
Satellitenvorrichtung und Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten

Die Erfindung betrifft eine Satellitenvorrichtung und ein Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten, insbesondere im erdnahen Weltraum zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds.

- Die Abbildung von Weltraumobjekten sowie deren Beobachtung und Katalogisierung ist grundsätzlich bekannt. Mittels auf der Erde stationierten Teleskopen und Radarstationen werden die Weltraumobjekte, insbesondere Weltraumschrott und Satelliten beobachtet. Weltraumobjekte, insbesondere Weltraummüll, ist ein unerwünschtes Nebenprodukt der Raumfahrt, weil diese die Raumfahrt behindern und zu Schäden auf dem Erdboden führen können.
- 10 Mehr als 55.000 erfasste und katalogisierte Weltraumobjekte umkreisen die Erde in einer Umlaufbahn mit einem Durchmesser von mehr als 10 cm. Die ESA gibt basierend auf statistischen Modellen eine Anzahl von mehr als 1 Mio. Objekte mit einer Größe von mehr als 1 cm im erdnahen Weltraum an. Derartige Weltraumobjekte können mit aktiven Satelliten oder Raumfähren kollidieren und
- 15 führen aufgrund der hohen Geschwindigkeiten in der Regel zu einem

beträchtlichen Schaden. Die mittels auf der Erde stationierten Teleskopen und Radarstationen erfassten und katalogisierten Teile in der Erdlaufbahn führen zwar zu einem besseren Verständnis von Weltraumobjekten in der Erdumlaufbahn, sind jedoch für die kommerzielle Raumfahrt nicht ausreichend, da auch kleinere Teile
5 zu erfassen sind und insbesondere eine zeitlich höhere Auflösung erforderlich ist. Ferner ist die räumliche Auflösung dieses Ansatzes in der Regel nicht ausreichend, da insbesondere in hohen Breitengraden keine oder lediglich eine eingeschränkte Beobachtung möglich ist.

Ein Ansatz zur Beobachtung von Weltraumobjekten mittels Teleskopen ist das
10 sogenannte Staring. Beim Staring handelt es sich um eine gegenüber dem Sternenhintergrund fixen Ausrichtung während der Bildbelichtung. Infolgedessen erscheinen die Sterne im Bild punktförmig, währenddessen weniger weit entfernte Objekte, wie Weltraumobjekte im Erdorbit, aufgrund der Relativbewegung im Bild ein linienförmiges Signal erzeugen, dessen Länge und Form aus der
15 Bildbelichtungszeit folgen.

Ein weiterer Ansatz ist das sogenannte Tracking. Beim Tracking wird das interessierende Weltraumobjekt mit der optischen Achse des Teleskops verfolgt, sodass die Objektbewegung im Bild minimiert wird. Das interessierende Weltraumobjekt erzeugt in einer ersten Näherung ein punktförmiges Signal,
20 während der Sternenhintergrund mit linienförmigen Bildelementen abgebildet wird. Ein Nachteil des Tracking besteht darin, dass lediglich ein einzelnes Objekt während eines Beobachtungsintervalls beobachtet werden kann. Ferner ist das Blickfeld zwischen zwei Beobachtungsintervallen zu einem weiteren Objekt zu bewegen, weswegen einer geringer Durchsatz an beobachteten Objekten einen
25 weiteren Nachteil des Tracking darstellt. Darüber hinaus sollte näherungsweise a priori der Orbit eines zu beobachtenden Objekts bekannt sein.

Durch die Notwendigkeit regelmäßiger Nachführbewegungen führen Winkelbeschleunigungen beim Staring und beim Tracking während der Bildintegration zu nicht-konstanten Signalbewegungen im Bild, sodass aus den
30 Bilddaten keine genauen Messungen, insbesondere astro- und/oder fotometrische Messungen, abgeleitet werden können. Somit geht unter anderem durch Korrekturbewegungen effektiv Beobachtungszeit verloren. Im Allgemeinen führt

das Staring und das Tracking zu einem komplexen Betrieb des Beobachtungssystems beziehungsweise des Satelliten, wobei dieser insbesondere durch eine Lagesteuerung und -regelung, beispielsweise zur Nachführung, sowie durch eine Ausrichtung der Antennen zur Bodenstation
5 und/oder der Solarpaneele zur Sonne bedingt ist.

Bei der Beobachtung von Weltraumobjekten mittels eines Teleskops an einem Satelliten sehen die bisherigen Ansätze üblicherweise vor, dass die Beobachtungssituation gegenüber einem zu beobachtenden Objekt optimiert wird, beispielsweise durch einen minimalen Sonnenphasenwinkel. Dies geht in der
10 Regel mit einer nicht optimalen Anzahl an zu beobachtenden Objekten einher.

Die Veröffentlichung von Krag, H., et al. "Space based optical observation of small debris objects." Space Debris. Vol. 473. 2001 offenbart eine satellitengestützte Beobachtung von Weltraumschrott mit einem Teleskop. Ein Nachteil dieses Ansatzes liegt darin, dass zumindest in gewissen Bereichen des eigenen Orbits
15 sowie in gewissen Orbitalregimes der interessierenden Objekte wenige oder keine Beobachtungen festzustellen sind.

Die CN105910583A offenbart ein Verfahren zur Erkennung von Weltraumschrott.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Satellitenvorrichtung und ein Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten bereitzustellen, die einen oder
20 mehrere der genannten Nachteile vermindern oder beseitigen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, die eine hohe Detektionsfrequenz einer hohen Anzahl an Weltraumobjekten in Umlaufbahnen der Erde ermöglicht. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, die eine Detektion von besonders kleinen Weltraumobjekten in
25 Umlaufbahnen der Erde ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einer Satellitenvorrichtung und einem Verfahren nach den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Aspekte sind in den jeweiligen abhängigen Patentansprüchen angegeben. Die in den Patentansprüchen, der Beschreibung
30 und den Zeichnungen offenbarten Merkmale sind einzeln, in beliebiger,

technologisch sinnvollerweise miteinander kombinierbar, wobei weitere Ausführungsvarianten der Erfindung aufgezeigt werden.

Gemäß einem ersten Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch eine Satellitenvorrichtung zur Abbildung von Weltraumobjekten, insbesondere strahlungsabgebenden Weltraumobjekten, vorzugsweise im erdnahen Weltraum zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds, wobei die Satellitenvorrichtung entlang einer Umlaufbahn mit einem positionsabhängigen Umlaufbahn-Koordinatensystem bewegbar ist, das eine Bahnachse, eine Schwerkraftachse und eine Pitchachse aufweist, die Satellitenvorrichtung umfassend eine Teleskopvorrichtung mit einem Blickfeld, einer Teleskopachse und einem bildgebenden Teleskopsensor, der angeordnet und ausgebildet ist, Abbildungen von Weltraumobjekten vor dem Sternenhintergrund zu erzeugen, und eine Steuerungsvorrichtung, die eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass sich im bestimmungsgemäßen Betrieb ein vorbestimmter Pitchwinkel zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse einstellt, und den Teleskopsensor derart zu steuern, dass kontinuierlich strichförmige Abbildungen von Weltraumobjekten und Sternen erzeugt werden, um eine Vielzahl an strichförmigen Abbildungen zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds zu erhalten.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass der Pitchwinkel konstant ist. Insbesondere ist der Pitchwinkel innerhalb eines Beobachtungsintervalls konstant.

