

Bild: Michael Link

# Windbeutel

## Bessere Vorhersagen durch globale Windprofile mit dem europäischen Satelliten ESA Aeolus

**Im August startet der europäische Satellit Aeolus. Er soll Wetterberichte massiv verbessern und der Klimaforschung neue Daten bereitstellen. Nach jahrelangen technischen Problemen ist er endlich fertig.**

Von Michael Link

Mehrere Absperrbänder halten uns auf Distanz zu einem weißen stählernen Transportschlitten auf glänzend grauem Hallenboden. Der Schlitten trägt den etwa VW-Polo-großen Windsatellit ESA Aeolus. Anfang Juni stehen wir Journalisten – in

knisternde weiße Reinraum-Schutzanzüge gehüllt – in einer riesigen Halle von Airbus Space and Defence in Toulouse. Wenn beim Start am 21. August vom Raumfahrtbahnhof Kourou alles gutgeht, wird Aeolus der erste Satellit sein, mit dem man Windprofile vom Boden bis in 30 Kilometer Höhe global erfassen kann – ein Datensengen für Wetterfrösche und Klimaforscher.

Mehrfach stand die nach dem griechischen Gott des Windes Aiolos benannte Mission vor dem Aus. Die Pannenliste liest sich, als ob Kriegsgott Mars das Projekt zu Fall bringen wollte. Er hat es nicht geschafft, denn nun ist der klotzige Satellit fertig.

Er besteht aus einem Kubus, dessen Grundfläche 1,74 mal 1,90 Meter beträgt, bei 2 Meter Höhe. Die Entwickler nutzten

hierfür die gleiche Plattform wie schon für die bekannte Forschungssonde Rosetta.

Den Boden des Kubus bildet ein runder Ring mit 1 Meter Durchmesser, der ihn mit der Rakete verbinden wird. Vorn ragt eine hohle Säule heraus, die wie eine Teewurst schräg angeschnitten ist. Metallfolien verbergen das empfindliche Innere, nämlich die „Wunderlampe“ Aladin. Das ist Weltraumchinesisch und steht für Atmospheric Laser Doppler Instrument. An dieser 500 Kilo schweren Wunderlampe zu reiben ist nicht erwünscht: Ein Schild am Absperrband gegen zu neugierige Journalisten weist sogar darauf hin, dass ab hier Atemmasken zu tragen sind. Nicht, weil man Menschen schützen will, sondern nur damit der Satellit sauber bleibt.

Das Aladin-Instrument ist so empfindlich, dass für die Reise des Satelliten zum Raumfahrtbahnhof Kourou nur das Schiff „Ciudad de Cadix“ infrage kommt. Ein Transport mit dem Flugzeug könnte das Instrument durch einen plötzlichen Druckabfall beschädigen – anders als beim Raketenstart, bei dem sich der Druck kontinuierlich verringert.

Insgesamt wiegt der Raumkörper 1360 Kilogramm, 266 Kilo entfallen auf den Kraftstoff und 13,4 Kilo auf den Sauerstoff. Der hat eine Spezialaufgabe, die später noch deutlich wird.

Die beiden Solarpanels an der Seite bestehen aus je drei Arrays mit Galliumarsenid-Zellen und messen entfaltet 16,5 Meter. Noch sind sie eingeklappt. Im All sollen sie 1,4 Kilowatt produzieren und eine 84-Amperestunden-Lithium-Ionen-Batterie speisen.

### Gewienert und entstaubt

Bei Raumfahrtprojekten teilt man Zuständigkeiten gewöhnlich auf. Airbus Space und Defence baute das Windmess-System Aladin, wohl deswegen stehen wir hier. Bevor ich den Satelliten endlich fotografieren darf, wurden meine Kamera und die Objektive in einer winzigen Kammer so gründlich wie nie zuvor abgewischt und gereinigt und wir in besagte Reinraumanzüge gesteckt. Vor dem Betreten der Halle werden wir noch mal gebrieft, was denn, bitteschön, aus Geheimhaltungsgründen nicht fotografiert werden darf. In kleinen Gruppen geht es in blauen Plastikschlappen durch die weitläufige Halle

an herabgelassenen Toren vorbei zum noch liegenden, aber bald fliegenden Windgott.

