



(10) **DE 10 2017 102 160 A1 2017.08.10**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 102 160.4**

(51) Int Cl.: **F42B 10/60 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **03.02.2017**

**F42B 10/28 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: **10.08.2017**

**F41G 7/00 (2006.01)**

**B64G 1/26 (2006.01)**

**B64G 1/40 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:  
**10 2016 102 104.0 05.02.2016**

(72) Erfinder:

Ramsel, Jürgen, 84559 Kraiburg, DE; Caldas-Pinto, Pedro, Dr., 81671 München, DE; Niedermaier, Helmut, 84524 Neuötting, DE; Meyer, Tobias, 91126 Rednitzhembach, DE; Thumann, Albert, Dr., 92318 Neumarkt, DE; Naumann, Karl Wieland, 84453 Mühldorf, DE; Risse, Susanne, Dr., 85560 Ebersberg, DE

(71) Anmelder:  
**Bayern-Chemie Gesellschaft für flugchemische Antriebe mbH, 84544 Aschau, DE**

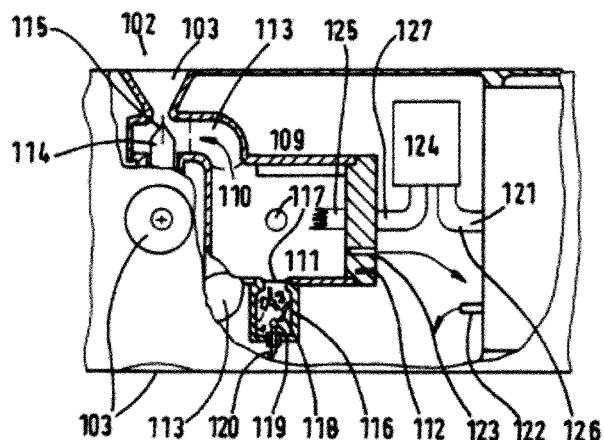
(74) Vertreter:  
**LS-MP von Puttkamer Berngruber Loth Spuhler Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten mbB, 81373 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und System zur Steuerung von Flugkörpern und Kill-Vehicles, die mit gelförmigen Treibstoffen betrieben wird**

(57) Zusammenfassung: Einrichtung zur Bahnsteuerung und/oder Lagesteuerung eines Flugkörpers (99) umfassend einen regelbaren Gas-Generator (109, 200) mit einem Treibstoffdurchflussregelventil (124, 213), mit einem Injektorkopf (112, 202), mit einer Brennkammer (111) und wenigstens einer Ausströmdüse (103, 204) oder wenigstens einer Drossel.



**Beschreibung**

**[0001]** Fortgesetzte Proliferation von Massenvernichtungswaffen und ihren ballistisch und aerodynamisch fliegenden Trägermitteln erfordert eine zunehmende Luftverteidigung und Flugkörperabwehr. Den Streitkräften müssen deshalb Mittel bereitgestellt werden, die gegen solche Bedrohungen wirksam schützen.

Stand der Technik:

**[0002]** Bodengestützten und luftgestützten Flugabwehrraketen-Systemen zur Abwehr von Flugzeugen, Marschflugkörpern, taktischen ballistischen Raketen oder sonstigen fliegenden Körpern kommt deshalb eine zunehmende Bedeutung zu.

**[0003]** So wurde beispielsweise der als PAC-3 bezeichnete Lenkflugkörper zur Bekämpfung von höher entwickelten ballistischen Raketen entworfen, der jedoch auch im Einsatz für konventionelle Luftziele ist. Der PAC-3-Lenkflugkörper ist dazu bestimmt, primär feindliche Raketen durch einen direkten Treffer („Hit-to-Kill“) zu zerstören, da hierdurch eine sichere Zerstörung des Gefechtskopfes gewährleistet werden kann. Der PAC-3-Lenkflugkörper kann auch mittels eines Splittersprengkopfes mit Näherungszünder auch bei knappen Vorbeifügen eine Vernichtung des Ziels („Kill“) sicherstellen. Hier handelt es sich um einen vergleichsweise kleinen Gefechtskopf, der auch als „Lethality Enhancer“ bezeichnet wird. Dieser soll vor allem die Wirkung eines Direkttreffers z.B. bei großen Zielen (Flugzeugtragfläche) oder stark strukturierten Zielen (z.B. Anordnung von Behälter mit chemischen oder biologischen Wirkstoffen) sicherstellen. Beim Vorbeiflug bleibt die Wirkung gering. Um die nötige Präzision für ein direktes Abfangmanöver zu gewährleisten, wurden ein aktiver Puls-Doppler-Radarsucher und Querschubdüsen in die Flugzelle integriert.

**[0004]** Bei Flugkörpern dieser Art spielt das auch in die deutsche Sprache eingegangene sog. Attitude-Control-System (ACS) eine große Bedeutung. Es handelt sich hierbei um eine in der Raumfahrttechnik übliche Bezeichnung für das Lageregelungssystem eines Raumfahrzeugs. Ein solches System besteht typischerweise aus Sensoren, z.B. Sonnensensoren oder Sternensensoren, dem Lagekontrollrechner sowie Aktoren, z.B. Reaktionsräder oder Triebwerken. GPS-Empfänger oder On-Board-Navigationssysteme können hinzutreten.

**[0005]** Bahnsteuerungssysteme werden mit dem ebenfalls in den deutschen Sprachkreis eingegangenen Begriff Divert Control System (DCS) bezeichnet.

**[0006]** Dementsprechend werden Bahn- und Lagesteuerungssysteme mit Divert and Attitude Control System (DACS) bezeichnet.

**[0007]** ACS-Systeme bzw. Raketenantriebe sind etwa in den Patentschriften US 5,098,041 A, US 8,242,422 B2, US 8,113,468 B2 oder WO 2008/048702 A2 beschrieben.

**[0008]** Bei Lenkflugkörpersystemen, wie etwa dem PAC-3, werden mehrere kleine Treibstoffkartuschen auf dem Umfang des Flugkörpers verteilt, mit individueller Zündmöglichkeit und mit rollendem Flugkörper als Voraussetzung. Ein rollender Flugkörper wird vorausgesetzt, damit sich die noch zündbaren Kartuschen zeitweise im richtigen Winkel Fenster befinden. Dies führt zu bestimmten Ansprüchen und Anforderungen an die Steuerung und die damit verbundenen Schwingungen der Flugkörper-Zelle sowie zu Einschränkungen bei der Auswahl des Suchers („Seeker“). Rollende Flugkörper bewirken eine Rotation des Bildes der Landschaft des Zielgebiets oder des Ziels auf dem Detektor eines Suchkopfes. Ein Verfahren zur selbständigen Lenkung eines Flugkörpers, der um seine Längs- oder Rollachse rotiert, ist etwa in der DE 39 41 389 A1 beschrieben.

**[0009]** Ebenso bekannt im Stand der Technik sind sog. Terminal High Altitude Area Defense (THAAD) Waffensysteme, die in Verbindung mit Divert and Attitude-Control-Systemen (DACS) sog. endo-atmosphärische Kill Vehicle (kinetischer Gefechtskopf) mit Flüssigtreibstoff darstellen. Diese Waffensysteme richten sich insbesondere gegen kurz- und mittelstrecken-ballistische Flugkörper und sollen dazu dienen, diese Flugkörper in bedeutender Entfernung von dem Zielobjekt und in großer Höhe zu zerstören. Das hierbei eingesetzte kontinuierlich arbeitende DACS-System sieht einen schnelleren Antrieb vor, der den THAAD-Flugkörper und sein Kill Vehicle so steuern kann, dass es das angreifende Objekt abfangen kann. Das DACS-System sieht hierbei zwei Arten des Antriebs vor, nämlich einen für die sog. Attitude-Control und den anderen für die Bahnsteuerung der Wirkstufe (Kill Vehicle).

**[0010]** Bekannt sind ebenfalls die sog. Standard Missile 3 (SM-3) schiffsbasierten Trägersysteme, die exo-atmosphärische Gefechtsköpfe (Kill Vehicle) mit kontinuierlich arbeitendem DACS-System und Festtreibstoff einsetzen.

**[0011]** Die insbesondere für obere Abfangschichten vorgesehenen Flugkörper sind häufig zweistufig oder mehrstufig aufgebaut und umfassen regelmäßig eine Antriebsstufe und eine Wirkstufe, auch Kill Vehicle genannt. Nach dem Trennen der Antriebsstufe wird das Kill Vehicle mit Querschubdüsen (DACS = Divert and Attitude-Control-System) in das anvisierte Objekt gelenkt. Ein DACS-System mit Querschub-

düsen setzt sich häufig zusammen aus vier Düsen im Schwerpunkt des Flugkörpers, die die geforderte Querbeschleunigung aufbringen. Außerdem sind regelmäßig mindestens vier Düsen am Heck oder auch an der Spitze des Kill Vehicle angeordnet, die die Lage des Kill Vehicle kontrollierten. Divert and Attitude-Control-Systeme werden mithin eingesetzt, einen Flugkörper bei einem Endanflug (Endgame) auf ein Ziel zu steuern.

**[0012]** Bei dem mit der Bezeichnung Aster versehenen Boden-Luft-Lenkflugkörper werden vier Düsen in den Flügel spitzen eingesetzt mit kontinuierlicher Wirkung in Richtung des Schwerpunkts und einem Feststoff-Trebsatz. Hier erfolgt die Stabilisierung aerodynamisch.

**[0013]** ACS- bzw. DACS-Systeme werden im Stand der Technik eingesetzt, um die aerodynamische Steuerung von Flugkörpern zu unterstützen, insbesondere wenn die aerodynamische Wirkung der Steuerflächen reduziert ist. Dies kann z.B. in großen Höhen oder bei niedrigen Geschwindigkeiten eintreten.

**[0014]** ACS- bzw. DACS-Systeme werden auch eingesetzt, wenn keine aerodynamischen Steuerflächen vorgesehen sind, z.B. im exo-atmosphärischen Flug bzw. wenn die Agilität des Flugkörpers zu gering ist, z.B. im Endgame für Direkttreffer.

**[0015]** Besonders im sog. Endgame sind schnelle Bahnänderungen vorzunehmen, wofür erhebliche Querschubkräfte erforderlich sind. Hierbei werden zwei Arten unterschieden:

Zum einen kann der Schubeintrag durch den Flugkörper-Schwerpunkt zur direkten Bahnveränderung genutzt werden. Zum anderen kann der Schubeintrag außerhalb des Schwerpunkts zur Änderung der Flugkörperlage zur Unterstützung der aerodynamischen Kräfte eingesetzt werden.

**[0016]** Nach dem Stand der Technik kommen in den vorerwähnten Systemen sowohl diskret als auch kontinuierlich arbeitende Systeme zur Anwendung.

**[0017]** Teilweise wird, wie dargestellt, ein rollender Flugkörper vorausgesetzt, damit die noch zündbaren Kartuschen das richtige Winkelfenster durchlaufen. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf die Auslegung der Kartuschen hinsichtlich Impuls und Brenndauer sowie die Lenklogik des Flugkörpers. Weiter führt dies zu bestimmten Anforderungen an die Steuerung im Hinblick auf das Schwingungsverhalten der Flugkörperzelle sowie zu Einschränkungen bei der Sucherwahl.

**[0018]** Die bislang im Stand der Technik entwickelten Systeme sind auf spezifische Flugkörper und Gasgeneratoren zugeschnitten bzw. an diese ge-

knüpft und nicht in beliebigen Systemen einsetzbar. Zum Teil werden Feststoff-Gasgeneratoren benötigt, wie etwa im System Aster. Andere Systeme arbeiten mit Flüssigtreibstoff-Gasgeneratoren, etwa im THAAD-endo-exo-atmosphärischen Kill Vehicle System mit DACS.

**[0019]** Die bekannten Systeme sind teilweise mit vielen kleinen Feststoff-Impulstriebwerken, von denen in der Regel mehrere zugleich oder nacheinander bei passender azimutaler Orientierung gezündet werden, um einen Impuls quer zur Flugkörper-Achse zu erzeugen, z. B. bei dem erwähnten Attitude Control System (ACS) PAC 3.

**[0020]** Andere Anordnungen sind mit einem Feststoff-Gas-Generator und einem Ventilsatz, der das Gas kontinuierlich entsprechend der Schubanforderungen auf Schubdüsen verteilt und damit einen resultierenden Impuls erzeugt, ausgerüstet z.B. bei Divert Control Systemen (DCS): Aster; bei Divert-and Attitude Control Systemen (DACS): Standard Missiles SM-3.

**[0021]** Wiederum andere Anordnungen weisen mit einem Flüssigtreibstoff (Hydrazin oder MMH) betriebene Gas-Generatoren, die Gas für Querschubdüsen mit Ventilen erzeugen, etwa als DCS in THAAD.

**[0022]** Ferner sind Antriebe mit aus der Satellitensteuerungstechnik bekannten Ein- oder Zweistofftriebwerken (Hydrazin, Distickstofftetroxid, Stickoxidmischungen, Salpetersäure) im Einsatz.

**[0023]** Nachteile des Standes der Technik und Ziele der Erfindung:  
Dieser Stand der Technik besitzt zahlreiche gravierende Nachteile.

**[0024]** Zum einen sind die Systeme mit vielen kleinen Impulstriebwerken durch ein sehr schlechtes Verhältnis von Treibstoffmasse und Gesamtimpuls zu Gesamtmasse und Gesamtvolumen gekennzeichnet. Dadurch steht nur sehr begrenztes Maximalschubintegral abhängig von der Anzahl der im selben Azimut liegenden Impulstriebwerke zur Verfügung. Eine damit einhergehende impulsweise Schuberzeugung kann zu Eigenschwingungen des Flugkörpers führen. Derartige Anordnungen setzen rollende Flugkörper voraus.

**[0025]** Die nur begrenzte Beeinflussbarkeit der Gaserzeugung (und damit des Schubs bzw. des Leerlaufverbrauchs) durch Ausnutzung der Druckabhängigkeit der Abbrandrate des Feststoffes ist ebenfalls nachteilhaft.

**[0026]** Ein weiter Regelungsbereich eines Feststoff-Gasgenerators bedingt sehr hohen Maximalar-

beitsdruck damit verbunden eine hohe Masse von Brennkammer und Ventilsteuersystem.

**[0027]** Nachteilig ist ebenfalls, dass die Abbrandraten und damit die Gaserzeugungsrate stark temperaturabhängig sind. Bei langen Stirnbrennern entsteht hierdurch auch eine kegelförmige Abbrandoberfläche, insbesondere durch Wärmeeintrag über die Seitenwände bei langer Brenndauer.

**[0028]** Die vorstehenden Festtreibstoff-Gasgeneratoren einsetzenden Anordnungen sind insbesondere bei einer Gesamtfunktionsdauer von mehr als etwa 10 Sekunden nicht stabil.

**[0029]** Bei langer Brenndauer und stark wechselnden Schubanforderungen werden in der Regel mehrere Treibsätze oder Treibsatzkartuschen benötigt, was zusätzliche Schnittstellen voraussetzt, die ihrerseits die Komplexität erhöhen.

**[0030]** Sie setzen zudem eine beträchtliche Thermalisolierung voraus und erhöhen damit die zu transportierende Masse, die die Manoeuvriereigenschaft des Flugkörpers herabsetzt.

**[0031]** Flüssige Treibstoffe, die im Fall einer Havarie austreten, leicht verdampfen und hochentzündliche Mischungen mit Luft erzeugen, lassen in der Regel eine heftige Verbrennung entstehen. Nicht verbrannte Treibstoffreste müssen aufwändig entsorgt werden.

**[0032]** Flüssige Treibstoffe sind sehr giftig, krebserregend, mutagen und können nur unter besonderen Vorsichtsmaßnahmen gehandhabt werden.

**[0033]** Prinzipiell Gleches gilt für die Oxidatoren, die darüber hinaus auch sorgfältig von den Treibstoffen getrennt werden müssen. Auch die Oxidatoren der selbstzündenden

**[0034]** Systeme,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{H}_2\text{NO}_3$  und Mischungen von  $\text{N}_2\text{O}_4$  und NO sind in Handhabung und Einsatz kritische Stoffe.

**[0035]** Flüssige Treibstoffe sind folglich insgesamt umweltbedenklich; dies gilt insbesondere für das vielfach als kritischer Stoff klassifizierte Hydrazin und dessen Derivate.

**[0036]** Flüssige Treibstoffe stellen darüber hinaus erhebliche Anforderungen an die Dichtheit von Dichtungen und Verbindungen.

**[0037]** Die bisher eingesetzten Treibstoffmischungen sind aufgrund ihrer aggressiven chemischen Zusammensetzung mit vielen Materialien nicht gut verträglich.