Alternativ oder ergänzend ist es bevorzugt, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass der Pitchwinkel innerhalb eines Pitchwinkelbereichs eingestellt wird. Der Pitchwinkelbereich kann sich beispielsweise zwischen $+20^\circ$ und -20° , insbesondere zwischen $+4^\circ$ und -12° , erstrecken. Ein Vorteil dieser Ausführungsvariante besteht darin, dass zu beobachtenden Bahnhöhen fokussiert werden können.

Alternativ oder ergänzend ist es bevorzugt, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass sich die Teleskopachse relativ zu der Bahnachse in Pitchrichtung bewegt und/oder die

Teleskopachse relativ zu der Bahnachse mit einer vordefinierten Winkelgeschwindigkeit in der Pitchrichtung oszilliert. Ein Vorteil dieser Ausführungsvariante besteht darin, dass eine Vielzahl an zu beobachtenden Bahnebenen und eine Vielzahl an unterschiedlichen Teilchengrößen beobachtbar
5 ist. Die Winkelgeschwindigkeit bei der oszillierenden Bewegung kann beispielsweise zwischen $2^\circ/\text{min}$ und $6^\circ/\text{min}$ betragen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass Weltraumobjekte in vorteilhafterweise mit einem satellitengestützten Teleskop erkennbar sind, wenn die Teleskopachse im Verhältnis zum Erdhorizont definiert, beispielsweise stets
10 gleich oder mit einer vorbestimmten Oszillation, ausgerichtet ist, sodass das Teleskop im Wesentlichen beschleunigungsfrei geführt wird, um optimale Abbildungen zu erzeugen. Die Führung des Teleskops ist im Wesentlichen beschleunigungsfrei, da beispielsweise im Falle der vorbestimmten Oszillation eine zügige Bewegungsumkehr an den Umkehrpunkten erforderlich ist.

Daraus ergibt sich, dass die Weltraumobjekte als solche sowie auch die im Hintergrund befindlichen Sterne strichförmig abgebildet werden, wobei derartige strichförmige Abbildungen in vorteilhafterweise auszuwerten sind und insbesondere die Weltraumobjekte zu erkennen sind. Somit ergibt sich eine hohe Detektionsfrequenz einer hohen Anzahl an Weltraumobjekten in allen
20 Umlaufbahnen. Infolgedessen kann ein umfassendes Weltraumlagebild bereitgestellt werden, dass für einen sicheren und automatisierten Betrieb von weiteren Satelliten verwendet werden kann. Durch die strichförmigen Abbildungen und der Wahl eines optimalen Pitchwinkels kann ferner ein anforderungsgerechtes Signal-Rausch-Verhältnis eingestellt werden.

Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, dass diese einen Mittelweg zwischen verschiedenen Optimierungszielen darstellt, um möglichst viele Objekte möglichst gut zu sehen. Unter anderem können nicht optimale, insbesondere größere, Sonnenphasenwinkel in Erwägung gezogen werden, um durch eine gleichförmige Lagebewegung das Blickfeld auf Regionen hoher Objektdichte, die
30 nicht im Erdschatten liegen, auszurichten.

Der Erfindung liegt ferner der Erkenntnis zugrunde, dass durch den vorbestimmten Pitchwinkel das Blickfeld auf Regionen hoher Objektdichte gerichtet werden kann

und gleichzeitig ein vorteilhafter Sonnenphasenwinkel und/oder Kontrast ermöglicht werden kann, sodass die detektierbaren Sichtfelddurchgänge optimiert werden. Durch die Gleichförmigkeit der Bewegung kann währenddessen in vorteilhafterweise belichtet werden und es können genaue Messwerte extrahiert werden.

Die Satellitenvorrichtung ist zur Abbildung von Weltraumobjekten ausgebildet. Es handelt sich hier insbesondere um eine optische Abbildung der Weltraumobjekte mit einem optischen Teleskopsensor. Die Abbildung der Weltraumobjekte erfolgt insbesondere durch Strahlungsabgabe der Weltraumobjekte, beispielsweise durch eine Reflexion von Sonnenstrahlung. Die Satellitenvorrichtung ist insbesondere angeordnet und ausgebildet, eine Umlaufbahn in einem erdnahen Weltraum beispielsweise dem Low Earth Orbit (LEO) zu überwachen. Ferner kann die Satellitenvorrichtung auch in höheren Bahnebenen Weltraumobjekte detektieren.

Die Satellitenvorrichtung ist entlang einer Umlaufbahn, insbesondere um die Erde, bewegbar. An jedem Punkt auf der Umlaufbahn ist das Umlaufbahn-Koordinatensystem eindeutig definiert. Das Umlaufbahn-Koordinatensystem ist an der aktuellen Flugbahn orientiert. Das Umlaufbahn-Koordinatensystem wird auch als lokales Bezugssystem (englisch: local frame) bezeichnet. Das Umlaufbahn-Koordinatensystem wird durch die Bahnachse, die Schwerkraftachse und die Pitchachse aufgespannt.

Die Bahnachse beschreibt in einem beliebigen Punkt auf der Umlaufbahn die Richtung der Umlaufbahn, ist somit also in Tangentenrichtung ausgerichtet. Die Schwerkraftachse ist die Achse an einem beliebigen Punkt der Umlaufbahn, die in den Erdmittelpunkt führt. Die Schwerkraftachse ist im Wesentlichen parallel zu einem Positionsvektor der Satellitenvorrichtung. Die Pitchachse ist orthogonal zu der Bahnachse und der Schwerkraftachse ausgerichtet. Der Pitchwinkel und eine korrespondierende Pitchbewegung stellt sich insbesondere in einer von der Bahnachse und Schwerkraftachse aufgespannten Ebene mit einer Pitchrichtung ein. Der im Folgenden näher erläuterte Yaw-Winkel und die korrespondierende Yaw-Bewegung stellt sich insbesondere in einer von der Bahnachse und der Pitchachse aufgespannten Ebene ein.

