aufgerollt, anschließend transportiert und erst nach der Montage im Weltraum automatisch mittels Elektromotoren bzw. Winden abgerollt werden. Hierdurch ist das Faltproblem vermieden, da durch das Auf- bzw. Abrollen keine Falten entstehen können.

285

Auch die Montage wird stark vereinfacht, da die Rollen lediglich in hierfür bereits vormontierte Halterungen am Außenring des Seglers eingesetzt werden müssen oder ggf. sogar schon auf der Erde an den Ringsegmenten montiert sein könnten.

290 Zusätzlich wird das Zusammenschweißen/ -kleben eines kompletten Großsegels bereits auf der Erde, das Falten und das anschließende Entfalten und Montieren (für das dem Erfinder bisher keine einfache technische Lösung bekannt ist) eines derart riesigen Segels gespart und durch das einfache Aufrollen der Segelbahnen auf hierfür vorgesehene Rollenkörper ersetzt.

295

Sind die Rollenhalterungen ebenfalls mit einem Elektromotor ausgestattet und verbleiben am Segler, könnte auch das automatische Segelreffen, um etwa einem Thruster-Solarsegler die Rückkehr in einen atmosphärischen Randbereich zu ermöglichen, erfolgen.

300 Aufgrund der Möglichkeit der Verkleinerung und Vergrößerung einzelner Segelbahnen durch Auf- und Abrollen wäre zudem die Steuerung des Seglers möglich, das heißt, ein derartiger Segler, der die problematische Zone irdischer Gravitationswirkungen bereits hinter sich gelassen hätte, könnte vollständig ohne Treibstoff auskommen, wenn sich die weitere Steuerung auf die Veränderung der Segelfläche beschränkt.

305

Ebenso wird die bis dahin bestehende Begrenzung in der Segelgröße durch die Möglichkeit, nahezu beliebig viele Rollen und Launcher Ladungen für ein einziges Segel einzusetzen, signifikant hinausgeschoben.

310 Letztlich wird es für Thruster-Solarsegler, deren Rollenhalterungen, Segelfolienrollen und  
Winden direkt am Segler verbleiben, möglich sein, die Montage im für Solarsegler  
ansonsten gefährlichen erdnahen Orbit z. B. in an der ISS angebrachten  
Montagehalterungen durchzuführen.

315 Danach könnte dieser Orbit mit Hilfe der bereits vorhandenen Niedrigschub-Thruster auf  
eine ungefährliche Entfernung von der Erdatmosphäre erhöht werden.  
Erst anschließend erfolgt dann das Ausrollen der bereits montierten Segelbahnen mit  
Hilfe der in den Spulenhalterungen montierten Elektromotoren.

320

#### **Beschaffenheit der Solarsegel-Bahnen (Fig. 2):**

Um zu vermeiden, dass die einzelnen Segelstoff Bahnen durch die Zugspannung beim  
Ausrollen beschädigt werden, sind diese an beiden Längskanten mit (vorzugsweise CNT-  
325 Faser) Fäden versehen, die die gesamte Zugbelastung während des Spannvorganges aber  
auch im späteren Segelbetrieb aufnehmen, während der Segelstoff locker zwischen den  
beiden Längsfäden hängt.

330 Fig. 2 zeigt einen entsprechenden Segelbahn-Aufbau, bei dem die Segelbahn 2.9 mit zwei  
Längs-Kantenfäden 2.9.2 versehen ist, die am breiten Ende jeweils von einem Rollen-  
Befestigungsfaden 2.9.5 fortgesetzt werden und am schmalen Ende jeweils von einem  
Spulen-Zugfaden 2.9.4.

335 Die beiden Rollen-Befestigungsfäden 2.9.5 dienen zur Befestigung der Segelbahn an der  
Rolle, bzw. am Außenring (bei direkter Befestigung).

Die Spulen-Zugfäden 2.9.4 sollten mindestens die Länge der Segelbahn haben und dienen zum Ziehen der Bahn Richtung Innenring-Konstruktion der Seglers.

340 Wenn die Segelbahn ausgerollt (gesetzt) ist, sind die beiden Spulen-Zugfäden auf den zugehörigen Winden-Spulen aufgerollt.

Außerdem soll auch das Aufreißen der Segelfolie in Längsrichtung verhindert werden, so dass jeweils Verdickungen der Trägerschicht in Form von die Bahnbreite durchlaufenden „Rip-Stops“ 2.9.3 vorgesehen sind.

345 Form und Aufbau der einzelnen Segelbahnen entspricht damit weitgehend einem Design der Johns Hopkins Universität (JHU) aus den späten 80er Jahren für das nie statt gefundene, für das Jahr 1992 vorgesehen Solarsegler-Rennen zum Mars, mit dem ein selbstentfaltender scheibenförmiger Segler entworfen wurde. Auch die Segelbahnen von Cosmos 1 haben eine derartige annähernd dreieckige Form.

350

Anders als bei dem 170-m-Durchmesser JHU-Segler, dessen 480 Segelbahnen zunächst **innen** in Tuben verpackt um den zentralen Raumfahrzeug „Bus“ angeordnet sind, werden die Bahnen im vorliegenden Design jedoch **außen** auf Rollen aufgerollt und durch die sich verjüngenden Fäden der Kantenbegrenzungen, die immer auf der darunter liegenden  
355 Bahn aufliegen (s. hierzu Fig. 3), für den Launchvorgang geschützt.

360 Auch der Entfaltungsvorgang der beiden Designs ist unterschiedlich. Während im Thruster-Solarsegler die Bahnen der Segelfolienrollen einfach durch Elektromotoren von der Rolle in Richtung Zentrum des Seglers abgezogen werden, sollen die Tuben des JHU-Seglers durch Federkraft in eine runde Außenstruktur expandieren und dabei die Segelfolien-Bahnen aus den Tuben herausgezogen werden.

365

Sicherlich ein Vorgang, der bei sehr empfindlichen Folien nicht ganz unbedenklich in Bezug auf die Beschädigungsanfälligkeit ist.

Sowohl Rip-Stops als auch Kantenfäden der Segelbahnen könnten z. B. durch Wegätzen  
370 einer dickeren Trägerschicht hergestellt werden, wobei die dicken Stellen an den Kanten und als Rip-Stops in der ursprünglichen Materialstärke verbleiben.

Alternative Verbindungs-Möglichkeiten wären z. B. das Verkleben oder Verschweißen von z. B. CNT-Fäden mit dem Trägermaterial.

375 An den seitlichen Enden der Rip-Stops sind in Fig. 2 außerdem Halte-Pads 2.9.6 eingezeichnet, die mit den Rip-Stops verbunden und mit Verbindungsmöglichkeiten (z. B. Klettverschlüsse oder Druckknöpfe oder magnetische Flächen) versehen sind, wodurch eine seitliche Befestigung der Bahnen untereinander ermöglicht werden soll.  
Sinn dieser seitlichen Befestigung ist es, seitliche Verschiebungen der Segelbahnen zu  
380 verhindern, die z. B. durch Drehungen des Seglers entstehen könnten.

Allerdings hofft der Erfinder, dass die Halte-Pads nicht notwendig sein werden, oder zumindest die manuelle Verbindung vermieden werden kann, da hierdurch der Vorteil des automatischen Segel-Setzens und -Reffens erheblich gemindert würde.

385 Ob ein Verzicht auf Halte-Pads möglich sein wird, kann nur die Praxis zeigen.

Bei dem JHU-Segler sind jedoch keine derartigen Verbindungs-Pads vorgesehen.

390 Ein eventueller Weg zur automatischen seitlichen Verbindung der Bahnen untereinander wäre die Verwendung magnetischer Pads, die bei genauer Platzierung der Bahnen nach dem Absenken eine magnetische Verbindung ohne weiteres Zutun eingehen würden.

Voraussetzung hierfür ist jedoch eine sehr hohe Maßhaltigkeit und exakte Ausrichtbarkeit der einzelnen Segelbahnen.

395

Da die Segelbahnen am Außenring und im viel kleineren Zentrumsbereich des Seglers befestigt werden, muß sich jede einzelne vom Außenbereich zum Innenbereich entsprechend des Verhältnisses des jeweiligen Umfanges des Außenringes zum Befestigungsbereich im Zentrum des Seglers verjüngen.

400

So würde der Umfang eines runden Seglers von z. B. 2260 m Durchmesser (dies entspricht etwa einem quadratischen Segler mit einer Seitenlänge von 2 x 2 km) etwa 7096 m betragen, während der Umfang eines 30 m Innenringes mit anschließenden 4 m Solarzellenring nur 38 m beträgt.

405

Ein derartiger Segler könnte nach Berechnungen des Erfinders ein Gewicht von ca. 15 Tonnen haben. Nicht viel für ein derart großes Gebilde!

Verwendet man am Außenring dieses 2260-Meter-Seglers eine anfangs ca. 4 m breite  
410 Bahn, verjüngt sich diese dort, wo sie letztlich endet, nämlich an der äußeren Kante des/der Gehäuse(s) des Solarzellenringes auf nur noch etwa 6,3 cm Breite. Die Bahnen haben also (bis auf die abgebrochene Spitze) eine nahezu dreieckige Form.

