

Solar Orbiter kehrte kurz zur Erde zurück

Vor Beginn ihrer wissenschaftlichen Hauptmission kehrte die im Februar 2020 gestartete Solar Orbiter am 27. November für einen riskanten Vorbeiflug zur Erde zurück. Bereits jetzt ist die wissenschaftliche Gemeinschaft begeistert ob der noch während der Erprobungsphase erhaltenen Daten. Geliefert werden diese unter anderem von in Davos mitentwickelten Instrumenten.

pd/bg | An diesem Tag befand sich die Sonde in nur 460 Kilometern Höhe über Nordafrika und den Kanarischen Inseln der Erde am nächsten. Das ist fast so nah wie die Umlaufbahn der Internationalen Raumstation. Das Manöver war wichtig, um den Schub der Sonde zu verringern und sie auf den nächsten nahen Vorbeiflug an der Sonne auszurichten, es barg aber auch ein Risiko. Das Raumschiff musste dabei zwei Orbitalregionen durchqueren, die beide voller Weltraummüll sind. Der erste ist der geostationäre Satellitenring in 36 000 Kilometern Höhe, der zweite die niedrigen Erdumlaufbahnen in etwa 400 Kilometern Höhe. Daher

bestand ein geringes Risiko eines Zusammenstosses, weshalb das Betriebsteam der Solar Orbiter die Situation sehr genau beobachtete, um notfalls eingreifen zu können. Nachdem die Solar Orbiter wieder aus dem Erdschatten herausgetreten war, machte sie sich auf den Weg zu ihrem Rendezvous mit der Sonne und deren noch nie zuvor gesehenen Polarregionen. Die wissenschaftliche Phase dieser ehrgeizigen Mission wird dann beginnen.

