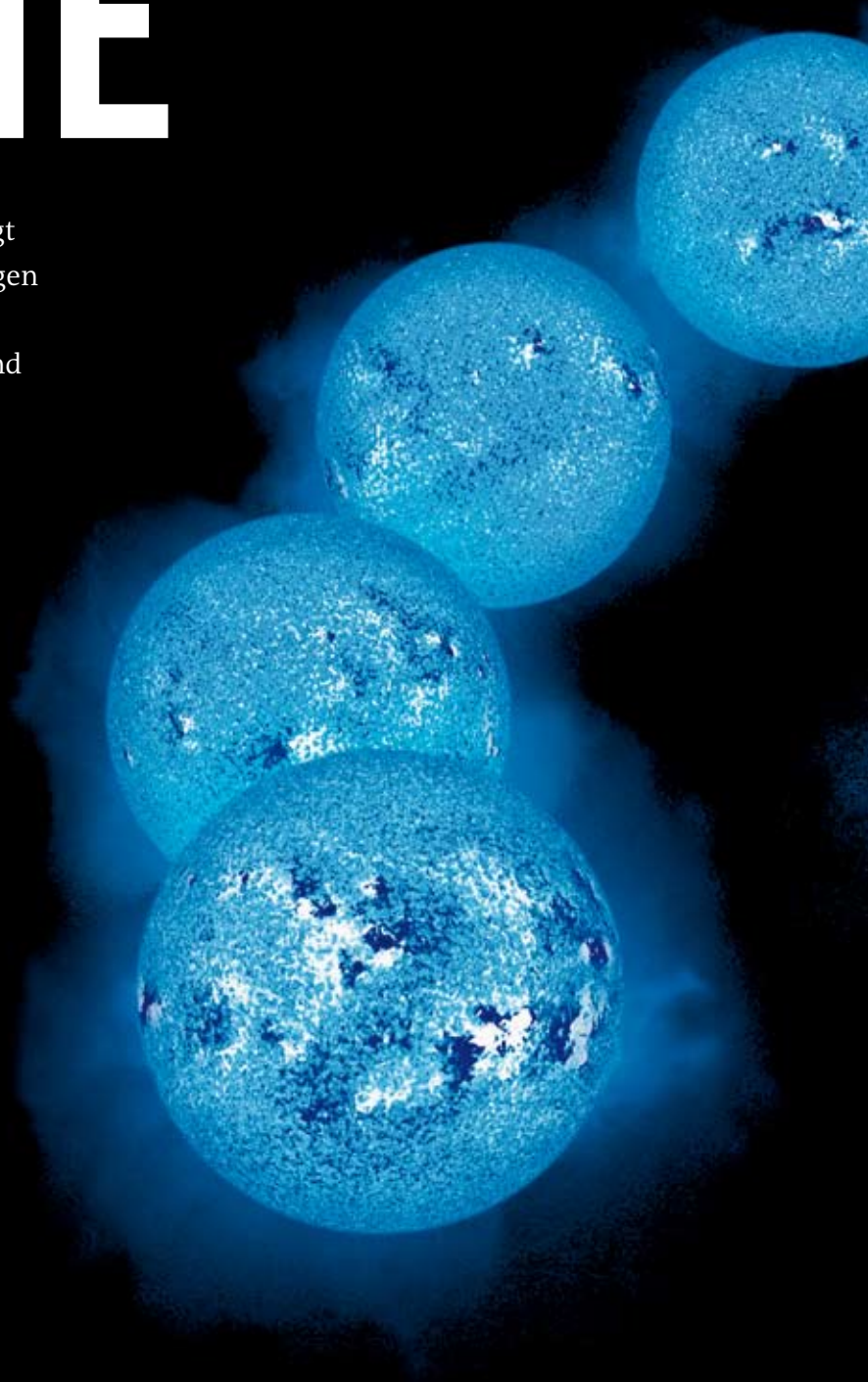