**[0038]** Ausgehend von diesen Nachteilen des Standes der Technik stellen sich deshalb u.a. folgende Aufgabenstellungen:

Eine Aufgabe ist es, eine Einrichtung und ein System unter Verwendung von umweltfreundlichen Treibstoffen, die insbesondere das unter REACH als kritischer Stoff klassifizierte Hydrazin und dessen Derivate ohne Leistungsverlust ersetzen, zu ermöglichen.

**[0039]** Der einzusetzende Treibstoff soll für die Lagerung der Vorrichtung über längere Perioden auch geringere Anforderungen an die Dichtheit von Dichtungen und Verbindungen ermöglichen.

**[0040]** Der Treibstoff soll ferner mit vielen Materialien gut verträglich sein.

**[0041]** Weiterhin soll über einen weiten Verbrennungsdruckbereich des einzusetzenden Treibstoffs und durch Auswahl sowie konstruktiver Ausgestaltung von Komponenten eine Steuerung von Treibstoffmassenstrom und Brennkammerdruck ermöglicht werden, die in weiten Grenzen voneinander unabhängig ist, und die ein Maß an Schubregelung zur Verfügung stellen kann, das weit über die dargestellten, im Stand der Technik zur Verfügung stehenden, erzielbaren Möglichkeiten hinausreicht.

**[0042]** Die Effektivität des Systems soll ferner durch optimale Treibstoffausnutzung hoch bleiben.

**[0043]** Die volumetrische Effektivität auf Systemebene soll gegenüber dem Leistungs niveau des Standes der Technik verbessert werden.

**[0044]** Weiter ist weichere Schubentfaltung anzustreben.

**[0045]** Die Einrichtung soll insbesondere bei längerer Gesamtfunktionsdauer über ca. 10 Sekunden den im Stand der Technik verwendeten Systemen deutlich überlegen sein.

**[0046]** Weiter stellt sich die Aufgabe, technische und leistungsbezogene Vorteile insbesondere bei Bahn- und/oder Lagesteuerungssystemen für Flugkörper im Vergleich zum Stand der Technik zu erzielen. Bahn- und/oder Lagesteuerungssysteme werden von Flugkörpern vornehmlich dann aktiviert, wenn die aerodynamische Steuerung nicht hinreichend hohe Kräfte erzeugt, z. B. bei Ruhe oder geringer Geschwindigkeit, beim Flug in großer Höhe bei geringem Druck oder gar außerhalb der Atmosphäre, bei sehr schnellen Steuermanövern, die sehr hohe Kräfte erfordern. Gleches gilt, wenn die aerodynamische Steuerung zu langsam agiert, z. B. bei hoher Anforderung an die Agilität, falls Direkttreffer auf kleine oder stark manövrirende Ziele erzielt werden sollen, oder wenn sie sogar nicht möglich ist, weil aerodynamische Steu-

erflächen nicht integriert werden können oder unerwünscht sind.

**[0047]** Die Bahnsteuerung bezieht sich dabei vereinfacht ausgedrückt auf die eigentliche Flugbahn des Flugkörpers, während die Lagesteuerung vereinfacht ausgedrückt eine bestimmte Lage des Flugkörpers oder „Kill-Vehicles“ im Raum einhalten oder anstreben soll. Die auszugleichenden Störungen können von außen oder auch durch die Wirkung des DCS herrühren.

**[0048]** Ganz besonders soll die Erfindung insbesondere auch für ein Querschubsystem wie das Attitude Control System ACS oder das DACS = Divert and Attitude-Control-System mit und ohne Kill Vehicle, mithin für ein Bahnsteuerungssystem, ein Lagesteuerungssystem und deren Kombination in geringer oder grosser Luftraumhöhe, bei niedrigen oder hohen Geschwindigkeiten des Flugkörpers, schneller Reaktionsnotwendigkeit etwa im Endgame eingesetzt werden können.

**[0049]** Die thermische Auslegung der Antriebseinheit soll verbessert werden.

**[0050]** Weiterhin stellt sich das Ziel, gegenüber Festtreibstoff-Gasgeneratoren die für die Thermalisolierung anzusetzende Masse zu vermindern.

**[0051]** Die zentralen Antriebsteile Tank und Brennkammer sollen in ihrer Form frei wählbar sein, mithin nicht wie im Stand der Technik bei Festtreibstoff-Gasgeneratoren durch die Treibstoffeigenschaften und die Treibsatzgeometrie vorgegeben sein.

**[0052]** Die für Satelliten, Raumschiffe, Flugkörper und Fluggeräte notwendigen Komponenten der Brennkammer, der Düsensysteme, des Tank und Bedrückungssystem sollen im Allgemeinen, insbesondere aber bei dem ACS / DACS frei nach Systemerfordernissen angeordnet werden können.

**[0053]** Ein weiterer Aufgabenkomplex ergibt sich daraus, dass die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzte Technologie durch eine sehr auf Einzelprojekte bezogene Ausrichtung gekennzeichnet ist, was zu einer Zersplitterung der jeweils eingesetzten Technik-Lösungen führt, mit der Folge, dass eine systemübergreifende Technik weitgehend nicht vorhanden ist:

Dies hängt mit den in der Luft- und Raumfahrt vorhandenen unterschiedlichen Anforderungen und Bedingungen zusammen.

**[0054]** Satelliten und andere Raumschiffe unterliegen etwa anderen Einsatzbedingungen als Flugkörper oder Fluggeräte.

**[0055]** Der verbreitetste Einsatz von Bahnsteuerungs- und Lagesteuerungssystemen ist im Raumfahrtbereich zu finden, sei es bei Satelliten oder anderen Raumschiffen.

**[0056]** Die im Weltraumbereich eingeführten Systeme lassen sich durch folgende Merkmale kennzeichnen:

- sehr häufig sehr geringer Schub im Bereich 0,5–20 N für die Lagesteuerung;
- geringer Schub von 200–400 N für die Bahnsteuerung;
- Einsatz von Flüssigkeitsantrieben, die mit Hydrazin oder Derivaten davon im Einstoff-Modus betrieben werden; bei Triebwerken ab 10 N Schub kommen auch Zweistofftriebwerke zum Einsatz, die als Oxidator bevorzugt  $N_2O_4$  verwenden; die hier zur Verfügung stehende spezifische Treibstoffeffektivität, d.h. der massespezifische Impuls, ist größer, dafür ist das Zweistoffsystem komplexer als das Einstoffsystem;
- die Lagesteuerungstriebwerke müssen über einen Zeitraum von vielen Jahren sehr viele kleine Impulse erzeugen; die Einstoffsysteme arbeiten mit katalytischer Zersetzung des Hydrazins, die Zweistofftriebwerke im hypergolen, d.h. selbstzündenden, Modus;
- die Schubregelung erfolgt meist über die Impulslänge bei Nennschubbetrieb, wobei bei manchen Systemen der Nennschub mit abnehmbaren Treibstoffvorrat durch den hierdurch bedingten Förderdruckabfall im Treibstoff / Oxidatortank ebenfalls abnimmt.

**[0057]** Bei Flugkörpern sind die Einsatzbedingungen andere. Bei Flugkörpern, deren aerodynamische Steuerung für die Stabilisierung, Lagesteuerung und Bahnsteuerung in weiten Bereichen ausreicht, kann es notwendig sein, im letzten Teil einer Begegnung mit einem Flugobjekt, in der Regel innerhalb der letzten Sekunden, eine geringe, aber sehr schnelle Bahnkorrektur vorzunehmen um einen direkten Treffer zu erzielen. Wesentliche Merkmale dieser Systeme sind:

- sehr hoher Schub, falls die Schubwirkung durch den Schwerpunkt des Flugkörpers geht;
- direkte Wirkung auf die Flugbahn ohne Nutzung von aerodynamischen Kräften, ausgenommen die aus der Wechselwirkung Steuerstrahl - Anströmung hervorgerufenen induzierten aerodynamischen Kräfte;
- mäßiger bis hoher Schub zur schnellen Änderung der Flugkörperlage, um aerodynamische Kräfte schneller zur Wirkung bringen zu können; die Kraft zur eigentlichen Bahnänderung wird aerodynamisch erzeugt.

**[0058]** Bei Flugkörpern kommen sowohl kontinuierlich arbeitende Systeme als auch Anordnungen von kurz feuernden Impulstriebwerken zum Einsatz:

- ein System verwendet einen Festtreibstoff-Gasgenerator, dessen Gas auf vier Düsen verteilt wird; bei der kurzen Arbeitsdauer von wenigen Sekunden darf die Gasproduktion konstant bleiben, der Blindverbrauch ist vernachlässigbar gemessen an der Einfachheit des Systems; der resultierende Schub wird durch verschiedene Schubniveaus der einzelnen Düsen erzeugt;
- THAAD verwendet ein System mit Flüssigtreibstoff aus der Raumfahrt-Technologie; ein zentraler Gas-Generator versorgt vier Schubdüsen; kleine peripher angeordnete Treibwerke aus der Raumfahrt-Technologie regeln die Lage der Oberstufe;
- das bereits erwähnte System PAC 3 verwendet eine Vielzahl auf dem Umfang angeordneter kleiner Impulstriebwerke, die bei Bedarf dann gezündet werden, wenn das Triebwerk entgegen der Richtung des gewünschten Schubvektors orientiert ist; damit möglichst viele Triebwerke verwendet werden können, muss der Flugkörper rollen; je nach Rollrate muss deshalb die Brenndauer in der Größenordnung von 10ms liegen, damit der während des Abbrands überstrichene Azimutwinkel begrenzt bleibt; dies bringt ein sehr starkes An- und Abschwellen des Schubs mit sich, was Eigenschwingungen des Flugkörpers anregen kann und die Steuerung beeinträchtigt.

**[0059]** Fluggeräte, die sowohl Eigenschaften von Flugkörpern wie von Raumfahrzeugen haben, sind Kollisionsfluggeräte, sogenannte „Kill Vehicles“, die in der hohen Atmosphäre oder außerhalb der Atmosphäre ballistische Gefechtsköpfe treffen und damit abwehren sollen. Je nach Systemauslegung, insbesondere der Erstreckung der zu verteidigenden Fläche, liegt die geforderte Arbeitsdauer zwischen

- 10 Sekunden bei Abfangvorgängen innerhalb der tieferen Atmosphärenschichten (ca. < 30 km);
- mehreren Minuten bei Abfangpunkten im Mittelteil der ballistischen Bahn des angreifenden Gefechtskopfes.

**[0060]** Die Bahnsteuerung muss ohne aerodynamische Unterstützung ausgeführt werden und benötigt deshalb

- hohen Schub, abhängig von der Masse des Kill Vehicle;
- präzise Schubsteuerung, auch hinsichtlich An- und Abschwellen des Schubs;
- stabile Verbrennung und Schubregelung;
- Schubvektororientierung durch den Schwerpunkt des Kill Vehicle, um Lageänderungen durch die Aktion der Bahnsteuerungstriebwerke zu minimieren.
- regelbare Systeme mit geringem Blindverbrauch oder abschaltbare und wiederanzündbare Systeme, die den Gesamttriebstoffverbrauch und damit die

Startmasse des Kill Vehicle mindern, weil meist nur über einen geringen Anteil der Gesamtfunktionsdauer der volle Schub der Bahnsteuerung benötigt wird.

**[0061]** Die Lagesteuerung muss das Kill Vehicle derart orientieren, dass die Sensoren das Abfangmanöver steuern können, und die Bahnsteuerungstriebwerke korrekt orientiert sind. In der Regel benötigt die Lageregelung wesentlich geringeren Schub als die Bahnsteuerung. Die Lageregelungstriebwerke sind

- soweit wie möglich peripher angeordnet, um größtmögliche Hebelarme zu erzielen;
- wesentlich häufiger, verteilt über die gesamte Flugdauer, in Aktion als die Bahnsteuerungstriebwerke.

**[0062]** Bekannte Systeme sind

- das mit einem Festtreibstoff-Gas-Generator und nachgeschalteten Ventilen bzw. Düsen betriebene System im Kill Vehicle des Flugkörpers Standard Missile SM-3;
- ein Kill Vehicle, das mit Hydrazin betriebene Einzeltriebwerke verwendet.

**[0063]** Der bisherige Stand der Technik hat versucht, für all diese Anwendungen im Raumfahrtbereich, bei Flugkörpern und Fluggeräten Lösungen mit verschiedenen Treibstoff- und Funktionskonzepten zu entwickeln, die jedoch, jedes für sich, auch signifikante Schwächen aufweisen, wie bereits dargestellt.

**[0064]** Deshalb stellt sich ein weiterer Aufgabenkomplex, für all diese Anwendungen und Einsatzbedingungen eine Einrichtung und ein System zur Verfügung zu stellen, die zum einen eine Bahnsteuerung und / oder eine Lagesteuerung für derartige Satelliten, Raumschiffe, Flugkörper und Fluggeräte zur Verfügung stellt.

**[0065]** Zum anderen sollen diese Einrichtung und dieses System auch in der Lage sein, weitergehende Zwecke bzw. Zusatzfunktionen zu erfüllen, wie etwa einer Abschalt- und Wiederanzündbarkeit des Raketenmotors, der Ermöglichung eines sehr starken, variablen Schubs, gegebenenfalls mit zusätzlichem Querschubsystem, einer Schubvektorsteuerung, einer aerodynamischen Steuerung, der Ermöglichung von Gas-Generatoren zur Bedrückung von Vorrichtungen oder zum Antrieb von Aktuatoren, Turbinen, Motoren oder anderen Arbeitsmaschinen mit Abschalt- und Wiederanzündbarkeit, sehr stark variabler Gaserzeugung und ggf. in Verbindung mit einem zusätzlichen System, welches die Verbrennungstemperatur vermindert.

Zusammenfassung der Erfindung:

**[0066]** Gelöst werden die einzelnen und gesamthaften Aufgaben mit einer Vorrichtung nach Anspruch

1 und einem System nach Anspruch 14–19. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

**[0067]** Die Erfindung umfasst hierzu eine Einrichtung und ein System unter Einsatzes eines Gel-Treibstoffes, eines regelbaren Raketenmotors oder Gas-Generators sowie eines Tanksystems, deren Ausgestaltung näher weiter unten beschrieben wird. Die Erfindung ist dabei gleichermaßen bei Bahnsteuerungen wie auch bei Lagesteuerungen von Flugkörpern einsetzbar.

**[0068]** Die wesentlichen Komponenten der erfindungsgemäßen Einrichtung mit allen Möglichkeiten zur Regelung des Gelmassenstroms und dadurch des Schubs umfassen:

- wenigstens ein Fördersystem, das einen Gasgenerator oder einen Bedrückungstank aufweisen kann,
- wenigstens einen Tank, vorzugsweise einen Geltank
- wenigstens ein Regelventil zur Regelung des Massenstroms des Treibstoffs
- wenigstens einen Injektorkopf
- wenigstens eine Brennkammer
- wenigstens eine Schubdüse, die bei Bedarf verstellbar sein kann.

**[0069]** Den größten Anteil des Triebwerks macht der Geltank aus. Eine erfindungsgemäße Ausführungsform weist auf einen Tank mit einem Zylinder und mit einem innenliegenden Kolbensystem. Der Kolben wird durch das Gas bedrückt und fördert das Gel in die Brennkammer durch ein Regelventil oder Regelventilsystem. Hinzukommt eine Düse. Der Gelmassenstrom in die Brennkammer wird durch ein Regelventil eingestellt. Der Massenstrom ist allerdings auch von der Druckdifferenz zwischen Geltank und Brennkammer abhängig

**[0070]** Diese Tankform bietet sich für Raketentriebwerke wie ACS/DACS an. Für andere Flugkörpersysteme sind auch kugelförmige Tanks und eine Bedrückung mit Metallmembranen möglich.

**[0071]** Mit Gelantrieben ist ein großer Regelbereich (15:1) realisierbar, wobei diese Ziffern in ihrer Reihenfolge das Verhältnis des Maximumschubs zum Minimumschub anzeigen. Die Tröpfchengröße ist ein wichtiger Parameter bei der stabilen Gelverbrennung. Bei gleichbleibender Anzahl der Injektoren und geringer werdendem Massendurchsatz wird aber das Versprühungsverhalten immer schlechter, bzw. eine Verbrennung ist nicht mehr möglich.

**[0072]** Um die Strahlgeschwindigkeit möglichst konstant zu halten kann ein Injektorkopf, auch Einspritzkopf bezeichnet, mit ab- und zuschaltbaren Injektoren benutzt werden. Als Nebeneffekt kann solch ein

System auch für die Gelmassenstromregelung eingesetzt werden.