Die Satellitenvorrichtung umfasst die Teleskopvorrichtung mit dem Blickfeld. Das Blickfeld kann kegelförmig und/oder pyramidenförmig um die Teleskopachse ausgebildet sein. Die Teleskopvorrichtung umfasst ferner den bildgebenden Teleskopsensor, der beispielsweise ein CCD-Sensor oder ein CMOS-Sensor sein
5 kann. Im bestimmungsgemäßen Betrieb der Satellitenvorrichtung ist die Teleskopachse vorzugsweise unter anderem in einen Abschnitt ausgerichtet, der sich zwischen der Umlaufbahn und der Erde befindet. Die Teleskopachse ist somit regelmäßig als eine Sekante in Bezug auf die Umlaufbahn ausgebildet und der Pitchwinkel ist negativ. Ferner kann auch ein positiver Pitchwinkel eingestellt
10 werden.

Die Satellitenvorrichtung umfasst ferner die Steuerungsvorrichtung, die eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass sich im bestimmungsgemäßen Betrieb ein konstanter Pitchwinkel zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse einstellt. Aufgrund des konstanten
15 Pitchwinkels führt die Satellitenvorrichtung im Umlaufbahn-Koordinatensystem in der Regel keine Bewegung aus.

Die Steuerungsvorrichtung ist vorzugsweise angeordnet und ausgebildet, einen Korrekturbefehl bereitzustellen, insbesondere einer im Folgenden beschriebenen Lagesteuerungseinheit, sodass die Teleskopachse und die Bahnachse den
20 konstanten Pitchwinkel beibehalten. Insbesondere ist der Korrekturbefehl derart ausgebildet, dass dieser die Lagesteuerungseinheit veranlasst, die Satellitenvorrichtung derart zu beeinflussen, dass der konstante Pitchwinkel beibehalten und/oder eingestellt wird.

In Bezug auf das Umlaufbahn-Koordinatensystem findet somit bei konstantem
25 Pitchwinkel keine Pitchbewegung statt, da durch den konstanten Pitchwinkel zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse besonders gut auswertbare Abbildungen von Sternen und Weltraumobjekten erhalten werden. Eine Pitchbewegung im Umlaufbahn-Koordinatensystem findet bei der Variante mit konstantem Pitchwinkel in der Regel lediglich für Korrekturen statt, da
30 Abweichungen von dem Pitchwinkel aufgrund von Störgrößen auftreten können. Im Inertialsystem hingegen wird eine kontinuierliche Pitchbewegung ausgeführt, sodass die Teleskopachse im Verhältnis zum Erdhorizont gleichbleibend ausgerichtet ist. Aus Perspektive der Satellitenvorrichtung handelt es sich bei der

Pitch-Bewegung um eine Veränderung des Blickfelds nach oben oder unten. Bei der Variante mit einstellbarem Pitchwinkel innerhalb des Pitchwinkelbereichs erfolgt die Pitchbewegung an definierten Zeitpunkten und/oder Positionen entlang der Umlaufbahn oder kontinuierlich. Somit kann beispielsweise der Fokus auf

5 Weltraumobjekte in definierten Bahnhöhen und/oder Weltraumobjekte anderer Größen- und/oder Helligkeitsklassen gerichtet werden.

Durch den konstanten Pitchwinkel zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse stellt sich eine gleichbleibende Blickrichtung bezogen auf den Erdhorizont ein. Die Satellitenvorrichtung wird demnach derart gesteuert, dass sich

10 im bestimmungsgemäßen Betrieb auch ein konstanter Pitchwinkel zwischen der Umlaufbahn und der Teleskopachse einstellt. In anderen Worten: im bestimmungsgemäßen Betrieb schließt die Teleskopachse mit der Umlaufbahn einen konstanten Winkel ein.

Im bestimmungsgemäßen Betrieb bedeutet insbesondere, dass sich die

15 Satellitenvorrichtung auf der Umlaufbahn befindet und die Erde umkreist.

Die Steuerungsvorrichtung ist ferner eingerichtet, den Teleskopsensor so zu steuern, dass kontinuierlich strichförmige Abbildungen von Weltraumobjekten und Sternen erzeugt werden. Durch die Bewegung der Satellitenvorrichtung auf der gebogenen Umlaufbahn und aufgrund des konstanten Pitchwinkels zwischen der

20 Teleskopachse und der Bahnachse werden Weltraumobjekte und Sterne bei einer entsprechend gewählten Umlaufbahn strichförmig abgebildet, da stets eine Relativbewegung zwischen Teleskopachse und Weltraumobjekten beziehungsweise Sternen herrscht.

Dass kontinuierlich strichförmige Abbildungen von Weltraumobjekten und Sternen

25 erzeugt werden, bedeutet insbesondere, dass in geringen Abständen Belichtungen durchgeführt werden. Der Erfindung liegt diesbezüglich ferner die Erkenntnis zugrunde, dass Striche in Bildern besser zu erkennen sind als punktförmige Abbildungen von Sternen oder Weltraumobjekten. Insbesondere aufgrund der Vielzahl an Weltraumobjekten und Sternen ist eine strichförmige

30 Abbildung besser auswertbar als punktförmige Abbildungen.

Durch eine derartig gesteuerte Satellitenvorrichtung wird der bisherige Bedarf an regelmäßigen Korrekturen oder Fokussierungen während des Betriebs vermieden,

sodass ein harmonisches Bild erzeugbar ist, auf Basis dessen Weltraumobjekte mit einer höheren Wahrscheinlichkeit detektierbar sind.

Die Satellitenvorrichtung umfasst vorzugsweise eine Solarzelleneinheit, die angeordnet und ausgebildet ist, Sonnenlicht in elektrische Energie umzuwandeln.

- 5 Die Solarzelleneinheit ist ferner vorzugsweise angeordnet und ausgebildet, die elektrische Energie bereitzustellen.

Eine bevorzugte Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung sieht vor, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass sich der Pitchwinkel zwischen $+20^\circ$ und -20° einstellt.

- 10 Ein negativer Pitchwinkel bedeutet, dass die Teleskopachse zunächst durch einen Abschnitt verläuft, der sich zwischen der Erde und der Umlaufbahn befindet. Ein Pitchwinkel von 0° bedeutet, dass die Teleskopachse parallel zu der Umlaufbahn ausgerichtet ist. Ein positiver Pitchwinkel bedeutet, dass die Teleskopachse von der Erde abgewandt ausgerichtet ist. Die Wahl des optimalen Pitchwinkels ist stets
- 15 ein Kompromiss zwischen einem optimierten Blickfeldvolumen innerhalb eines gewissen Bahnhöhenbereichs, beispielsweise bei einem Pitchwinkel zwischen 0° und -5° , und einem hohen Rauschanteil im Signal, beispielsweise bei einem Pitchwinkel von -15° bis -20° , da atmosphärische Einflüsse größer werden, je weiter das Teleskop in Richtung Erde ausgerichtet ist, also je größer der
- 20 Pitchwinkel ist. Insbesondere ist es bevorzugt, dass der Pitchwinkel zwischen -12° und $+4^\circ$ beträgt.