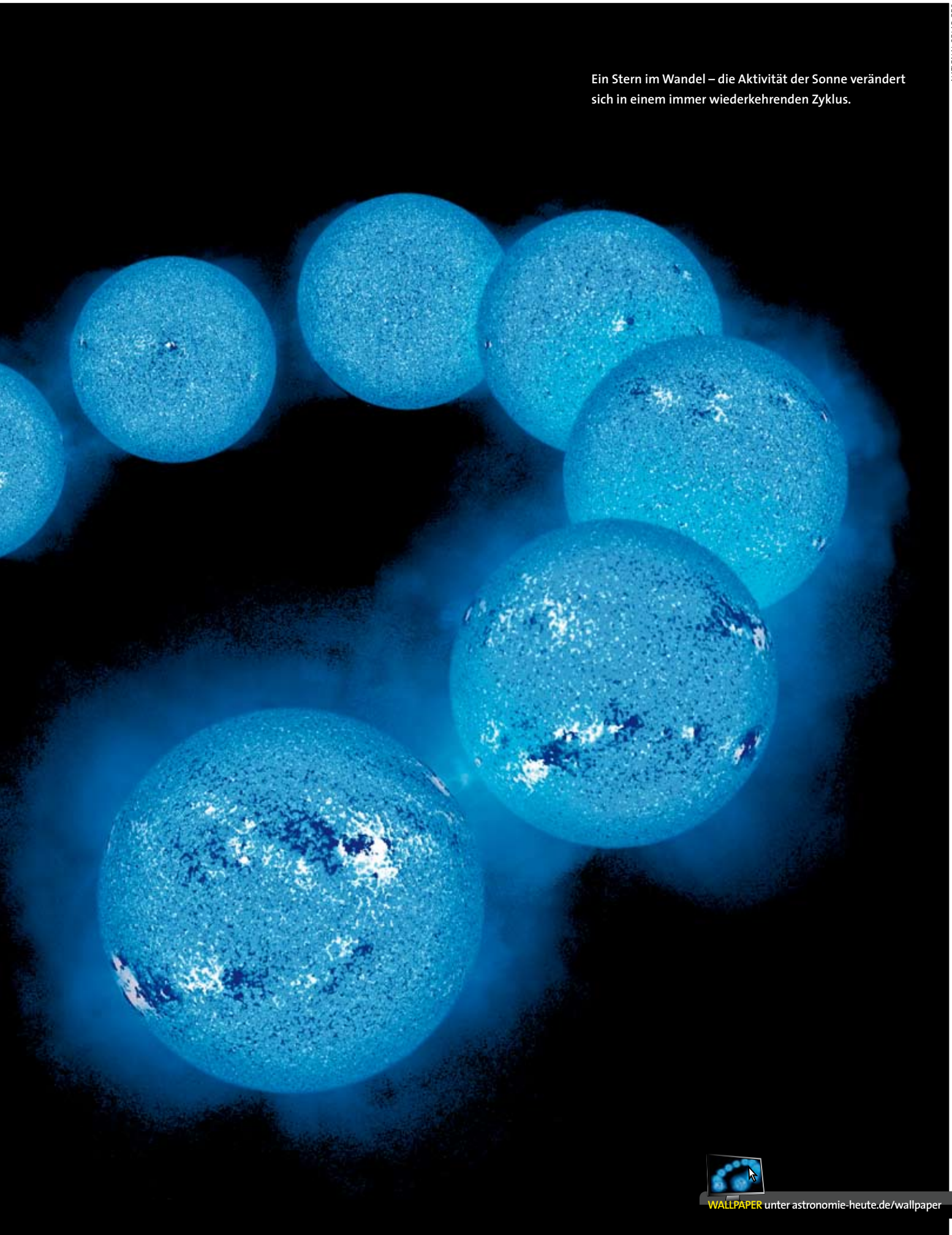
STÜRMISCHE SONNE