**[0073]** Was insbesondere DACS/ACS-Systeme anbelangt, ist es mit einem Geltreibstoff-System nach der vorliegenden Erfindung möglich, einen hoch agilen Flugkörper mit kurzen Reaktionszeiten im atmosphärischen und exoatmosphärischem Raum zu realisieren.

**[0074]** Durch die erfindungsgemäßen Regelventile in der Gelzuführung kann der Treibstoffbedarf für den erforderlichen Schub optimal realisiert werden, ohne überschüssig erzeugtes Gas abzublasen. Dies ist z.B. bei Feststoff-Gasgeneratoren in Systemen der Fall, wie sie erfindungsgemäß ausgestaltet sein können. Dadurch kann der mitgeführte Treibstoff auf ein Minimum reduziert werden. Durch eine verstellbare Düse, bevorzugt durch mehrere verstellbare Düsen, kann ein Schubvektor in jede beliebige Richtung erzeugt werden. Durch Veränderung des Massendurchsatzes wird die Kraft vom Schubvektor den Erfordernissen angepasst. Die Strömungsquerschnitte jeder Schubdüse können so geregelt werden, dass die Schubdüsen immer mit hohem Wirkungsgrad arbeiten.

**[0075]** Die erfindungsgemäße Einrichtung nutzt vorzugsweise sechs Schubdüsen, um Roll-, Nick- und Querbewegungen durchzuführen. Die Schubdüsen können in beliebiger Kombination betrieben werden, um den Suchkopf auf das Ziel auszurichten und den Flugkörper ins Ziel zu lenken.

**[0076]** Die vorliegende Erfindung entwickelt den dargestellten Stand der Technik dahingehend weiter, dass die neue Einrichtung und das neue System über die technische Konstruktion hinausgehend

- neu eingeführte Eigenschaften und Funktionen sowie erweiterte Anwendungsmöglichkeiten schaffen,
- in Verbindung mit geringerem Schadenspotential im Havariefall,
- und dies alles bei signifikant verbesserter Umweltfreundlichkeit.

**[0077]** Die weiter unten näher beschriebene Einrichtung und das System ermöglichen die Verwendung von umweltfreundlichen Gel-Treibstoffen, die insbesondere das unter REACH als kritischer Stoff klassifizierte Hydrazin und dessen Derivate ohne Leistungsverlust ersetzen.

**[0078]** Der weite Verbrennungsdruckbereich von ausgewählten Gel-Treibstoffen und die Verwendung von regelbarem Injektor, regelbarer und / oder verstellbarer Düse und damit eine in weiten Grenzen voneinander unabhängige Steuerung von Treibstoffmassenstrom und Brennkammerdruck erlauben ein Maß an Schubregelung, das weit über die dargestell-

ten, im Stand der Technik zur Verfügung stehenden, erzielbaren Möglichkeiten hinausreicht. Die Effektivität des Systems durch optimale Treibstoffausnutzung bleibt hierbei hoch.

**[0079]** Die Geleigenschaft des Treibstoffs stellt für die Lagerung der Vorrichtung über längere Perioden auch geringere Anforderungen an die Dichtheit von Dichtungen und Verbindungen.

**[0080]** Das Treibstoff-Brennkammer-System, insbesondere das Treibstoff-Brennkammer-DACS-System, ist vor Inbetriebsetzung drucklos. Dadurch bestehen nur geringe Anforderungen an die Dichtungen dieses Systems, weil der Gel-Treibstoff ohne Innendruck nicht durch Lecks aussickert. Hier können z. B. O-Ring-Dichtungen, Flachdichtungen einfacher Bauart etc. verwendet werden.

**[0081]** Falls doch geringe Mengen austreten sollten, bedeutet dies weder eine Gefährdung für Menschen und Umwelt, noch für die Integrität des Materials.

**[0082]** Der Gel-Treibstoff ändert seine Eigenschaften bei Kontakt mit der Atmosphäre nicht signifikant. Deshalb ist ein hermetischer oder fast hermetischer Einschluß des Treibstoffs, wie z. B. bei Festtreibstoffen, nicht erforderlich.

**[0083]** Die Gel-Treibstoffmischungen sind insbesondere unter Berücksichtigung des Einstoff-Prinzips mit vielen Materialien gut verträglich

**[0084]** Die volumetrische Effektivität auf Systemebene wird gegenüber dem Leistungsniveau des Standes der Technik drastisch verbessert.

**[0085]** Hinzu kommt die weichere Schubentfaltung durch quasikontinuierlichen Betrieb oder gesteuert schwellende Schubpulse.

**[0086]** Die Erfindung ist insbesondere bei längerer Gesamtfunktionsdauer über ca. 10 Sekunden den im Stand der Technik verwendeten Festtreibstoff-Systemen deutlich überlegen, was auf die Trennung von Tank und Brennkammer zurückzuführen ist.

**[0087]** Ganz besonders wird sie eine sehr schnelle und gleichmäßige Regelung des Verbrennungsdrucks und damit des Schubniveaus ermöglichen, so dass die Erfindung insbesondere auch für ein Querschubsystem wie das Attitude Control System ACS oder das DACS = Divert and Attitude-Control-System mit und ohne Kill Vehicle, mithin für ein Bahnsteuerungssystem, ein Lagesteuerungssystem und deren Kombination in geringer oder grosser Luftraumhöhe, bei niedrigen oder hohen Geschwindigkeiten des Flugkörpers, schneller Reaktionsnotwendigkeit etwa im Endgame eingesetzt werden kann.

**[0088]** Als Flugkörper im Sinne der vorliegenden Erfindung werden jegliche Satelliten und andere Raumschiffe, Raketen, Lenkflugkörper, Höhenforschungsraketen, Satellitenraketen, militärische Raketen, Drohnen, Luftfahrzeuge, Fluggeräte verstanden. Diese Aufzählung ist nur beispielhaft. Gleichermaßen ist es unerheblich, ob diese landgestützt, wasser- oder schiffsgestützt, fahrzeuggestützt, personen-gestützt, luftraum- oder orbitgestützt sind.

**[0089]** Die Trennung von Tank und Brennkammer vereinfacht gegenüber dem im Stand der Technik eingesetzten Prinzip der Festtreibstoff-Systeme die thermische Auslegung und vermindert oder vermeidet die für die Thermalisolierung anzusetzende Masse. Hinzu kommt, dass die Form des Tanks sowie Brennkammer frei wählbar ist, mithin nicht wie im Stand der Technik der Festtreibstoff-Systeme durch die Treibstoffeigenschaften und die Treibsatzgeometrie vorgegeben ist.

**[0090]** Die erfindungsgemäßen Komponenten Brennkammer, Düsensysteme, Tank und Fördersystem, das als Gasgenerator- oder Bedrückungssystem ausgestaltet sein kann, können bei dem erfindungsgemäßen ACS / DACS sehr frei nach Systemfordernissen angeordnet werden.

**[0091]** Sie sind vorteilhafterweise modular aufgebaut. Weiterhin sind sie nach den jeweiligen Einsatzbedingungen, insb. der Größe des Flugkörpers skaliertbar.

**[0092]** Die erfindungsgemäße Einrichtung sowie das erfindungsgemäße System zeigt seine Vorteile insbesondere bei Bahn- und/oder Lagersteuerungssystemen für Flugkörper.

**[0093]** Bahnsteuerungs- und/oder Lagersteuerungssysteme werden von Flugkörpern vornehmlich dann aktiviert, wenn die aerodynamische Steuerung nicht hinreichend hohe Kräfte erzeugt, z. B. bei Ruhe oder geringer Geschwindigkeit, beim Flug in großer Höhe bei geringem Druck oder gar außerhalb der Atmosphäre, bei sehr schnellen Steuermanövern, die sehr hohe Kräfte erfordern. Gleches gilt, wenn die aerodynamische Steuerung zu langsam agiert, z. B. bei hoher Anforderung an die Agilität, falls Direkttreffer auf kleine oder stark manövrierende Ziele erzielt werden sollen, oder wenn sie sogar nicht möglich ist, weil aerodynamische Steuerflächen nicht integriert werden können oder unerwünscht sind.

**[0094]** Weiterhin kann die nachfolgend bei der detaillierten Beschreibung für den beispielhaften Einsatzzweck der Bahn- und/oder Lagesteuerung vorgestellte Technologie selbstverständlich auch für andere Zwecke, einzeln oder zusammen, verwendet werden, z. B., also ohne Anspruch auf Vollzähligkeit: bei Gel-Treibstoff-Raketenmotoren mit

- einer Vorrichtung zur Abschalt- und Wiederan- zündbarkeit des Raketenmotors;
- sehr stark variablem Schub;
- ggfs. in Verbindung mit einem zusätzlichen Querschubsystem, z. B. für eine schnelle Umlenkung unmittelbar nach einem ungerichteten Start, z. B. einem Senkrechtstart;
- ggfs. in Verbindung mit einer Schubvektorsteuerung, bei welcher aus der Raketenmotorbrennkammer Gas abgezweigt und seitlich in die Schubdüse des Raketenmotors eingeblasen wird, um durch Strömungsablösungen auf die Düsenwand wirkende Querkräfte zu erzeugen;
- ggfs. in Verbindung mit einer Schubvektorsteuerung, bei welcher aus dem Druckgastank oder Festtreibstoff-Gasgeneratorgas der Tankbedrückung Gas abgezweigt und seitlich in die Schubdüse des Raketenmotors eingeblasen wird, um durch Strömungsablösungen auf die Düsenwand wirkende Querkräfte zu erzeugen;
- ggfs. in Verbindung mit einer Schubvektorsteuerung oder aerodynamischen Steuerung, bei welcher aus dem Druckgastank oder Festtreibstoff-Gasgeneratorgas der Tankbedrückung Gas abgezweigt und für den Antrieb der pneumatischen Aktuatoren verwendet wird; falls die Systeme mit hohen Gastemperaturen umgehen können, kann auch das Gas des Raketenmotors verwendet werden;
- ggfs. in Verbindung mit einer Schubvektorsteuerung oder aerodynamischen Steuerung, bei welcher aus dem Druckgastank oder Festtreibstoff-Gasgeneratorgas der Tankbedrückung Gas abgezweigt und für den Antrieb der Hydraulik für die Aktuatoren verwendet wird; falls die Systeme mit hohen Gastemperaturen umgehen können, kann auch das Gas des Raketenmotors verwendet werden;
- ggfs. in Verbindung mit einer Vorrichtung, die einen Generator zur Erzeugung elektrischen Stroms beinhaltet, bei welcher aus dem Druckgastank oder Festtreibstoff-Gasgeneratorgas der Tankbedrückung Gas abgezweigt und für den Antrieb des Generators, bevorzugt mittels einer Turbine, ggfs. aber auch einem anderen Motor, verwendet wird; falls die Systeme mit hohen Gastemperaturen umgehen können, kann auch das Gas des Raketenmotors verwendet werden.

**[0095]** All diese Zusatzfunktionen können auch von den Bahn- und / oder Lagesteuerungssystemen erfüllt werden.

**[0096]** Weiterhin kann die für den beispielhaften Ein satzzweck der Bahnsteuerung- und/oder Lagesteuerung vorgestellte Technologie selbstverständlich für andere Zwecke, einzeln oder zusammen, verwendet werden, z. B., also ohne Anspruch auf Vollzähligkeit bei Gel-Treibstoff-Gasgeneratoren zur Bedrückung von Vorrichtungen oder zum Antrieb von Aktuatoren,

Turbinen, Motoren oder anderen Arbeitsmaschinen mit:

- einer Vorrichtung zur Abschalt- und Wiederan- zündbarkeit des Raketenmotors;
- sehr stark variablem Schub;
- ggfs. in Verbindung mit einem zusätzlichen System, welches die Verbrennungstemperatur durch Mischung mit Umgebungsluft, Zumischung und ggfs. Verdampfung von Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, Verwendung einer Wärmesenke oder endothermer Phasenwandlung eines Feststoffes, Gels oder Schlamms oder eines anderen geeigneten Stoffes absenkt;
- ggfs. in Verbindung mit einem zusätzlichen System, welches die Verbrennungstemperatur durch Mischung mit einem Teil des mitgeführten Bedrückungsgases absenkt.

**[0097]** Eingehende Beschreibung der Erfindung: Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Bahnsteuerungs- und / oder Lagesteuerungssystems, das mit gelförmigen Treibstoffen betrieben wird, beschrieben.

**[0098]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerung- und/oder Lagesteuerungssystem weist folgende Bau gruppen auf:

- wenigstens ein Fördersystem, das einen Gas generator oder einen Bedrückungstank aufweisen kann,
- wenigstens einen Tank, vorzugsweise einen Geltank
- wenigstens ein Regelventil zur Regelung des Massenstroms des Treibstoffs
- wenigstens einen Injektorkopf
- wenigstens eine Brennkammer
- wenigstens eine Schubdüse, die bei Bedarf regelbar und / oder verstellbar sein kann.

**[0099]** Es ist eine Vorrichtung ausgestaltet zur Aufnahme und zum Verbrennen gelförmigen Treibstoffs vorgesehen.

**[0100]** Die konstruktive Ausgestaltung steht dabei prinzipiell im Belieben des Fachmanns und hängt im Wesentlichen von den jeweiligen Einsatzbedingungen ab, wie z.B. Art des Flugkörpers, zu überwindende Flugdistanz, Größe des Flugkörpers, Platzverhältnisse. Einzelheiten hierzu werden weiter unten erörtert.

**[0101]** Der Gel-Treibstoff ist so beschaffen, dass die beim Abbrennen erreichte Verbrennungstemperatur über die auslegungsgerechte Funktionsdauer hinweg die Strukturkomponenten, insbesondere die Steurelemente des Gasstroms, thermisch nicht überlastet. Der Gel-Treibstoff ist vorzugsweise so formuliert, dass die Verbrennungstemperatur in einem sehr weiten Bereich von ca. 1300–3000 K eingestellt werden kann.

**[0102]** Der im erfindungsgemäßen System verwendete Gel-Treibstoff ist ferner bevorzugt so beschaffen, dass er nur wenige Partikel und vor allem keine Ablagerungen auf Strukturkomponenten und Steuerlementen erzeugt.

**[0103]** Weiter bevorzugt ist eine Ausgestaltung des Gel-Treibstoffs dergestalt, dass er in einem weiten Druckbereich gleichmäßig, d. h. ohne Erzeugung von durch die Verbrennung hervorgerufenen Druckschwingungen (Verbrennungsinstabilitäten) verbrennt.

**[0104]** Eine ferner bevorzugte Ausgestaltung des Gel-Treibstoffs ist so formuliert, dass eine sehr schnelle und gleichmäßige Regelung des Verbrennungsdrucks und damit des Schubniveaus ermöglicht wird.

**[0105]** Der einzusetzende Gel-Treibstoff ist umweltfreundlich und gut handhabbar, lagerbar, transportierbar und einsetzbar. Dies schließt auch die Qualität der erzeugten Gase ein.

**[0106]** Für die Herstellung und Handhabung wird keine über das übliche Maß hinausgehende persönliche Schutzausrüstung benötigt.

**[0107]** Die Beschaffenheit ist weiter vorzugsweise dergestalt, dass ein hinreichend hohes Maß an Insensitivität im Havariefall oder bei Beschädigung durch Angriffe gegeben ist.

**[0108]** Das erfindungsgemäße Bahn- und/oder La gesteuerungssystem ist aber nicht auf die Aufnahme und das Verbrennen eines Gel-Treibstoffs in einer Ausgestaltung als Monopropellant beschränkt. Es können vielmehr auch Gel-Treibstoffsysteme, in der Beschaffenheit von Zweistoff- oder Mehrstoffsyste men mit umweltfreundlichen Oxidatoren oder selbstzündende Zweistoffsyste men mit umweltfreundlichen Oxidatoren eingesetzt werden. Der Einsatz solcher Zweistoffsyste me ist ohne weiteres möglich und hängt im Wesentlichen von Parametern wie Leistung, Masse, Komplexität, Kosten ab.

**[0109]** Der Geltreibstoff enthält vorzugsweise keine ätzenden oder bei Berührung stark toxischen Ingredienzien.

**[0110]** Wird der Geltreibstoff in einen oder mehreren Treibstoffsäcken eingefüllt, so bestehen diese bevorzugt aus Polymerwerkstoff, ggf. verstärkt durch Fasergewebe, insb. Textil, Kohlefaser, Aramidfaser, oder aus anderen polymeren oder mineralischen Fasern, falls die Treibstoffsäcke nicht dehnbar ausgelegt werden. Elastisch dehbare Treibstoffsäcke sind ebenfalls möglich; deren Form bei der Entleerung wird durch die Kombination von Inertialkräften der Treibstofffüllung bei Beschleunigung und Span-

nungskräften aus der Dehnung des Treibstoffsacks bedingt vorhersagbar.