Damit die Bahnen sich bei der Montage überlappen, könnte z. B. die Breite noch um  
415 z. B. 2 cm verlängert werden, was zu einer beidseitigen Überlappung von ebenfalls 2 cm führen würde. Die Bahnen hätten in der hier vorgestellten Ausführung eine Breite von etwa 4,02 m an der breiten Seite und 8,3 cm an der schmalen, sowie eine Länge von 1111 m.

420 **Aufrollen der Segelbahnen (s. Fig. 3):**

Die oben beschriebene, laufende Verjüngung der Segelbahnen hat zwei entscheidende Vorteile.

Die dickeren Kantenfäden können nach einem Umlauf der Rolle wie in Fig. 3 dargestellt,  
425 nebeneinander liegend gerollt werden anstatt aufeinander liegend.

Hierdurch werden die durch unterschiedliche Dicke der Kantenfäden und des Segelmaterials zu erwartenden seitlichen Wülste vermieden, die die Handhabung derartiger Rollen bei großen Seglern nahezu unmöglich machen würde.

430

Durch die sich verjüngend nebeneinander liegenden seitlichen Fäden wird außerdem der gesamte Bereich der Segelfolien-Rolle von oben geschützt bzw. gestützt weil sich bis zum mittleren Bereich der Rolle eine außen liegende Spirale aus Kantenfäden bildet.

435 Die Rollen können daher auch im Launcher in einem Gestell frei schwebend und an ihren beidseitigen Naben Aufhängungen gehalten werden, ohne dass die empfindliche Segelfolie durch die starke Andruckbelastung beim Launchen beschädigt wird.

Die bereits erwähnte 1111 m lange Segelbahn würde einen z. B. 6 cm dicken  
440 Rollenkörper im Mittelbereich bei einer Stärke der Segelfolie von 2,1125  $\mu\text{m}$  allseitig um grob gerechnet 10 mm zzgl. der Fadenstärke verdicken, was zu einem Gesamtdurchmesser der Rolle im Mittelbereich von etwa 8 cm führen würde.

Derartige 4,02 m lange und zwischen 6 und 8 cm dicke Rollen sind durchaus zu  
445 handhaben und mit entsprechenden Halterungen am Außenring des Solarseglers zu befestigen.

450 Die Fläche einer einzigen Bahn einschließlich Überhang würde etwa 2281 m<sup>2</sup> betragen,  
das Gewicht einer einzelnen Bahn, von denen der erwähnte 2260-m-Segler immerhin  
1774 Stück besitzt, könnte sich geschätzt je nach Material und Folienstärke zwischen 2,5  
und 6 kg bewegen. Dazu käme dann noch das jeweilige Gewicht der Rollen,  
Rollenhalterungen und Windenvorrichtungen, falls diese am Thruster-Solar-Segler  
455 verbleiben sollen.

#### **Segelrollen, Setz- und Reffvorrichtungen (Fig.4) und deren Montage:**

Am Außenring des Solarseglers werden für jede vorbereitete Segelfolien-Rolle zwei  
Rollenhalterungen (für jedes Rollenende eine Halterung) befestigt, von denen zumindest  
460 eine für das Auf- und Abrollen mit einem Elektromotor ausgestattet sein sollte.

Die Befestigung der Halterungen könnte nach dem gleichen Prinzip erfolgen, nach dem  
die Thruster des anfänglich bezeichneten Erstantrages befestigt wurden (mit  
durchsteckbaren Befestigungs-Splinten und Befestigung durch Kontermuttern).

465

Außerdem sind die Befestigungen so ausgebildet, dass die Segelfolien-Rollen an Ihren  
beiden Naben, die ebenfalls zu diesem Zweck entsprechend ausgebildet sind, in die  
Halterungen eingesteckt und von diesen festgehalten und dort gedreht werden können.

Die Halterungen sind am Außenring des Seglers so ausgerichtet, dass jeweils jede zweite  
470 Rolle erhöht über ihren beiden Nachbarrollen steht. Diese Bahnen liegen nach dem  
Absenken auf den unten liegenden Bahnen mit beiden Rändern auf.

Bei einer späteren Reparatur bzw. dem Austausch einer einzelnen Bahn muß  
günstigstenfalls nur diese abgehoben werden (wenn es sich um die oben liegende Bahn  
475 handelt) und im schlimmsten Fall noch zusätzlich die beiden oben liegenden  
Nachbarbahnen (wenn es sich um eine untenliegende Bahn handelt).

480 Sollen die Rollenhalterungen und Winden zum automatischen Segelsetzen und Reffen am Segler verbleiben, sind nur die Halterungen der oben stehenden Rollen absenkbar (z. B. durch ein drehbares Gelenk oder eine Teleskop-Halterung) ausgeführt.

Kommt es später zum Absenken der Segelbahnen, werden die höher stehenden Rollen  
485 mit ihren Halterungen soweit abgesenkt, dass die oberen Segelbahnen den Rand der darunter liegenden mit ihrem Überstand bedecken.

Sollen Halterungen und Winden nach dem Segelsetzen z. B. aus Gewichtsgründen entfernt werden, wäre es nicht erforderlich, diese absenkbar auszuführen, da die  
490 endgültige Befestigung des Segels ohnehin von Hand bzw. robotisch erfolgen müsste.

Hier würden jedoch auch zunächst die unteren Bahnen am Außenring befestigt und anschließend die oberen überlappend auf die unteren abgelassen.

495 Außerdem werden an der Außenseite des an die Innenring-Struktur (s. Fig. 5) des Seglers anschließenden Solarzellenringes für jedes Rollen-Halterungs-Paar eine Winden-Vorrichtung 5.10 (Fig. 3) montiert. Diese besteht aus einem Elektromotor, auf dessen aus dem Motor herausschauenden Achsen sich die Spulen beidseitig befinden.

#### 500 **Segelsetzen im Weltraum:**

Günstigerweise wären sämtliche Halterungen und Winden-Vorrichtungen bereits an den Ringsegmenten des Außenringes und den dafür vorgesehenen Befestigungsstellen an der Innenring-Struktur bereits auf der Erde vormontiert.

Im Weltraum wären dann nach der vollständigen Montage des Seglers nur noch die

505 Segelbahnrollen in die hierfür vorgesehenen Rollenhalterungen einzusetzen.

Sodann würden die beiden Windenfäden vom Zentrumsbereich zu den zugehörigen Segelbahnrollen hinübergeführt und an den beiden Kantenfäden des schmalen Endes der Segelbahn befestigt.

510 Es wäre allerdings auch denkbar, die jeweiligen Ringsegmente des Außenringes schon auf der Erde mit den jeweiligen Innenringsegmenten durch ihre entsprechenden Fadenverbindungen zu verbinden, damit ein evtl. aufwendiges Fadenziehen (bei einem 2260-m-Segler immerhin ein Distanz von weit über einem Kilometer) vermieden werden kann.

515

Der Segler wäre jetzt bereits in der Lage, die Segelbahnen mit Hilfe der Winden zu setzen. Wurde die Montage im gefährlichen Randatmosphären-Bereich durchgeführt, erfolgt ein Segelsetzen jedoch zu diesem Zeitpunkt noch nicht, sondern der Segler erhöht zunächst seinen Orbit allein mit Hilfe seiner elektrischen Niedrigschub-Antriebe.

520

Fig. 5 zeigt einen Solarsegler, dessen Segelbahnen nicht gesetzt sind, dafür sind hier die unter dem Segel liegenden Haltefäden der Innenring-Struktur zu sehen.

Erst wenn ein sicherer Orbit erreicht ist, werden die Winden in Betrieb gesetzt, die die  
525 Segelbahnen zum Zentrum des Seglers hin von den Rollen abziehen.

Fig. 1 zeigt einen Solarsegler, dessen Segelbahnen bereits gesetzt sind. Da es sich um einen runden Solarsegler handelt, verjüngen sich die Segelbahnen in Richtung des Innenringes immer mehr.

530 **Der Abroll- und der Absenk-Vorgang:**

Sowohl Rollen als auch Seilwinden halten die Segelbahn zunächst beim Spannen und Ausrollen vom Außenring und der darunter liegenden, die Innenringkonstruktion

haltende Fadenbespannung in ausreichender Entfernung, so dass zunächst keine Berührung des/der Netzes/Bespannung erfolgt.

535

Erst wenn die Rolle(n) ausgerollt ist/sind, erfolgt ein Absenken, z. B. durch Drehen der Rollen am Außenrohr nach außen oder innen (Fig. 4) oder z. B. durch elektrische Hebe- bzw. Senkmotoren, bis das Segel/ die Segelbahn seine Endposition erreicht hat.

540 Abgesenkt würde nur jede zweite, also die höher angebrachten Bahnen. Falls nötig müssen hierbei die seitlichen Befestigungen der Halte-Pads erfolgen.

Die hier beschriebene Absenk-Methode ermöglicht es, durch wieder Anheben und Aufrollen einzelne Bahnen wieder auszutauschen wenn diese beschädigt sind.