Die Aktivität des erdnächsten Fixsterns folgt einem Elf-Jahres-Zyklus. Doch auch in ruhigen Zeiten sind die Erde und ihre Raumfahrer nicht vor seinen launischen Ausbrüchen und deren Folgen gefeit.

VON OLIVER DREISSIGACKER

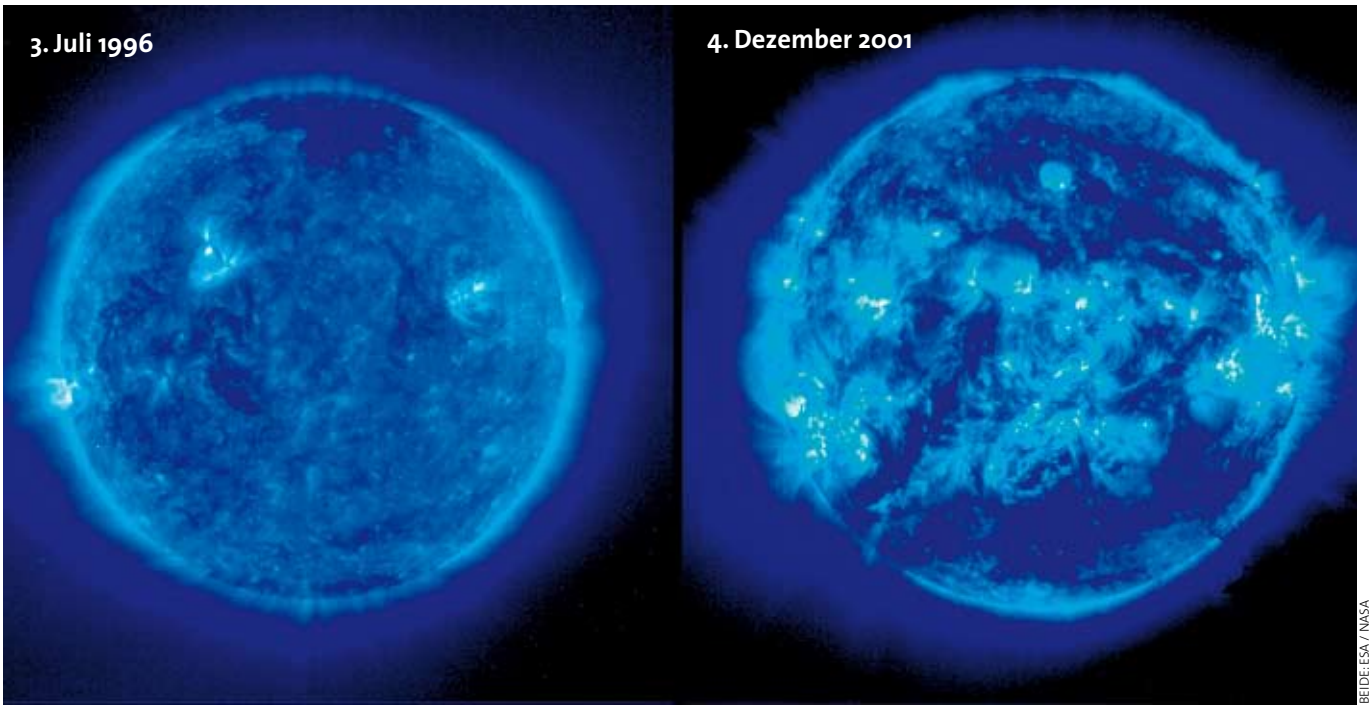




Ein Stern im Wandel – die Aktivität der Sonne verändert sich in einem immer wiederkehrenden Zyklus.

NATIONAL SOLAR OBS.

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper



BEIDE: ESA / NASA

Im ultravioletten Licht wird die Aktivität der Sonne besonders deutlich: Wie Tag und Nacht unterscheiden sich diese Aufnahmen vom Minimum 1996 (links) und dem jüngsten Maximum im Jahr 2001.

Aus der Distanz betrachtet erscheint die helle, weiße Scheibe am Himmel vollkommen rund und tadellos. Doch der Schein trügt. Bereits vor über zweitausend Jahren entdeckten Menschen im alten China dunkle Flecken auf der Sonnenoberfläche. In der westlichen Welt war es Galileo Galilei, der die Sonne mit dem gerade erst erfundenen Teleskop inspizierte und ebenfalls auf ihre Unvollkommenheit stieß. Mit einem Schlag wurde unser Tagstern ein Objekt wissenschaftlicher Forschung.

Auch heute, gut vierhundert Jahre nach Galilei, hat die Sonne noch längst nicht alle ihre Geheimnisse preisgegeben, und so steht sie weiterhin im Fokus vieler Teleskope – auf der Erde und im Weltall. Erdgebundene Observatorien müssen trotz der enormen Energie der Sonnenstrahlen möglichst groß sein, um die solare Oberfläche hoch auflösen zu können.