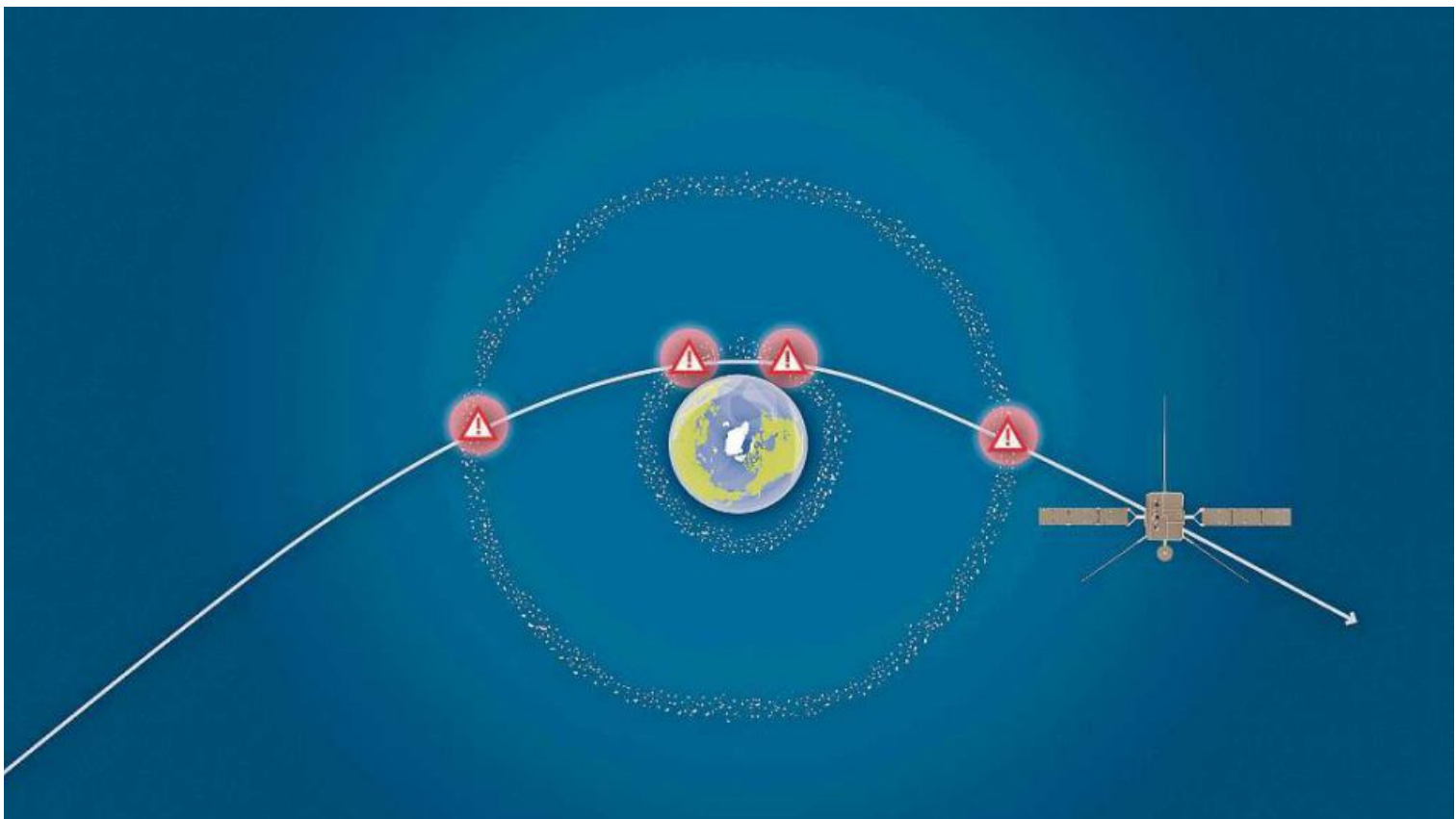
Gelegenheit für die Erdwissenschaften

Der Vorbeiflug bot eine einzigartige Gelegenheit, das Magnetfeld der Erde zu untersuchen. Dies ist ein Thema von grossem Interesse, denn das Magnetfeld ist die Schnittstelle unserer Atmosphäre mit dem Sonnenwind, dem ständigen «Wind» aus Teilchen, die von der Sonne ausgestossen werden. Die Teilchen des Sonnenwindes können nicht nur in das Magnetfeld eindringen und Polarlichter an unserem Himmel entfachen, es können auch umgekehrt Atome aus unserer Atmosphäre ins Weltall entweichen. Diese Wechselwirkungen werden auf detaillierte Art und Weise im Rahmen von zwei ESA-Missionen untersucht: Die vier Cluster-Satelliten in 60 000 Kilometern

Höhe und die drei Swarm-Raumsonden in 400 Kilometern Höhe. Um die sogenannte Raum-Zeit-Mehrdeutigkeit zu überwinden, sind mehrere Raumsonden erforderlich. Der Begriff beschreibt die Ungewissheit, ob eine Veränderung stattgefunden hat, weil ein Raumfahrzeug in eine andere Region mit anderen Bedingungen geflogen ist (eine Veränderung im Raum) oder durch eine Region fliegt, in der sich die Bedingungen ändern (eine Veränderung in der Zeit).

Der Vorbeiflug der Solar Orbiter bot eine einzigartige Gelegenheit, noch mehr Daten zu sammeln. Sie drang von ausserhalb der Clusters-Umlaufbahn in das Erdmagnetfeld ein, näherte sich der Swarm-Umlaufbahn am nächsten an und flog dann wieder hinaus. Dies lieferte noch mehr Datenpunkte, aus denen der Zustand und das Verhalten des Erdmagnetfelds während des Vorbeiflugs rekonstruiert werden können.

«Dieser Vorbeiflug ist aufregend: Zu sehen, was die Solar Orbiter in unserem Teil des Weltraums sieht, und wie sich das mit dem vergleicht, was wir sehen, und wenn es Überraschungen gibt, welche das sind», sagt Anja Strömme, Missionsmanagerin von Swarm.



Der entscheidende Vorbeiflug der Solar Orbiter an der Erde am 27. November brachte die Sonde auf die richtige Umlaufbahn, damit ihre wissenschaftliche Phase beginnen kann.