- In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung ist vorgesehen, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass die Teleskopachse eine Yaw-
- 25 Bewegung um die Schwerkraftachse ausführt, sodass das Blickfeld auf mindestens ein vorbestimmtes Orbitalregime ausrichtbar ist. Aus Perspektive der Satellitenvorrichtung handelt es sich bei der Yaw-Bewegung der Teleskopachse um eine Veränderung des Blickfelds nach rechts oder links. Somit kann das Blickfeld auf solche Orbitalregime ausgerichtet werden, in denen eine hohe Dichte
- 30 an Weltraumobjekten zu erwarten ist, beispielsweise über den Polen der Erde.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die

Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass sich ein konstanter Yaw-Winkel zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse einstellt, um das Blickfeld auf mindestens ein vordefiniertes Orbitalregime auszurichten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung ist
5 vorgesehen, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass die Teleskopachse mittels der Yaw-Bewegung in einem vordefinierten Winkelbereich um die Schwerkraftachse pendelt, insbesondere diskontinuierlich pendelt, wobei diese Yaw-Bewegung mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit ausgeführt wird, um mindestens zwei
10 vordefinierte Orbitalregime zu beobachten.

Insbesondere bei Umlaufbahnen, die nicht unmittelbar über die Pole der Erde führen, kann das Pendeln um die Schwerkraftachse verwendet werden, um die Teleskopachse auf den Bereich über dem Nordpol und über den Bereich über dem Südpol auszurichten. Ferner vorzugsweise ist die Yaw-Bewegung derart gewählt,
15 dass der Sonnenphasenwinkel minimiert wird, sodass besonders kleine Weltraumobjekte beobachtbar sind. Das Pendeln ist vorzugsweise nicht kontinuierlich, sondern wird mit einer schnellen Winkelgeschwindigkeit von einer ersten Ausrichtung zu einer zweiten Ausrichtung ausgeführt, um bei der Bildaufnahme möglichst wenig Störgrößen einfließen zu lassen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung derart zu steuern, dass die Teleskopachse in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels mittels der Yaw-Bewegung um 180° zwischen einer ersten Ausrichtung und einer zweiten Ausrichtung schwenkbar ist, sodass das
25 Blickfeld in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels ausrichtbar ist.

Obwohl durch die erfindungsgemäße Abbildung von Weltraumobjekten nicht zwingend von der Sonne hinweg die Teleskopachse auszurichten ist, ist es dennoch unvorteilhaft, unmittelbar in die Nähe der Sonne zu blicken, da die Weltraumobjekte keine oder lediglich eine geringe Strahlung unter einem kleinen
30 Einfallswinkel reflektieren. Daher kann durch eine Yaw-Bewegung um 180° zwischen der ersten Ausrichtung und der zweiten Ausrichtung dieser Zustand

berücksichtigt werden, sodass beispielsweise auf einer entsprechenden der Sonnenseite zugewandten Seite der Erde eine Schwenkbewegung ausführbar ist.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, den
5 Teleskopsensor derart zu steuern, dass eine Belichtungsdauer zwischen 0,1 Sekunden und 2 Sekunden, insbesondere zwischen 0,25 Sekunden und 1 Sekunde, vorzugsweise zwischen 0,1 Sekunden und 0,5 Sekunden, beträgt, um auswertbare strichförmige Abbildungen von Weltraumobjekten und Sternen zu erhalten.

10 Es ist insbesondere bevorzugt, dass die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, eine oder die Belichtungsdauer derart zu ermitteln, dass eine strichförmige Abbildung eines Weltraumobjekts mit 15 bis 315 Pixeln, insbesondere 30 bis 200 Pixeln, des Teleskopsensors abbildbar ist, und den Teleskopsensor mit der Belichtungsdauer zu steuern.

15 Die Belichtungsdauer kann, wie im Vorherigen beschrieben, beispielsweise zwischen 0,1 Sekunden und 0,5 Sekunde betragen. Eine Abbildung eines Weltraumobjekts mit 30 bis 200 Pixeln hat sich als vorteilhaft auswertbar erwiesen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung ist vorgesehen, dass diese eine mit der Steuerungsvorrichtung signaltechnisch
20 gekoppelte Lagesteuerungseinheit umfasst, die angeordnet und ausgebildet ist, eine Ausrichtung der Satellitenvorrichtung in Bezug auf das Umlaufbahn-Koordinatensystem zu verändern, sodass eine Pitchbewegung und/oder die Yaw-Bewegung durch eine Ansteuerung der Lagesteuerungseinheit bewirkbar ist.

Zur Ausführung der Pitchbewegung ist die Lagesteuerungseinheit insbesondere
25 ausgebildet, der Satellitenvorrichtung einen einmaligen Impuls bereitzustellen, sodass die Satellitenvorrichtung aufgrund der im Wesentlichen nicht vorhandenen Reibung im Weltall kontinuierlich gegenüber dem Inertialsystem rotiert und sich somit der konstante Pitchwinkel zwischen Bahnachse und Teleskopachse einstellt. Ferner vorzugsweise ist die Lagesteuerungseinheit ausgebildet, den Pitchwinkel
30 konstant zu halten, beispielsweise durch Erhalt des Korrektursignals. Die Steuerungsvorrichtung ist vorzugsweise eingerichtet, eine Abweichung des Pitchwinkels zu erkennen und das Korrektursignal zu erzeugen. Für die

Realisierung der Yaw-Bewegung sind gegebenenfalls spezifische Impulse durch die Lagesteuerungseinheit erforderlich.

Alternativ oder ergänzend zu der Lagesteuerungseinheit kann die Satellitenvorrichtung eine Ausrichtungsvorrichtung für das Teleskop aufweisen, sodass sich nicht die Satellitenvorrichtung als solche gegenüber dem Umlaufbahn-Koordinatensystem bewegt, sondern das Teleskop.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung ist vorgesehen, dass diese eine Auswerteeinheit umfasst, die angeordnet und ausgebildet ist, die strichförmigen Abbildungen basierend auf einem Sternkatalog auszuwerten, um Weltraumobjekte und jeweils mindestens eine Eigenschaft der Weltraumobjekte zu erkennen, und einen ersten Datensatz repräsentierend die erkannten Weltraumobjekte und die Eigenschaft zu erzeugen, und eine Sendeeinheit, die angeordnet und ausgebildet ist, den ersten Datensatz an eine auf der Erde befindliche Empfangseinheit zu übertragen.

Die Eigenschaft der Weltraumobjekte kann beispielsweise eine Position im Bild, eine Position im Raum, eine Umlaufbahn oder eine Größe des Weltraumobjekts sein. Ferner kann die Eigenschaft eine scheinbare Helligkeit des Weltraumobjekts sein. Darüber hinaus kann die Eigenschaft ein Rotationszustand sein. Ferner kann die Eigenschaft eine Variation der im Vorherigen genannten Eigenschaften sein. Ferner kann die Eigenschaft eine Größe, eine Form und/oder eine Oberflächeneigenschaft des Weltraumobjekts sein.