Die bekanntesten Vertreter Europas stehen auf den Kanarischen Inseln: das Swedish Solar Telescope (SST, 1 Meter) auf La Palma und das Vakuum-Turm-Teleskop (VTT, 70 Zentimeter). Unmittelbar daneben wird von einem deutschen Konsortium derzeit Gregor aufgebaut – ein Teleskop mit einem 1,5-Meter-Spiegel. Mit ihm können die Astronomen sogar noch siebzig Kilometer große Strukturen auf der Sonnenoberfläche beobachten. Instrumente ähnlichen Kalibers sind das McMath-Pierce Solar Telscope auf dem Kitt Peak im US-Bundesstaat Arizona (siehe AH Juli / August 2007, S. 62) und das im Bau befindliche Gerät am Big Bear Solar Observatory in Kalifornien.

Milliarden Tonnen

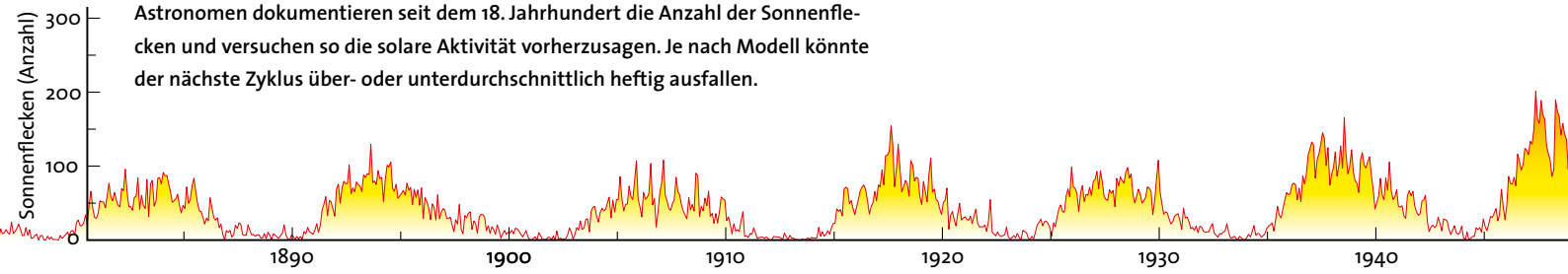
Sie alle beobachten die Sonne im optischen Spektralbereich – also im sichtbaren Licht. Leider bleibt so vieles im Verborgenen: zum Beispiel Stellen auf der Sonnenoberfläche, die Röntgenstrahlung aussenden oder im Ultravioletten hell leuchten. Um auch diese für uns nicht sichtbare Seite unseres Fix-

NOAO, MARK HANNA

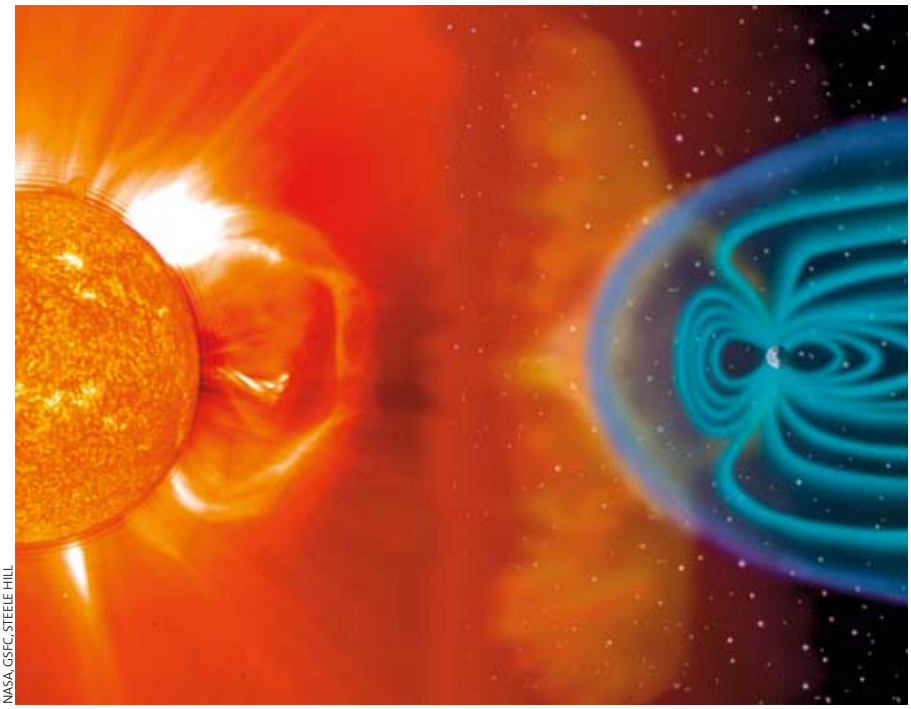
EIN GIGANT

Das McMath-Pierce Solar Telescope ist mit einem Spiegeldurchmesser von 1,6 Metern das größte Sonnenteleskop der Welt. Astronomen untersuchen mit ihm die Struktur der Sonnenflecken sowie die von ihnen ausgehende Strahlung.

