



Diplomand
Dozent
Projektpartner
Experte
Themengebiet

Romeo Bee
Prof. Dr. Gerhard Székely
Synopta
Dipl. Ing. ETH Fleckenstein Andreas
Produktentwicklung & Mechatronik

Optimierung der Strahlausrichtung mit Hilfe von Temperatursensoren

Ausgangslage

Um leistungsstarke Datenverbindungen zwischen zwei Satelliten oder zwischen Satellit und Bodenstation zu realisieren, wird an Stelle des klassischen Radio-Funks auch Laserlicht eingesetzt. Dieses ermöglicht auf Grund seiner kleineren Wellenlänge höhere Datenübertragungsraten. Die Firma Synopta entwickelt und baut Strahlausrichtungssysteme (Coarse Pointing Assembly, CPA), welche dazu dienen, den Laserstrahl zum jeweiligen Kommunikationspartner zu richten. Dazu wird der Laserstrahl über zwei Spiegel abgelenkt. Jeder Spiegel kann mit einem Stellantrieb bewegt werden, sodass der Laserstrahl in einem hemisphärischen Raum beliebig ausgerichtet werden kann. Durch unterschiedlichen Sonneneinfall während des Orbits und durch variierende Verlustwärme des Satelliten entstehen in der CPA Temperaturschwankungen. Diese führen zu örtlicher Ausdehnung des Materials und schliesslich zur Verformung der CPA. In dieser Arbeit wurde untersucht, ob man anhand von Temperaturmessungen eine ausreichend gute Verformung berechnen kann, um eine softwaremässige Kompensation der Abweichung zwischen Soll und Ist zu ermöglichen. Die Auswahl der Messstellen der Temperatursensoren ist dabei sinnvoll zu wählen.

Je genauer auf Antrieb der Laserstrahl auf den Kommunikationspartner ausgerichtet werden kann, desto schneller kann die Verbindung aufgebaut werden. Durch die Kompensation der thermischen Verformung kann die Genauigkeit beim Vorpositionieren gesteigert werden. Dadurch nimmt der Suchvorgang weniger Zeit in Anspruch.

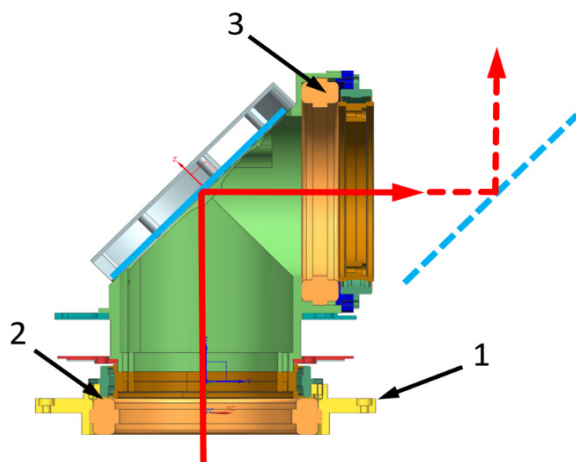


Abb. 1: Schnittbild durch den Azimut-Teil der CPA, Grundplatte (1), Stellantrieb Azimut (2), Stellantrieb (3), Spiegel (hellblau eingezeichnet), Strahlengang (rot eingezeichnet), zweite Ablenkung (unterbrochene Linie)

Vorgehen

Um die Zeit eines komplexen Versuchsaufbaus einzusparen, wurde mit entsprechender Simulations-Software ein thermo-elastisches FEM-Modell (Finite Elemente Methode) erstellt. Geometrische Details, welche kaum Einfluss haben auf die globale Verformung, wurden unterdrückt, um Rechenzeit zu sparen. Ausserdem wurde die Untersuchung auf den Azimut-Teil (nur die erste Ablenkung des Laserstrahls) beschränkt. Anhand verschiedener Temperaturverteilungen wurden die Kippwinkel des Azimutspiegels und der Elevationsachse in Bezug auf die Einspannebene ermittelt. Aus den Ergebnissen wurden mittels mathematischen Betrachtungen Funktionen zur Kompensation aufgestellt und evaluiert.

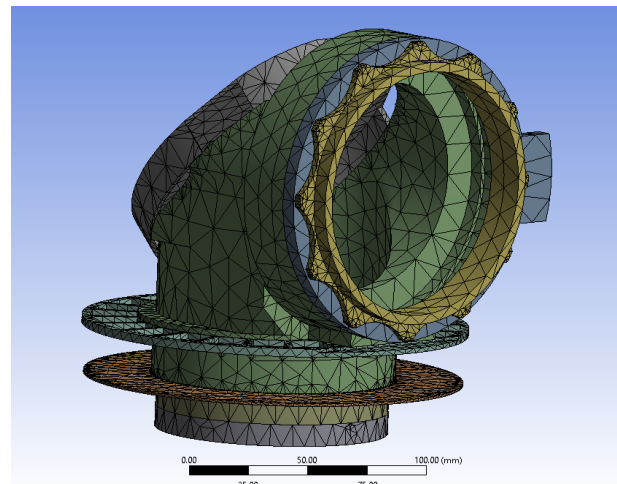


Abb. 2: FEM-Modell mit dargestellter Vernetzung

Ergebnis

Die Temperaturen, die im Einsatz erwartet werden, können die Richtung des Laserstrahls um maximal $100 \mu\text{rad}$ beeinflussen. Das entspricht für eine typische Einsatzdistanz von ca. $35'000 \text{ km}$ einer Abweichung am Ziel um $3,5 \text{ km}$. Für jedes Bauteil wurde berechnet, wie viel es zum gesamten Winkelfehler beiträgt. Dadurch konnte gezeigt werden, dass es ausreicht, die Temperatur der empfindlichsten drei Bauteile zu messen, um 97% des Winkelfehlers zu erfassen. Der Zusammenhang zwischen den gemessenen Temperaturen und dem Winkelfehler kann durch eine einfache Gleichung beschrieben werden und steht somit der Steuerung als Vorhaltewinkel zur Verfügung.