**[0111]** Er kann als gelierter Treibstoff mit normaler, gängiger Schutzausrüstung gehandhabt werden (kein Skafander, kein Atemschutz).

**[0112]** Es werden vorzugsweise keine ätzenden Gase erzeugt, die die Ventile und Düsen beschädigen könnten.

**[0113]** Der Gel-Treibstoff ist vorzugsweise REACH-kompatibel.

**[0114]** DACS werden in der Regel in Geräten eingesetzt, die Beschleunigungen in alle Richtungen erfahren oder beabsichtigen, welche auch einsatzabhängig sind und nicht in der Regel im Ablauf vorhergesagt werden können. Gel-Treibstoffe schwappen nicht hin und her, die Verlagerung des Schwerpunkts im Verlauf der Ausförderung bleibt gleichmäßig linear und vorhersagbar.

**[0115]** Eine Ausführungsform des gelförmigen Treibstoffs kann folgende Komposition umfassen: Der gelförmige Treibstoff baut auf der Basis eines bei Raumtemperatur flüssigen, wenigstens eine Nitro-Gruppe enthaltenden Kohlenwasserstoffs, gegebenenfalls auch eines Gemisches solcher Kohlenwasserstoffe auf.

**[0116]** Die Fördereinrichtung für den gelförmigen Treibstoff kann ausschließlich aus Inertkomponenten bestehen.

**[0117]** Es ist aber auch möglich, einen Feststoff-Gasgenerator, der pyrotechnisch funktioniert, oder eine Mischform eines Hochdruck-Gasreservoirs mit pyrotechnisch funktionierendem Gasgenerator für die Tankbedrückung vorzusehen. Der die wenigstens eine Nitro-Gruppe enthaltende Kohlenwasserstoff kann ein aromatischer oder ein aliphatischer Kohlenwasserstoff sein, beispielsweise ein Alkan, das mit einer oder mehreren Nitro-Gruppen substituiert ist. So hat sich Nitroethan und vor allem Nitromethan als geeignet erwiesen.

**[0118]** Um ihn in die Gelform überzuführen, wird der bei Raumtemperatur flüssige Kohlenwasserstoff mit einem Gelbildner versetzt. Dieser Gelbildner kann ein anorganischer Gelbildner, z. B. pyrogene Kieselsäure, wie Aerosil® sein oder ein organischer Gelbildner, beispielsweise sogenannte LMOGs (low molecular mass organic gelators).

**[0119]** Das Triebwerk kann auch als Zweistoff-Triebwerk, gegebenenfalls Mehrstoff-Triebwerk, ausgeführt werden, bevorzugt mit einem Treibstoffgel und einem Oxidator, ebenfalls bevorzugt in Gelform.

**[0120]** Dabei wird als Oxidator vorzugsweise ein wasserlösliches Salz auf Nitramid- oder Nitrat-Basis verwendet, gegebenenfalls auch ein Gemisch solcher Salze. Vorzugsweise wird zur Gelbildung eine z. B. wässrige Lösung eines oder mehrere solcher Salze verwendet, die mit einem oder mehreren Gelbildnern und gegebenenfalls mit weiteren Additiven vermischt wird. Die Konzentration des Salzes bzw. die Gesamtkonzentration der Salze in der wässrigen Lösung kann beispielsweise 20 bis 90 Gew.% betragen. Anstelle von reinem Wasser kann das Salz z. B. auch in einem Gemisch aus Wasser und einem wasserlöslichen Lösungsmittel, wie z. B. einem Alkohol, gelöst sein.

**[0121]** Als wasserlösliche Salze können z. B. Alkali- oder Erdalkalisalze verwendet werden, vorzugsweise werden jedoch Ammonium- oder Hydroxylammoniumsalze eingesetzt. Als besonders geeignet haben sich Ammoniumdinitramid und Hydroxylammoniumnitrat als Oxidatoren erwiesen. Der gelförmige Treibstoff, der einen Treibstoff auf der Basis eines bei Raumtemperatur flüssigen, wenigstens eine Nitro-Gruppe enthaltenden Kohlenwasserstoffs und einem Gelbildner umfasst, ist nicht explosionsgefährlich. Damit weist er bei Beschädigung oder Unfällen ein insensitives Verhalten auf.

**[0122]** In einer anderen Komposition kann der gelförmige Einstoff-Treibstoff ein Gemisch aus wenigstens einem monergolen Basistreibstoff, nämlich einem Kohlenwasserstoff, der wenigstens eine Nitrogruppe enthält, wenigstens einem Gelbildner und wenigstens einem festen Oxidator, aufweisen.

**[0123]** Durch die Zugabe des festen Oxidators wird sowohl der spezifische Impuls als auch die Dichte und demzufolge insbesondere der volumenspezifische Impuls des Treibstoffs erhöht, was im Vergleich zu bekannten gelförmigen und insbesondere Flüssigtreibstoffen kleinere und damit leichtere Treibstofftanks und in der Folge kleinere und leichte Bedrückungssysteme ermöglicht.

**[0124]** Der wenigstens eine Nitrogruppe enthaltende Kohlenwasserstoff, der den monergolen Basistreibstoff bildet, weist höchstens acht Kohlenstoffatome pro Molekül auf und ist bei Raumtemperatur flüssig. Vorzugsweise wird der die wenigstens eine Nitrogruppe enthaltend Kohlenwasserstoff durch Nitromethan oder Nitroethan gebildet.

**[0125]** Der Anteil des monergolen Basistreibstoffs in dem gelförmigen Treibstoff beträgt vorzugsweise mindestens 30 Gew.-%, insbesondere mindestens 45 Gew.-%.

**[0126]** Um aus dem flüssigen, monergolen Basistreibstoff ein Gel zu bilden, wird er mit einem Gel-

bildner vermischt. Als Gelbildner kann Kieselsäure, insbesondere pyrogene Kieselsäure, zum Beispiel Aerosil®, verwendet werden. Besonders bevorzugt sind organische Gelbildner oder Gelbildner auf Kohlenstoffbasis. Die organischen Gelbildner können LMOG-Gelbildner (low molecular mass organic gellers) sein. Die aus Kohlenstoff bestehenden Gelbildner können aus Kohlenstoffpartikeln oder Kohlenstoff-Nanoröhren bestehen.

**[0127]** Der durch einen Feststoff gebildete Oxidator besteht vorzugsweise aus wenigstens einer Verbindung der Gruppe: Ammoniumperchlorat, Ammoniumnitrat, Ammoniumdinitratamid und hochbrisante Explosivstoff. Der hochbrisante Explosivstoff ist vorzugsweise Oktogen (HMX), Hexogen(RDX) und/oder Diaminodinitroethylen(FOX-7).

**[0128]** Der Anteil des Oxidators in dem gelförmigen Treibstoff beträgt vorzugsweise mindestens 1 Gew.-%, insbesondere mindestens 20 Gew.-% und vorzugsweise höchstens 70 Gew.-%, insbesondere höchstens 30 Gew.-%.

**[0129]** Damit der Oxidator mit dem monergolen Basistreibstoff gut mischbar ist und in dem gelförmigen Treibstoff auch nach längerer Lagerdauer nicht sedimentiert, weist er eine mittlere Teilchengröße von vorzugsweise höchstens 0,4 Millimeter, insbesondere höchstens 0,09 Millimeter, auf. Die feinen Oxidatorpartikel werden damit sehr lange in der Gelstruktur des Treibstoffs in der Schwebefestigkeit gehalten.

**[0130]** Der teilchenförmige Oxidator kann auch dazu beitragen, die benötigte Menge an inertem Gelbildner zu vermindern. Der Oxidator oxidiert einen Teil der Kohlenwasserstoffanteile des monergolen Basistreibstoffs und, sofern der Gelbildner ein organischer Gelbildner oder ein Gelbildner auf Kohlenstoffbasis ist, den Gelbildner.

**[0131]** Bevorzugt wird das Mischungsverhältnis des Oxidators zu dem die wenigstens eine Nitrogruppe enthaltenden Kohlenwasserstoff und, sofern der Gelbildner ein organischer Gelbildner oder ein Gelbildner auf Kohlenstoffbasis ist, derart gewählt, dass die bei der Reaktion entstehenden Gase leicht unterbalanciert, d. h. leicht brennstoffreich, also reduzierend sind, weil derartige Gase die Struktur beispielsweise der Brennkammer und der Düse einer Rakete nicht oxidieren und so die Standfestigkeit dieser Strukturen verbessert wird.

**[0132]** Der erfindungsgemäß mit Oxidatorpartikel beladene gelförmige Treibstoff kann wie normaler gelförmiger Treibstoff gefördert, eingespritzt und verbrannt werden.

**[0133]** Auch mit dieser Ausgestaltungsform eines gelförmigen Treibstoffs wird eine deutliche Verbesserung der Standfestigkeit dieser Strukturen erzielt.

rung des spezifischen Impulses erreicht. Damit können Einstoff- oder Monopropellant-Triebwerke realisiert werden, die gemessen an den eingeführten Zweistoff- oder Bi-Propellant-Triebwerken einen nur geringfügig reduzierten spezifischen Impuls aufweisen, bei zugleich wesentlich einfacherer Systemarchitektur und einem zugleich wesentlich leichter zu handhabenden und umweltfreundlicherem Treibstoff. Dabei beträgt die Verbesserung der Dichte des erfundungsgemäßen Treibstoffs gegenüber einem herkömmlichen Monopropellant für Einstoff-Triebwerke das 1,15 bis 1,2-fache. Gegenüber den eingeführten Bi-Propellants für Zweistoff-Triebwerke ist die Dichte des erfundungsgemäßen Treibstoffs um den Faktor 1,15 bis 1,2 größer, was kleinere Tankvolumina ermöglicht.

**[0134]** In einer weiteren Komposition wird dem gelörmigen Treibstoff ein Zusatzstoff zugesetzt, um die hohe Verbrennungstemperatur des gelörmigen, monergolen Treibstoffs herabzusetzen, wobei bei der Verbrennung des Treibstoffs der Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid (CO) oxidiert wird und für die Oxidation von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) zu Wasser (H<sub>2</sub>O) sowie von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) kein Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird oder der unter Bildung von Stickstoff zerfällt.

**[0135]** D. h. es wird durch den Zusatzstoff die Verbrennung des Treibstoffs dahingehend beeinflusst, dass Kohlenmonoxid und Wasserstoff entstehen anstelle von Kohlendioxid und Wasser. Damit wird erfundungsgemäß von dem monergolen Treibstoff zumindest ein Teil des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs, der ohne den Zusatzstoff zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt wäre, nur unvollständig zu Kohlenmonoxid verbrannt und zu Wasserstoff umgesetzt. Durch den Zusatzstoff wird also ein Sauerstoffmangel hervorgerufen, durch den z. B. ein Kohlenwasserstoff oder Kohlenwasserstoffrest nur zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff bei der Verbrennung umgesetzt wird und nicht vollständig zu Kohlendioxid und Wasser verbrennt.

**[0136]** Damit entsteht aus dem Verbrennungsgas des monergolen Treibstoffs ein Gasgemisch, bei dem einerseits die Temperatur durch die unvollständige Verbrennung des Treibstoffs, die durch den Zusatzstoff hervorgerufen wird, wesentlich herabgesetzt ist und das zum anderen einen hohen Anteil an Kohlenmonoxid (CO), Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Stickstoff (N<sub>2</sub>) enthält, also Gase, die in ihren Eigenschaften einem idealen Gas nahekommen und damit über sehr weite Temperatur- und Druckbereiche nicht kondensieren, während der Anteil an Wasser (H<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), welche sich in ihren Eigenschaften von idealen Gasen wesentlich unterscheiden und damit unter hohem Druck bei deutlich niedrigeren Temperaturen kondensieren, gering ist.

**[0137]** Als monergoler Treibstoff wird hierbei vorzugsweise ein Treibstoff verwendet, der wenigstens einen, bei Umgebungstemperatur flüssigen, wenigstens eine Nitrogruppe enthaltenden Kohlenwasserstoff enthält, beispielsweise Nitromethan oder Nitroethan. Der Gelbildner kann beispielsweise pyrogene Kieselsäure oder ein LMOG (low molecular mass organic gelator) sein oder durch Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet sein. Der geförmige Treibstoff kann ferner Metallpartikel, vorzugsweise Aluminium oder Magnesium, zur Energieerhöhung enthalten, ferner Partikel aus energetischen Materialien. Der Anteil des Zusatzstoffs kann beispielsweise 5–30 Gew.% des Treibstoffs für den Gasgenerator betragen.

**[0138]** Der Zusatzstoff kann ein bei Umgebungstemperatur, also Betriebstemperatur des Gasgenerators, d. h. z. B. bei 0 Grad bis 40 Grad Celsius flüssiger Stoff oder ein teilchenförmiger Feststoff sein.

**[0139]** Der Zusatzstoff kann eine organische Verbindung, also eine kohlenstoffhaltige flüssige oder feste Verbindung sein. Während ein flüssiger Zusatzstoff hinsichtlich des Herstellungsprozesses einfacher ist, kann mittels eines festen teilchenförmigen Zusatzstoffs die Dichte des Treibstoffs erhöht werden, was kleinere Tankvolumina bei gleicher Gasausbeute ermöglicht.

**[0140]** Der Zusatzstoff kann ein Kohlenwasserstoff oder eine Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und/oder Stickstoff enthaltende organische Verbindung sein. Der Kohlenwasserstoff kann beispielsweise 5 bis 12 Kohlenstoffatome pro Molekül enthalten. Der Kohlenwasserstoff kann ein gesättigter oder ungesättigter, ein geradkettiger oder verzweigter, ein zyklischer oder polyzyklischer Kohlenwasserstoff sein, also beispielsweise Heptan, Octan, Isooctan oder Cyclohexan.

**[0141]** Die Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthaltende organische Verbindung kann eine Alkohol-, Ether-, Ester-, Keton-, Aldehyd- oder eine Carboxyl-Gruppe aufweisende Verbindung oder eine heterozyklische Verbindung sein.

**[0142]** Die Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff enthaltende Verbindung kann einer heterozyklische Verbindung oder einer wenigstens einen Nitro-Gruppe oder wenigstens eine Amino-Gruppe enthaltende Verbindung sein. Die Amino-Gruppe enthaltende Verbindung kann Harnstoff sein.

**[0143]** Anstelle oder zusätzlich zu dem Zusatzstoff, durch den der monergole Treibstoff bei der Verbrennung zumindest teilweise nur zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt wird, kann der Zusatzstoff ein Stoff sein, der bei der Verbrennung des monergolen Treibstoffs zu Stickstoff zerfällt, also insbesondere ein Azid, beispielsweise Natrium-Azid.

**[0144]** Der Zusatzstoff wird vorzugsweise dem gelörmigen Treibstoff beigefügt und mit ihm vermischt. Zur Verbesserung der Verbrennungsreaktion kann der Zusatzstoff aber auch insgesamt oder teilweise in einer Nachverbrennungszone oder -kammer mit dem zunächst heißen Verbrennungsgas in Kontakt gebracht werden, welches durch Verbrennung des in einem gesonderten Behälter aufbewahrten gelörmigen Treibstoffs gebildet wird. Das heiße Verbrennungsgas reagiert dann derart in der Nachverbrennungszone oder -kammer, der der Zusatzstoff zugeführt wird, dass wiederum Gas mit erniedrigerter Temperatur entsteht.

**[0145]** D. h. das bei der Verbrennung des monergolen Treibstoff gebildete Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O) im Verbrennungsgas werden in der Nachverbrennungszone oder -kammer zumindest teilweise endotherm zu Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) umgesetzt, also reduziert.

**[0146]** Dabei sind mehrere Verfahren möglich, nämlich: Ein-, Zwei- oder Mehrfachtreibstoffsysteme, die vollständige oder teilweise Einmischung des Zusatzstoffs in den Treibstoff, die Treibstoffe oder Oxidatoren, die in der ersten Verbrennungszone verbrennen, oder die vollständige oder teilweise Zugabe des Zusatzstoffs in reiner oder gemischter Form in einen Bereich nach der ersten Verbrennungszone, wo eine Nachreaktion stattfindet.

**[0147]** Die Förderung des Treibstoffs kann mittels eines Gasgenerators oder eines Tankbedrückungssystems erfolgen, beispielsweise durch Bedrückung mit Gas oder mit einem mechanisch angetriebenen Kolben in dem Vorratsbehälter des Treibstoffs erfolgen. Gasgenerator bzw. Tankbedrückungssystem sind dabei nicht notwendigerweise als voneinander funktional unabhängige Bauteile zu verstehen, sondern können miteinander funktional zusammenwirken.