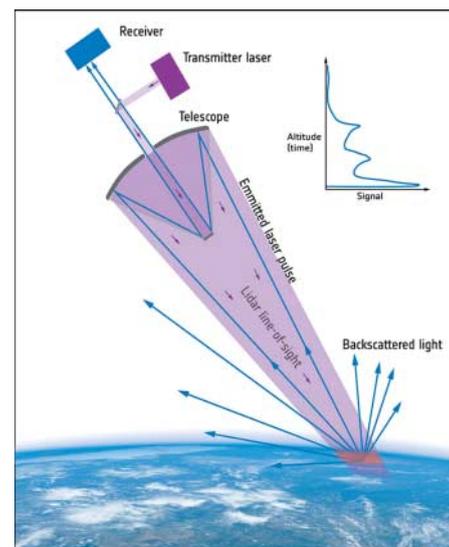
Das Aladin-Prinzip ist schnell erklärt: Ein Laser in Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Bauweise sendet im 50-Hertz-Takt UV-Impulse mit einer Wellenlänge von 355 Nanometer querab zur Flugbahn schräg zur Erdoberfläche.

Die von Teilchen und Molekülen in der Atmosphäre zurückgeworfenen Signale sammelt das Teleskop an Bord mit zwei Spektroskopen wieder ein. Aus der Laufzeit zwischen Ausstrahlung und Empfang berechnet ein Computer die Distanz und aus dem durch Dopplereffekt erzeugten Frequenzversatz das Tempo der Teilchen als Projektion bezogen auf die Bahn des Satelliten. Der Messfehler der Winddaten beträgt dabei maximal rund 0,7 Meter pro Sekunde.

Die Windrichtung lässt sich aus der Geschwindigkeitsangabe allein nicht berechnen. Das ist erst mit weiteren Daten möglich.

### Billiger als die Elbphilharmonie

Das klingt alles einfach, doch der ESA-Direktor für Erdbeobachtungsprogramme, Josef Aschbacher, sagt heute Dutzende Male in die Mikrofone der Journalisten: „Es ist das erste Mal, dass ein solches System im Weltraum verwendet werden soll.“ Der Tiroler ist sichtlich stolz auf die Verbissenheit des Projektteams. Denn trotz der nicht abreißen den Probleme blieb eine entsprechende Kostenexplosion aus.



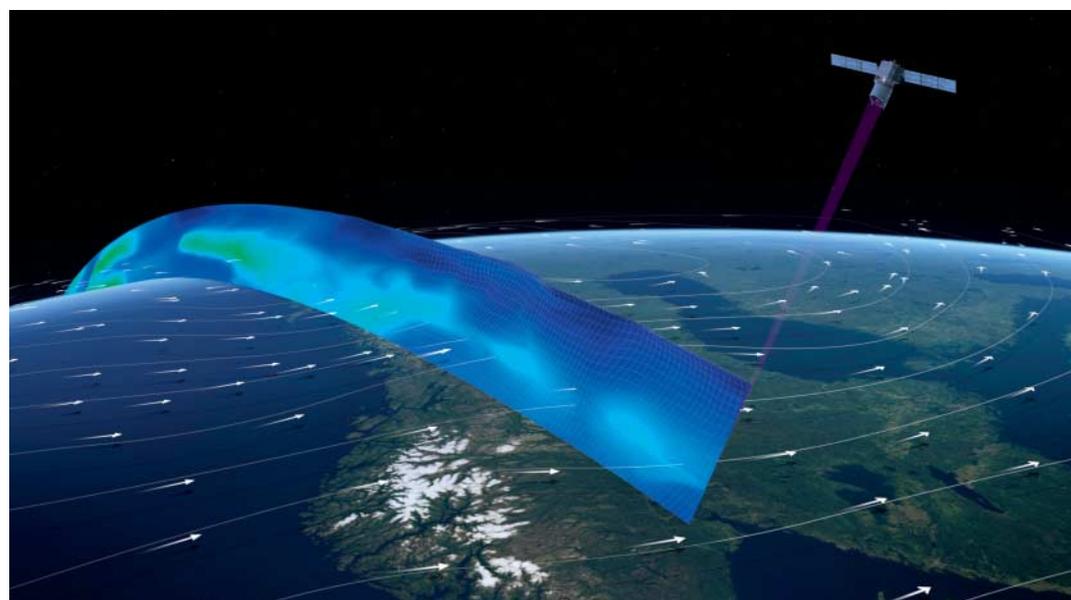
Sowohl der Laser als auch die beiden Spektroskope zum Empfang nutzen das Teleskop.