Astronomen dokumentieren seit dem 18. Jahrhundert die Anzahl der Sonnenflecken und versuchen so die solare Aktivität vorherzusagen. Je nach Modell könnte der nächste Zyklus über- oder unterdurchschnittlich heftig ausfallen.



S&T / AH, NACH: DAVID HATHAWAY, NASA



NASA, GSFC, STEELE HILL

Die energiereichen Partikel aus koronalen Massenauswürfen können tief in das Magnetfeld der Erde (blaue Linien) eindringen.

sterns zu erforschen, schicken Wissenschaftler seit Beginn des Raumfahrtzeitalters Teleskope ins All, die auch für andere Spektralbereiche empfindlich sind.

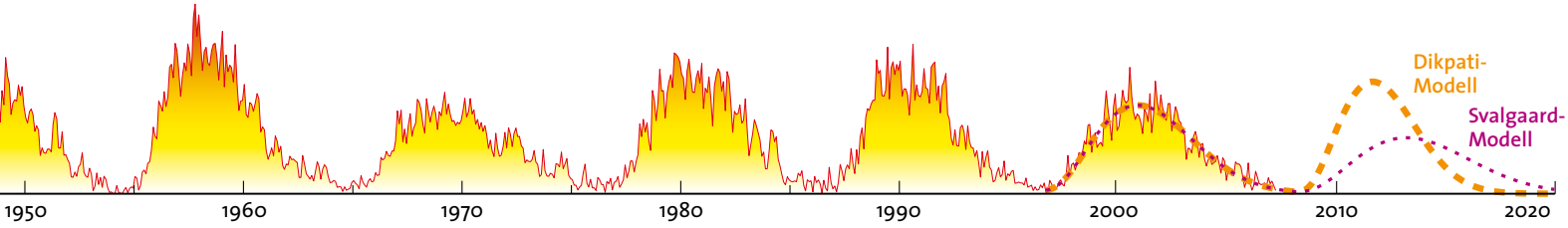
In den 1970er Jahren entdeckten Forscher mit Hilfe der Raumsonden und Koronografen – Instrumenten, die die helle Sternscheibe ausblenden – die wohl spektakulärsten Sonnenausbrüche: koronale Massenauswürfe (Coronal Mass Ejections, CMEs). Dabei entlädt sich die im solaren Magnetfeld aufgestaute Energie und schleudert viele Milliarden Tonnen elektrisch geladener Teilchen in den Raum hinaus. Die Geschwindigkeit dieses Plasmas ist beträchtlich – es erreicht etliche Millionen Kilometer pro Stunde.

Trifft der Partikelstrom auf die Erde, prallt er auf ihr Magnetfeld, quasi den äußeren Schutzschild unseres Planeten, und verändert seine Form für kurze Zeit so sehr, dass Kompassnadeln schnell hin- und herschwanken. Aber damit nicht genug: Auf ihrer Bahn zu uns überholen die CMEs den Sonnenwind – jenen Teilchenstrom, der kontinuierlich von unserem Tagstern abgegeben wird. Rund eine Milliarde Tonne an Protonen, Elektronen und Heliumkernen (Alphateilchen) treten mit Geschwindigkeiten von etwa einer Million Kilometer pro Stunde die Reise in alle Winkel des Planetensystems an.

Gefahr im All

Schleudert unser Zentralgestirn nun einen solchen koronalen Massenauswurf ins All, trifft er unweigerlich auf den langsameren, viel diffuser verteilten Sonnenwind. Durch den Aufprall entsteht eine Stoßwelle mit mehreren Millionen Kilometern Durchmesser. Ähnlich einem treibenden Surfer, den eine Welle in Richtung Strand katapultiert, werden die elektrisch geladenen Partikel darin auf noch höhere Geschwindigkeiten beschleunigt.

