Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 45 (1987)
Heft: 222

Artikel: Neue Winkelmesstechnologie mit Anwendung in der Astrometrie
Autor: Hayoz, Pascal / Heuberger, Manfred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898856

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Neue Winkelmesstechnologie mit Anwendung in der Astrometrie

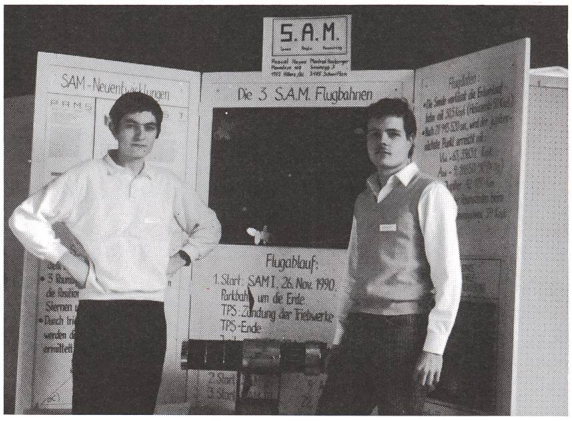
PASCAL HAYOZ
MANFRED HEUBERGER

Einleitung:
Die Astrometrie misst die Erscheinungswinkel von astronomischen Objekten und schliesst daraus durch trigonometrische Rechnungen auf die jeweilige Entfernung der gemessenen Objekte. **Space Angle Measuring (SAM)** nennen wir unser Astrometrieprojekt zur interstellaren Entfernungsmessung, welches bisherige, einschlägige Messungen an Genauigkeit übertreffen soll. Vorerst planten wir, die präzisen Winkelmessungen in irdischen Observatorien durchzuführen. Als wir jedoch vom neuesten ESA-Projekt «HIPPARCOS» hörten, welches Astrometrie vorteilhaft mit Hilfe eines Satelliten betreibt, entschieden wir uns, die Messungen ebenfalls in den Weltraum zu verlegen, um die störenden Einflüsse der Erdatmosphäre auszuschliessen. Wir gehen noch einen Schritt weiter, indem wir statt eines um die Erde kreisenden Satelliten drei interstellare Raumsonden als Messtationen benutzen. Diese stellen drei Messbasen zur Verfügung, welche viel grösser sind, als jene von Hipparcos. Durch die Dreierkonstellation der Raumsonden wird zwar der materielle Aufwand des Projektes vergrössert. Jedoch der Gewinn der Messgenauigkeit und die wesentliche Vergrösserung der maximalen Messentfernung rechtfertigen diesen Mehraufwand.

Während der weiteren Projektausarbeitung stellten sich eine Reihe technischer Probleme, wie z.B. die Stabilisation der Satelliten im Weltraum. Im Folgenden beleuchten wir die Funktionsweise und Anwendung einiger von uns für das Projekt entwickelten Systeme:

Das Winkelmessystem
Das von uns entworfene Winkelmessystem arbeitet mit einer digitalen Codierung, welche mit einer Abtastfrequenz von 1,2 MHz ausgelesen wird. Durch eine ausgeklügelte Vercodungs- und Auslesetechnik wird es ermöglicht, absolute Winkel im Bereich von 360° mit höchster Präzision zu bestimmen. Mit unserem System können Winkel mit der Genauigkeit von 0,5 Bogensekunden ($=2{,}5 \times 10^{-6}$ rad $=2{,}5 \times 10^{-3}$ Artilleriepromille) gemessen werden. Das System lässt sich ausserordentlich klein dimensionieren und verhält sich nahezu abnützungsfrei. Durch eine geringe Modifikation lässt sich unser System zur absoluten Vermessung von unbeschränkten Längen mit der Genauigkeit unter 0.5 Mikrometern verwenden. Diese Neuentwicklung haben wir zum Patent angemeldet. Die internationale Neuheitsrecherche ist im Gange (Hersteller gesucht, Anfragen unter: MANFRED HEUBERGER, Sonnegg 3, 3185 Schmitten).