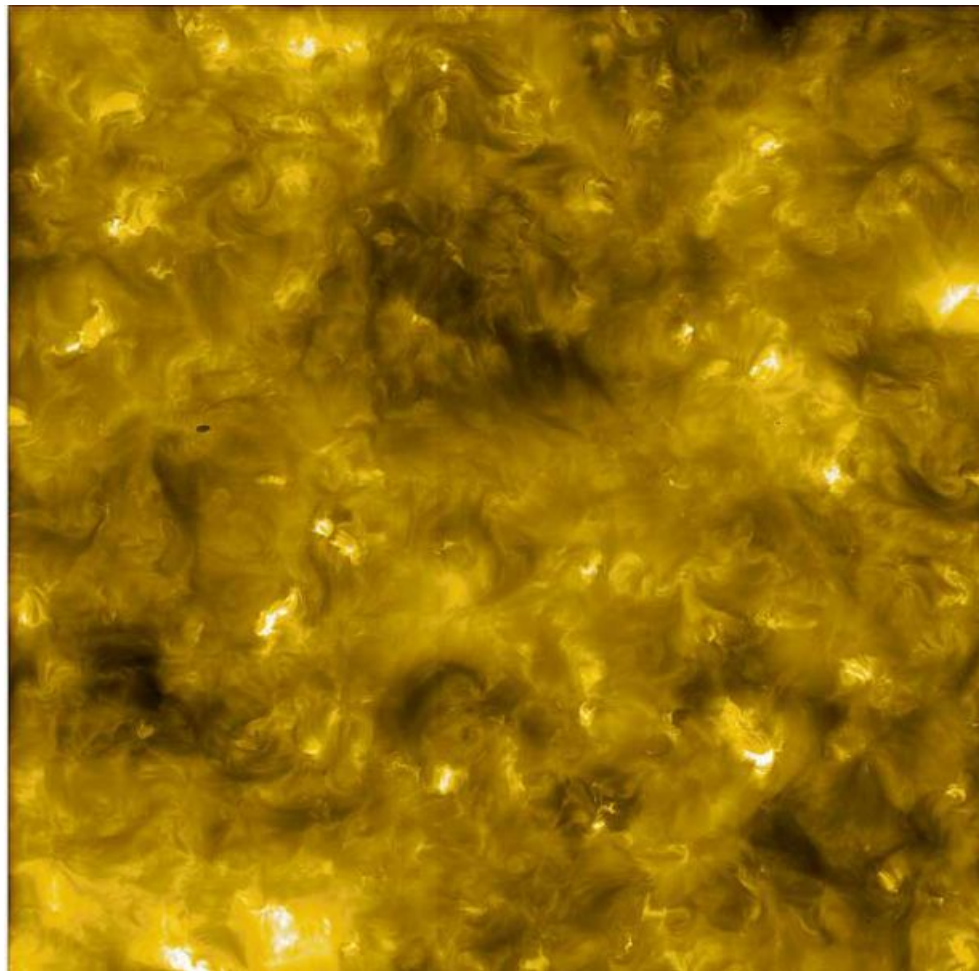
Grafik: zVg/ESA

Flugphase abgeschlossen

Der Vorbeiflug stellt einen wichtigen Meilenstein für die Solar Orbiter dar. Von ihrem Start im Februar 2020 bis Juli desselben Jahres befand sich die Sonde in der Inbetriebnahmephase, in der die Wissenschaftler und Ingenieure die Sonde und ihre Instrumente testeten. Von Juli 2020 bis heute befindet sich die Solar Orbiter in der Flugphase. In dieser Zeit haben die Instrumente an Bord Messungen des Sonnenwinds und anderer Bedingungen in der Umgebung der Sonde vorgenommen, während die Fernerkundungsinstrumente, die die Sonne beobachten sollen, in ihrem erweiterten Kalibrierungs- und Charakterisierungsmodus waren.