Auf diese Weise überfluten CMEs das Sonnensystem mit energiereicher Teilchenstrahlung, Magnetfeldern und un-

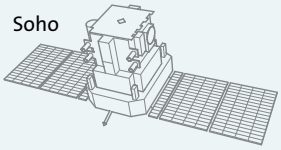


JAHR DER SONNENHÜLLE

Ein halbes Jahrhundert nach dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58 wurde das Jahr 2007 zum Internationalen Heliophysikalischen Jahr erklärt. In den UN-Mitgliedsstaaten werden weltweit koordinierte Untersuchungen durchgeführt, die auf ein besseres Verständnis der Sonne, der Heliosphäre, also der vom Sonnenwind erfüllten Raumregion, und deren Wechselwirkungen mit der Erde abzielen. Weiterführende Links unter astronomie-heute.de/ihy2007

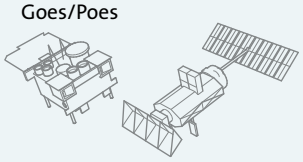
Das solare Überwachungsteam

Soho



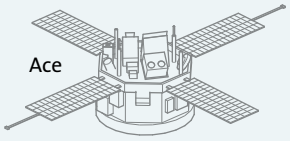
Solar and Heliospheric Observatory Der Satellit erforscht die Sonne im optischen, UV- und Röntgenbereich.

Goes/Poes



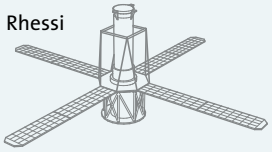
Geostationary / Polar Operational Environmental Satellites Die beiden Sonden überwachen das Erd- und Weltraumwetter.

Ace



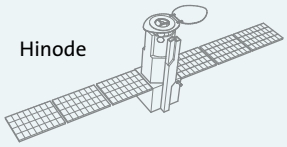
Advanced Composition Explorer Etwa eine Stunde vor einem Sonnensturm warnt diese Sonde vor der Gefahr.

Rhessi



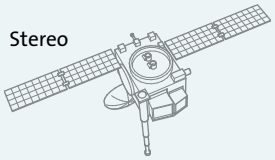
Reuven-Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager Das Teleskop beobachtet die Sonne im Röntgen- und Gammabereich.

Hinode



»Sonnenaufgang« Der japanische Satellit beobachtet die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeld und Korona der Sonne.

Stereo

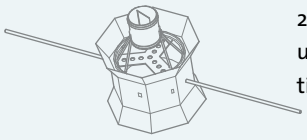


Solar-Terrestrial Relations Observatory Die Zwillingssonden erlauben erstmals einen 3-D-Blick auf die Sonnenoberfläche.

SDO

Solar Dynamics Observatory Dieser geostationäre Satellit soll ab 2008 die Aufheizung der Sonnenkorona entschlüsseln.

Solar Sentinel



Vier Nasa-Raumsonden sollen ab 2015 koronale Massenasuswürfe und Flares von verschiedenen Positionen aus verfolgen.

S&T, GREGG DINDERMAN

SOHO

Die europäisch-amerikanische Raumsonde Soho – das Solar Heliospheric Observatory – ist seit fast zwölf Jahren im Weltall. Von ihrem Beobachtungsstandort – eineinhalb Millionen Kilometer von der Erde entfernt in Richtung Sonne – untersucht sie unser Zentralgestirn und dessen Auswirkungen auf das Planetensystem bis hinaus zum Saturn.

sichtbarer Strahlung vom Radio- bis in den Röntgenbereich. Und das hat Folgen: Der Funkverkehr kann gestört, Kommunikationssatelliten und Hochspannungsleitungen können beschädigt werden. Gefährlich ist dieser enorme Strahlungssturm aber besonders für die Gesundheit von Raumfahrern, selbst wenn sie sich – wie im Fall der Internationalen Raumstation – noch innerhalb des magnetischen Schutzschilds der Erde befinden.

Glück gehabt

Menschen, die sich zukünftig auf dem Mond oder dem Mars aufhalten, wären nur unter der Oberfläche des Himmelskörpers in Sicherheit. Während des Flugs steht ihnen diese Option natürlich nicht offen, und so müssten sie in dem bestgeschützten Teil ihrer Raumfähre Zuflucht suchen. Für interplanetare Flüge wird daher schon über magnetische Schilde nachgedacht, die dieselbe Funktion erfüllen sollen wie das Magnetfeld der Erde (siehe AH April 2005, S. 24)

Bis jetzt hatten die Astronauten allerdings Glück, denn zum einen dauerten frühere Aufenthalte auf dem Mond nur kurz und zum anderen fand während der Missionen kein Sonnenausbruch statt. Im August 1972 war es allerdings sehr knapp: Der Ausbruch ereignete sich zwischen den beiden bemannten Mondflügen im April und Dezember (Apollo 16 und 17).