Das Stabilisationssystem der Raumsonden
Unser Projekt setzt eine ziemlich lange Lebensdauer der Raumsonden voraus. Um dies zu ermöglichen, müssen die Raumsonden mit minimalem Treibstoffverbrauch stabilisiert und gesteuert werden können. Dies kann man erreichen, indem man in die Raumsonden zwei geeignete Schwungkörper einbaut, welche durch das Gesetz von actio=reactio die Raumsonde gegensinnig in Drehung versetzen. Wir haben eine Firma gefunden, welche solche Schwungkörper für den Einsatz in der Weltraumfahrt seit einiger Zeit erfolgreich herstellt . Mit diesem System kann man die Raumsonde in jede beliebige Lage drehen. In unserem Projekt müssen wir aber zusätzlich die jeweilige Raumlage der Raumsonden kennen. Diese erhalten wir, indem wir den zurückgelegten Winkel der Schwungkörper messen, und somit jede relative Drehung der Raumsonde messen können. Durch Kombination der Schwungkörper mit unserem hochpräzisen Winkelmessystem erhalten wir die nötige Positionierungsgenauigkeit unserer Raumsonden. Diese indirekte Methode zur Bestimmung der Raumausrichtung bedarf eines ausgeklügelten Eich - und Korrekturverfahrens, welches wir hergeleitet und beschrieben haben. Jedoch bleibt beim Betätigen dieser Schwungkörper der Gesamtimpuls des Systems erhalten, und die Raumsonde kann somit keine bleibenden Impulsänderungen, wie zum



PASCAL HAYOZ und MANFRED HEUBERGER haben im Frühjahr 1985 ihre Ausbildung am Kollegium Hl. Kreuz, Freiburg, mit der Matura Typ C abgeschlossen. PASCAL HAYOZ studiert in Freiburg Chemie und MANFRED HEUBERGER studiert ebenfalls in Freiburg Physik. Beide sind begeisterte Amateurastronomen und interessieren sich stark für die Entwicklung neuer Technologien. Die vorliegende Arbeit hat am diesjährigen Wettbewerb "Schweizer Jugend forscht" teilgenommen. Die Auszeichnung waren das Prädikat "sehr gut" und der Spezialpreis der SAG, sowie Spezialpreise der Universität und des Observatoriums von Genf.

«Seit wir uns kennen, beschäftigen wir uns intensiv mit der Amateurastronomie. Bei dieser Tätigkeit sind wir immer wieder auf das Problem der genauen Kenntnis der Entfernungen zu Astronomischen Objekten gestossen. Dies hat uns veranlasst, ein hochpräzises Winkelmessystem zu entwerfen, sowie ein Astrometrieprojekt auszuarbeiten.».

Beispiel Kurskorrekturen oder Impactkompensation erzeugen. Deshalb haben wir ein Triebwerk mit fein dosierbarem Schub (Low Thruster) entworfen, welches im Stande ist, diese Aufgabe zu erfüllen. Dieses Triebwerk nutzt im wesentlichen die Eigenschaft von vielen Stoffen, dass sie bei sehr niedrigen Druckverhältnissen und sehr tiefen Temperaturen (Weltraumbedingungen) bei Erwärmung vom festen Zustand direkt in den gasförmigen Zustand überwechseln (Sublimation). Die so vom Festkörper getrennten Moleküle wandern, bedingt durch ihre kinetische Energie und dem durch die Sublimation entstandenen Druckgefälle in eine folgende Boosterkammer. Dort werden die Teilchen, durch die spezielle Boosterkammerform weiter thermisch beschleunigt und über einen Abstrahltrichter in den freien Raum geschleudert. Dabei wird ein Impuls erzeugt, der auf den Bewegungszustand der Raumsonde wirkt. Die Abgabe von thermischer Energie in die Boosterkammer kann über einen fein regelbaren Steuerstrom dosiert werden, so dass auch eine sehr feine Dosierung des Schubes ermöglicht wird. Das European Space Technology Center (ESTEC) in Noordwijk Holland, zeigt Interesse an unserem Low Thruster und ist bereits daran, unsere Unterlagen zu prüfen.

Ergebnisse:

Um die Dreierkonstellation unserer Raumsonden zu optimieren, müssen sich diese sternförmig von der Sonne entfernen. Diese Forderung ist aber mit komplizierten Flugbahnen der einzelnen Sonden verbunden. Um die Flugbahnen numerisch auszuwerten und uns eine Liste möglicher Startdaten und Bahnparameter zu verschaffen, haben wir ein Computerprogramm geschrieben, welches die Flugbahnen zu beliebigen Zieldaten berechnet. Das Resultat unserer Berechnungen am Simulator sind die folgenden:

1) Um Energie zu gewinnen, benützen wir das bewegte Gravitationsfeld des Jupiters durch einen nahen Vorbeiflug als Beschleuniger.

2) Die Sonden müssen im Abstand von ca. 4,5 Jahren gestartet werden, um die sternförmige Konstellation zu erreichen.