**[0148]** Die Begriffe Gasgenerator und Tankbedrückung betreffen mithin das Fördersystem mit Blick auf die Beförderung des Treibstoffs innerhalb der erfindungsgemäßen Einrichtung und werden mithin insoweit als Synonyme verstanden.

**[0149]** Die Verbrennung des Treibstoffs kann mittels Injektoren in einer Brennkammer erfolgen.

**[0150]** Der gelörmige Treibstoff kann außer dem Zusatzstoff noch weitere flüssige und feste Zusätze enthalten. Der Vorteil fester Zusätze, einschließlich des Zusatzstoffs, der bei der Verbrennung des monergolen Treibstoffs entstehendes Kohlendioxid und Wasser endotherm zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umsetzt, besteht darin, dass er nicht mit dem monergolen Treibstoff oder gelörmigen Treibstoff mischbar sein muss.

**[0151]** Durch die deutliche Sauerstoffunterbilanzierung des Treibstoffs dieser Komposition wirken die Verbrennungsgase nicht oxidierend auf die Strukturen der Arbeitsmaschinen, Tanks und Rohrleitungen, was deren Lebensdauer und Belastbarkeit verbessert.

**[0152]** Mit dem erfindungsgemäßen Treibstoff wird durch die Verringerung der Verbrennungstemperatur eine wesentlich verbesserte Standfestigkeit der vom Verbrennungsgas beaufschlagten Arbeitsmaschinen, Behälter und Rohrleitungen erreicht. Zudem wird die Ausbeute an über weite Temperatur- und Druckbereiche sich als ideale Gase verhaltenden Reaktionsprodukten verbessert. Die Treibstoffdichte kann durch Zugabe eines teilchenförmigen Zusatzstoffes erhöht werden. Es besteht die Möglichkeit, auch mit dem monergolen Treibstoff nicht mischbare Stoffe zu verwenden, falls diese in fester Teilchenform eingebracht werden. Der Treibstoff kann zur Schuberzeugung bei Querstrahl-Steuereinrichtungen von Luft- und Raumfahrtsgeräten eingesetzt werden.

**[0153]** In einem Ausführungsbeispiel dieser vorbeschriebenen weiteren Komposition wurde ein Treibstoff aus Nitromethan mit Kohlenstoff-Nanoröhren als Gelbildner und 10 Gewichtsprozent Heptan hergestellt. Entsprechend der Berechnung mit dem ECT-Thermodynamik-Code des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT erniedrigt sich bei einem konstanten Druck von 100 bar die Abbrand-Temperatur von 2197 auf 1450 K, wobei die Anteile an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O) um ca. 50% bei ca. 50% Erhöhung des Anteils von Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) bei konstantem Stickstoff-Anteil reduziert werden.

**[0154]** Die drei vorstehenden Gel-Treibstoff-Kompositionen können auch miteinander kombiniert werden.

**[0155]** Das erfindungsgemäße Bahn- und/oder La gesteuerungssystem weist als weitere Baugruppe einen regelbaren Raketenmotor oder Gasgenerator auf.

**[0156]** Dieser weist vorzugsweise ein Treibstoffdurchflussregelventil, einen Injektorkopf mit bevorzugt variablen Injektoren, eine Brennkammer sowie eine bis mehrere Ausströmdüsen mit bevorzugt variablem Düsenhalsquerschnitt auf.

**[0157]** Diese Elemente können alle gemeinsam oder, je nach Anwendungserfordernissen, einzeln Bestandteil des regelbaren Motors sein.

**[0158]** Sie werden nachfolgend beschrieben: Das Treibstoffdurchflussregelventil ist vor dem Start des Motors geschlossen und wird geöffnet, sobald

der Gel-Treibstoff in die Brennkammer gefördert werden soll.

**[0159]** Die konstruktive Ausgestaltung des Treibstoffdurchflussregelventils ist an sich im Belieben des Fachmanns und richtet sich nach folgenden Eigenschaften, Funktionen und Umschreibungen des Typus dieser Vorrichtung:

Das Treibstoffdurchflussregelventil ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass höchste dynamische Anforderungen an die Durchflussregelung erfüllt werden. In einer möglichen Ausführungsform weist es ein hochdynamisches, direktbetätigtes Ein- oder Mehrwege-Proportionalventil und eine Regeleinheit auf, die die gesamte Regelelektronik und Sensorik beinhaltet. Das Treibstoffdurchflussregelventil regelt exakt den Durchfluss und reagiert auf Störgrößen von aussen innerhalb kürzester Zeit. Die hohe Genauigkeit wird beispielsweise durch die interne Erfassung des Durchflusses mit Hilfe von Sensoren erreicht. Der tatsächliche Volumendurchfluss kann vorzugsweise direkt geregelt und schnell an die veränderten Bedingungen angepasst werden.

**[0160]** Durch den Einsatz einer vorzugsweise vollständig digitalen Regelelektronik und einer Schnittstelle kann das Treibstoffdurchflussregelventil an die unterschiedlichsten Applikationen angepasst werden. Über eine Software kann die komfortable Inbetriebnahme erfolgen. Eine Diagnose des Treibstoffdurchflussregelventils ist ebenfalls vorzugsweise möglich, etwa über eingebaute LEDs oder über Software.

**[0161]** Der Zustand „geschlossen“ kann durch das Treibstoffdurchflussregelventil selbst bewerkstelligt werden. Er kann aber auch durch ein Zusatzventil, z. B. ein Pyroventil mit Berstmembran, oder ein anderes Ventil sichergestellt werden. Bei Verwendung solch eines Zusatzventils sind die Anforderungen an die Dichtigkeit des Durchflussregelventils geringer. Zu beachten ist jedoch, dass während der Lagerdauer und bis zum Ingangsetzen des Startvorgangs der Treibstofftank drucklos ist und der Geltreibstoff nicht flüssig.

**[0162]** Das Durchflussregelventil ist weiter vorzugsweise so ausgestaltet, dass es eine lineare Charakteristik und ein präzises Regelungsverhalten über den gesamten Massenstrombereich hat.

**[0163]** Die bevorzugte Ventilbauweise hat eine lineare Steuercharakteristik.

**[0164]** Weitere in Frage kommende Bauarten sind Nadelventile, Quetschventile, Kolbenschieber und Doppelsitzventile.

**[0165]** Aber auch ein einfacher Kugelhahn konnte für einfachere Anwendungen mit Erfolg verwendet werden.

**[0166]** Die Durchflussregelung kann auch mittels zweier oder mehrerer parallelgeschalteter Ventile, die lediglich schließen und öffnen, geschehen. Hier kommen auch Absperrschieber oder Absperrklappen in Frage.

**[0167]** Die Ansteuerung kann sowohl elektrisch als auch hydraulisch wie auch pneumatisch oder gemischt oder als Servosteuerung oder auf andere geeignete Weise erfolgen, je nach dem was aus Systemsicht am vorteilhaftesten ist.

**[0168]** Vorteilhaft wird Gas aus dem vorzugsweise vorhandenen Tankbedrückungssystem verwendet.

**[0169]** Bei einem Zweistoffsystem gilt oben erläuterte gleichermaßen für das Oxidatorventil.

**[0170]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem mit seinem Raketentmotor oder Gasgenerator weist ferner vorzugsweise einen Injektorkopf auf.

**[0171]** Die konstruktive Ausgestaltung des Injektorkopfs ist an sich im Belieben des Fachmanns und richtet sich nach folgenden Eigenschaften, Funktionen und Umschreibungen des Typus dieser Vorrichtung. Der Injektorkopf beinhaltet bevorzugt eines oder mehrere Injektorelemente. Bisherige Versuche ergaben, dass der Schub gut mit der Anzahl der Injektorelemente und damit dem Treibstoffmassenstrom korreliert. Bei Nennbedingungen wird ein Injektorelement in der bevorzugten Auslegung von ca. 130 g Gel-Treibstoff durchflossen, was, abhängig vom Gel-Treibstoff, einen Schub von etwa 300 oder mehr N erzeugt.

**[0172]** Der Natur des Gel-Treibstoffs entsprechend sind Prallinjektoren die bevorzugte Lösung.

**[0173]** Gelförmige Treibstoffe verhalten sich im Ruhzustand wie feste Stoffe. Unter Scherspannungseinfluss werden sie mit steigender Scherspannung mehr und mehr fließfähig im Sinne eines scher-verdünnenden, Nicht-Newtonischen Fluids. Ihr Versprühungsverhalten ist in weiten Bereichen ähnlich dem von flüssigen Treibstoffen. Der Brennkammerprozess hat Ähnlichkeiten mit dem Prozess mit flüssigen Treibstoffen. Die Versprühung kann mittels eines Prallinjektors erfolgen.

**[0174]** Weitere Eigenschaften, Funktionen und Komponenten des Injektorkopfes sind vorzugsweise das Vorhandensein fester Injektorelemente, die den mindestens benötigten Treibstoffmassenstrom für die Basislast einspritzen.

**[0175]** Weiter bevorzugt sind Injektorelemente, die verschließ- und offenbar sind. Bei geringem Gesamt-treibstoffmassenstrom werden diese sämtlich bis auf eines oder einige von ihnen geschlossen, damit trotz geringerem Gesamt-treibstoffmassenstrom die Einspritzbedingungen der aktiven Injektoren weiterhin eine gute Versprühung und Zerstäubung ermöglichen

**[0176]** Es ist möglich, auch die Regelung der Einspritzkanäle der Injektorelemente so zu gestalten, dass der Treibstoffmassenstrom stufenlos geregelt wird. Die bevorzugte Variante ist jedoch die Auf-/Zu-Regelung gerichtet, weil die Versprühung im teiloffenen Zustand nicht optimal ist – dies soll durch die verschließbaren Injektorelemente für die aktiven Injektorelemente sichergestellt werden- und eine Durchflussregelung mittels des Treibstoffdurchflussregelventils geschehen kann und weil die hieraus folgende Vordruckvariation schon zusätzlich gegeben ist.

**[0177]** Verschiedene Bauarten von variablen Injektorelementen sind möglich.

**[0178]** Ebenso können verschiedene Varianten und Kombinationen von Absperrvorrichtungen, Schiebern, Drehschiebern, Kolbenschiebern, Membran-, Quetsch-, Nadel-, Doppelsitz-, Kugelhahn- oder Kolbenventilen verwendet werden.

**[0179]** Der grundlegende Effekt ist die Verringerung des Strömungsquerschnitts oder bevorzugt der Verschluss eines Kanals gemäß obengenannter Überlegungen.

**[0180]** Zur Beeinflussung und/oder zum Verschluss des Gel-Treibstoff-Strömungskanals können lateral- oder drehbewegliche Schieber, Kolbenschieber, axial verschiebbliche Dorne oder Einschnürungen, durch Formänderungen im Querschnitt veränderliche Kanäle oder andere Methoden – siehe o. g. Ventilbauarten – verwendet werden.

**[0181]** Bevorzugt werden Injektorelemente eingesetzt, bei welchen die Einzelkanäle der Injektoren komplett verschlossen und geöffnet werden.

**[0182]** Die Ansteuerung kann sowohl elektrisch als auch hydraulisch wie auch pneumatisch oder mechanisch oder gemischt oder als Servosteuerung oder auf andere geeignete Weise erfolgen, je nach dem was aus Systemsicht am vorteilhaftesten ist. Vorteilhaft wird Gas aus dem ohnehin vorhandenen Tankbedrückungssystem verwendet.

**[0183]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem verfügt weiter über eine Brennkammer. Die Brennkammer kann bezüglich Form und Material in verschiedenen Bauweisen ausgeführt werden:

Die Brennkammer kann aus einem wärmebeständigen Material ohne innere Thermalisolation ausgeführt werden oder aus gängigem Metallwerkstoff, bevorzugt Stahl, mit Thermalisolierung. Dies kann z. B. Keramik mit oder ohne Füllstoffe sein oder Polymer mit oder ohne Füllstoffe, bevorzugt ein Polymer der Kategorie „Silica-Phenol“, das eingeklebt oder in die Metallstruktur eingepreßt wird.

**[0184]** Die Brennkammer in der Ausgestaltung als Metallbrennkammer weist bevorzugt Legierungen mit hohem Schmelzpunkt auf.

**[0185]** Bevorzugte Werkstoffe sind Stahl- und Ti-Legierungen. Hochschmelzende Metalllegierungen wie z. B. Molybdänlegierungen (TZM) oder andere sind thermisch sehr geeignet, bauen jedoch sehr schwer, insbesondere bei hohem Betriebsdruck.

**[0186]** Bei Strukturmaterialien, die nicht der Verbrennungstemperatur standhalten, kann ein Thermalschutz verwendet werden, der bevorzugt aus Keramik, z. B. Oxidkeramiken, Nitriden, Karbiden oder faserverstärkten Keramikwerkstoffen ausgeführt wird.

**[0187]** Abhängig von der Anwendung, falls die Ausstoßung von Partikeln, insbesondere Rußpartikeln erlaubt sein sollte, können auch ablatierende Stoffe verwendet werden, z. B. gefüllte oder ungefüllte Thermoplaste, KFK, Silica-Phenol, CFK, S-5000® und Mischformen dieser Materialien, Dow-Corning 93-104® oder ähnliche Materialien.

**[0188]** Die beschriebene Metallbrennkammer kann weiterhin mit Faserverbund-Werkstoff, bevorzugt kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff, falls besonders hohe Anfangsbelastungen, insbesondere hoher Brennkammerdruck herrschen, versehen sein.

**[0189]** Die Brennkammer ist auch in der Ausgestaltung als Keramikbrennkammer ohne inneren Hitze-schild, bevorzugt aus Faserverbundkeramik-Werkstoff, auch mit innerer Schicht aus anderem Material, z. B. Oxidkeramiken, Nitriden, Karbiden oder faserverstärkten Keramikwerkstoffen oder ablatierenden Werkstoffen wie oben beschrieben, möglich.

**[0190]** Die beschriebene Keramikbrennkammer kann weiterhin armiert sein mit kohlenstofffaserverstärktem Werkstoff, falls besonders hohe Anfangsbelastungen, insbesondere hoher Brennkammerdruck, anliegen.

**[0191]** Falls nicht eine variable Düse verwendet werden soll, sondern eine Düse mit festem Düsenhals für die jeweiligen Bedingungen ausreicht, kann die Brennkammerstruktur auch zugleich die Düse beinhalten.

**[0192]** Falls ein spezifisch widerstandsfähiges Düsenhalsmaterial benötigt wird, sind Graphit, Keramik verschiedene Art, insbesondere Faserverbundkeramik, oder hochschmelzende Metalllegierungen eine gute Wahl. Beispielhaft kommt Titan-Zirkon-Molybdän, TZM, in Betracht, das über einen hohen Schmelzpunkt, hohe Warmfestigkeit, geringere thermische Ausdehnung, gute Wärmeleitfähigkeit, gute chemische Beständigkeit verfügt.

**[0193]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem verfügt weiter über eine bis mehrere Ausströmdüsen

**[0194]** Durch eine regelbare und / oder verstellbare Düse, bevorzugt durch mehrere regelbare und / oder verstellbare Düsen, kann ein Schubvektor in jede beliebige Richtung erzeugt werden. Durch Veränderung des Massendurchsatzes wird die Kraft vom Schubvektor den Erfordernissen angepasst. Die Strömungsquerschnitte jeder Schubdüse können so geregelt werden, dass die Schubdüsen immer mit hohem Wirkungsgrad arbeiten.

**[0195]** Die erfindungsgemäße Einrichtung nutzt vorzugsweise sechs Schubdüsen, um Roll-, Nick- und Querbewegungen durchzuführen. Die Schubdüsen können in beliebiger Kombination betrieben werden, um den Suchkopf auf das Ziel auszurichten und den Flugkörper ins Ziel zu lenken.

**[0196]** Die Düse bzw. Düsen ist / sind mit bevorzugt variablem Düsenhalsquerschnitt versehen.

**[0197]** Die variablen Düsen sind derart ausgeführt, dass der engste Querschnitt von maximal geöffnet bis minimal geöffnet oder gänzlich geschlossen variiert werden kann.

**[0198]** Bei Bahnsteuerungs- und Lagesteuerungssystemen wird der engste Querschnitt der variablen Düsen aktiv gesteuert.

