

# Sternwarte in 12 km Höhe

Die im US-amerikanischen Skokie, Illinois, ansässige Firma MPC Product, Corp. entwickelte im Auftrag der NASA eine Aktorstuerung für den Antrieb eines Türsystems einer modifizierten Boeing 747. Die Tür verschließt den riesigen Frachtraum für ein Infrarotteleskop. Das Teleskop ist das größte, das je in einem Flugzeug eingebaut wurde und dient zur Beobachtung infraroter Strahlung astronomischer Objekte einschließlich komplexer Moleküle, neu entstehender Planetensysteme sowie schwarzer Löcher. Bei diesem einzigartigen Projekt setzte MPC mehrere dSPACE-Werkzeuge für den Entwurf der Reglersoftware ein.

MPC Products Corp. befindet sich in der finalen Testphase eines seit über vier Jahren laufenden NASA-Projekts zur Entwicklung einer Aktorstuerung für das mechanische Öffnen und Schließen der Teleskopraumöffnung (Cavity Door Drive System, CDDS). Mit dem reflektierenden Teleskop können Forscher weit entfernte astronomische Objekte wie Sterne, Kometen, Asteroiden, neu entstehende Sonnensysteme und schwarze Löcher untersuchen. Installiert wurde es an Bord einer umgebauten Boeing 747SP, genannt SOFIA (Stratosphären Observatorium für Infrarot Astronomie).

## Warum ein Stratosphären-Observatorium?

Das SOFIA-Teleskop hat einen Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 2,5 m und kann Beobachtungen durchführen, die selbst das größte Teleskop am Erdboden nicht leisten könnte. Das vom DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) bereitgestellte Teleskop dient zur Beobachtung infraroter Strahlung oder Energie ver-

schiedenster astronomischer Objekte. Der Wasserdampf in der Erdatmosphäre blockiert die meisten Arten von Infrarotlicht/Energie, wodurch die Beobachtung mit Teleskopen am Erdboden nahezu unmöglich ist. In einer Flughöhe von 12 km allerdings kann das SOFIA-Teleskop das Infrarotlicht zwischen hundert- und tausendfach besser erkennen.

## Die Himmelstür

Einer der entscheidenden Schlüsselfaktoren zur Realisierung dieser bemerkenswerten Beobachtungsmöglichkeit liegt im Aufbau des CDDS. Nach Auskunft von Chris Wall, Programm-Manager bei MPC, bestand die Herausforderung in der Entwicklung einer Aktorstuerung, die das CDDS an Bord des Flugzeugs bei einer Geschwindigkeit von Mach 0,8 in knapp 12 km Flughöhe öffnen und schließen kann. Zusätzlich zu Höhe und Geschwindigkeit mussten Risikofaktoren wie Eisbildung, Trägheits- und Schwerkkräfte berücksichtigt werden.

„Dieses ist mit Sicherheit das komplexeste Software-Projekt, an dem wir je gearbeitet haben“, so Wall. „In den nächsten sechs Monaten werden wir die Hardware zum Öffnen und Schließen des Türsystems an die NASA liefern.“

Der leitende Systemingenieur Matt Polley erläutert, dass das Teleskop von elektromagnetischen Motoren ausgerichtet wird, die von einem computergesteuerten Regelsystem angetrieben werden. Die Türen müssen dem sich bewegenden Teleskop folgen, das die Position relativ zum Flugzeug halten muss. „Das Regelsystem für die Türen besteht aus zwei redundant gesteuerten Aktoren“, so Polley. „Akkurate Positionierung und Geschwindigkeitssteuerung gehörten zum kritischen Teil beim Entwurf der

- **NASA-Projekt:**  
Stratosphären-Observatorium für Infrarot Astronomie (SOFIA)
- **Herausforderung:**  
Öffnen und Schließen des Teleskopraumes in der Luft
- **Sicherheitskritische**  
Regelstrategien entwickelt mit dSPACE-Werkzeugen



▲ Der junge Stern L1157 in sichtbarem Licht (links) und als Infrarotbild (rechts). In sichtbarem Licht erscheint der Stern schwarz. Foto: NASA, JPL Cal Tech, L. Looney (University of Illinois).