3) Eine Liste von möglichen Startdaten sieht wie folgt aus:
   SAM 1 26.11.1990
   SAM 2 10.04.1995
   SAM 3 22.08.1999

4) der Abschusswinkel von der Erde variert dabei zwischen 59.3° und 60.1°

5) Die Ablenkwinkel im Jupitergravitationsfeld betragen:
   SAM 1 β = 65,7°
   SAM 2 β = 58,9°
   SAM 3 β = 50,3°

6) Der Jupitervorbeiflug von SAM 2 hat folgende Gestalt:
   Einflugswinkel: 75,4°
   Initialgeschwindigkeit: 33,241 Km/s
   Perijovis (Distanz zur obersten Atmosphäre): 9892 Km
   Ablenkwinkel ß = 58,9°
   Endgeschwindigkeit: 42,261 Km/s
   Dauer des Vorbeiflugs: 23,4 h

Geschwindigkeitsgewinn: 9,019 Km/s

Messgenauigkeit und wissenschaftliche Aspekte:

Will man die Entfernung eines bestimmten Sterns z.B. auf 20% genau bestimmen, so muss seine Parallaxe mindestens fünf mal so gross sein wie der mittlere Fehler der Parallaxenmessung. Der Stern darf also nur eine gewisse Maximalentfernung von der Sonne besitzen. Bis dahin war die Entfernungsgrenze bei 20 pc für 20% Fehler. Hipparcos (ESA 1988) wird diese Grenze bereits auf 100 pc hinausschieben. Durch die neue Messmethode und die vergrösserten Messbasen von SAM wird diese Grenze um ein Weiteres auf 127'000 pc erweitert (1 pc = 1 parsec = 30,857 Billionen Km).
In diesem grösseren Raumbereich sind insgesamt milliarden Mal so viele Sterne enthalten, vor allen Dingen aber Sterntypen, die in dem kleineren Raumbereich von 20 pc überhaupt nicht vorkommem: RR-Lyrae Sterne, Cepheiden, planetarische Nebel, Mira-Sterne, Hauptreihensterne, Riesen, Vorhauptreihensterne, Be-Sterne und viele andere. Dazu kommen nahe intergalaktische Objekte wie die Magellanschen Wolken oder gar das gesamte aussergalaktische Halo mit seinen tausenden Kugelsternhaufen. Durch Anschluss des SAM-Systems an extragalaktische Objekte kann ein homogenes, nahezu perfektes Inertialsystem als Bezugsrahmen für die Astronomie geschaffen werden. Ein solches Bezugssystem bietet Anwendungen in Physik, Geophysik, Nautik und anderen Bereichen.

Weitere Experimente an Bord

Die günstige Dreierkonstellation der Raumsonden würde in der Geschichte der Astronomie eine einmalige Gelegenheit eröffnen, weitere für die Astronomie bedeutende Experimente durchzuführen:
Die SAM Raumsonden besitzen jeweils ein Low Energy - Röntgenteleskop und je drei interferometrisch gekoppelte Radioteleskope. Damit wird es möglich, astronomische Objekte auch in anderen Bereichen mit einer nie dagewesenen Auflösung zu vermessen.

Adresse der Autoren:
MANFRED HEUBERGER, Sonnegg 3, CH-3185 Schmitten
PASCAL HAYOZ, rte. Planafaye 108, CH-1752 Villars-s-Glâne

Verdankungen: Wir danken Sony Overseas für die bereitwillige Unterstützung mit detailliertem Informationsmaterial über optoelektronische Sensorechnik. Weiter danken wir TELDIX GmbH, Wehr- und Messtechnik in Heidelberg, Deutschland für die Bereitstellung technischer Daten über ihre entsprechenden Produkte. Das französische Zentrum für Weltraumforschung (CNES) in Toulose und das Operationszentrum (ESOC) in Darmstadt, Deutschland haben uns freundlicherweise umfassende Berichte über laufende Astrometrieprojekte zukommen lassen.

Zu verkaufen **31,7 cm NEWTON-TELESKOP** Einige Daten: 114 mm Achsenkreuz - Durchmesser 20 cm, Durchmesser der Stahlsäule 255 mm ∅ Schnecken-Getriebe, Feineinstellung der Polhöhe, Komplett mit motorischer Deklination und elektronischer Steuerung beider Achsen. Sehr günstiger Preis, Tel. Geschäftszeit 071 / 66 19 66 - Priv. 071 / 42 57 09 abends