**[0199]** Grundsätzlich können die variablen Düsen auch als passives, bevorzugt von der Druckdifferenz Brennkammer – Umgebungsdruck angetriebenes Element derart ausgelegt werden, dass der Brennkammerdruck annähernd konstant bleibt, was aber nur bei konstanter Schubvektorrichtung, also bei einer Einzeldüse je Brennkammer und damit bei einem Raketenmotor, sinnvoll wäre, obwohl auch in diesem Fall Mehrfachdüsen grundsätzlich möglich sind und gegebenenfalls bei sehr beengter Baulage vorteilhaft sein können.

**[0200]** Falls der minimale engste Querschnitt der Düsen nicht gleich Null ist, wird der geringstmögliche Treibstoffmassenstrom bei geringerem Druck als dem Nenndruck, also bei dem bis zu dem für den

jeweiligen Treibstoff minimalen Verbrennungsdruck, umgesetzt.

**[0201]** Mögliche Bauarten sind z. B.:

- Düsen mit axial verschieblichem Zentralkörper in Form eines Dorns Zwiebeldüse, Pintle Düse);
- Düsen mit axial verschieblichem Düsenhals über einem festen Zentraldorn, ebenfalls in der Wirkung einer Zwiebeldüse;
- ebene Düsen mit lateral verschieblichem Einsatz im Düsenhals oder mit festem Düsenhals und lateral verschieblichem Düsendifferent;
- Düsen mit drehverschieblichem Einsatz im Düsenhals oder mit festem Düsenhals und drehverschieblichem Düsendifferent;
- Düsen mit blendenartig variablem Düsenhals; Düsen mit Düsenhals in einer Bauweise, die durch Formänderung den engsten Querschnitt ändert;
- Düsen mit Einblasen von Gas in den Düsenhals oder dessen Nähe, um den engsten Querschnitt, um strömungsmechanisch eine Verengung des Düsenhalses zu erreichen;
- Düsen mit Einspritzung einer verdampfenden Flüssigkeit oder eines Gels oder einer Suspension in den Düsenhals oder dessen Nähe um den engsten Querschnitt, um strömungsmechanisch eine Verengung des Düsenhalses zu erreichen.

**[0202]** In Sonderfällen können auch Gasauslässe sinnvoll sein, die nicht als Schubdüsen ausgelegt sind; wenngleich dies nicht eine bevorzugte Auslegung ist.

**[0203]** Eine andere Ausgestaltung ist eine Drossel mit variablem Querschnitt, die zwischen Brennkammer und Düsen angeordnet ist. Vorteilhaft ist solch eine Anordnung, falls der Brennkammerdruck auf höherem Niveau gehalten werden soll als der für den Betrieb der Schubdüsen angestrebte Druck.

**[0204]** Falls Bahnsteuerungs- und Lagesteuerungsdüsen vom gleichen Gasgenerator mit Gas versorgt werden, umfasst eine mögliche Auslegung (größere) Bahnsteuerungsdüsen, die bevorzugt gänzlich verschlossen werden können, falls kein Schub für die Bahnsteuerung benötigt wird, und teilverschließbare Lagesteuerungsdüsen, deren minimaler Gesamtquerschnitt derart bemessen ist, dass er dem minimalen Geltreibstoffmassenstrom bei gewünschtem Verbrennungsdruck entspricht.

**[0205]** Bevorzugt können Aktuatoren zur aktiven Steuerung der mechanischen Düsen eingesetzt werden. Sie können elektrisch, hydraulisch, mechanisch oder pneumatisch oder gemischt oder als Servosteuerung oder auf andere geeignete Weise erfolgen, je nach dem was aus Systemsicht am vorteilhaftesten ist.

**[0206]** Vorteilhaft wird Gas aus dem bevorzugt vorhandenen Tankbedrückungssystem verwendet. Wird Tankbedrückungsgas auch zum Antrieb einer Hydraulik für die Aktuatoren genutzt, mag dies zu einer gewissen Erhöhung der Komplexität führen: dafür arbeitet die Hydraulik mit einem annähernd inkompatiblen Medium und damit schneller und agiler.

**[0207]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem weist also einen Raketenmotor oder Gasgenerator auf, der vorzugsweise mittels eines Regelungssystems, aufweisend Hardware und Software, regel- und steuerbar ist.

**[0208]** Steuerungsalgorithmen dienen der bevorzugt gemeinsamen Steuerung und Regelung von Treibstoffmassenstrom, Brennkammerdruck und Düsenauslassquerschnitt, abhängig von der Schubanforderung.

**[0209]** Sie gewährleisten einen möglichst konstanten Druck bei variablem Treibstoff-Durchfluss.

**[0210]** Ferner bewerkstelligen sie die Anpassung des Betriebs-Drucks an den Umgebungsdruck in geeignetem Verhältnis, insbesondere bei veränderlichem Umgebungsdruck.

**[0211]** Sie sind ferner verantwortlich für die dynamischen Aspekte des erfindungsgemäßen Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystems.

**[0212]** Wird die erfindungsgemäße Einrichtung in Verbindung mit einem zusätzlichen Querschubssystem, z. B. für eine schnelle Umlenkung unmittelbar nach einem ungerichteten Start, z. B. einem Senkrechststart, kann das Düsensystem in dieser bevorzugten Ausführungsform Querschubdüsen aufweisen. Diese Ausführungsform wird nachfolgend beschrieben:

Auf Grundlage der Manövriekommandos liefern die Querschub-Düsen die erforderliche Kraft für eine akkurate Positionierung des Flugkörpers zur Kollision mit dem gegnerischen Flugobjekt.

**[0213]** In Verbindung mit dem Düsensystem wird vorzugsweise eine Aktuatorik eingesetzt, die eine sehr schnelle und gleichmäßige Regelung der Schubrichtung ermöglicht.

**[0214]** Je nach Anforderung an die Stellzeit können elektromechanische, hydraulische, pneumatische oder servopneumatische Aktuatoren eingesetzt werden.

**[0215]** Ebenso ist eine Heißgas-Pneumatik vorteilhaft, welches aus dem Querschub(ACS)-Plenum druckversorgt wird.

**[0216]** Die Arbeitsweise der Aktuatoren hängt dabei von dem für die Querschubeinheit (ACS) eingesetzten Gasgenerator ab. Die Aktuatoren sind direkt verbunden mit den Heißgas-Düsen, die vorzugsweise in Pintle-Ausführungsform ausgestaltet sind, welche die Schubrichtung des ACS regeln. Sie sind funktionsmäßig gleichermaßen mit den ebenfalls einsetzbaren Heißgas-Ventilen verbunden.

**[0217]** Mit Hilfe der Aktuatorik ist eine kontinuierliche Regelbarkeit der resultierenden Schubkräfte gewährleistet.

**[0218]** Die Schubrichtung des Flugkörpers wird durch die Düsen und das durch diese ausströmende Gas beeinflusst. Somit wird die Flugkörperänderung vordergründig nicht durch den Aktuator beeinflusst, sondern lediglich implizit. Implizit deswegen weil der Aktuator dafür verantwortlich ist, dass aus der gewünschten „richtigen“ Düse unter den vielen Düsen das Gas ausströmt um somit die Schubrichtung in gewünschter Form zu beeinflussen.

**[0219]** Wenn der Gasgenerator, z.B. ein Festtreibstoff-Gasgenerator, einen konstanten Massenstrom bewirkt, kann die Schubrichtung der Querschubeinheit durch die Aktuatoren reguliert werden, welche gegensätzliche Pintle-Düsen steuern.

**[0220]** Falls ein variabler Massenstrom-Gasgenerator, z.B. ein Geltreibstoff-Gasgenerator, eingesetzt wird, erfolgt die Lage- und Bahnregelung durch individuelle Ansteuerung der einzelnen Düsen, wobei je nach Betriebszeit darüber hinaus zusätzlicher Treibstoff gespart wird. Dieser Effekt wird erzielt, da lediglich die Querschubeinheit(ACS)-Düsen geöffnet werden, welche notwendig sind, um den erforderlichen Schub zur Verfügung zu stellen. Alle anderen Düsen bleiben geschlossen, um somit dem Verlust an Gas, welches ohne Nutzung ausströmen würde, vorzubeugen. Zusätzlich können dadurch auch die Schubrichtung sowie das Druckniveau im Plenum geregelt werden, um lange Betriebszeiten realisieren zu können.

**[0221]** Mithin wird die Querschubeinheit von einem diskret oder kontinuierlich betriebenen, regelbaren Gasgenerator versorgt, der das (nachfolgend noch dargestellte) Plenum und die Düsen mit produziertem Gas versorgt, welches die notwendige Schubrichtung bewerkstellt.

**[0222]** Die Konstruktion weist neben den erläuterten Düsen und Aktuatoren weiterhin ein sogenanntes Plenum auf. In dem Plenum wird der Gesamtmassenstrom aus einem oder mehreren Gasgenerator(en) gesammelt und von dort auf alle Düsen verteilt. Diese einzelnen Heißgas-Pintles oder Heißgas-Ventile regeln dann die ihnen zugeleiteten entsprechenden Massenströme.

**[0223]** Die Schnittstelle zwischen dem Flugkörper und Querschubeinheit (ACS) stellt somit das Plenum dar.

**[0224]** Das Plenum ist ein von seinem Eingang und Ausgang abgesehen geschlossener Körper, der unterschiedliche Geometrien aufweisen kann. Das Plenum kann etwa zylinderförmig oder kochtopfförmig sein. Das Material ist unter Berücksichtigung des Einsatzzweckes beliebig auswählbar.

**[0225]** Das Plenum und seine Konstruktion sind unabhängig von dem jeweils einzusetzenden oder eingesetzten Gaserzeugungssystems des Flugkörpers. Das Plenum kann mithin auf beliebige Arten von Gasgeneratoren eingesetzt werden. Hierzu bedarf es lediglich des Einsatzes von entsprechenden Anschlüssen oder Adapters.

**[0226]** Durch die erfinderische Ausgestaltung von Düsen, Aktuatoren und Plenum wird eine Trennung von Querschubeinheit (ACS) bzw. Kill Vehicle mit Querschubdüsen (DACS) einerseits und Gasgenerator andererseits ermöglicht. Dies bedeutet, dass eine solche Konstruktion den modularen Einsatz in verschiedenen Flugkörperkonzepten ermöglicht sowie eine Erweiterung des ACS-System in ein DACS-System in einem Kill Vehicle.

**[0227]** Die Bauteile des ACS/DACS-Systems können als individuelle Konzepte zu ihrer Integration in derartigen Flugkörpern zusammen mit spezifischen Systemen verwendet werden, bei gleichzeitig freier Wahl des Gasgenerators.

**[0228]** Regelalgorithmen bewirken die Steuerung der Aktuatoren und der Pintle-Düsen oder der Heißgas-Ventile. Bei Verwendung von regelbaren Gasgeneratoren im Flugkörper ist eine zusätzliche Regelung des Gasgenerator-Massenstroms zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs bei langen Betriebszeiten und in Phasen geringer ACS-Schubanforderungen vorteilhaft möglich.

**[0229]** Vorteilhafterweise stellt das Schubsystem des ACS auch eine Pitch und Yaw-Kontrolle für das Abfangen zur Verfügung. Das vorbeschriebene Bahn- und Lagesteuerungssystem bringt den Flugkörper bei Bedarf in einer vorgegebenen Zeitdauer in eine kommandierte Position und hält ihn in dieser innerhalb definierter Genauigkeit des Gesamtsystems.

**[0230]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem weist also einen Raketenmotor oder Gasgenerator auf, der weiter über das nachfolgend beschriebene Tanksystem verfügt.

**[0231]** Eine erfindungsgemäße Ausführungsform wenigstens einen Tank auf. Dieser kann mit einem

Zylinder und mit einem innenliegenden Kolbensystem ausgestaltet sein. Der Kolben wird durch das Gas bedrückt und fördert das Gel in die Brennkammer durch ein Regelventil oder Regelventilsystem.

**[0232]** Der Gelmassenstrom in die Brennkammer wird durch ein Regelventil eingestellt. Der Massenstrom ist allerdings auch von der Druckdifferenz zwischen Geltank und Brennkammer abhängig.

**[0233]** Diese Tankform bietet sich für Raketentreibwerke wie ACS/DACS an. Für andere Flugkörpersysteme sind auch kugelförmige Tanks und eine Bedrückung mit Metallmembranen möglich.

**[0234]** Das Tanksystem besteht aus einem oder mehreren Gel-Treibstofftanks, die nach Erfordernissen des Systems räumlich unabhängig von der Brennkammer angeordnet werden können.

**[0235]** Weil Gel-Treibstoffe nicht mittels Pumpen angesaugt werden können, müssen sie bevorzugt mit Druck aus dem Tank und in die Brennkammer gefördert werden; ggfs. kann die Tankbedrückung auch die Zuförderung des Gel-Treibstoffs zu einer nachgeschalteten Pumpe leisten.

**[0236]** Der Treibstoff wird bevorzugt an den Auslaßöffnungen gegenüberliegenden Wand eingespritzt (Stirnseite), kann jedoch auch bodenseitig oder von der Seite oder aus anderer Richtung injiziert werden.

**[0237]** Eine reine Druckförderung ist kein schwerwiegender Nachteil gegenüber Systemen mit Flüssigkeitsantrieb, weil bei starken Beschleunigungen des Flugkörpers auch Flüssigkeiten mittels Druckbeaufschlagung zumindest an den Einlass einer Pumpe gefördert werden müssen. Und bei vergleichsweise kleinen Systemen wie Bahn- und Lagesteuerungssystemen werden auch flüssige Treibstoffe unter Weglassen von komplexen und aufwendigen Pumpen direkt durch Druck vom Tank in die Brennkammer gefördert. Das Verhältnis von Tankdruck/Brennkammerdruck ist bei Gel-Treibstoff-Motoren und Flüssig-Treibstoff-Motoren annähernd gleich, denn es wird nicht in erster Linie vom Strömungswiderstand des Injektors getrieben, sondern durch die Forderung, dass Druckschwankungen in der Brennkammer sich nicht stromauf entlang der Treibstoffleitungen fortpflanzen sollen, was die Brennkammerdruckschwankungen durch synchrone Schwankungen der Treibstoffzufuhr verstärken könnte.

**[0238]** Bevorzugte Tankbauarten sind:

- Tanks mit Kolbenförderung, bevorzugt bei Tanks mit großem Verhältnis von Länge/Durchmesser;
- Tanks mit Membranförderung, bevorzugt bei Tanks mit kleinem Verhältnis von Länge/Durchmesser. Hier sind mehrere Bauweisen möglich:

- eine oder mehrere Membranen sind entlang des Umfangs des Tanks befestigt und teilen und diesen in zwei Kammern für Treibstoff und Druckgas; die Ausförderung des Geltreibstoffs geschieht an einer Seite durch die Tankwand, bevorzugt durch eine im Domscheitel angeordnete Öffnung; eine Ausförderung an anderer Stelle oder gar durch die Membran hindurch, auch durch mehrere Öffnungen, ist grundsätzlich ebenfalls möglich, falls dies aus Systemseicht erforderlich werden sollte;
- eine oder mehrere Membranen können des Weiteren innerhalb des Tanks an einer bevorzugt zentralen, ggfs. aber auch modularen, Trägerstruktur befestigt sein und von aussen vom Druckgas beaufschlagt werden; die Ausförderung des Geltreibstoffs geschieht dann durch die zentrale Trägerstruktur;
- eine oder mehrere Membranen können weiterhin innerhalb des Tanks an einer bevorzugt zentralen, ggfs. aber auch modularen, Trägerstruktur befestigt sein und von innen vom Druckgas beaufschlagt werden; die Ausförderung des Geltreibstoffs geschieht in diesem Fall durch einen oder mehrere Auslässe in der Tankwand.

**[0239]** Die Auswahl der Tankbauweise wird mehr von Systemforderungen, z. B. Form des Tanks und zulässige Schwerpunktswanderung geprägt als von der Natur des Treibstoffes.

**[0240]** Insbesondere Gel-Monopropellants sind mit Metallwerkstoffen generell gut verträglich. Je nach Systemerfordernissen können die Gel-Treibstofftanks aus Metalllegierungen oder aus Faserverbundwerkstoff mit geeignetem Innenliner oder geeigneter Innenbeschichtung hergestellt werden.

**[0241]** Falls zur Tankbedrückung Gas aus Feststoff-Gas-Generatoren verwendet wird, kommt, falls erforderlich, eine innere Thermalschutzschicht hinzu oder der Innenliner übernimmt diese Funktion.

**[0242]** Die Förderkolben dienen der physischen Trennung von Bedrückungsgas und Geltreibstoff, wohingegen die Kraftübertragung vernachlässigbar ist; schließlich entspricht die Druckdifferenz zwischen Gas- und Geltreibstoffseite des Kolbens grob gerechnet der Reibkraft an den Dichtungen geteilt durch den Kolbenquerschnitt. Der Kolben kann also entsprechend leicht ausgeführt werden, falls er mit Druckgas angetrieben wird.