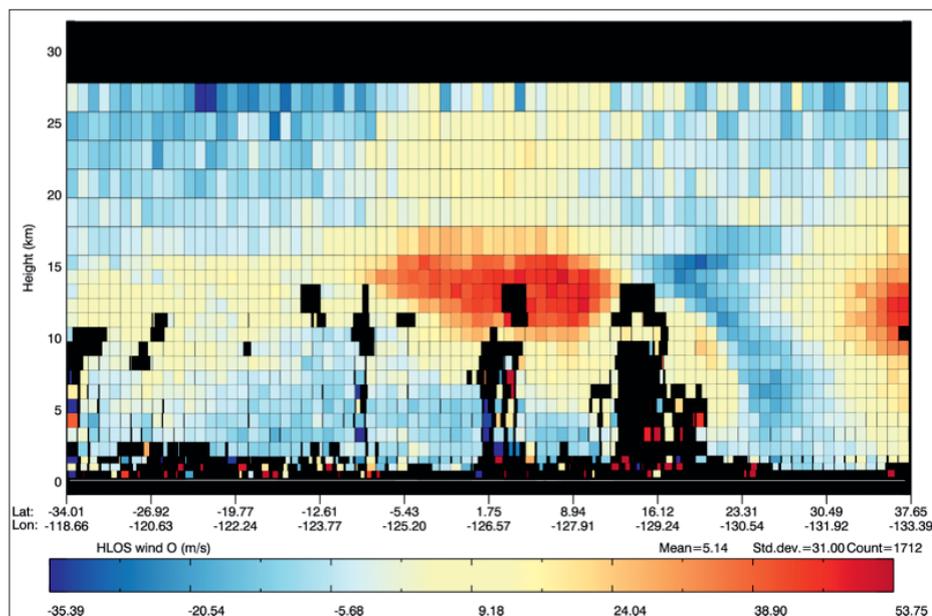
481 Millionen Euro sind zwar kein Pappentiel, doch die Ausgabe könnte sich lohnen.

Der kleine Computer im Satelliten dürfte noch eines der billigsten Bausteine sein. Im Vergleich dazu erreicht selbst ein angestaubtes iPhone 5 die 112-fache Rechenleistung. Die technischen Herausforderungen lagen bei Aeolus anderswo.

Anders Elfving, der dritte Projektmanager in 16 Jahren, erläuterte einige der Probleme: Anfangs war die Konstruktion zu wacklig, später versagte der Laser. 2008 entdeckte man, dass das reflektierte Laserlicht störende Partikel auf die

Der Aeolus-Satellit fliegt auf einer sonnen-synchronen Bahn in etwa 320 Kilometern Höhe. In sieben Tagen schafft er 111 Umläufe, also etwa 16 pro Tag. Sein Laser strahlt quer zur Flugrichtung schräg im 35-Grad-Winkel nach unten und vermisst dabei jeweils einen 230 Kilometer schräg unter ihm liegenden Streifen. So lässt sich auch die horizontale Bewegungskomponente von Partikeln in der Atmosphäre ermitteln.





Jedes Windprofil ist ein 90 Kilometer langer Streifen von 2,9 Kilometern Breite, unterteilt in 30 Abschnitte. Die Farben stehen für die Windgeschwindigkeiten in 24 verschiedenen Höhenstufen und 79 Segmenten.

kristalline Beschichtung des Teleskops schleuderte. Diese sowie produktionsbedingte Verunreinigungen der Beschichtung führten zu Brennglas-Effekten. Vereinfachend: Das Teleskop wird nach und nach immer blinder.

Das Projektteam schickte Einkäufer kreuz und quer durch die Welt auf die Jagd nach hochreinen Kristallen, welche die beabsichtigte Laufzeit von drei Jahren überstehen können. Wo sie letztlich herkommen, hält die ESA geheim. Außerdem nimmt Aeolus einen Sauerstoff-Vorrat (13,4 Kilogramm) mit auf die Reise, mit dessen Hilfe Fremdkörper auf der Teleskopoberfläche rußfrei verbrannt werden sollen. Bei jedem Verbrennungsprozess werden vom Vorrat nur winzige Mengen des mitgeführten Sauerstoffs verbraucht – etwa so viel, wie eine große Zimmerpflanze pro Tag erzeugt.

Die Suche und die aufwendigen Tests in den Vakuumkammern des ESTEC-Testlabors in Noordwijk verschlangen viel Zeit – schon allein deshalb, weil es sehr lange dauert, in den Prüfkammern ein Vakuum herzustellen, die wechselnden Temperaturverhältnisse im All nachzubilden sowie bei alledem zu prüfen, ob Laser und Teleskop mit der Beschichtung im Test auch nach langem Betrieb weiterhin funktionieren. Endlich, im Februar 2016, lief der Live-Test des Systems erfolgreich. Von da an ging es im üblichen Tempo vorwärts.