Die Sendeeinheit kann beispielsweise als eine, zwei oder mehrere Antennen ausgebildet sein oder diese umfassen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Satellitenvorrichtung ist vorgesehen, dass diese eine Kompressionseinheit umfasst, die angeordnet und ausgebildet ist, einen zweiten Datensatz repräsentierend die strichförmigen Abbildungen komprimiert zu erzeugen, wobei der zweite komprimierte Datensatz mittels einer oder der Sendeeinheit an einer auf der Erde befindliche Empfangseinheit übertragbar ist.

Die Auswerteeinheit hat den Vorteil, dass die Bilder bereits an der Satellitenvorrichtung ausgewertet werden können und gegebenenfalls ausschließlich Textdateien, beispielsweise Bildkoordinaten in einem bestimmten

Format, vorzugsweise als verschlüsselte Binärdaten, an die Erde beziehungsweise die Empfangseinheit zu übertragen sind. Die Datenmengen sind in der Regel gering. Sollte eine Auswertung an der Satellitenvorrichtung nicht zweckgemäß sein, kann es angezeigt sein, die Daten derart zu komprimieren, 5 dass diese sicher an die Empfangseinheit zu übertragen sind. Im erdnahen Orbit können Daten beispielsweise in einem Zeitfenster von 10 bis 15 Minuten an eine einzelne Empfangseinheit übermittelt werden, sodass der zweite Datensatz eine derartige Größe aufweisen sollte, dass dieser innerhalb dieser Zeit an die Empfangseinheit übertragbar ist.

10 Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten, umfassend die Schritte: Bewegen einer Satellitenvorrichtung entlang einer Umlaufbahn mit einem positionsabhängigen Umlaufbahn-Koordinatensystem, das eine Bahnachse, eine Schwerkraftachse und eine Pitchachse aufweist, die Satellitenvorrichtung 15 umfassend eine Teleskopvorrichtung mit einem Blickfeld, einer Teleskopachse und einem bildgebenden Teleskopsensor zur Erzeugung von Abbildungen von Weltraumobjekten vor dem Sternenhintergrund, Einstellen eines vorbestimmten Pitchwinkels zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse und kontinuierliches Erzeugen von strichförmigen Abbildungen von Weltraumobjekten 20 und Sternen, um eine Vielzahl an strichförmigen Abbildungen zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds zu erhalten.

Es ist bevorzugt, dass der Pitchwinkel konstant eingestellt wird. Ferner vorzugsweise wird der Pitchwinkel innerhalb eines Pitchwinkelbereichs eingestellt. Darüber hinaus kann es bevorzugt sein, dass sich die Teleskopachse relativ zu 25 der Bahnachse in Pitchrichtung bewegt und/oder die Teleskopachse relativ zu der Bahnachse mit einer vordefinierten Winkelgeschwindigkeit in der Pitchrichtung oszilliert.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass dieses den Schritt umfasst: Einstellen eines Yaw-Winkels, beispielsweise durch 30 Ausführen einer Yaw-Bewegung, der Teleskopachse um die Schwerkraftachse, sodass das Blickfeld auf mindestens ein vorbestimmtes Orbitalregime ausrichtbar ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass das Einstellen des Pitchwinkels und/oder das Ausführen der Yaw-Bewegung durch eine Lageveränderung der Satellitenvorrichtung bewirkt wird.

- 5 Es ist bevorzugt, dass die Satellitenvorrichtung derart gesteuert wird, dass der Pitchwinkel zwischen $+20^\circ$ und -20° , insbesondere zwischen $+4^\circ$ und -12° , beträgt.

Es ist ferner bevorzugt, dass das Verfahren den Schritt umfasst: Einstellen eines konstanten Yaw-Winkels zwischen der Teleskopachse und der Bahnachse. Ferner kann das Verfahren den Schritt umfassen: Einstellen der Teleskopachse mittels
10 der Yaw-Bewegung in einem vordefinierten Winkelbereich um die Schwerkraftachse, wobei diese Yaw-Bewegung mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit ausgeführt wird, um mindestens zwei vordefinierte Orbitalregime zu beobachten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist
15 vorgesehen, dass dieses den Schritt umfasst: Schwenken der Teleskopachse in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels mittels der Yaw-Bewegung um 180° zwischen einer ersten Ausrichtung und einer zweiten Ausrichtung, sodass das Blickfeld in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels, insbesondere in Bezug auf Weltraumobjekte im Blickfeld, ausgerichtet wird.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass dieses den Schritt umfasst: Steuern des Teleskopsensors derart, dass eine Belichtungsdauer zwischen 0,1 Sekunden und 2 Sekunden beträgt, um Auswertbare strichförmige Abbildungen von Weltraumobjekten und Sternen zu erhalten.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass dieses den Schritt umfasst: Ermitteln einer Belichtungsdauer derart, dass eine strichförmige Abbildung eines Weltraumobjekts mit 10 bis 80 Pixeln des Teleskopsensors abgebildet wird und Steuern des Teleskopsensors mit der Belichtungsdauer.

30 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens umfasst dieses den Schritt: Auswerten der strichförmigen Abbildungen basierend auf einer Sternkarte, um Weltraumobjekte und jeweils mindestens eine Eigenschaft der

Weltraumobjekte zu erkennen und Erzeugen eines ersten Datensatzes repräsentierend die erkannten Weltraumobjekte und die Eigenschaft. Ferner kann das Verfahren den Schritt umfassen: Übertragen des ersten Datensatzes an eine auf der Erde befindlichen Empfangseinheit.

- 5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass dieses den Schritt umfasst: Erzeugen eines komprimierten zweiten Datensatzes repräsentierend die strichförmigen Abbildungen, wobei der zweite Datensatz mittels einer oder der Sendeeinheit an eine auf der Erde befindlichen Empfangseinheit übertragen wird.
- 10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Satellitenvorrichtung in einem sonnensynchronen Orbit bewegt wird, mit einer Höhe von 350 bis 600 Kilometern.

Es ist ferner bevorzugt, dass die Teleskopachse derart ausgerichtet wird, dass sich ein 90° Winkel zwischen der Teleskopachse und einer Richtung zur Sonne einstellt. Des Weiteren ist es bevorzugt, dass der Winkel zwischen der
15 Teleskopachse und der Richtung zur Sonne zwischen 0° und 90° beträgt.