**[0243]** Neben einem Antrieb durch Druckgas können die Kolben auch mechanisch, z. B. durch eine Spindel oder eine andere mechanische Vorrichtung bewegt werden.

**[0244]** Mit Blick auf einzusetzende Kolben ist allgemein die Kolbenkontur bevorzugt gleich der Tankbo-

denkontur, um im Tank verbleibende Restmengen zu minimieren.

**[0245]** Eine gegebenenfalls erforderliche Dichtung zwischen Gasvolumen und Geltreibstoffvolumen kann mittels Labyrinth, Abstreifringen, Lippendiftungen, bevorzugt Lippendiftungen bei Bedrückung mit heißem Gas aus Festtreibstoff-Gasgenerator, und Abstreifringen bei Bedrückung mit „kaltem“ Druckgas, erreicht werden.

**[0246]** Die Kolbenbauweise in Bezug auf Materialauswahl und Formgebung ist bevorzugt derart, dass der Kolben die Durchmesservergrößerung des Geltreibstofftanks bei der Bedrückung mitmacht.

**[0247]** Bei Heißgasbedrückung ist es vorteilhaft, wenn der Kolben gasseitig mit einer Thermalisolationschicht, z. B. bei Erwärmung aufquellende Thermoschutzfarbe, gefüllte und ungefüllte Polymere, Polymerschäume, Mineralschäume oder -Wolle, bevorzugt gefüllte Polymere, versehen ist.

**[0248]** Als Antriebe kommen elektrische, hydraulische und pneumatische Antriebe oder Mischformen in Frage, wenngleich die direkte Beaufschlagung mit Druckgas die bevorzugte Lösung ist, weil jene Antriebe komplexer sind und schwerer bauen als der Antrieb mittels Druckgas.

**[0249]** Eine Membran kann ebenfalls zur physischen Trennung von Gas und Gel-Treibstoff verwendet werden. Auch die Membran hat eine verschwindend geringe Druckdifferenz zwischen Gas- und Gel-Treibstoffseite und kann entsprechend leicht ausgeführt werden, solange die Dichtheit gewährleistet ist. So weit in der vorliegenden Erfindung eine oder mehrere Membrane eingesetzt werden, sind Membrane aus Metall, Polymerwerkstoff oder Verbundmaterial aus beidem, ggf. verstärkt durch Fasergewebe, z.B. Textil, Kohlefaser, Aramidfaser, andere polymere oder mineralische Fasern, geeignet. Ggf. kann treibstoffseitig eine Beschichtung verwendet werden, falls das Polymermaterial nicht mit dem Treibstoff verträglich sein sollte; z. B. Bedämpfung mit Metall, Aufbringen von Metallfolie o. ä..

**[0250]** Das erfindungsgemäße Bahnsteuerungs- und/oder Lagesteuerungssystem weist einen Raketenmotor oder Gasgenerator auf, der vorzugsweise über ein nachfolgend erläutertes Tankbedrückungssystem verfügt.

**[0251]** Die konstruktive Ausgestaltung des Tankbedrückungssystems ist an sich im Belieben des Fachmanns und richtet sich nach folgenden Eigenschaften, Funktionen und Umschreibungen des Typus dieser Vorrichtung.

**[0252]** Für das Tankbedrückungssystem kommen folgende technische Lösungsmöglichkeiten in Frage: Erfindungsgemäß ist eine Bedrückung mit inertem Gas aus einem Druckgastank. In bevorzugter Auslegung lässt ein Druckminderer genau so viel Gas in den Gel-Treibstofftank strömen, dass der Tankdruck den Auslegungsdruck nicht übersteigt. Ein Ventil, z. B. ein Pyroventil, öffnet zum Betriebsbeginn die Gasleitung. Bis zu diesem Zeitpunkt ist der Gel-Treibstofftank drucklos. Auch eine Ausführung mit einem gesteuerten Ventil ist möglich. In einer weiteren Ausführung kann solch ein Ventil auch die Verschlussfunktion für den Druckgastank während der Lagerungszeit übernehmen.

**[0253]** Erfindungsgemäß ist ebenso eine Bedrückung mit Gas, das von einem Fest-Treibstoff-Gasgenerator erzeugt wird. Dieser Gas-Generator wird bei Betriebsbeginn gezündet. Bis zu diesem Zeitpunkt ist der Gel-Treibstofftank drucklos. Das Gasgenerator-Gas ist allerdings vergleichsweise heiß, auch wenn die Verbrennungstemperatur deutlich geringer ist als diejenige von Raketen-Fest-Treibstoffen. Der Tank benötigt also einen Hitzeschutz. Dafür ist ein Fest-Treibstoff-Gas-Generator wesentlich kompakter als ein Inertgastank.

**[0254]** Die Gastemperatur kann auch durch spezielle Temperatorminderungsmaßnahmen, z.B. Mischung des heißen Gases mit Stoffen, die unter Wärmeaufnahme Gas abgeben, oder durch Hybriddgasgeneratoren, also Kombination von Fest-Treibstoff-Gas-Generator mit Inertgastank, abgesenkt werden.

**[0255]** Die geeignete Konfiguration des Fest-Treibstoff-Gas-Generators durch Wahl einer geeigneten Treibsatzkonfiguration, auch mittels Segmenten verschiedener Brenngeschwindigkeit und verschiedener Abbrandoberflächen erlaubt, innerhalb gewisser Grenzen, auch verschiedene mögliche einsatzabhängige Gel-Treibstoff-Ausförderprofile mittels eines Fest-Treibstoff-Gas-Generators mit einem Treibsatz abzudecken. Dieses Verfahren wurde auch experimentell nachgewiesen.

**[0256]** Eine andere Lösung besteht in der Nutzung eines Satzes aus mehreren Fest-Treibstoff-Gas-Generatoren, die bedarfsabhängig abgebrannt werden, sobald der Gasdruck im Treibstofftank einen festgelegten Schwellwert unterschreitet. Dieser Schwellwert kann auch während des Einsatzes missionsabhängig festgelegt und angepasst werden. Weil der Gel-Treibstoff-Massenstrom durch die Durchflussventileinheit zwischen Tank und Injektor, und/oder durch die Öffnung oder durch Verschluss und Öffnung von variablen Injektorelementen geregelt wird, muss der Tankdruck nicht innerhalb eines engen Bereichs geregelt werden, sondern Schwankungen sind zulässig. Wesentliches Kriterium ist, dass der Tank-

druck stets um einen gegebenen Faktor höher sein muss als der Brennkammerdruck.

**[0257]** Welche Tankbedrückungsvariante am geeignetsten ist hängt von Systemparametern wie verfügbarem Volumen, Funktionsdauer und erlaubter Masse ab.

**[0258]** Die o. g. Eigenschaften des Gel-Treibstoff-Antriebssystems und seiner gas-generator-bezogenen Komponenten erlauben eine weitgehende Anpassung der Auslegung an die Erfordernisse des Gesamtsystems, also soweit dieses für Satelliten, Raumschiffe, Flugkörper und Fluggeräte und die hierfür notwendigen Komponenten der Brennkammer, der Düsensysteme, des Tanks und des Bedrückungssystems im allgemeinen, insbesondere aber bei den ACS / DACS-Systemen, nach Systemerfordernissen ausgestaltet werden soll.

**[0259]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend beschrieben. Dabei zeigen

**[0260]** **Fig. 1** die Prinzipskizze für eine Bahnsteuerung eines endo-atmosphärischen Flugkörpers

**[0261]** **Fig. 2** eine Detaildarstellung der erfindungsgemäßen Gas-Generator-Komponenten nach **Fig. 1**

**[0262]** **Fig. 3** die Prinzipskizze für eine Bahnsteuerung eines exo-atmosphärischen Kill-Vehicles

**[0263]** **Fig. 4** eine Prinzipskizze der erfindungsgemäßen Einrichtung mit Regelung des Gelmassenstroms und Brennkammerdrucks mit einer Bahnsteuerungsdüse

**[0264]** **Fig. 5** eine Prinzipskizze analog **Fig. 4** mit dem Unterschied, dass ein Plenum mit zwei Querschubdüsen gezeigt ist.

**[0265]** Diese Beispiele erläutern, wie eine Vorrichtung solche zur Bahnsteuerung- und/oder Lagesteuerung unter gegebenen Anforderungen sowie Rand- und Anfangsbedingungen ausgelegt werden kann:

**[0266]** **Fig. 4** und **Fig. 5** zeigen eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung mit den wesentlichen Komponenten des Antriebs mit allen Möglichkeiten zur Regelung des Gelmassenstroms und dadurch des Schubs. Die Komponenten bestehen aus einem Fördersystem **222** in der Ausgestaltung eines Gasgenerators **109**. Wie dargelegt, ist der Begriff Gasgenerator in diesem Zusammenhang pars pro toto zu verstehen für das Fördersystem **222**, das auch einen Bedrückungstank aufweisen kann.

**[0267]** Weiterhin ist die Komponente des Tanks, in der Ausgestaltung des Geltanks **121**, **209** zu sehen.

In der dargestellten Ausführungsform weist der Tank eine Zylinderform mit einem innenliegenden Kolbensystem 224 auf. Der Kolben 224 wird durch einen entsprechenden Kolben 223 in dem Fördersystem durch Gas bedrückt und fördert das Gel in die Brennkammer 111. Dies geschieht über ein Regelventil 226 oder ein entsprechendes Regelventilsystem. Das Regelventil dient der Regelung des Massenstroms.

**[0268]** Es können mehr als ein Tank vorgesehen sein. Zu erkennen ist im Anschluss an das Regelventil 226 der Injektorkopf 112, 202. Es ist durch die Pfeile und durch die Blasen in der Brennkammer 111 angedeutet, dass der Geltreibstoff in dieser Ausgestaltungsform in die Brennkammer 111 eingespritzt wird.

**[0269]** Im Anschluss an die Brennkammer ist die Bahnsteuerungsdüse bzw. Schubdüse 204 zu erkennen, **Fig. 4**. Demgegenüber zeigt **Fig. 5** die besondere Ausgestaltung eines Querschubdüsensystems, das das Plenum 221 mit beispielhaft lediglich zwei Querschubdüsen 103 darstellt.

**[0270]** **Fig. 1** zeigt die Prinzipskizze für eine Bahnsteuerung eines endo-atmosphärischen Flugkörpers 99. Bei der hier beschriebenen Anwendung dient die erfundungsgemäße Vorrichtung 100 der schnellen Erzeugung eines Anstellwinkels des Flugkörpers 99, der innerhalb der Atmosphäre fliegt. Die aerodynamische Stabilisierung und Steuerung 101, 102 ist grundsätzlich wirksam, aber nicht wirksam genug, um die für einen Direkttreffer benötigte Agilität zu erzeugen.

**[0271]** Falls unmittelbar nach dem Start eine schnelle Umlenkung des Flugkörpers in Kollisionspunkttrichtung notwendig sein sollte, kann die Bahnsteuerungsvorrichtung auch hierfür verwendet werden.

**[0272]** In **Fig. 2** wird eine Ausführung mit einmaliger Wiederanzündung dargestellt. Dies erlaubt, die Bahnsteuerungsvorrichtung zwischen den Phasen "Anfangsumlenkung" und „Zielanflug“ inaktiv zu lassen und den ansonsten notwendigen, wenn auch geringen Blindverbrauch an Treibstoff während dieser Phase einzusparen.

**[0273]** Wie **Fig. 1** zeigt, werden vier Querschubdüsen 103 in kartesischer Anordnung eingesetzt. Diese sind vor dem Schwerpunkt 104 angeordnet. Der Schub 106 der aktiven Düse erzeugt einen Anstellwinkel 105 gegenüber der Anströmung 107. Der Schub verstärkt außerdem die aerodynamische Querkraft 108.

**[0274]** Die vier Düsen 103 werden von einem zentralen Gel-Gas-Generator 109 mit Gas 110 versorgt. Der Gas-Generator 109 weist eine Brennkammer 111 mit Injektorkopf 112 und Gasleitrohren 113 auf.

**[0275]** Die Variation des Düsenhalsquerschnitts einer Düse 103 geschieht mittels der Verschiebung eines konischen Dorns 114, der in den Düsenhals 115 ein- und ausfährt (Aktuator des Dorns nicht dargestellt). Einer der beiden Anzünder 116 ist im Schnitt dargestellt während der andere auf der abgewandten Seite der Brennkammer hinter dem Trennschott 117 liegt. Dieses verdämmt die Anzünder 116 und schützt den Zweitanzünder vor Entzündung durch die im Gel-Gas-Generator erzeugten Gase während der ersten Operationsphase. Im Anzünder befindet sich eine Anzündladung 118. Hier ist eine Schüttung aus Pulverkörnern dargestellt; aber auch Treibsätze in anderer Konfiguration und Bauweise (monolithisch, Tabletten, Stäbe, etc.) sind möglich. Die Treibladung des Anzünders 118 wird durch eine Zündpille 119 gezündet, welche über die elektrische Leitung 120 initiiert wird. Sobald der Anzündtreibsatz brennt, zerstört der Gasdruck die Membran und das von Anzünder 116 erzeugte Gas strömt in die Brennkammer 111.

**[0276]** Der Startvorgang beginnt mit der Bedrückung des Gel-Treibstofftanks 121. Sobald der Druckgeber 122 registriert, dass ein gegebener Schwellwert überschritten wird, kann die Anzündung frei gegeben (geschärft) werden (hier im Bild nicht dargestellt). Die Funktion des Gasgenerators wird durch die Zündung des ersten Anzünders 116 in Gang gesetzt.

**[0277]** Wie oben beschrieben, strömt das vom Treibsatz 118 erzeugte Gas in die Brennkammer 111. Sobald der Druckgeber 123 registriert, dass ein bestimmter Schwellwert überschritten ist, wird die Gel-Treibstoffzufuhr in Gang gesetzt. Das Ventil 124 öffnet und der Geltreibstoff 125 fließt aus dem Tank 121 durch die Geltreibstoffleitungen 126 und 127 in den Injektorkopf 112 und wird in die Brennkammer eingespritzt. Die konischen Dorne 114 werden während des Startvorganges in eine Stellung gebracht, die einerseits eine hinreichende Verdämmung gewährleistet und andererseits keine Druckspitzen während des Startvorgangs verursacht.

**[0278]** Das in der Brennkammer 111 entstehende Gas strömt durch die Düsen 103 ins Freie und erzeugt eine Rückstoßkraft. Die Resultierende aller vier Rückstoßkräfte ist dann die gewünschte Querkraft.

**[0279]** Die Regelung des Geltreibstoffstroms kann mittels der Ventils 124 geschehen, solange die Strömungsverhältnisse im Injektor eine Verbrennung ermöglichen. Die voneinander unabhängige Steuerung der Dorne 114 ermöglicht die Anpassung der gemeinsamen Auslaßquerschnitte derart, dass der Brennkammerdruck in einem für die Verbrennungs- und Düsenströmungsqualität guten Bereich liegt. Falls der Geltreibstoff-Massenstrom so gering wird, dass die Injektoren nicht mehr korrekt funktionieren, müssen verschliessbare Injektorelemente verwendet werden. Falls der Geltreibstoff-Gasgenerator zwischen-

zeitlich abgeschaltet werden soll, werden vorteilhaft alle Injektorelemente als abschaltbare Injektorelemente ausgeführt.

**[0280]** **Fig.** 3 zeigt die Prinzipskizze für eine Bahnsteuerung eines exo-atmosphärischen Kill-Vehicles.

**[0281]** Bei dieser Anwendung erzeugen durch den Schwerpunkt orientierte stärkere Schubdüsen die Bahnänderung und peripherie kleinere Schubdüsen die Lageänderung oder -Stabilisierung. **Fig.** 3 zeigt zur Veranschaulichung die Anordnung einiger wesentlicher Komponenten für ein solches Kollisionsgerät.

**[0282]** Hier ist ein zentraler Gas-Generator **200** im Prinzip wie der zentrale Gas-Generator **109** in **Fig.** 2 aufgebaut.

**[0283]** Gleches gilt für den Injektorkopf **202** (**112**) mit der Steuerung für die variablen Injektoren **215** und das Ventilstellsystem **203** mit Bahnsteuerungsdüsen **204**.

**[0284]** Vom zentralen Gas-Generator **200** wird darüber hinaus durch die Leitung **205** Gas zum Stellsystem **206** für die Lagesteuerungsdüsen **207** und **208** geführt. Normal zur Zeichnungsebene orientiert sind jeweils zwei Düsen **208**, die eine Rollsteuerung oder -stabilisierung ermöglichen.