Dennoch schon erste Ergebnisse

Obwohl sich die Solar Orbiter noch nicht im vollen wissenschaftlichen Modus befindet, wurden bereits zahlreiche wissenschaftliche Ergebnisse erzielt. «Wissenschaftlich gesehen hat dies unsere Erwartungen bei Weitem übertroffen», sagt Daniel Müller, Projektwissenschaftler von Solar Orbiter. Er erklärt, dass die se durch eine Aufrüstung des ESA-Bodenstationsnetzes mehr Daten als erwartet zur Erde senden konnte und die Wissenschaftler der Mission dies schnell ausgenutzt haben. Von einem erfolgreichen Manöver berichtet auch Louise Harra, Direktorin des PMOD/WRC. Das Institut war an Entwicklung und Bau mehrerer Messinstrumente beteiligt. «Bislang befand sich die Sonde in der Reisephase, in der nur wenige Beobachtungen gemacht wurden. Selbst bei dieser geringen Anzahl von Beobachtungen wurden neue Phänomene entdeckt. Diese Ergebnisse wurden am 14. Dezember veröffentlicht. Dazu gehört die Entdeckung der kleinsten jemals beobachteten Jets in der äusseren Sonnenatmosphäre (der sogenannten Corona), als sich die Raumsonde auf halbem Weg zur Sonne befand», berichtet sie. Auf dem nebenstehenden Bild ist ein quadratischer Ausschnitt der Sonnenoberfläche von 384 000 Kilometer Kantenlänge zu sehen – zum Vergleich: Der Durchmesser der Erde beträgt 127 000 Kilometer. Auf dieser Oberfläche hätten in einem Zeitraum von nur fünf Minuten viele Tausend von kleinen Flares und Jets stattgefunden, fährt Harra fort. «Die Energien dieser kleinen Explosionen sind die geringsten, die jemals auf der Sonne beobachtet wurden. Sie sind deshalb so wichtig, weil sie Energie für die Erwärmung der äusseren Atmosphäre liefern, die Temperaturen von über einer Million Kelvin er-



Die rätselhaften «Lagerfeuer», die Solar Orbiter beim ersten Vorbeiflug an der Sonne sah. Bild: zVg/ESA

reicht. Die Ursache dieser extremen Erwärmung ist eine der grossen offenen Fragen der Sonnenphysik.» Dabei freut sie sich bereits auf den nächsten Punkt der Mission im Frühjahr 2022. «Dann wird sie der Sonne so nahe kommen wie der Planet Merkur, und wir werden doppelt so viele Details sehen können wie auf dem gezeigten Bild.»

Näher an der Sonne

Die Mission geht nun in die wissenschaftliche Hauptphase über, und die Vorfreude ist spürbar. Im März wird die Solar Orbiter ihren zweiten nahen Vorbeiflug an der Sonne, das sogenannte Perihel, absolvieren. Das erste Perihel fand im Juni 2020 statt, als sich die Sonde bis auf 77 Millionen Kilometer annäherte. Dieses Mal wird sich die Solar Orbiter bis auf 50 Millionen Kilometer annähern, was die wissenschaftlichen Möglichkeiten deutlich erhöht. «Das ist nur ein Drittel der Entfernung zwischen der Sonne und der Erde. Im Vergleich zu all den interessanten hochauflösenden Bildern, die wir bereits erhalten haben, wird also alles um etwa den Faktor zwei vergrössert sein», sagt Müller. Auch für ihn gehört die Untersuchung der als «Lagerfeuer» bezeichneten Flares und Jets zu den spannendsten Auf-

gaben. «Sie könnten Aufschluss darüber geben, warum die äussere Atmosphäre der Sonne eine Temperatur von Millionen von Grad hat, während die Oberfläche eine Temperatur von Tausenden von Grad hat – was scheinbar der Physik widerspricht, da Wärme nicht in der Lage sein sollte, von einem kälteren zu einem heisseren Objekt zu fliessen.»

Abstand mit Absicht

Die Solar Orbiter fliegt zwar nicht so nah an die Sonne heran wie die Parker Solar Probe der NASA, aber das erfolgt mit Absicht. So kann die Solar Orbiter nicht nur messen, was im Sonnenwind passiert, sondern auch Teleskope mitführen, die die Sonne betrachten können, ohne von der Hitze zerstört zu werden. Die beiden Datensätze können dann verglichen werden, um einen Zusammenhang zwischen den Aktivitäten auf der Sonnenoberfläche und dem Weltraumwetter um die Raumsonde herzustellen. «Diese Verknüpfungsforschung ist das, was ich am spannendsten finde», sagt Yannis Zouganelis, stellvertretender Projektwissenschaftler von Solar Orbiter.

<https://www.pmodwrc.ch/forschung-entwicklung/weltraum/solar-orbiter/>