▲ In einer Höhe von 12 km ist der Wasserdampf etwa um den Faktor Tausend zurückgegangen.

Türen. Wenn sie sich zu schnell öffnen oder weiter aufgehen als sie sollen, kann das Flugzeug schwer beschädigt werden, was einer Katastrophe gleichkäme.“

### Algorithmenentwurf

Für die Entwicklung der Aktorsteuerung entwarf das MPC-Team mit Hilfe von dSPACE-Werkzeugen einen Testaufbau zur Simulation der Systemumgebung. Es wurde ein modulares System aufgebaut, bestehend aus einem dSPACE DS1005 Processor Board zur Realisierung von Echtzeitverhalten und hohen Ab-

---

*„Dieses ist mit Sicherheit das komplexeste Software-Projekt, an dem wir je gearbeitet haben.“*

**Chris Wall, MPC Products Corporation**

---

tastraten, einer dSPACE Resolver-Karte, einer dSPACE Encoder-Karte und einem dSPACE DS2201 Multi-I/O Board, mit dem variierende I/O-Typen abgedeckt werden. Polley erläutert weiter, dass die dSPACE-Werkzeuge zur Feinabstimmung des Reglerentwurfs sowie zum Generieren einer Regelstrategie zum Einsatz kamen, um aerodynamische Kräfte und Schwerkkräfte, denen das CDDS während des Fluges ausgesetzt sein wird, zu simulieren. Dabei mussten über 400 Anforderungen auf Systemebene als Teil des Entwurfsprozesses berücksichtigt werden.

„Ein wichtiger Bestandteil des Projekts war die Simulation der Roll- und Schwerkkräfte für den Reglerentwurf“, so Polley. „Da es sich nicht um lineare Funktionen handelt, mussten wir ein eigenes Computersystem aufbauen, um den Betrieb im geschlossenen Regelkreis zu realisieren. Das System ist sehr umfangreich im Hinblick auf



Lastsimulationen und ist somit auch komplexer als unsere herkömmlichen Dynamometerregelsysteme, die niedrigere Drehmomente abgeben.“

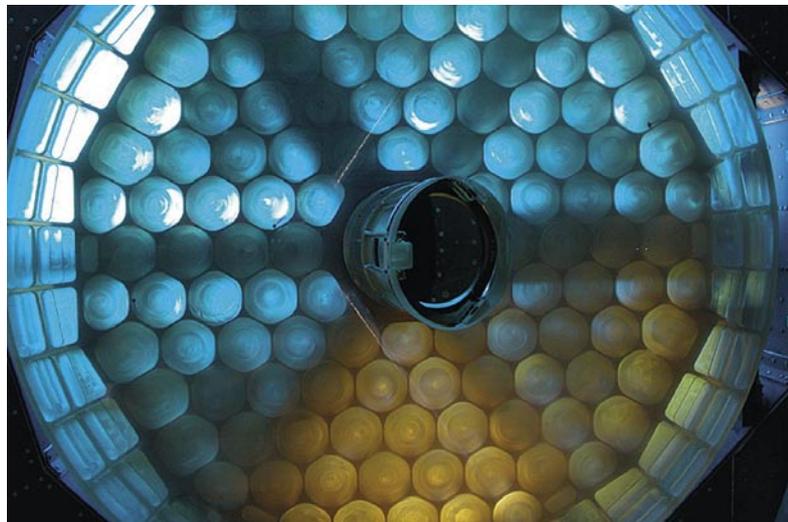
---

*„Die dSPACE-Werkzeuge dienen zur Feinabstimmung des Reglerentwurfs sowie zum Generieren einer Regelstrategie, um aerodynamische Kräfte und Schwerkkräfte zu simulieren, denen das Antriebssystem des Türmechanismus des SOFIA-Programms der NASA während des Fluges in 12 km Höhe ausgesetzt sein wird.“*