**[0285]** Die Treibstofftanks **209** und **210** sind symmetrisch zum Schwerpunkt angeordnet und derart orientiert, dass auch die Ausförderung des Geltreibstoffs symmetrisch erfolgt. Hier kommt der Vorteil von gel förmigem Treibstoff zum Tragen, dass er sich weit gehend wie ein Feststoff verhält und nicht schwappt, so dass die Schwerpunktllage heraus nicht beeinflusst wird, sondern stabil bleibt. Der Geltreibstoff wird durch die Leitungen **211** und **212** zur Durchflussteuervorrichtung **213** geführt. Von dieser wird der Geltreibstoff durch die Leitung **214** zum Injektorkopf **202** geführt.

**[0286]** Das Druckgas für die Treibstoffförderung wird im Gastank **216** mitgeführt. Es kann aus Symmetriegründen möglich sein, zwei symmetrisch zum Schwerpunkt angeordnete Gastanks zu verwenden, falls die benötigte Gasmasse groß ist oder ein schweres Gas wie Stickstoff oder Argon verwendet wird. Bevorzugt wird jedoch Helium verwendet, bei kurzer Lagerdauer ist auch Wasserstoff empfehlenswert. Das Bedrückungsgas fließt durch das Verschlussventil **219** und die Leitung **217** zum Druckminderer **218**. Die Gasleitung **220** führt das Bedrückungsgas dann zu den Geltreibstofftanks **209** und **210**.

**[0287]** Für all die in den **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 3 gezeigten Komponenten können die zuvor beschriebe-

nen Varianten verwendet werden, falls dies für den jeweiligen Anwendungsfall vorteilhaft ist.

**[0288]** Es können auch weitere der oben beschriebenen Komponenten zu den in **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 3 gezeigten Komponenten hinzugefügt werden. Beispielsweise können die Tanks **209** und **210** auch Treibstoff und Oxidator eines Zweistoffsystems enthalten. Das Verhältnis der Abstände der jeweiligen Tanks vom Schwerpunkt des Kill Vehicle muss dann umgekehrt entsprechend dem Massenverhältnis von Treibstoff und Oxidator gewählt werden.

**[0289]** Eine weitere Variante sieht getrennte Gas-Generatoren verschiedener Leistung für die Bahnsteuerungs- und Lagesteuerungstriebwerke vor. Dies erhöht die Komplexität der Vorrichtung, ist aber dann eine Lösung, wenn kein Gasleitrohr **205** verwendet werden kann. Nachteilig ist, dass bei einem nicht wiederanzündbaren Gas-Generator **200** der Leerlauf-Gasstrom ungenutzt symmetrisch abgeblasen werden muss, wohingegen er bei der in **Fig.** 3 gezeigten Variante zumindest teilweise für die Lageregelung Verwendung findet. Bei einem wiederzündbaren Gas-Generator **200** ist dieser Blindverbrauch nicht gegeben um den Preis einer größeren Komplexität der Vorrichtung.

**[0290]** Eine weitere Variante sieht vor, dass die Lageregelungsdüsen mit inertem Gas aus dem Druckgastank **217** der schon vorhandenen Druckgasversorgung für die Gel-Treibstoffförderung betrieben werden. Dies reduziert die Komplexität der Vorrichtung und ist dann sinnvoll, wenn der für die Lageregelung benötigte Gesamtimpuls relativ gering ist; vor allem dann, falls Druckgas mit geringer Molmasse und damit relativ gutem massespezifischem Impuls verwendet wird.

#### Bezugszeichenliste

<b>99</b>	Flugkörper
<b>100</b>	Anstellwinkel-Vorrichtung
<b>101</b>	Aerodynamische Steuerfläche
<b>102</b>	Aerodynamische Steuerfläche
<b>103</b>	Querschubdüse
<b>104</b>	Schwerpunkt
<b>105</b>	Anstellwinkel
<b>106</b>	Schub
<b>107</b>	Anströmung
<b>108</b>	Aerodynamische Querkraft
<b>109</b>	Gas-Generator
<b>110</b>	Gas
<b>111</b>	Brennkammer
<b>112</b>	Injektorkopf
<b>113</b>	Gasleitrohr
<b>114</b>	Konischer Dorn
<b>115</b>	Düsenhals
<b>116</b>	Anzünder
<b>117</b>	Trennschott

<b>118</b>	Anzündladung/Treibsatz
<b>119</b>	Zündpille
<b>120</b>	Elektrische Leitung
<b>121</b>	Gel-Treibstofftank
<b>122</b>	Druckgeber
<b>123</b>	Druckgeber
<b>124</b>	Ventil
<b>125</b>	Gel-Treibstoff
<b>126</b>	Gel-Treibstoffleitung
<b>127</b>	Gel-Treibstoffleitung
<b>200</b>	Gas-Generator
<b>202</b>	Injectorkopf
<b>203</b>	Ventilstellsystem
<b>204</b>	Bahnsteuerungsdüse
<b>205</b>	Leitung
<b>206</b>	Stellsystem
<b>207</b>	Lagesteuerungsdüse
<b>208</b>	Lagesteuerungsdüse
<b>209</b>	Treibstofftank
<b>210</b>	Treibstofftank
<b>211</b>	Leitung
<b>212</b>	Leitung
<b>213</b>	Durchflusssteuervorrichtung
<b>214</b>	Leitung
<b>215</b>	Injecteur
<b>216</b>	Gastank
<b>217</b>	Leitung
<b>218</b>	Druckminderer
<b>219</b>	Verschlussventil
<b>220</b>	Gasleitung
<b>221</b>	Plenum
<b>222</b>	Fördersystem
<b>223</b>	Kolben
<b>224</b>	Kolben
<b>225</b>	Leitung
<b>226</b>	Ventil

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 5098041 A [0007]
- US 8242422 B2 [0007]
- US 8113468 B2 [0007]
- WO 2008/048702 A2 [0007]
- DE 3941389 A1 [0008]

**Patentansprüche**

1. Einrichtung zur Bahnsteuerung und/oder La-  
gesteuerung eines Flugkörpers (99) umfassend ei-  
nen regelbaren Gas-Generator (109, 200) mit einem  
Treibstoffdurchflussregelventil (124, 213), mit einem  
Injektorkopf (112, 202), mit einer Brennkammer (111)  
und wenigstens einer Ausströmdüse (103, 204) oder  
wenigstens einer Drossel.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-  
zeichnet**, dass die Einrichtung so ausgestaltet ist,  
dass sie mit Gel-Treibstoff (125) betreibbar ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung eine  
Tankanordnung (121, 209, 210) umfasst, die von der  
Brennkammer (111) getrennt angeordnet ist.

4. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass der Injektorkopf (112, 202) variable Injektoren  
(215) aufweist.

5. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass der Injektorkopf (112, 202) an- und abschaltba-  
re Injektoren (215) aufweist.

6. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die Injektorelemente des Injektorkopfs (112,  
202) als Prallinjektor ausgestaltet sind.

7. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass sie ein oder mehrere Injektorelemente aufweist.

8. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die wenigstens eine Ausstromdüse (103, 204)  
einen variablen Düsenhalsquerschnitt (115) aufweist.

9. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-  
net**, dass die wenigstens eine Ausstromdüse (103,  
204) einen stufenweise verstellbaren Düsenhals-  
querschnitt (115) aufweist.

10. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-  
net**, dass die Brennkammer (111) als Metallbrennkam-  
mer aus wenigstens einer Legierung mit hohem  
Schmelzpunkt ausgestaltet ist.

11. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-  
net**, dass die Brennkammer (111) als Keramikbrennkam-  
mer ausgestaltet ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 11, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass die Keramikbrennkammer ohne  
inneren Hitzeschild aus Faserverbundkeramik-Werk-  
stoff ausgestaltet ist.

13. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-  
net**, dass die Brennkammer (111) einen Hitzeschild  
aus keramik- oder ablatierendem Werkstoff aufweist.

14. Einrichtung nach Anspruch 8, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass der engste Querschnitt des variablen  
Düsenhalsquerschnitts (105) von maximal ge-  
öffnet bis minimal geöffnet oder gänzlich geschlossen  
variiert werden kann.

15. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass die Drossel einen variablen  
Querschnitt aufweist.

16. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass die Drossel einen stufenweise  
verstellbaren Querschnitt aufweist.

17. Einrichtung nach einem oder mehreren der vor-  
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-  
net**, dass sie eine Vorrichtung zur Steuerung und Re-  
gelung von Treibstoffmassenstrom, Brennkam-  
merdruck und Düsenauslassquerschnitt aufweist.

18. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass sie eine Vorrichtung zur Tank-  
bedrückung aufweist.

19. System zur Bahnsteuerung und/oder La-  
gesteuerung eines Flugkörpers (99) umfassend ei-  
ne Einrichtung mit einem regelbaren Gas-Generator  
(109, 200) und einem Treibstoffdurchflussregelventil  
(124, 213) mit einem Injektorkopf (112, 202) und mit  
einer Brennkammer (111) und wenigstens einer Aus-  
strömdüse (103, 204) oder wenigstens einer Drossel  
sowie einer Tankanordnung (121), die von der Brenn-  
kammer (111) getrennt angeordnet ist, und Gel-Treib-  
stoff als Antriebsmedium.

20. System nach Anspruch 19, **dadurch ge-  
kennzeichnet**, dass die Einrichtung modular und/  
oder skalierbar ausgestaltet ist.

21. System nach Anspruch 19 oder 20 **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Einrichtung oder deren  
Teile frei nach den jeweiligen Systemanforderungen  
von Attitude Control System und/oder Divert and At-  
titude Control System angeordnet werden können.

22. System nach Anspruch 19, **dadurch gekenn-  
zeichnet**, dass die Einrichtung und der Gel-Treibstoff  
mit einer Vorrichtung zur Abschalt- und Wiederan-  
zündbarkeit des Gas-Generators (109, 200) einsetz-  
bar sind.

23. System nach Anspruch 22 **dadurch gekennzeichnet**, dass das System über ein zusätzliches Querschubsystem und über eine Schubvektorsteuerung verfügt.

24. System nach Anspruch 20 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gas-Generator weiter zur Bedrückung von Vorrichtungen oder zum Antrieb von Aktuatoren, Turbinen, Motoren oder anderen Arbeitsmaschinen mit einer Abschalt- und Wiederanzündbarkeitsvorrichtung ausgestaltet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

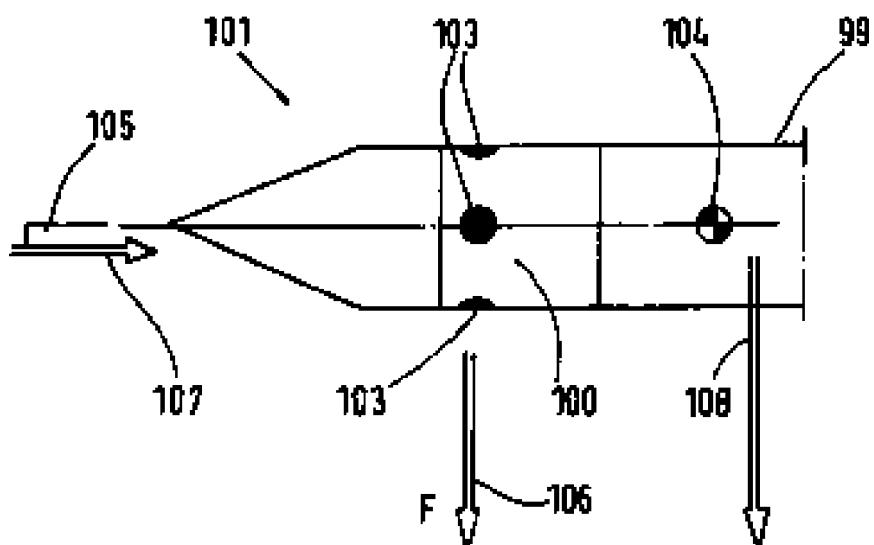


FIG. 2

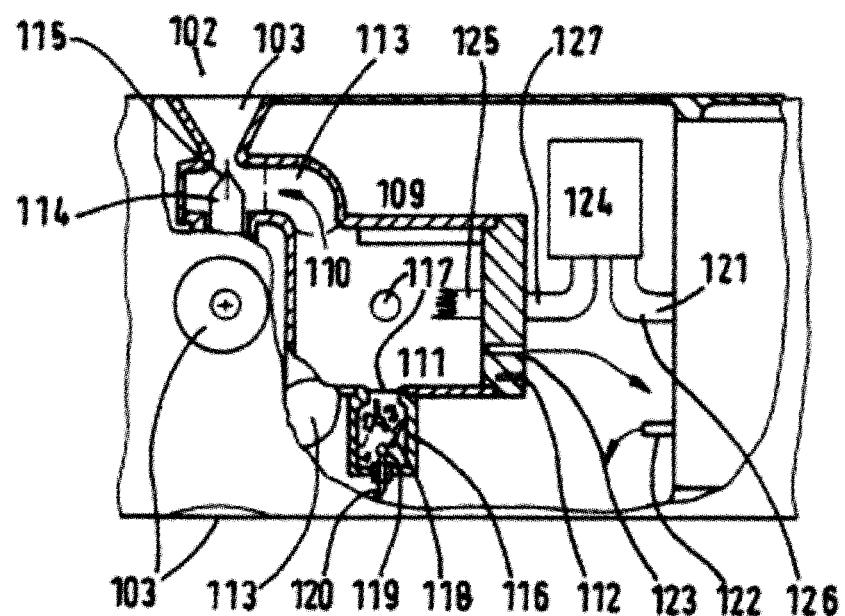


FIG. 3

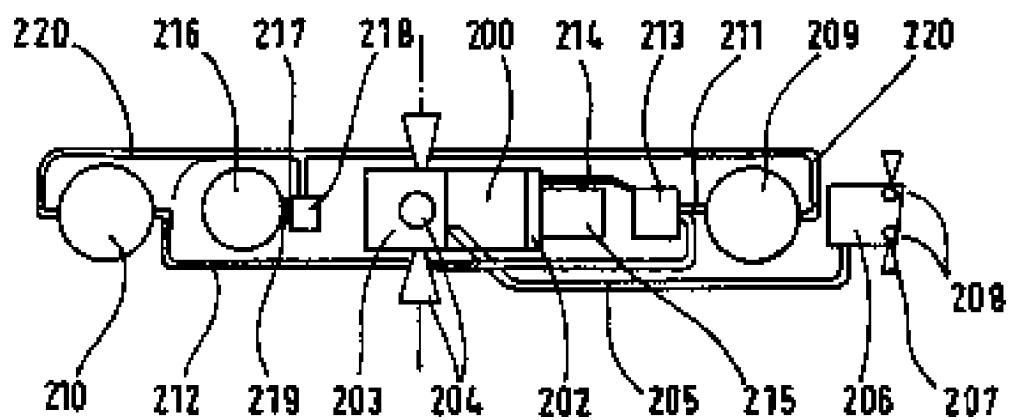


FIG. 4

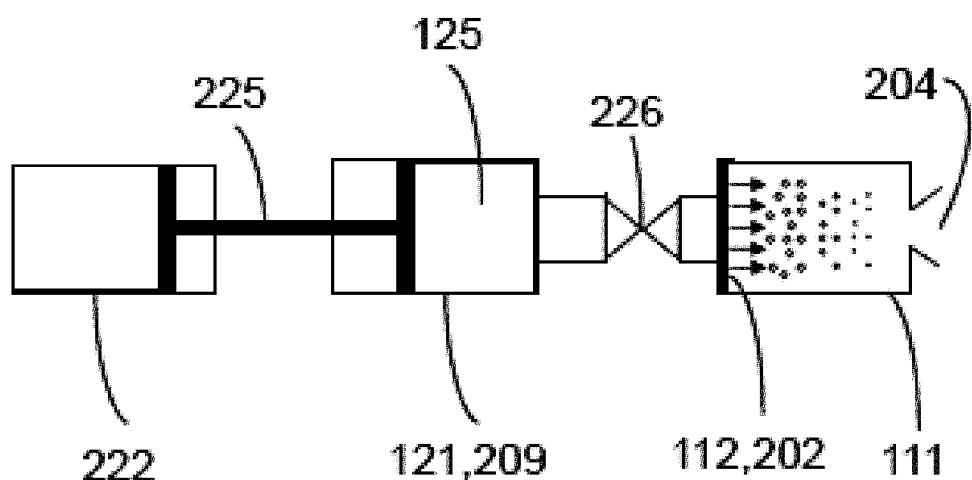


FIG. 5