545

### **Serien- Bespannungsvorrichtung für Solarsegler.**

Um eine größere Zahl von Solarseglern mit Segeln zu versehen, liegt der Gedanke nahe, einfach ein gleich großes Thrusterring-Raumfahrzeug der gleichen Serie mit fest montierten Rollenhalterungen und Windeneinrichtungen zu versehen, die es ermöglichen die Segelbahnen an diesem Fahrzeug auszurollen und provisorisch zu halten.

550

Die zu bespannenden Fahrzeuge einer Serie würden nicht über eigene Winden- und Rollenhalterungen für die Segelbahnen verfügen, sondern diese würden direkt am Außenring und der Innenring-Struktur befestigt.

555

Sobald das Segel komplett ausgerollt ist, wird das zu bespannende Thrusterring-Raumfahrzeug an die Bespannungseinrichtung herangeführt und mittels (vorzugsweise automatischer) Halterungen an der Bespannungseinrichtung gehalten.

560 Die jeweils einzelnen Bahnen können dann von ihren Halterung bzw. Winden gelöst und

an dem zu bespannenden Solarsegler befestigt werden.

Nachteil dieser Methode ist allerdings, dass die endgültige seitliche Befestigung der Folienbahnen mittels der Endfäden von Hand ggf. mit Hilfe geeigneter Roboter erfolgen  
565 müsste und eine Rückkehr eines derart ausgerüsteten Seglers in Randatmosphärische Bereiche wegen der fehlenden Reffmöglichkeit nicht erfolgen könnte.

570 Vorteil ist, dass die am Ende endgültig bespannten Solarsegler ohne eigene Rollen und Rollen-Halterungen, sowie ohne Seilwinden auskommen würden und dadurch das Gewicht des Seglers, sowie die Gesamtherstellungskosten einer Serie reduziert würden, da nur der mit der Serienbespannungs-Einrichtung versehene Segler derartige Vorrichtungen benötigt.

575

Eine weitere einfache Methode, um diese Befestigungen der Segelbahnen vorzunehmen, wäre, die entsprechenden Ringsegmente mit einer Doppelwulst zu versehen, die in der Mitte eine Rille/Nabe bildet, in den der jeweilige Kantenfaden um das Rohr geführt und anschließend verknotet wird.

580

585

590

595

600 **Zu 2) Starre Innenring-Docking- und Nutzlaststation mit integrierter Solarstrom-  
Erzeugung für Thrusterring-Raumfahrzeuge und -Segler  
- Verfahren sowie Vorrichtungen zur Montage und Justierung von  
Innenringstrukturen in einem äußeren (Thruster-)Ring**

605 Aufgabe der hier erläuterten Neuerungen ist es, die Montage der bereits im Vorantrag  
behandelten Innenring-Docking und Nutzlaststation und deren Einfügen in den evtl. um  
Dimensionen größeren Thruster-Außenring eines Thrusterring-Raumfahrzeuges zu  
vereinfachen und beschleunigen.

610 Im Zentrum von Fig. 5 wird eine Innenringstruktur, bestehend aus drei Ringen 5.a, 5.b  
und 5.c dargestellt. Die Ringe können aus Rohr-Segmenten bestehen, die einfach  
ineinandergesteckt und durch durchsteckbare Splintstangen und Kontermuttern gesichert  
werden.

615 Die Ringe werden verbunden durch die starren Ringverbindungsstücke 5.9, die die

Rohrsegmente der einzelnen Ringe durch entsprechende Ausformung an den Verbindungsstellen Halbkreisförmig umfassen und durch Anfügen einer Ringverbindungs-Halbschale 5.9.1 auf den den Umfassungen entgegen-liegenden Rohrhälften aufgesetzt werden.

620

Durch vollständiges Durchführen der Splinte durch die so entstandenen Verbindungen und Befestigung mittels Kontermutter wird jede einzelne der Verbindungsstellen zusätzlich verstärkt.

625 Hierdurch entsteht eine Ringkonstruktion, die es zuläßt, zwischen den Ringen 5.b und 5.c Solarzellen-/Akkumulatoren Einheiten einzusetzen, deren Rahmen wiederum mit Halbschalen versehen sind, die die Rohre der Ringe halbkreisförmig umfassen und ebenfalls mit Ringverbindungs-Halbschalen 5.9.1 verstärkend gesichert werden.

630 Sämtliche evtl. im Weltraum vorzunehmenden direkten Verbindungen der Ringsegmente von Thrusterring-Raumfahrzeugen können daher mit immer derselben einfachen Befestigungstechnik, die auch für die Befestigung der Thruster und evtl. weiterer Ausrüstung am Außenring verwendet wird, vorgenommen werden.

635 Dies erleichtert die Entwicklung von Montage-Automaten und -Robotern mit deren Hilfe das Zusammenfügen des Raumfahrzeuges im Weltraum (gesteuert durch Astronauten einer Weltraumstation) bevorzugt erfolgen sollte.

Die Ringverbindungstücke 5.9 können nicht nur horizontal, sondern auch vertikal verwendet werden, um z. B. beidseitig, ausgehend vom innersten Innenring 5.a einen Docking- und Nutzlastraum zu schaffen, der es z. B. erlaubt Schwärme von Thrusterring-Raumfahrzeugen und Solarseglern, und / oder flugfähige Container und / oder selbst docking- und manövrierfähige Antriebseinheiten aufzunehmen.

645 Allerdings ist hiermit noch nicht die Befestigung und Justierung einer derartigen  
Innenringkonstruktion in dem um Dimensionen größeren Außenring gelöst. In einem  
Bezugsdesign projiziert der Erfinder z. B. einen 2260 m durchmessenden Außenring  
und eine Innenringkonstruktion von etwa 40 m Durchmesser, die eine 30 m  
650 durchmessende und aus beiden Seiten der Raumfahrzeugsscheibe herausragende  
Docking- und Nutzlaststation beinhaltet.

Schließlich liegen die Strukturteile des Außenringes und der Innenringkonstruktion bei  
dem Referenz-Design bereits um mehr als einen Kilometer entfernt voneinander.

655 Im vorliegenden Design erfolgt die Befestigung der Innenringkonstruktion durch die in  
Fig. 5 dargestellten Haltefäden 5.12, mit denen diese in den Außenring eingespannt wird.

660 Da Innenringkonstruktion und Thruster-Außenring nach den Vorstellungen des Erfinders  
zunächst jeweils getrennt an eigenen an einer Raumstation befestigten Montage-Gerüsten  
montiert werden, muß die Innenringkonstruktion anschließend in den Außenring  
eingesetzt werden.

665 Dies erfolgt durch eine Justierungseinrichtung, die aus den Justierungs-Zugfaden-Spulen  
5.9.3 und den dazugehörigen (CNT-)Zugfäden 5.9.3.1 besteht.

Die mit einem elektrischen Motor versehenen Zugfaden-Spulen sind bevorzugt bei der  
Weltraummontage bereits am äußeren Ende der Ringverbindungsstücke der Innenringe  
670 vormontiert und die dazugehörigen Zugfäden bereits auf der Erde mit den  
entsprechenden Rohrsegmenten verbunden.

Ebenso sollten auch die Haltefäden 5.12 jeweils an den Innenring-Rohrsegmenten und den dazugehörigen Rohrsegmenten des Außenringes vor der Montage befestigt sein.

675

Nach ihrer Fertigstellung kann sich die Innenring-Konstruktion mit Hilfe ihrer Justierungseinrichtung selbst in das Zentrum des ebenfalls fertiggestellten Außenringes (oder den Außenring um den Innenring) ziehen und dort justieren.

680 Da sämtliche weiteren Fäden (auch die Zugfäden der Segelbahnen) wegen der bei der Erstmontage räumlichen Entfernung der Konstruktionen zu lang ausgelegt sein müssen, ist es erforderlich, diese nun einen nach dem anderen am Außenring entsprechend auf die korrekte Länge zu kürzen.

685 Dies könnte dadurch erfolgen, dass das nunmehr bereits in seinen Umrissen fertiggestellte Raumfahrzeug in seiner Halterung soweit weitergedreht wird, dass die Stellen an denen die zu kürzenden Fäden befestigt sind, erreicht werden und können.

690 **Reichen die zur Befestigung einer auf der Erde tonnenschweren Innenring-Konstruktion vorgesehenen 12 Halte- und 4 Justierungs-“fäden“ tatsächlich aus, um die Gesamte Struktur, deren Erdgewicht sich bei dem Referenzsegler im Bereich von 10 bis 15 Tonnen bewegen könnte, zusammenzuhalten?**

695 Zunächst einmal handelt es sich um ein Raumfahrzeug, das für den Betrieb im freien Fall bzw. in Micro-Gravitation vorgesehen ist. Die Kräfte, die hauptsächlich auf die Raumschiffstrukturen einwirken werden, sind die Schubkräfte der Antriebe, also des Solarsegels und der Niedrigschub-Thruster.