Es ist bevorzugt, dass die Teleskopachse um die Winkel 0° und 90° alterniert, insbesondere mittels der Yaw-Bewegung. Somit wird ein Pointing-Modus realisiert, bei dem während eines Teils des Bahnnumlaufs eine konstante Pitch-Bewegung
20 mit Yaw-Winkel = 0° und somit ein Blick in Bahnebene durchgeführt wird, während in dem verbleibenden Teil des Bahnnumlaufs der Sonnenphasenwinkel über den Yaw-Winkel minimiert wird, beispielsweise Yaw-Winkel = 90° bei Dawn-Dusk sonnensynchroner Umlaufbahn.

Für weitere Vorteile, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails der einzelnen
25 Aspekte und ihrer möglichen Fortbildungen wird auch auf die erfolgte Beschreibung zu den weiteren Aspekten, den entsprechenden Merkmalen und Fortbildungen verwiesen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden exemplarisch anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

- 30 Figur 1: eine schematische, zweidimensionale Ansicht einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;

- Figur 2: eine schematische, zweidimensionale Ansicht einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;
- Figur 3: eine schematische, zweidimensionale Ansicht einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;
- 5 Figur 4: eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;
- Figur 5: eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;
- 10 Figur 6: eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Satellitenvorrichtung auf einer erdnahen Umlaufbahn;
- Figur 7: eine schematische, zweidimensionale Ansicht einer Abbildungsdarstellung;
- 15 Figur 8: schematische, zweidimensionale Darstellungen von Abbildungsdarstellungen mittels der Verfahren Tracking und Staring;
- Figur 9: eine schematische, zweidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Satellitenvorrichtung; und
- 20 Figur 10: eine schematische Darstellung eines Verfahrens.

In den Figuren sind gleiche oder im Wesentlichen funktionsgleiche beziehungsweise -ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung

25

anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

Die Figuren 1 und 2 zeigen Ansichten, bei denen die Pitchachse senkrecht in der Bildebene steht, sodass lediglich die Bahnachse 106 und die Schwerkraftachse 108 des Umlaufbahn-Koordinatensystems 104 der Umlaufbahn 102 gezeigt ist. In 5
Figur 1 und 2 ist gezeigt, dass der Ursprung des Umlaufbahn-Koordinatensystems 104 jeweils bei der Satellitenvorrichtung 100 liegt. Die Satellitenvorrichtung 100 umfasst eine Teleskopvorrichtung mit einer Teleskopachse 110, die in Figur 1 einen Pitchwinkel von 0° aufweist, somit parallel zu der Bahnachse 106 10
ausgerichtet ist. Das Teleskop definiert darüber hinaus ein Blickfeld 112.

Es ist darüber hinaus eine zweite beispielhafte Teleskopachse 110' gezeigt, die unmittelbar auf den Erdhorizont ausgerichtet ist. Der Pitchwinkel 114 stellt sich zwischen der Teleskopachse 110' und der Bahnachse 106 ein.

Wenn die Satellitenvorrichtung 100 im Uhrzeigersinn um die Erde 1 kreist, wird 15
deutlich, dass sich die Satellitenvorrichtung 100 kontinuierlich in der Bildebene dreht, um einen konstanten Pitchwinkel 114 zwischen der Teleskopachse 110, 110' und der Bahnachse 106 einzustellen, da sich die Bahnachse 106 kontinuierlich mitbewegt. In Figur 1 ist das Teleskop entgegen der Flugrichtung ausgerichtet, sodass ein sogenanntes Rückwärtspointing eingestellt ist. Alternativ 20
kann ein Vorwärtspointing eingestellt werden. Ferner ist das Blickfeld in Richtung des Nordpols 2 ausgerichtet, da über dem Nordpol 2 in der Regel eine erhöhte Objektdichte herrscht.

In Figur 2 sind ferner zwei Weltraumobjekte 116, 116' gezeigt, wobei ersichtlich wird, dass ein nach unten geneigtes Blickfeld, mit der Teleskopachse 110', größer 25
ist als ein Blickfeld mit einem geringen Pitchwinkel, hier 0° , der Teleskopachse 110, da das Blickfeld 112' einen größeren Raum des erdnahen Orbits erfasst.

Figur 3 zeigt die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Position der Satellitenvorrichtung 100 aus einer anderen Perspektive, wie es an den einzelnen Achsen des Umlaufbahn-Koordinatensystems 104 gezeigt ist. Insbesondere ist die 30
orthogonal zu der Bahnachse 106 und orthogonal zu der Schwerkraftachse 108 ausgerichtete Pitchachse 109 gezeigt. Ferner ist hier die Richtung der Sonne 118 eingetragen, wobei ferner gezeigt ist, dass das Blickfeld 112 der Sonne abgewandt

ausgerichtet ist. Alternativ kann die Teleskopachse 110, 110' mit der Richtung der Sonne 118 einen Winkel von 90° einschließen. In den Figuren 1 und 2 ist die Richtung 118 der Sonne in der Bildebene.

Die Figuren 4 und 5 zeigen, dass die Teleskopachse 110 in einer Ebene
5 aufgespannt durch die Bahnachse 106 und die Pitchachse 109 durch eine Yaw-Bewegung einstellbar ist. Insbesondere kann somit ein Yaw-Winkel zwischen der Bahnachse 106 und der Teleskopachse 110 in der vorgenannten Ebene eingestellt werden. Somit kann nach rechts und nach links das Blickfeld ausgerichtet werden, sodass beispielsweise die Objektdichtenbereiche über den Polen fokussiert
10 werden können.

In Figur 6 ist gezeigt, dass zwei Rotationspunkte 128 festgelegt werden können, an denen die Yaw-Bewegung ein Schwenken der Teleskopachse 110 um 180° in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels ausführt. Um eine Ausrichtung der Teleskopachse 110 unmittelbar in die Sonne zu vermeiden, wird an den
15 Rotationspunkten 128 die Teleskopachse 110 um 180° geschwenkt. Eine geringfügige Abweichung von 180° ist ebenfalls möglich. Die Rotationspunkte 128 können beispielsweise über dem oder angrenzend an den Äquator vorgesehen sein.

Alternativ oder ergänzend können auch mehr als zwei Rotationspunkte 128
20 festgelegt werden, an denen die Teleskopachse 110 um einen vorbestimmten Rotationswinkel geschwenkt wird. Der Rotationswinkel kann 180° betragen oder kleiner und/oder größer als 180° betragen. Der Vorteil von mehr als zwei Rotationspunkten 128 kann darin bestehen, dass ein verstärkter Fokus auf Bereiche mit hoher Objektdichte gelegt werden kann. Beispielsweise kann das
25 Teleskop mit einem Vorwärtspointing auf den Nordpol 2 zubewegt werden, um Abbildungen des Bereichs hoher Objektdichte über dem Nordpol 2 zu erhalten. Beim Nordpol 2 kann das Teleskop um 180° geschwenkt werden, um weiterhin Abbildungen des Bereichs hoher Objektdichte über dem Nordpol 2 zu erhalten.