**Matt Polley, MPC Products Corporation**

---

„Die Software-Entwicklung war eine große Herausforderung, die wir gerne angenommen haben“, führt Polley fort. „Wir setzten dSPACE-Werkzeuge zur Unterstützung



◀ *Himmelslicht gesehen durch den 2,5 Meter messenden Primärspiegel. Das Bild wurde aufgenommen, bevor der Spiegel seine undurchsichtige Aluminiumbeschichtung erhielt.  
Foto: SOFIA Education and Public Outreach (E/PO) Universities Space Research Association (USRA).*



▲ Boeing 747SP  
während eines Testflugs.  
Das SOFIA-Infrarotteleskop  
ist im hinteren Teil des  
Rumpfes installiert.

in unseren Entwicklungsprozess ein. Die Werkzeuge sind sehr anpassungsfähig und werden in zahlreichen Projekten bei MPC verwendet.“

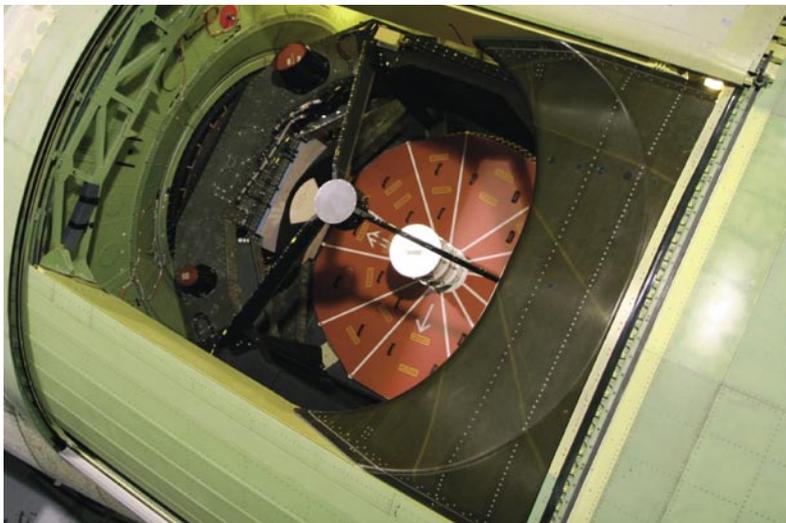
## Testphase

MPC befindet sich in der finalen Produktionsphase der ersten Entwicklungseinheiten und sieht nun eine reine Testperiode vor, um sicherzustellen, dass der Entwurf der Aktorstuerung planmäßig funktioniert. Dazu ist die Simulation aller denkbaren Szenarien vorgesehen, die während des Betriebs von Teleskop und CDDS in extremer Höhe auftreten können. Im August 2008 be-

kommt die NASA die Ausrüstung und kann das CDDS unabhängig testen.

„Wir haben ein hervorragendes Team“, so Wall. „Wir arbeiten intensiv mit der NASA zusammen und können so die Software an ihre Anforderungen anpassen.“ MPC wird vor Ort sein, um die NASA bei der Integration des CDDS und der Aktorstuerung an Bord des SOFIA-Flugzeuges zu unterstützen. Auch wird MPC die NASA bei den Testvorbereitungen für den Flug mit offenen Türen unterstützen, bei denen die ersten Infrarotbilder entstehen werden.

Weitere Informationen zum SOFIA-Programm finden Sie unter [www.sofia.usra.edu](http://www.sofia.usra.edu)  
Weitere Informationen zu MPC Products Corporation finden Sie unter [www.mpcproducts.com](http://www.mpcproducts.com)



◀ Das Teleskop des SOFIA-Projekts ist im hinteren Teil der Rumpfes verbaut. Es öffnet und schließt wie ein Augenlid. Foto: NASA, USRA (Universities Space Research Association), L-3 Communications Integrated Systems.