700 Das Solarsegel, dessen Antriebskraft die der hauptsächlich zur Steuerung (mit  
Hebelwirkung, da die Thruster am Außenring platziert sind) verwendeten Ionen-Thruster  
weit übersteigt, kann auf Erdhöhe maximal jedoch nur einen Schub von 9 N, also 900  
Gramm je Quadrat-Kilometer entwickeln. Bei dem 4 Quadrat-Kilometer Referenzsegler  
wären dies auf Erdhöhe maximal 36 N und bei 0,25 AU von der Sonne etwa 576 N, also  
705 nicht einmal 58 kg, die sich auch noch auf die gesamte, riesige Struktur gleichmäßig  
verteilt.

Verwendet man etwa Haltefäden aus CNT- (Carbon Nanotube), einem Material, das  
absolut weltraumtauglich und erheblich leichter, jedoch 10 mal zugfester als Stahl ist, ist  
710 die hier angedachte Haltekonstruktion, die aus lediglich 16 Fäden besteht  
(s. hierzu Fig. 5), erheblich überdimensioniert.

Jeder dieser 16 „Fäden“ könnte auf der Erde einen PKW in der Luft halten ohne zu  
reißen.

715

Verwendet man allerdings zusätzlich wie nachstehend beschrieben noch stärkere, im  
Docking-Bereich angedockte Antriebsformen bei z. B. 1 G Beschleunigung, müsste das  
Faden-Gewebe den tonnenschweren Außenring bei vollem Erdgewicht halten, dessen  
Beharrungsvermögen auf den beschleunigenden Innenring drückt.

720 Eine genauere Analyse, zur evtl. Erhöhung der Anzahl der verwendeten Haltefäden  
und/oder Begrenzung der maximalen Schubkraft wäre hier ggf. erforderlich.

### **Zu 3) Mobiles, andockfähiges Triebwerk für Thrusterring-Raumfahrzeuge**

725

Die europäische Raumsonde Smart I, die mit einem Niedrigschubantrieb (Ionen-Antrieb)  
ausgerüstet war, benötigte etwa ein Jahr, bis sie mit Hilfe ihres Antriebes ausgehend von

einem erdnahen Orbit einen Mondorbit erreichen konnte.

Die amerikanischen Astronauten benötigten insgesamt etwa drei Tage um von der Erde  
730 den Mondorbit zu erreichen und darüber hinaus in einem Lander auf dem Mond zu  
landen.

Niedrigschub-getriebenen Raumfahrzeuge können die Route zum Mond oder aus dem  
Erdorbit heraus nicht direkt nehmen. Sie müssen die Orbitgeschwindigkeit und damit  
735 auch den Umfang des Orbits langsam und in vielen Umlaufbahnen um die Erde herum  
erhöhen, bevor Sie dem Griff der irdischen Gravitation entkommen können.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass derartige Niedrigschubantriebe zwar sehr  
treibstoffsparend betrieben werden können, jedoch Ihre Antriebskraft wie der Name  
740 schon sagt, äußerst schwach ist.

Die Thrusterring-Raumfahrzeuge und -Solarsegler nach den beiden vorangehenden  
Patentschriften stehen vor dem gleichen Problem; sie verfügen nur über ihre  
Niedrigschub-Thruster, sowie über den ebenfalls nur Niedrigschub-erzeugenden  
745 Solarsegel Antrieb.

Aufgabe der nachfolgend beschriebenen Erfindung ist es daher, Thrusterring-  
Raumfahrzeuge und -Solarsegler mit einer über die Niedrigschub-Beschleunigung  
hinausgehenden Beschleunigungsfähigkeit zu versehen.

750 In der bereits mehrfach erwähnten säulenförmigen Innenring-Dockingstation können  
Tochtereinheiten an beiden Seiten eindocken, indem sie in die (kreisförmige) Öffnung  
hineinmanövrieren, wo sie von in den Docking-Bereich hineinragenden Docking-  
Halterungen gehalten werden.

755 Diese Option wird nun dazu ausgenutzt, stärker beschleunigende Triebwerke, die an ihrer

äußeren Hülle zusätzlich mit Niedrigschub-Thruster-Einheiten versehen sind,  
automatisch, bzw. ferngesteuert in das Thrusterring-Raumfahrzeug einzudocken.

Diese mobilen Docking-Triebwerke können dann im Bedarfsfall gezündet werden und  
760 das Thrusterring-Raumfahrzeug z. B. zum schnellen Verlassen eines planetaren Orbits  
oder zum Abbremsen beschleunigen.

Ausgebrannte Triebwerke können sich selbsttätig durch Ausdocken entsorgen oder an  
einer Weltraumstation bzw. auf einem Asteroiden zur Treibstoff-Aufnahme landen oder  
765 ggf. auch im freien Raum oder in einer Umlaufbahn durch Tank-Raumfahrzeuge wieder  
befüllt werden.

Da eine große Docking-Station Raum in Hülle und Fülle bietet, wäre es auch möglich,  
jeweils ein mobiles Docking-Triebwerk an den beiden Austrittsöffnungen der Docking-  
770 Station zu platzieren, so dass jeweils sowohl für die anfängliche Beschleunigung als auch  
für das später wieder notwendige Abbremsen mobile Zusatz-Docking-Antriebe eingesetzt  
werden können.

Auch das Mitführen weiterer Austauschtriebwerke, etwa für eine Rückkehr zum  
775 Ausgangspunkt wäre ggf. möglich. Bei der notwendigen Größe von Solarseglern ist eine  
entsprechend groß ausgelegte zentrale Nutzlast- und Dockingstation, die zudem zum  
größten Teil aus Vakuum und einem ringförmigen Leichtgewicht-Rohrgerüst mit zwei  
großen Einflugöffnungen besteht, ein eher geringer Massefaktor.

780 So wäre nicht nur das Mitführen einzelner Docking-Zusatztriebwerke denkbar, sondern  
auch ganze Cluster von nebeneinander in einem gemeinsamen Antriebsring angebrachte  
Triebwerks-Kombinationen, so dass z. B. bei chemischen Antrieben für eine  
Beschleunigung nur einige dieser Triebwerke verwendet werden, beim späteren

785 Abbremsen wiederum nur einige, beim Beschleunigen für die Rückkehr wiederum nur  
einige und beim Abbremsen wiederum dasselbe.

Vorteil der Verwendung derartiger Cluster wäre, dass die zweite Austrittsöffnung der  
Dockingstation für den Ein- und Austritt von Tochter-Einheiten frei bleibt, bzw. kein  
Austausch von Antriebseinheiten erfolgen müsste.

790

**Welche Antriebsarten kommen nun als Ergänzungsantriebe für Thrusterring-  
Raumfahrzeuge in Frage?**

795 Im Prinzip alle, die einen stärkeren Schub als die ohnehin schon verwendeten  
Antriebsformen zur Verfügung stellen können.

Hier bieten sich zunächst einmal die **solarelektrischen Antriebe** wie Ionen- und Hall-  
Thruster in gegenüber den bereits am Außenring verwendeten Antrieben in einer  
erheblich verstärkten Ausführung an, wie z. B. die HIPEP-Thrusterentwicklung der  
800 NASA. Verwendet man diese in einem Cluster mit einer Vielzahl von Einheiten, würden  
sich bei der enormen Größe der zur Verfügung stehenden Austrittsfläche der  
Dockingstation durchaus beachtliche Antriebsleistungen ergeben.

805 Ein derartiger Betrieb bietet sich insbesondere an, weil ein Thrusterring-Raumfahrzeug  
auch über enorme Flächen für Solarzellen zum Betrieb dieser mit einem sehr hohen  
Strom- und Spannungsbedarf versehenen Antriebe, verfügt.

810 **Chemische Antriebe:**

Die chemischen Antriebe bieten eine hohe, bewährte Antriebsleistung. In Zeitkritischen

Missionen könnte deren Verwendung zugunsten einer Verkürzung der Missionsdauer die beste Lösung sein.

815 **Dampfantrieb:**

Die gute alte Dampfmaschine ist eine der ältesten und eine sehr bewährte Antriebsart. Sie würde auch als Raketenantrieb durch Erwärmung des Treibmittels (üblicherweise Wasser) und gezielten Ausstoß der unter Druck stehenden Gase im Weltraum funktionieren. Sie ist nicht so effektiv wie chemische Antriebe, doch sie hat einen

820 beachtenswerten Vorteil.

Sie verwendet ein Treibmittel, das nach seiner Gewinnung nicht weiter verarbeitet werden muss, nämlich Wasser, während die Grundstoffe für chemische Antriebe noch weiter aufzubereiten und ggf. zu kombinieren sind.

825

Es ist anzunehmen, dass sich Wasser auf Asteroiden, Kometen und Monden (oder auch auf dem Mars) finden und gewinnen lässt. So könnten Missionen an ihren Zielpunkten den benötigten Treibstoffbedarf für die Rückkehr ggf. dort gewinnen, wodurch auch der Transport dieser Treibstoffe zum Ziel der Mission nicht erforderlich sein würde.