Figur 7 zeigt eine Abbildungsdarstellung 130 von strichförmigen Abbildungen von
30 Weltraumobjekten 132 und von Sternen 134, die mittels der im Vorherigen beschriebenen Satellitenvorrichtung 100 mit der entsprechenden Steuerung

erstellt wurde. Durch den konstanten Pitchwinkel 114 wird das Weltraumobjekt 132 und die Sterne 134 gleichermaßen strichförmig dargestellt.

In Figur 8 ist zur Verdeutlichung des Unterschieds gegenüber den bekannten Verfahren gezeigt, wie die Abbildungsdarstellungen eines Trackingverfahrens
5 links und eines Staringverfahrens rechts ausgebildet sind. Beim Tracking wird das Weltraumobjekt 132' mit der Teleskopachse verfolgt, sodass dieses punktförmig ausgebildet ist und die Sterne 134' strichförmig. Beim Staring wird die Teleskopachse auf die Sterne 134'' ausgerichtet, sodass ein Weltraumobjekt 132'' strichförmig dargestellt wird.

10 In Figur 9 ist eine Satellitenvorrichtung 200 gezeigt. Die Satellitenvorrichtung 200 kann analog zu der Satellitenvorrichtung 100 ausgebildet sein. Die Satellitenvorrichtung 200 umfasst eine Lagesteuerungseinheit 202, die angeordnet und ausgebildet ist, eine Ausrichtung der Satellitenvorrichtung 200 in Bezug auf das Umlaufbahn-Koordinatensystem 104 zu verändern, sodass die
15 Pitchbewegung 124 und die Yaw-Bewegung 122 durch eine Ansteuerung der Lagesteuerungseinheit bewirkbar ist.

Ferner umfasst die Satellitenvorrichtung 200 die Steuerungsvorrichtung 204, die eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung 200 derart zu steuern, dass sich im bestimmungsgemäßen Betrieb ein konstanter Pitchwinkel 114 zwischen der
20 Teleskopachse 218 und der Bahnachse 106 einstellt und den Teleskopsensor 210 derart zu steuern, dass kontinuierlich strichförmige Abbildungen 132, 134 von Weltraumobjekten und Sternen erzeugt werden, um eine Vielzahl an strichförmigen Abbildungen 132, 134 zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds zu erhalten.

25 Die Satellitenvorrichtung 200 umfasst darüber hinaus eine Auswerteeinheit 205, die angeordnet und ausgebildet ist, die strichförmigen Abbildungen 132, 134 basierend auf einer Sternkarte auszuwerten, um Weltraumobjekte und jeweils mindestens eine Eigenschaft der Weltraumobjekte zu erkennen, und einen ersten Datensatz repräsentierend die erkannten Weltraumobjekte und die Eigenschaft zu
30 erzeugen.

Ferner umfasst die Satellitenvorrichtung 200 zwei Solarpaneele 206, 208 zur Erzeugung elektrischer Energie, um die einzelnen energieverbrauchenden

Einheiten der Satellitenvorrichtung 200 zu versorgen. Ferner umfasst die Satellitenvorrichtung 200 Antennen 214, die angeordnet und ausgebildet sind, um mit einer Empfangsstation auf der Erde zu kommunizieren. Darüber hinaus umfasst die Satellitenvorrichtung 200 das Teleskop 212, das den Teleskopsensor 5 210 und eine Teleskopblende 216, insbesondere eine Streulichtblende, umfasst.

In Figur 10 ist ein Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten 116, 116' gezeigt. In Schritt 300 wird die Satellitenvorrichtung 100, 200 entlang der Umlaufbahn 102 mit einem positionsabhängigen Umlaufbahn-Koordinatensystem 104 bewegt, das eine Bahnachse 106, eine Schwerkraftachse 108 und eine 10 Pitchachse 109 aufweist.

In Schritt 302 wird ein konstanter Pitchwinkel zwischen der Teleskopachse 110, 218 und der Bahnachse 106 eingestellt.

In Schritt 304 werden kontinuierlich strichförmige Abbildungen 132, 134 von Weltraumobjekten und Sternen erzeugt, um eine Vielzahl an strichförmigen 15 Abbildungen zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds zu erhalten. Die Schritte 300, 302 und 304 werden vollständig oder im Wesentlichen zeitparallel ausgeführt.

Mit der im Vorherigen beschreibenden Satellitenvorrichtung 100, 200 und dem entsprechenden Verfahren besteht nunmehr die Möglichkeit, eine 20 Abbildungsdarstellung 130 zu erhalten, in der Sterne 134 und Weltraumobjekte 132 linienförmig dargestellt sind, sodass diese in vorteilhafterweise auszuwerten ist.

Insbesondere können durch die geschickte Steuerung der Satellitenvorrichtung 100, 200 beliebige Umlaufbahnen 102 gewählt werden, sodass mit einer 25 geeigneten Konstellation die Anzahl erforderlicher Satellitenvorrichtungen 100, 200 reduziert ist. Dies wird unter anderem dadurch ermöglicht, dass die Teleskopachse 110, 110', 218 nicht zwingend von der Sonne abgewandt auszurichten ist.

BEZUGSZEICHEN

	1	Erde
	2	Nordpol
	100	Satellitenvorrichtung
5	102	Umlaufbahn
	104	Umlaufbahn-Koordinatensystem
	106	Bahnachse
	108	Schwerkraftachse
	109	Pitchachse
10	110, 110'	Teleskopachse
	112, 112'	Blickfeld
	114	Pitchwinkel
	116, 116'	Weltraumobjekt
	118	Richtung der Sonne
15	120	Yaw-Winkel
	122	Yaw-Bewegung
	124	Pitchbewegung
	126	Erdachse
	128	Rotationspunkt
20	130, 130', 130"	Abbildungsdarstellung
	132, 132', 132"	Weltraumobjekt
	134, 134', 134"	Stern
	200	Satellitenvorrichtung
	202	Lagesteuerungseinheit

	204	Steuerungsvorrichtung
	205	Auswerteinheit
	206	Solarpanel
	208	Solarpanel
5	210	Teleskopsensor
	212	Teleskop
	214	Antennen
	216	Teleskopblende
	218	Teleskopachse