In der relativ ungeschützten Raumfähre wäre er für die Apolloastronauten vermutlich tödlich ausgegangen. Physiker bemühen sich deshalb, die komplexen Vorgänge auf der Sonne zu entschlüsseln und die gefährlichen Stürme besser vorherzusagen. Ein Team amerikanischer und französischer Forscher stellte nun kürzlich eine geeignete Methode vor: Sie kombinierten Beobachtungen von der Raumsonde Soho (siehe Kasten links) mit denen von »Wind« – einem 1994 gestarteten Satelliten, der Radiowellen nachweisen kann.

Mit seiner Hilfe konnten die Forscher zeigen, dass die 472 CMEs, die zwischen 1996 und 2005 zu gefährlichen Strahlungsstürmen geführt hatten, auch Radiowellen abstrahlten. »Da sich diese Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, während der Strahlungssturm des CMEs langsamer ist, sind die Signale eine Warnung vor dem, was da auf uns zurast«, erklärt der Leiter des Teams, Natchimuk Gopalswamy vom Goddard Spaceflight Center der Nasa. »Das verschafft Astronauten und den Betrei-

NASA, GSFC (TRACE, 26.09.2000)

Heißes Gas aus der Korona bäumt sich gelegentlich zu solchen gigantischen Schleifen auf. Zum Größenvergleich ist hier auch die Erde abgebildet.

bern von gefährdeten Satelliten von einigen Dutzend Minuten bis zu einigen Stunden Zeit, um sich auf das Kommende vorzubereiten.«

Aber auch innerhalb der Sturmfront gibt es schnellere und langsamere Komponenten. Das Erste, was über uns hinwegfegt, sind Elektronen. Sie haben zwar eine weit geringere Masse als Protonen oder Alphateilchen und erreichen deshalb höhere Geschwindigkeiten – sind aber das kleinere Übel. Denn es sind die schnellen Ionen, die Körpergewebe schädigen, Erbgut zerstören und Krebs auslösen können.

Falsche Bescheidenheit

Der deutsche Astronom Arik Posner vom Southwest Research Institute im texanischen San Antonio präsentierte jüngst eine Studie, die das bisher nur qualitativ bekannte Phänomen jetzt auch messbar macht. Er untersuchte Hunderte von Strahlungsstürmen, die der Costep – Comprehensive Suprathermal and Energetic Particle Analyzer – an Bord von Soho zwischen 1996 und 2002 registriere.

Das Gerät ist in der Lage, zwischen den ankommenden Teilchen zu unterscheiden, und so konnte Posner aus dem Anstieg der nachgewiesenen Elektronen die Anzahl später eintreffender Ionen vorhersagen. Die Vorwarnzeit lag dabei zwischen sieben Minuten und eineinviertel Stunden. »Die Methode ist alles andere als perfekt«, gibt Posner bescheiden zu, »aber mit der Auswertung der zahlreich vorhandenen weiteren Daten lässt sich das um einiges verbessern.«

Francis Cucinotta, der Chefwissenschaftler des Space Radiation Program des Johnson Space Center der Nasa, zeigt sich schon jetzt vom neuen Verfahren überzeugt: »Verglichen mit den bisherigen Methoden verringert Posners Technik das Risiko, dass Astronauten der schädlichen Strahlung ausgesetzt sind, weil die Stürme nicht frühzeitig genug erkannt werden, um zwanzig Prozent«, so Cucinotta. »Somit können sich die Mitglieder künftiger Mond- und Marsexpeditionen weiter von ihren Basisstationen entfernen.« Und sicher sein, dass sie vor den Launen der Sonne rechtzeitig gewarnt werden. <<

*AH-Redaktionsleiter **OLIVER DREISSIGACKER** schlägt das stürmische Sommerwetter aufs ansonsten sonnige Gemüt!*

Mehr zu diesem Artikel finden Sie auf der Webseite astronomie-heute.de/artikel/897222.

Neu entwickelte Methoden können Astronauten künftig früher vor den gefährlichen Sonnenstürmen warnen