830

**Atomare bzw. auf die Verwendung der Atomkraft konzipierte Antriebe:**

Derartige Antriebe können anders als der photonische Antrieb eines Solarseglers, der im Wesentlichen auf einen Umkreis von 3 AU (dreimal die Entfernung von der Sonne zur Erde) um die Sonne beschränkt ist, auch in Bereichen betrieben werden, in denen die Sonne weder ausreichende Energie für die Fortbewegung, noch für die Energieversorgung bereitstellen kann.

835

840 Dies dürfte etwa bei einer Entfernung von der Sonne ab 3 AU der Fall sein.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Kernkraft als Antrieb ist die mögliche lange Einsatzdauer und ihr unübertroffenes hohes Energiepotential.

845 Problematisch allerdings ist leider auch das Gefährdungspotential. Nicht auszudenken welchen Schaden ein abstürzendes, atomar betriebenes Raumfahrzeug auf der Erde anrichten könnte.

Raumfahrt mit Kernenergie-Antrieben ist ist daher politisch sowohl international als auch  
850 national schwer durchzusetzen.

Wie wäre es jedoch, wenn Kerntriebwerke sich immer weit entfernt von der irdischen Atmosphäre in einem Parkorbit befinden und vom anzutreibenden Raumfahrzeug nur in ungefährlichen Bereichen eingedockt wird?

855

Auch bei der Rückkehr von einer Mission, könnte das andockfähige, mobile Zusatztriebwerk wieder in einem ungefährlichen Bereich ausgedockt werden, damit sich das eigentliche Raumfahrzeug wieder in den Erdeinfluß begeben kann, ohne die Erde zu gefährden.

860

Genau diese Möglichkeit, könnte die hier beschriebene Kopplungstechnik bieten.

865

870 **Eigenschaften einer bevorzugten Bauart eines Thruster-Solarseglers**

Das mit dem Erstantrag eingereicht Design des Thruster-Solarseglers wies sowohl in Bezug auf die fehlenden automatischen Dockingmöglichkeiten, der Lastenverteilung, als auch wegen fehlender Möglichkeiten der komfortablen Handhabung von Nutzlasten  
875 Schwächen auf.

Dies wurde mit dem vorangehenden ersten Folgeantrag insbesondere mit der darin behandelten zentralen Nutzlast- und Dockingstation verbessert.

880 Mit dem nunmehr vorliegenden zweiten Folgeantrag wurden die Probleme der schwierigen Vorort- Montage im Weltraum und der eingeschränkten Beschleunigungsfähigkeit sowohl des Solarsegels als auch der Ionen-Antriebe durch die Möglichkeit der zusätzlichen Verwendung schubstärkerer Antriebe, sowie die bisher fehlende Verwendungsmöglichkeit des Seglers im atmosphärischen Randbereich einer  
885 erdnahen Raumstationen angegangen.

Nachfolgend soll nun eine jetzt bevorzugte Ausführung eines Thruster-Solarseglers vorgestellt werden, dessen Merkmale aus allen drei Patentanträgen kombiniert und nochmals überarbeitet wurden.

890

Bevor jedoch dieses Design nochmals erläutert wird, sollen die Hauptvorzüge und Merkmale, die dieser Segler nunmehr **in einem einzigen Modell vereint**, beschrieben werden.

895 Kein anderes dem Erfinder bekanntes Solarseglermodell bietet diese geballte

Aneinanderreihung positiver Merkmale und Eigenschaften, die sämtlich in einem einzigen Raumfahrzeug verwirklicht werden könnten.

900 **Treibstoff/Energieverbrauch und Einsatzbereich**

Mehrere Jahrzehnt nach der ersten Mondlandung krankt die menschliche Raumfahrt immer noch an dem immensen Treibstoffbedarf den jede einzelne Mission benötigt, wobei der größte Teil der Strukturen der verwendeten Raumfahrzeuge zum Transport eben dieses Treibstoffes genutzt werden muß.

905

Selbst bei der Verbringung und Stationierung wiederverwendbarer Raumfahrzeuge im Weltraum müßte der von diesen benötigte Treibstoff aufwendig und teuer (ein einziges Kilogramm in den Weltraum verbracht kostet mehrere tausend Dollar bzw. Euro.

910 Der Gedanke, dass ein Raumfahrzeug auch völlig ohne Treibstoff nur durch die Kraft der Sonne gesteuert und angetrieben werden könnte, hat daher enormen Charme.

Nicht zuletzt deshalb hat der Solarsegler-Traum eine derart treue unterstützende Anhänger-Gemeinde.

915

Obwohl der Thruster-Solarsegler durch die zusätzliche Verwendung anderer Antriebsformen zu den Treibstoff-verbrauchenden Raumfahrzeugen gehört, kann er mit Hilfe der vorangehend beschriebenen Segel- Setz- und Reff-Einrichtung und der damit möglichen gezielten Veränderung der Segelflächen dort wo es möglich ist auch als reiner

920 Solarsegler völlig treibstofflos verwendet werden.

Es gibt durchaus weitere Solarsegler-Designs, die auch diesen völlig treibstofflosen Fortbewegungsmodus beherrschen sollten, z. B. dadurch, dass an den äußeren Enden

925 Masttragender Solarsegler kleinere bewegliche Segelfläche (Vanes) zur Steuerung eingesetzt werden oder dass die Segel in einzelne, im Neigungswinkel verstellbare Flügel aufgeteilt sind, die die Steuerung ermöglichen sollen.

### 930 **Steuer- und Manövrierbarkeit**

Allerdings kommen Solarsegler kurz nach dem Launchen von der Erde bereits in eine zum Solarsegeln wenig geeignete Lage, weil die hierfür in der näheren Umgebung der Erde herrschenden Bedingungen denkbar schlecht sind.

935 Der Segler benötigt daher direkt bei Beginn seiner Verwendung eine extrem hohe Steuerfähigkeit. Zunächst wird er durch die irdische Randatmosphäre ausgebremst und dann muß er noch nach jeder halben Umrundung der Erde in die Gegenrichtung der bisherigen Bewegung beschleunigen und sich hierbei gleichzeitig auf die antreibende Strahlung der Sonne ausrichten.

940

Ein nur einseitig beschichteter Segler müßte also sehr häufig seine Ausrichtung abrupt durch komplette Drehungen ändern, während der doppelseitig beschichtete Thruster-Solarsegler mit beidseitiger Energieversorgung auch mit der „Rückseite“ zur Sonne segelfähig ist.

945

Er kann die Erdumrundung daher schon aus diesem Grund erheblich ruhiger angehen, obwohl ihm mit seinen Niedrigschub-Thrustern am Außenring eine Möglichkeit zur Verfügung steht, derartige Manöver durchzuführen.

950 Auch diese Art der Steuerung ist sehr Treibstoff-sparend, denn bei den bevorzugt verwendeten Ionen-Thrustern handelt es sich um eine sehr effektive, wenig Treibstoff-

verbrauchende Antriebsart (nur etwa ein Zehntel des Treibstoffverbrauches chemischer Antriebe).

955 Im übrigen werden die Thruster hauptsächlich zur Steuerung verwendet, müssen dass Raumfahrzeug also nur drehen, während der eigentliche Antrieb im Normalbetrieb durch das Solarsegel erfolgt.

960 Aufgrund der bevorzugten Nutzlast und Masse-Platzierung zum Zentrum des Seglers, verbrauchen die Thruster wegen des langen Hebels noch weniger Treibstoff.

Ein Massepunkt im zentrumsnahen Bereich legt im gleichen Zeitraum einen viel kürzeren Weg als ein zentrumsferner zurück und muß daher auf eine erheblich niedrigere  
965 Geschwindigkeit als ein Massepunkt, der sich am Außenring des Seglers befindet, beschleunigt werden..

Daher ist die recht schwere Energieversorgungseinheit, hier in Fig. 1 und in Fig. 5 in Form von Solarzellenarrays dargestellt, auch unmittelbar anschließend um die zentrale  
970 Lade- und Dockingstation gruppiert.

### **Erreichbare Geschwindigkeit und Zeitdauer von Missionen**

Auch bei der erreichbaren Geschwindigkeit macht der Thruster-Solaregler eine sehr gute Figur.

975 Zunächst einmal können Solarsegler als z. B. Chemische Antriebe prinzipbedingt praktisch unendlich lange beschleunigen, während das „Pulver“ einer Rakete schnell verschossen ist.

Die erreichbare Beschleunigung ist abhängig von der Fläche des Segels und der Masse

980 des Seglers (beides linear) und nicht zuletzt vom Abstand zur Sonne (umgekehrt  
proportional zum Quadrat der Entfernung).

Designbedingt kann ein Thruster-Solarsegler auch sehr große Segelflächen zur  
Verfügung stellen, insbesondere wegen der Möglichkeit sehr viele Segmente zu einem  
985 großen Segler zusammenzufügen und viele Segelbahnen einegeteilt in kleine Portionen  
am Außenring einzustecken.

Jedoch ist die erreichbare Geschwindigkeit für die Missionsdauer nicht alles.