ANSPRÜCHE

1. Satellitenvorrichtung (100, 200) zur Abbildung von Weltraumobjekten (116, 116'), wobei die Satellitenvorrichtung (100, 200) entlang einer Umlaufbahn (102) mit einem positionsabhängigen Umlaufbahn-Koordinatensystem (104) bewegbar ist, das eine Bahnachse (106), eine Schwerkraftachse (108) und eine Pitchachse (109) aufweist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) umfassend
 - eine Teleskopvorrichtung (212) mit einem Blickfeld (112, 112'), einer Teleskopachse (110, 110', 218) und einem bildgebenden Teleskopsensor (210), der angeordnet und ausgebildet ist, Abbildungen (132) von Weltraumobjekten (116, 116') vor dem Sternenhintergrund zu erzeugen, und
 - eine Steuerungsvorrichtung (204), die eingerichtet ist,
 - o die Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass sich im bestimmungsgemäßen Betrieb ein vorbestimmter Pitchwinkel (114) zwischen der Teleskopachse (110, 110', 218) und der Bahnachse (106) einstellt, und
 - o den Teleskopsensor (210) derart zu steuern, dass kontinuierlich strichförmige Abbildungen (132, 134) von Weltraumobjekten (116, 116') und Sternen erzeugt werden, um eine Vielzahl an strichförmigen Abbildungen (132, 134) zur Erzeugung eines Weltraumobjektlagebilds zu erhalten.
2. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach Anspruch 1, wobei
 - die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass der Pitchwinkel konstant ist.
3. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
 - die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass der Pitchwinkel innerhalb eines Pitchwinkelbereichs eingestellt wird.

4. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die
- 5 Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass sich die Teleskopachse relativ zu der Bahnachse in Pitchrichtung bewegt und/oder die Teleskopachse relativ zu der Bahnachse mit einer vordefinierten Winkelgeschwindigkeit in der Pitchrichtung oszilliert.
- 10 5. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die
- 15 Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass sich der Pitchwinkel (114) zwischen $+20^\circ$ und -20° einstellt.
6. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die
- 20 Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass die Teleskopachse (110, 110', 218) eine Yaw-Bewegung um die Schwerkraftachse (108) ausführt, sodass das Blickfeld auf mindestens ein vorbestimmtes Orbitalregime ausrichtbar ist.
7. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die
- 25 Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass sich ein konstanter Yaw-Winkel (120) zwischen der Teleskopachse (110, 110', 218) und der Bahnachse (106) einstellt, um das Blickfeld auf
- 30 mindestens ein vordefiniertes Orbitalregime auszurichten.
8. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei

- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass die Teleskopachse (110, 110', 218) mittels der Yaw-Bewegung in einem vordefinierten Winkelbereich um die Schwerkraftachse (108) pendelt, wobei diese Yaw-Bewegung mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit ausgeführt wird, um mindestens zwei vordefinierte Orbitalregime zu beobachten.
- 5
9. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- 10
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) derart zu steuern, dass die Teleskopachse (110, 110', 218) in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels mittels der Yaw-Bewegung um 180° zwischen einer ersten Ausrichtung und einer zweiten Ausrichtung schwenkbar ist, sodass das Blickfeld in Abhängigkeit eines Sonnenphasenwinkels ausrichtbar ist.
- 15
10. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- 20
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, den Teleskopsensor (210) derart zu steuern, dass eine Belichtungsdauer zwischen 0,1 Sekunden und 2 Sekunden, insbesondere zwischen 0,25 Sekunden und 1 Sekunde, beträgt, um auswertbare strichförmige Abbildungen (132, 134) von Weltraumobjekten (116, 116') und Sternen zu erhalten.
- 25
11. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- 30
- die Steuerungsvorrichtung (204) eingerichtet ist, eine oder die Belichtungsdauer derart zu ermitteln, dass eine strichförmige Abbildung (132) eines Weltraumobjekts (116, 116') mit 10 bis 80 Pixeln des Teleskopsensors (210), insbesondere mit 15 bis 70 Pixeln, abbildbar ist, und

- den Teleskopsensor (210) mit der Belichtungsdauer zu steuern.
12. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend
- 5 - eine mit der Steuerungsvorrichtung (204) signaltechnisch gekoppelte Lagesteuerungseinheit (202), die angeordnet und ausgebildet ist, eine Ausrichtung der Satellitenvorrichtung (100, 200) in Bezug auf das Umlaufbahn-Koordinatensystem (104) zu verändern, sodass eine Pitchbewegung und/oder die Yaw-Bewegung durch eine
- 10 Ansteuerung der Lagesteuerungseinheit (202) bewirkbar ist.
13. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend
- 15 - eine Auswerteeinheit (205), die angeordnet und ausgebildet ist, die strichförmigen Abbildungen (132, 134) basierend auf einem Sternkatalog auszuwerten, um Weltraumobjekte (116, 116') und jeweils mindestens eine Eigenschaft der Weltraumobjekte (116, 116') zu erkennen, und einen ersten Datensatz repräsentierend die erkannten Weltraumobjekte (116, 116') und die Eigenschaft zu
- 20 erzeugen, und
- eine Sendeeinheit, die angeordnet und ausgebildet ist, den ersten Datensatz an eine auf der Erde befindliche Empfangseinheit zu übertragen.
- 25 14. Satellitenvorrichtung (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend
- eine Kompressionseinheit, die angeordnet und ausgebildet ist, einen zweiten Datensatz repräsentierend die strichförmigen Abbildungen (132, 134) komprimiert zu erzeugen, wobei der zweite komprimierte
- 30 Datensatz mittels einer oder der Sendeeinheit an eine auf der Erde befindliche Empfangseinheit übertragbar ist.
15. Verfahren zur Abbildung von Weltraumobjekten (116, 116'), umfassend die Schritte:

- 5 - Bewegen einer Satellitenvorrichtung (100, 200) entlang einer Umlaufbahn (102) mit einem positionsabhängigen Umlaufbahn-Koordinatensystem (104), das eine Bahnachse (106), eine Schwerkraftachse (108) und eine Pitchachse (109) aufweist, die Satellitenvorrichtung (100, 200) umfassend eine Teleskopvorrichtung (212) mit einem Blickfeld, einer Teleskopachse (110, 110', 218) und einem bildgebenden Teleskopsensor (210) zur Erzeugung von Abbildungen (132) von Weltraumobjekten (116, 116') vor dem Sternenhintergrund,
- 10 - Einstellen eines vorbestimmten Pitchwinkels (114) zwischen der Teleskopachse (110, 110', 218) und der Bahnachse (106), und
- kontinuierliches Erzeugen von strichförmigen Abbildungen (132, 134) von Weltraumobjekten (116, 116') und Sternen, um eine Vielzahl an strichförmigen Abbildungen (132, 134) zur Erzeugung eines
- 15 Weltraumobjektlagebilds zu erhalten.
- 16. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, umfassend den Schritt:
 - Einstellen eines Yaw-Winkels der Teleskopachse (110, 110', 218) um die Schwerkraftachse (108), sodass das Blickfeld auf mindestens ein
 - 20 vorbestimmtes Orbitalregime ausrichtbar ist.
- 17. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei das Einstellen des Pitchwinkels (114) und/oder das Ausführen der Yaw-Bewegung durch eine Lageveränderung der Satellitenvorrichtung (100, 200) bewirkt wird.