Als ich mich nach anderthalb Stunden wieder aus dem mittlerweile stark aufgeheizten Schutzanzug pellte, dampfte ich beinahe wie nach einem Saunagang. Auch beim Aladin-Laser kam es zu Kühlungsproblemen. Die Heatpipes, mit denen die Ingenieure sie in den Griff bekamen, hätte ich jetzt gern.

### Warum denn nicht gleich so?

Wieso überhaupt Satellitendaten zur Windmessung nötig sind, mag verwundern. Aber Messungen mit Wetterballonen und Flugzeugen ergeben nur Momentaufnahmen; feststehende Stationen erfassen den Wind nur an einem Ort und in einer festen Höhe. Für weite Teile der Erde fehlen jegliche Daten. Mit den greifbaren Messdaten und durch Kombination mit anderen Daten ergeben sich zwar ordentliche Prognosen, aber präzisere Winddaten würden buchstäblich frische Luft ins System pusten. Mit einer besseren Vorhersage hätte ich Regenschachen nach Toulouse mitgenommen, denn die herkömmliche Vorhersage sah eitel Sonnenschein.

Bessere Vorhersagen können aber Leben und Werte retten, etwa durch rechtzeitige und gezieltere Warnung vor Wetterphänomenen wie Wirbelstürme oder Starkregen. Außer Wetterdiensten interessieren sich daher auch Versicherungen für die Wind-Informationen. Alle Daten sollen auch für die Allgemeinheit frei nutzbar sein.

Nach dem Start mit einer Vega-Rakete am 21. August von der ESA-Basis in Kourou soll Aeolus im Januar 2019 in den Regelbetrieb gehen und ab März Daten liefern. Eine Station auf den norwegischen Svalbard-Inseln empfängt dabei die vom Satelliten mit 10 Megabit pro Sekunde ausgesendeten Daten. Etwa alle 90 Minuten treffen die vom Satelliten generierten Datenpakete ein. Die nördliche Lage der Station stellt sicher, dass der Satellit bei vielen seiner Umläufe über den Nordpol auch in den Empfangsbereich der Station gerät.

Ein Rechenzentrum in Tromsø verarbeitet die Daten, sendet sie weiter an das Europäische Zentrum für Mittelfrist-Vorhersagen in Reading, England, und an das ESA-Zentrum für Erdbeobachtung (ESRIN) im italienischen Frascati. Das ESOC in Darmstadt (European Space Operations Centre) steuert den Satelliten über eine Station im schwedischen Kiruna. Steuerbefehle sollen dabei nur ein Mal pro Woche abgesetzt werden.

### Erster unter vielen

Schon jetzt gibt es Gedankenspiele, das System auszubauen. Die Daten von Aeolus könnten Wegbereiter zu weiteren Aeolus-Satelliten sein. Im größeren Zusammenhang sortiert sich das Aeolus-Projekt in eine Reihe von Satelliten zur Erdbeobachtung ein. Insgesamt sind bei der ESA 25 Satelliten in der Entstehungsphase und 14 sind bereits im Umlauf, darunter die Sentinels im Copernicus-Umfeld sowie die aufs Wetter spezialisierten MetOp-Satelliten. Aeolus erfüllt wie beschrieben eine Doppelaufgabe, weil er Winddaten fürs Wetter erfasst, aber mit seinem zweiten Spektroskop (Mie-Receiver) auch dynamische Prozesse in der Atmosphäre, die Wolkenschichtung und Aerosole bestimmen kann.

In Bezug auf die Klimaforschung überbrückt Aeolus die Zeit, in der die NASA-Satelliten CloudSat und Calipso keine Daten über Aerosole und Wolken mehr liefern werden und das europäische Projekt EarthCare noch nicht gestartet ist. Letztes wird erst für 2021 erwartet.

Wer nicht so lange mit dem Flotten-Aufbau warten will: Eine Nummer kleiner gibt es den Satelliten schon. Fans können sich von der Aeolus-Seite im Netz einen Bauplan für ein Papiermodell im Maßstab 1:40 herunterladen und startklar machen. Ein Glück, dass da kein Teleskop dabei ist, das den Bau verzögert. (mil@ct.de) **ct**