990 Wenn ein Segler wegen des zwar lange zur Verfügung stehenden, aber dennoch niedrigen  
Schubes lange braucht, bis er erst einmal in Fahrt kommt und dann zusätzlich wie bereits  
beschrieben erst viele Runden um die Erde kurven muß, bevor er den Orbit verlassen  
kann, verlängert sich die zurückzulegende Strecke unnötig, denn ein großer Teil des  
Weges wird vom Ziel weg zurückgelegt und damit verlängert sich auch automatisch die  
995 Strecke zum Ziel hin.

Der Thruster-Solarsegler hat jedoch durch die in dieser Patentschrift geschilderte  
Möglichkeit, den Weg Quasi direkt mit Hilfe der mobilen Ergänzungs-Thrustereinheiten  
mit der auch stärkere Antriebsformen verwendet werden können, zurückzulegen.

1000 Insofern ist er anderen Solarseglerdesigns, die nicht über eine derartige  
Dockingsmöglichkeit verfügen, deutlich überlegen.

### **Nutzlastaufnahme und Handling**

Genau wie in der irdischen Wirtschaft wird der Transport von Gütern auch im Weltraum  
1005 sehr wichtig sein, sobald sich erst einmal eine entsprechende Infrastruktur herausgebildet  
haben sollte.

Der Transport von Gütern ist vermutlich wichtigste Funktion von Raumfahrzeugen. Bei Transportleistungen kommt es insbesondere auf die Wirtschaftlichkeit der  
1010 Transportleistungen an und hier haben Solarsegler wegen der durch die Sonne ständig und kostenlos zur Verfügung stehende Antriebsenergie gegenüber jeder anderen bekannten Antriebsform erhebliche Vorteile.

Allerdings hilft dies nicht viel, wenn kaum Aufnahmekapazität für die Nutzlast  
1015 vorhanden ist und wenn diese bei Beginn und Ende eines Transportes kaum gehandhabt werden kann.

Dem Autor sind nur zwei weitere Solarsegler-Designformen bekannt, bei denen Segler in ausreichender Größe für nennenswerten Nutzlasttransport konzipiert wurden.  
1020 Das bereits beschriebene Konzept des riesigen, von Spannungstrossen zusammengehaltenen, im Weltraum montierten Seglers, der seine Nutzlast an Trossen hinter sich herzieht, von Eric Drexler sowie das Design des quadratischen Mastenseglers.

1025 Der Mastensegler ist mit 4 in einer Ebene vom Mittelpunkt nach außen abstehenden Masten ausgestattet und verfügt noch um einen fünften vom Zentrum der Ebene nach oben stehenden Mast, der meistens Thruster zur Verlagerung des Schwerpunktes und damit Steuerung des Seglers und zusätzlich noch Spannungsleinen/Trossen zur Aufrechterhaltung einer gewünschten möglichst ebenen Oberfläche trägt.

1030 Die NASA hatte eine 800-Meter Version eines derartigen Mastenseglers angedacht, der sich im Raum selbst entfaltet.

Wegen berechtigter Bedenken, dass dieser Entfaltungsvorgang bei einer derartigen Größe  
1035 ein Fehlschlag werden könnte, wurde die Weiterverfolgung dieses Ansatzes jedoch für

viele Jahre aufgegeben.

Zwar wird dieses Design im Auftrag der NASA jetzt wieder weiterverfolgt und in naher Zukunft soll ein derartiger Segler, der jedoch erheblich kleiner ist, als der ursprüngliche Entwurf auch tatsächlich im Weltraum eingesetzt werden, es handelt sich jedoch hierbei um eine deutlich kleinere Version, wobei die Nutzlast nur auf dem senkrecht nach oben abstehenden zentralen Mast mitgeführt werden soll.

Dieser Segler ist für den vorrangigen Nutzlasttransport daher wenig geeignet.

Es steht zu vermuten, dass derartige Konzepte sich nur auf kleinere selbstentfaltende Segler beschränken werden.

Sollte der nahende Launch von Cosmos I dem zum Zeitpunkt dieser Patentschrift voraussichtlich ersten Solarseglers, der auch tatsächlich im Weltraum manövrieren wird, ein Erfolg sein, wird man sehr schnell nach Bauarten suchen, die besser für die Nutzlastaufnahme vorbereitet sind und diese dann auch handhaben können.

Genau dies bietet der Thruster-Solaregler mit seiner zentralen Docking- und Nutzlaststation und ihren am Dockingring befestigten Dockinghalterungen und Windenvorrichtungen.

### **Eingebautes Solarstrom-Kraftwerk**

Aufgrund der möglichen Größe des Seglers können auch sehr große Solarzellen-Arrays an der in dieser Schrift beschriebenen zentralen Innenring-Struktur befestigt und transportiert werden, deren Kapazität den Strombedarf des Raumfahrzeuges weit übertrifft.

- 1065 Es besteht z. B. die Möglichkeit, stromverbrauchende / übertragende Tochtereinheiten wie z. B. Laser-Einheiten oder Mikrowellen-Sender mitzuführen, und diese mit der Stromversorgung des Seglers zu koppeln, jedoch gleichzeitig unabhängig von der Ausrichtung der Muttereinheit auf das jeweilige Ziel auszurichten.
- 1070 Auch die Stromversorgung weiterer Einheiten durch ein Verbindungskabel wäre möglich.

1075

### **Einfache Weltraum-Montage**

- 1080 Die geballte Ansammlung all dieser positiven Eigenschaften nützt nichts, wenn ein derartiges Konzept wegen komplizierter Montage nicht verwirklichungsfähig ist.

Mit der Internationalen Raumstation hat die Menschheit eine Plattform, die auch zur Montage von Weltraumstrukturen gedacht war.

1085

Solarsegler mit gesetztem Segel wären im Bereich der ISS abgestürzt.

Der Thruster Solarsegler ermöglicht es, das Segel zwar an der ISS zu montieren, es jedoch erst später an einer ungefährlicheren Stelle zu setzen.

1090

Auch die Montage wurde nach Auffassung des Erfinders noch einmal deutlich durch die

in diesem Antrag geschilderte Justierungsanlage und die einfache, immer gleiche Befestigungstechnik der einzelnen Seglerelemente, die geradezu nach automatischen bzw. ferngesteuerten Montageeinrichtungen schreit, weiter vereinfacht.

1095

### **Bevorzugte Ausführung eines Thruster-Solareglers**

Fig. 1 zeigt einen Thruster-Solaregler in einer bevorzugten Ausführung, bei der die in  
1100 den Voranträgen verwendete Grundstruktur eines mit Niedrigschub-Thruster-  
Antriebseinheiten ausgestatteten Außenringes 1 mit einer in diesem Antrag behandelten  
zentralen Innenringstruktur (s. auch Fig. 5) mit eingeschlossenem Solarzellenring, sowie  
automatisch setz- und reffbaren Segelbahnen versehen ist.

1105 Dieses Raumfahrzeug könnte in Halterungen an einer erdnahen Raumstation vollständig  
montiert werden und den gefährlichen Einflußbereich der irdischen Restatmosphäre  
zunächst mit Hilfe seiner Niedrigschubantriebe verlassen, bevor es das Segel automatisch  
durch Ausrollen der bereits am Außenring montierten Segelbahnen setzt.

Mit Fig. 1 und Fig 5 werden bis auf die Innenringstruktur und den Außenring zwei  
1110 räumlich voneinander getrennte Schichten dargestellt, wobei die Haltefäden zur  
Befestigung der Innenringstruktur nach Fig. 5 durch hierfür vorgesehene Löcher in der  
Mitte der Rohre der Ringsegmente vollständig durch diese hindurchgeführt und nach  
Austritt auf der anderen Rohrseite um dieses herumgeführt und mit dem Eintrittsende  
verknötet werden.

1115

Die Segelbahnen stehen hierbei über den tragenden Ringkonstruktionen, während die in  
Fig. 1 nicht sichtbaren Halte- und Justierungsfäden, die den Innenring in den Außenring  
spannen, unter Fig. 5 dargestellt werden.

1120 Die Aufhängung der zentralen Innenring-Struktur sollte bevorzugt durch CNT-Fäden erfolgen.

Die Segelbahnen 2.9 bestehend aus Segelfolie 2.9.1, Kantenfäden 2.9.2 und Rip-Stop-Fäden 2.9.3) s. hierzu Fig. 2 und Fig. 3 tragen sich durch Ihre Kantenfäden selbst.

1125 Mit dem vorangehenden Ergänzungsantrag hatte der Erfinder eine komplette Bespannung des äußeren Ringes vorgeschlagen, an der Nutzlasten befestigt werden können, wodurch die gesamte Scheibenfläche zur Ladefläche wird.

Diese Bauart ist für kleinere Solarsegler oder Asteroiden-Lander oder für Solarstrom-  
1130 Kraftwerke interessant, für einen übergroßen Solarsegler, der mit einer bereits riesigen Nutzlastplattform ausgerüstet ist, würde hierdurch nur unnötige zusätzliche Masse mitgeführt.

Bei einem übergroßen Solarsegler würde der Erfinder wie in Fig. 5 dargestellt, eine Bespannung wegen der Gewichtsersparnis nur auf der Breite des Innenringes  
1135 durchführen, um die zentrale Innenringstruktur in den Außenring zu halten.

