



Weltraumwetter

Wie wird die Geschwindigkeit des Sonnenwinds gemessen?

Neben dem sichtbaren Licht strahlt die Sonne ständig geladene Teilchen in alle Richtungen ab, ein Plasma, das elektrisch hoch leitfähig ist – der so genannte Sonnenwind. Er besteht hauptsächlich aus ionisiertem Wasserstoff (Protonen und Elektronen) sowie zu einem geringen Anteil aus Helium-4-Atomkernen (Alpha-Teilchen); daneben Spuren von ionisierten Atomkernen der Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Magnesium, Silizium, Schwefel und Eisen. Zusammen genommen beträgt die Masse des Sonnenwinds unvorstellbare 1 Million Tonnen – pro Sekunde! Dennoch hat nach Schätzungen deren Masse dadurch weniger als ein 10 000stel abgenommen. Die Sonnenwindgeschwindigkeit in der Nähe der Erde liegt normalerweise bei etwa 300 bis 400 km/s. Wenn durch koronale Löcher oder koronale Masseauswürfe (CMEs) zusätzliches Plasma ins All geschleudert wird, steigt die Geschwindigkeit an. Sie kann dann 500 bis 1000 km/s und mehr erreichen. Solche Wolken geladener Teilchen können, wenn sie auf die Erde treffen, im Extremfall zu den gefürchteten Ausfällen bei Kommunikation, Transport und der Energieversorgung führen. Doch nur wenige CMEs zielen tatsächlich auf die Erde. Von der Sonne aus betrachtet hat die Erde eine scheinbare Größe von nur 17,6 Bogensekunden, das entspricht in etwa einem Fußball aus 2,6 km Entfernung.

Doch wie wird eigentlich die Geschwindigkeit des Sonnenwinds gemessen? Ein gängiges Verfahren ist die Auswertung von GNSS-Satellitensignalen. Zu den globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) gehören u.a. das US-amerikanische NAVSTAR GPS, das russische GLONASS, das europäische Galileo und das Beidou aus der Volksrepublik China. Deren Funksignale durchlaufen die Erdatmosphäre. Kommt es aufgrund schnelleren Sonnenwindes in der Ionosphäre zu einer erhöhten Dichte dieser geladenen Teilchen, verlangsamen diese die Signale (**Bild 1**). Aus dieser Verzögerung können Rückschlüsse auf die Teilchendichte in der Ionosphäre und auf die Sonnenwindgeschwindigkeit gezogen werden.

Die zunehmende Anzahl der Navigationssatelliten liefert insgesamt eine Fülle von Messdaten. Damit lässt sich auch vor schweren Sonnenstürmen warnen. Allerdings haben erdnahe Navigationssatelliten den Nachteil, dass die mit ihnen registrierten geladenen Teilchen bereits in der Ionosphäre sind. Eine längerfristige Vorwarnung vor schweren Magnetstürmen ist mit solch einem Verfahren nicht möglich. Eine gewisse Vorwarnzeit liefert dagegen die Messung der elektromagnetischen Strahlung, die bei Eruptionseignissen wie den bekannten Flare-Ausbrüchen auf der Sonne emittiert wird. Sie erreicht die Erde bereits nach acht Minuten. Die nachfolgende Wolke geladener Teilchen dagegen

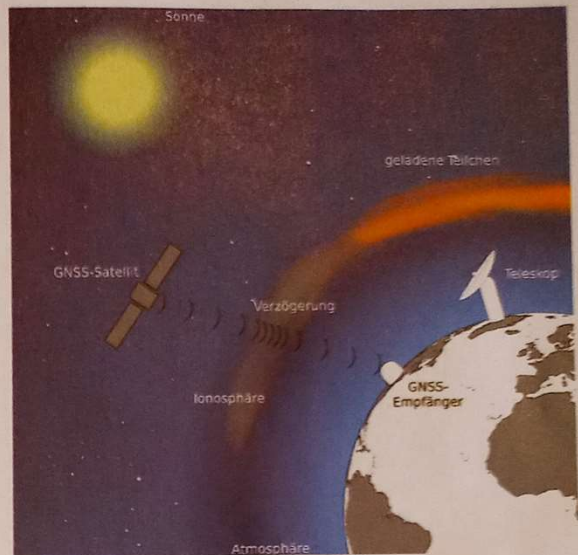


Bild 1: Auswertung von Signalen von Navigationssatelliten (Bild: (C) BKG – Bundesamt für Kartografie und Geodäsie)

braucht zwischen 36 Stunden bis hin zu mehreren Tagen, bis sie die Erde erreicht. Modelle helfen bei der Abschätzung, ob und wann der Teilchenstrom auf die Erde trifft.

Gemessen werden elektromagnetische Strahlung und Sonnenwindgeschwindigkeit auch von speziellen Raumsonden (ACE, DSCOVR, STEREO-A etc.). Diese befinden sich weit außerhalb der Erdatmosphäre, wodurch sie unbeeinträchtigt von atmosphärischen Störungen sind. Allerdings sind sie anfällig für Weltraumwetterereignisse, die ihre Messungen beeinträchtigen können. Trotzdem bieten sie eine zuverlässige Datenquelle.

Im Gegensatz dazu sind Radioteleskope auf der Erde durch das Erdmagnetfeld geschützt. Dadurch sind sie weniger anfällig und zudem kostengünstiger als Satelliten. Allerdings gibt es bisher wenige Radioteleskope, die speziell die 10,7-cm-Strahlung messen. Gemeinsam mit anderen Stationen beobachtet etwa das neue Solar-Flux-Teleskop am Geodätischen Observatorium Wettzell bei Cham im Bayerischen Wald die Sonne (**Bild 2**) [1]. Mehrere solcher Teleskope, weltweit verteilt, sind notwendig, um zu jedem Zeitpunkt mindestens eines davon im Sonnenlicht zu haben. Grundsätzlich haben jedoch auch solche Radioteleskope ihre besonderen Herausforderungen: Ihre Messungen können durch Atmosphären-effekte und menschengemachte Signale beeinflusst werden. Daher kombiniert man Messdaten aus verschiedenen Quellen, also sowohl die Signalverzögerung der GNSS-Satelliten als auch die Daten von Radioteleskopen und Raumsonden, um ein umfassendes Bild der elektromagnetischen Strahlung und der Geschwindigkeit des Sonnenwindes zu erhalten.

Beiträge für „Kurzweiliges“:
DARC HF-Referat
www.darc.de/referate/hf

Referent:
Tom Kamp, DF5JL
df5jl@darc.de



Bild 2: Radioteleskope des geodätischen Observatoriums Wettzell, im Hintergrund das neue Solar-Flux-Teleskop (Foto: (C) BKG – Bundesamt für Kartografie und Geodäsie)

Link
[1] <https://www.bkg.bund.de/DE/Themen/Observatorien-Beobachtungsstationen/GOW/Solar-Flux-Teleskop/solar-flux-teleskop.html>