Die **Niedrigschubantriebe** geben dem Solarsegler auch ohne ausgerollte Segelflächen  
1140 eine hohe Manövrier- und Steuerungsfähigkeit, so dass er nicht nur gefahrlos den dünnen Randbereich der Erdatmosphäre aus eigener Kraft verlassen, sondern auch dorthin nach vorherigem Segelrefften wieder zurückkehren könnte.

Die Manövrierfähigkeit wird durch die Anbringung der Thruster in Doppelthruster-  
1145 Einheiten, mit jeweils zwei gegenläufig ausgerichteten Thrustern in einem Strahlrohr sehr positiv beeinflusst. Hierzu ist außerdem die paarweiser Anbringung gleichartiger Doppelthruster-Einheiten an den sich jeweils diagonal gegenüberliegenden Außenseiten

des Ringes 1 (jeweils zwei Einheiten 1.5 oder zwei Einheiten 1.6) erforderlich.

1150 So kann beispielsweise je nachdem, welche Thruster der Doppelthrustereinheiten 1.6  
gestartet werden, eine Drehung des Fahrzeuges um den Pol der Scheibenebene erzeugt  
und diese durch Ausschalten der zunächst verwendeten Thruster und Einschalten der  
jeweils im Strahlrohr entgegengesetzt liegenden Einzelthruster wieder bis zum Stillstand  
abgebremst werden. Auch eine horizontale lineare Beschleunigung der Scheibe in  
1155 Richtung der Scheibenebene ist mit Hilfe der Thruster 1.6 möglich.

Die Doppelthruster-Einheiten 1.5 wiederum sind zur Haupt-Beschleunigung der Scheibe  
in Fahrtrichtung gedacht, wobei selbstverständlich auch wiederum ein abbremsen oder  
auch die Umkehr der Fahrtrichtung durch einfaches Ein- Ausschalten möglich ist, ohne  
1160 dass das Raumfahrzeug hierfür umgedreht werden müßte.

Ebenso ist aber auch eine Drehung um eine beliebige Scheibenachse zwischen zwei  
Doppelthruster-Einheiten 1.5 möglich.

Das Raumfahrzeug kann sich somit durch einfache Ein- Aus- Steuerung in jede  
1165 gewünschte Richtung drehen oder bewegen und diese Drehung / Bewegung durch  
Umkehr der Schubrichtung gezielt abbremsen oder sogar umkehren.

Die **Segelbahnen** 2.9 verzüngen sich abhängig vom Größen-Verhältnis des Außenringes  
1170 zur Innenring-Konstruktion nahezu dreieckig von außen nach innen und werden mit Hilfe  
von Elektromotoren bis zum Rand der Innenring-Struktur ausgerollt (gesetzt) und auch  
wieder aufgerollt (gerefft).

Durch die mögliche Vergrößerung bzw. Verkleinerung von Segelflächen an den  
1175 gewünschten Stellen ist (bevorzugt außerhalb des Erdorbits bzw. des Einflußbereiches

weiterer Planeten) eine treibstofflose Steuerung des Seglers möglich.

Das Setzen (Ausrollen) der Segelbahnen erfolgt durch Anziehen der Zugfaden-Spulen 9.1, mit deren Hilfe die Segelbahnen 2.9 von den am Außenring 1 angebrachten

1180 Segelbahn-Rollen 1.11 abgezogen werden.

Die Segelfolien sind beidseitig reflektierend (z. B. bestehend aus einer Trägerschicht auf die beidseitig eine Aluminium-Schicht aufgedampft ist), so dass der Segler nicht nach jeder 180-Grad Erdumrundung eine volle Drehung vollziehen muss, um die Orbit-

1185 Geschwindigkeit weiter zu erhöhen.

Der zur Innenring-Struktur gehörende Solarzellenring besteht aus mehreren Solarzellenpanelen die zwischen äußerem Innenring 9 und mittlerem Innenring 8 eingefügt sind, während der innerste Innenring 5 zur Aufnahme andockender

1190 Tochtereinheiten (mittels entsprechender dort angebrachter Haltevorrichtungen) und zur Handhabung von Nutzlast/Lasten (mittels dort angebrachter Winden-Vorrichtungen) dient.

Bevorzugt ist hier eine zweiseitige Ausführung der Solarzellen, mit einer zwischen den 1195 zwei Solarzellen Schichten sich im Mittelbereich befindlichen wiederaufladbaren (Akku-Batterieschicht), so dass der Segler unabhängig davon, ob die obere oder die untere Scheibenebene zur Sonne zeigt, immer Strom produzieren kann und zusätzlich durch die zwischen den äußeren Solarzellenschichten liegende Akku-Ebene auch noch einen Puffer für besondere Energieanforderungen besitzt.

1200

Da das Solarsegel bevorzugt beidseitig reflektierend beschichtet wäre, würde es auch bei Ausrichtung der „Unterseite“ zu Sonne nahezu den gleichen Antrieb erzeugen wie mit seiner Vorderseite.

1205 Dies ist insbesondere nützlich in einem Erd- oder Planeten-Orbit weil ein Segler ohne  
(bzw. mit stark reduziertem) rückseitigem Schub jedesmal, wenn er die Erde / den  
Planeten umrundet hat, die Schubrichtung umkehren muß, um die Orbitgeschwindigkeit  
weiter wie bisher zu erhöhen oder zu reduzieren.

1210 Diese abrupten Drehungen könnten durch die vorgeschlagene Bauart vermieden werden.  
Die dünnen Haltefäden und Schattenwürfe von Außenring und Innenring-Struktur  
würden sich auf der Unterseite des Seglers wegen dessen enormer Größe kaum  
bemerkbar machen.

1215 Zwar wäre der hier vorgestellte Solarsegler ohne weiteres in der Lage, mit Hilfe seiner  
Niedrigruschubantriebe diese abrupten Drehungen durchzuführen, dies kostet jedoch  
unnötig Treibstoff für die Steuerungsantriebe.

1220 Nicht eingezeichnet in Fig. 1 und Fig. 5 ist aus zeichnerischen Gründen die im letzten  
Folgeantrag behandelte **Magazin-Docking-Einrichtung**, die bei einer bevorzugten  
Ausführung den innersten Innenring 5 von der Scheibenebene vertikal nach oben und  
unten verlängern soll und es hierdurch ermöglicht, mehrere Tochtereinheiten  
übereinander in ihrem Inneren aufzunehmen, wobei gleichzeitiges Ein- und Ausdocken  
von beiden Seiten der Scheibenebene möglich ist.

1225 Die Magazin-Dockingeinrichtung verwandelt den ansonsten zweidimensionalen Segler in  
ein im innersten Innenring-Bereich dreidimensionales Mutterschiff zum Transport  
mehrerer Tochtereinheiten oder/und ein Frachtschiff zum Transport mehrerer, selbst  
flugfähiger Container verwandelt.

1230 Der hiermit vorgestellte Solarsegler eignet sich somit insbesondere für Nutzlast-Transport  
und -Handhabung bzw. als Mutterschiff für Raumfahrzeug-Flotten und ist durch den  
Niedrigruschub-Thruster-Ring im Vergleich zu anderen Solarsegel-Designs extrem gut

steuerbar, kann sich jedoch falls erforderlich durch Steuerung über Veränderung der Segelflächen auch ohne Treibstoffverbrauch fortbewegen.

1235 Bei einer entsprechend großzügigen Auslegung des Solarzellen-Bereiches kann der Segler darüber hinaus auch als mobiles Solarstrom-Kraftwerk dienen, dass mit im Vor-Ergänzungsantrag geschilderten selbsttätig ein- und ausdockenden Stromübertragungseinheiten (z. B. Kabel-, Laser-, Mikrowellen-Einheiten) die Stromversorgung vielfältiger Weltraum-Projekte sicherstellen kann.

1240

Selbst wenn eine Verwendung als mobiles Solarstrom-Kraftwerk nicht beabsichtigt ist, kann die mögliche üppige Ausstattung eines großen Solarseglers mit Solarzellen die zusätzliche Verwendung von sehr starken solarelektrischen Antriebsformen, die viel Strom und Spannung benötigen, ermöglichen, z. B. die leistungsfähigen jedoch auch extrem (elektrische) Leistungs-fordernden HIPEP-Thruster der NASA oder Cluster mit einer Vielzahl von kleineren Thrustereinheiten.

1245

1250

1255

**Erläuterung der Zeichnungen:**

1260 Die Zeichnungen können wegen der Diskrepanzen der Größen einzelner Elemente nicht maßstabsgerecht sein. So sollte z. B. die Größe des Außenringes sich im Kilometerbereich bewegen, die Stärken der für die Ring-Rohre jedoch nur im Zentimeterbereich.

1265 Die Ziffern der Bezugszeichen orientieren sich an den Ziffern der bereits eingereichten Voranträge und sind daher nicht durchlaufend.

**Zu Fig. 1:**

Mit Fig.1 wird die Oberseite eines Thruster-Solarseglers dargestellt, der mit Hilfe  
1270 automatischer Aus- und Abrollvorrichtungen die einzelnen Segelbahnen 2.9 seines Solarsegels Setzen oder auch Reffen kann.

Dies ermöglicht den Betrieb des Seglers in für Solarsegler extrem gefährlichen atmosphärischen Einflußbereichen von planetaren Orbits und außerdem durch  
1275 Veränderung der Segelfläche an den gewünschten Stellen auch eine treibstofflose Steuerung.

Zusätzlich wird das problematische Falten, Handhaben und Montieren sehr großer Segel im Weltraum in einem Stück vermieden, da die einzelnen Segelbahnen aufgerollt auf  
1280 hierfür vorgesehene Rollenkörper einfach in die hierfür vorgesehenen Halterungen am Rand des Seglers eingesetzt werden.

**Zu Fig. 2:**

Fig. 2 zeigt eine typische sich zum Innenbereich des Seglers verjüngende Segelbahn 2.9,  
1285 bestehend aus einer Segelfolie 2.9.1, den Ripstopfäden 2.9.3, zwei an den langen Seiten verlaufenden Kantenfäden 2.9.2, an die die Spulen-Zugfäden 2.9.4 (ohne dazwischen

liegender Segelfolie) anschließen.

**Zu Fig. 3:**

1290 Fig. 3 stellt einen Rollenstab dar, auf den eine Segelbahn 2.9 zum Teil aufgerollt ist. Die  
äußere Kante der letzten Bahnwindung legt sich schützend über die darunterliegenden  
Bahnwindungen, so dass bei ganz aufgerollter Segelbahn die Segelfolie von außen durch  
die Kantenfäden 2.9.2 und von innen durch die Rolle geschützt wird.

1295 Der Rollenstab wird bei der Montage des Seglers mit aufgerollter Segelbahn in  
Halterungen am Außenring des Seglers eingesetzt.

Da die Rollenhalterungen am Außenring ebenfalls mit Elektromotoren versehen sein  
können, ist es in diesem Fall möglich, die Segelbahnen nicht nur zu setzen, sondern auch  
1300 wieder zu reffen.

Durch entsprechende Steuerung der Zugkraft der Motoren können die Segelbahnen  
während des Betriebes des Seglers gespannt gehalten und dadurch sogar an  
unterschiedliche Materialausdehnungen durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung  
1305 angepasst werden.

1310

1315

**Zu Fig. 4:**

1320 mit Fig. 4 wird die Anordnung der Segelbahnenrollen am Außenring nach dem  
Herunterlassen der höher angebrachten obenstehenden Rollen dargestellt.

Die Rolle jeder zweiten obenliegenden Segelbahn steht vor dem Segelsetzen höher als die  
festangebrachten unteren Rollen. Die Segelbahnen der höheren Rollen können dann nach  
1325 dem Ausrollen durch Drehen der Halterungen am Ring nach Außen oder Innen auf die  
bereits gesetzten unteren Bahnen herabgelassen werden.

**Zu Fig. 5:**

Fig. 5 zeigt einen Solarsegler, dessen Segelbahnen nicht gesetzt sind, so dass die darunter  
1330 liegende Bespannung zur Befestigung der Innenring-Konstruktion, sowie die Fäden zur  
Justierung der Konstruktion sichtbar sind. Auf die Einzeichnung der von den  
Spulenwinden zu den Segelbahnrollen führenden Zugfäden wurde in diesem Fall zur  
besseren Darstellung der Haltekonstruktion verzichtet.

1335 **Zu Fig. 6:**

Mit Fig. 6 wird eine mittels zusätzlicher Niedrigschubantriebe (bevorzugt Ionen-  
Thruster) selbst flug- und manövrierfähige Antriebseinheit 10 dargestellt, die in einen der  
hier behandelten Solarsegler oder ein Thrusterring-Raumfahrzeug mit Innenring-Struktur  
selbständig eindocken und das Raumfahrzeug antreiben kann und nachdem der Treibstoff  
1340 verbraucht ist auch wieder selbsttätig ausdockt.

Hierdurch können die antriebsschwachen aber effizienten Solarsegel und Solarelektische  
Antriebe des Thrusterring-Raumfahrzeuges durch einen antriebsstärkeren chemischen

oder Dampf- oder nuklearen Antrieb ergänzt und damit die langwierigen Spiralen der Orbiterhöhung vermieden werden.

1345

Der eigentliche zylinderförmige Antriebskörper 10.1, in dem Treibstofftank, Brenn- oder Beschleunigungskammer und Hauptschubdüse 10.2 enthalten sind, ist umgeben von einem Andock- und Thrusterring 10.3, der mit mehreren nach außen angebrachten Niedrigschub-Doppelthrustereinheiten (1.5 und 1.6) versehen ist, die in ihrer Halterung den eigenen Treibstoff (z. B. Xenon-Gas) mitführen.

1355 Die Niedrigschubeinheiten dienen zur Steuerung und Fortbewegung der Antriebseinheit, während der Hauptantrieb zum Antrieb des Thrusterring-Raumfahrzeuges dient.

1360

1365

1370

1375

**Bezugszeichenliste:**

1380

**Fig.1:**

1 = Thrusterring

1.5 = Doppelthrustereinheit rechts/links

1.6 = Doppelthrustereinheit oben/unten

1.11 = Segelbahn-Rollen

1385

1.11.1 = (ggf. motorisierte) Halterungen der Segelbahn-Rollen  
(hier nicht eingezeichnet)

2.9 = Segelbahnen

2.9.2 = Kantenfaden

1390

5.a = Innerer Innenring

5.b = Mittlerer Innenring

5.c = Äußerer Innenring

1395

5.9 = Ring-Verbindungsstück

5.10 = Zugfaden-Spulen

	<b>Fig. 2:</b>	2.9	=	Segelbahn
		2.9.1	=	Segelbahn-Folie
1400		2.9.2	=	Kantenfaden
		2.9.3	=	Stopfaden
		2.9.4	=	Winden-Zugfaden
		2.9.5	=	Rollenfaden
		2.9.6	=	Seiten-Verbindungs-Pads
1405				
	<b>Fig. 3:</b>	1.11	=	Segelbahn-Rolle
1410		2.9	=	Segelbahn
		2.9.1	=	Segelbahn-Folie
		2.9.2	=	Kantenfaden
		2.9.4	=	Winden-Zugfäden
1415	<b>Fig. 5:</b>	1	=	Thrusterring
		1.5	=	Doppelthrustereinheit links/rechts
		1.6	=	Doppelthrustereinheit oben/unten
		5.a	=	Innerer Innenring
		5.b	=	Mittlerer Innenring
1420		5.c	=	Äußerer Innenring
		5.9	=	Ring-Verbindungsstück
		5.9.1	=	Ringverbindungs-Halbschale
		5.9.2	=	Ringverbindungs-Splint
		5.9.2.1	=	Ringverbindungs-splint-Kontermutter
1425		5.10	=	Zugfaden-Spulen

**Fig. 6:**

1	=	Thrusterring	
1.5	=	Doppelthruster-Einheit links/rechts	
1.6	=	Doppelthruster-Einheit oben/unten	
1430	5	=	Dockingring der Muttereinheit
	5.1	=	Dockinghalterung
	10	=	Andockfähiger Antrieb
	10.1	=	Antriebskörper
	10.2	=	Hauptschubdüse
		10.3	= Andock- und Thrusterring

1435

**Zusammenfassung:**

1440

Mit dieser Patentschrift werden die bereits in zwei Voranträgen behandelten Thrusterring-Raumfahrzeuge und die auf dieser Bauart basierenden Thruster-Solarsegler durch weitere Vorrichtungen und Verfahren ergänzt und verbessert.

1445 So wird insbesondere die Weltraummontage derartiger teilweise riesiger Strukturen durch die weitere Ergänzung des Ringsegment-Systems erleichtert und beschleunigt.

Dies erfolgt durch Einführung zusätzlicher starrer Verbindungssegmente, die eine einfache und schnelle Montage einer Innenring-Struktur ermöglichen, sowie durch eine  
1450 winden-betriebene Zentrierungs-Vorrichtung zum automatischen Einfügen der Innenring-Kerneinheit in das Zentrum des Thrusterring-Raumfahrzeuges.

Eine mobile, selbst flugfähige Thrustereinheit, die in der Innenring-Konstruktion ein- und

ausdocken kann, ermöglicht nun, die bisher auf Niedrigschubantriebe beschränkte Bauart  
1455 der Thrusterring-Raumfahrzeuge und -Solarsegler um die Option der zusätzlichen  
Verwendung stärkerer Antriebsarten zu erweitern.

Durch Winden-Vorrichtungen und Aufteilung in einzelne Segelbahnen kann ein Thruster-  
Solarsegler nunmehr auch überdimensionierte Solarsegel automatisch setzen und reffen.  
1460

Das bisher als wichtigstes Hindernis der Verwendung großer Solarsegler angesehene  
Falten, Entfalten und Montieren vollständiger Segelflächen im Weltraum wird damit  
vermieden.