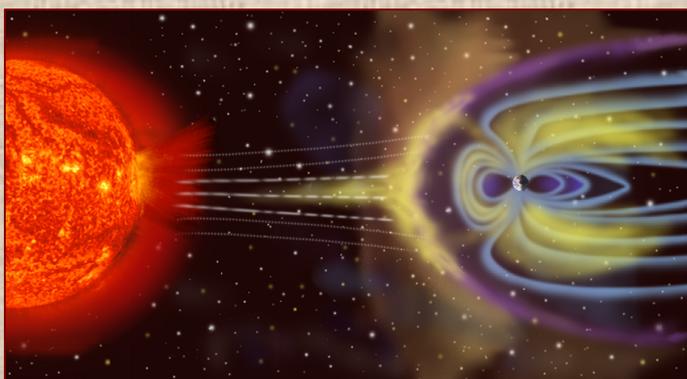


Die Sonne und die Ionosphäre 14.06.2021

Reiner Schloßer, DL7KL

Nichts ist effektiver für den praktizierenden Funkamateurl, als über den Zustand der Sonne und über die Gegebenheiten in der Ionosphäre ausführlich informiert zu sein.

Um darüber zu schreiben, habe ich mir dafür den Deutschlandrundspruch 22/2021 vom 3. Juni als Referenz ausgesucht. Folgendes war dort von Hartmut, DL1VDL zu lesen:



Offenbar hat unser Hausstern die im letzten Funkwetterbericht formulierten Lobesworte über die ansteigende Sonnenaktivität registriert. Die Regionen 2824 und 2826 sorgten mit insgesamt 15 **C-Flares** für genügend kurzwellige UV-Strahlung, um die **F2-Schicht** der Ionosphäre für alle oberen Kurzwellenbänder fit zu machen. Der **solare Flux** stieg nach den

sieben C9-Flares am 26. Mai auf 88 Einheiten. Am Freitag heizte ein impulsiver C9-Flare noch einmal die Ionosphäre nach.

Ein hochenergetischer Protonenausbruch fast zeitgleich mit unserem Sonnenaufgang am Samstagmorgen sorgte bis etwa 06:00 UTC für Dämpfungseinbrüche. Ansonsten war das geomagnetische Feld nur vom 26. Mai mittags bis zum 27. Mai nachmittags gestört ($K = 5$). Da traf die eigentlich früher erwartete Plasmawolke des CME-Konglomerates vom 22. und 23. Mai unseren Planeten. Zwischen dem 28. und 30. Mai lagen die im Dreistundentakt geloggten K-Werte des geomagnetischen Feldes zwischen 0 und 2, das Magnetfeld war ruhig. Auf den Kurzwellenbändern gab es keine dämpfende Aurorazone und damit ungewohnt lange Öffnungen nach Alaska und Hawaii bis auf eine Stunde zum Sonnenaufgang durchgehend offen. Fast gleichlaute DX-Signale auf 40 und 80 Meter gab es so lange nicht mehr. Auch die sporadische E-Schicht bildete sich täglich aus und ermöglichte DX-Verbindungen mit Multi-Hops, beispielsweise mit Indien.

Die Sonnenflecken 2827 und 2828 begleiten uns weiter. Die Wahrscheinlichkeit für **CMEs** liegt zwischen 30 und 70 Prozent, die C-Flare-Wahrscheinlichkeit nur bei 25 Prozent. Es wird wieder ruhiger. Der **solare Flux** wird sich zwischen 75 und 80 Einheiten bewegen. Der "Spaßmacher" bleibt die Sporadic-E-Schicht, die interessante Verbindungen auf den oberen Kurzwellenbändern und auf dem 6-m-Band ermöglichen.

So weit so gut!

Was aber sind nun C-Flares? Was bedeutet der solare Flux? Was ist CMEs? Was sagt eigentlich der K-Wert aus? Und was steckt hinter der vierstelligen Nummerierung der Sonnenflecken? Nun erst mal der Reihe nach:

Flares werden logarithmisch nach ihrer Röntgenstrahlungsenergie in die Klassen **A**, **B**, **C**, **M** und **X** unterteilt. Die Intensität innerhalb einer Klasse wird mit einem Wert zwischen 1,0 und 9,9 festgelegt. Erreicht der Wert 10,0, wird er der nächsten Klasse zugeteilt. In der Klasse X sind auch Werte größer als 10 möglich.

Der **solare Flux** Index ist ein Maß für die Aktivität der Sonne. Dabei misst man die Energie der von der Sonne ausgesandten Radiostrahlung mit der Wellenlänge von 10,7 cm (2,695 GHz) und rechnet sie in Flux Einheiten SFU um. In den Jahren des Sonnenfleckenminimums werden Fluxwerte um 70 Einheiten, im Sonnenfleckenmaximum oftmals über 200 Einheiten gemessen. Der solare Flux und die Sonnenflecken-Relativzahl hängen eng miteinander zusammen. Zusammen mit dem K-Index ist der solare Flux die wichtigste Beurteilungsgröße für DX-Ausbreitungsbedingungen auf Kurzwelle.

Ein koronaler Massenauswurf **CME** (englisch coronal mass ejection) ist eine Sonneneruption, bei der Plasma ausgestoßen wird. Werden die Auswirkungen in großer Entfernung zur Sonne untersucht, so spricht man auch von interplanetarem koronalem Massenauswurf (engl. ICME). Die Austrittsquellen sind meist Sonnenflecken, deren Eruptionen auch als Flares bezeichnet werden. Das ausgestoßene Plasma besteht hauptsächlich aus Elektronen, Protonen und zu kleinen Anteilen aus Kernen schwererer Elemente wie Helium, Sauerstoff und Eisen. Vermutlich verursachen Rekonnexionen (Neuverbindungen) der Magnetfeldlinien die Eruptionen. Die Häufigkeit von koronalen Massenauswürfen ist eng an die Sonnenaktivität gekoppelt: im Sonnenfleckenminimum sind sie deutlich seltener als im Sonnenfleckenmaximum, die durchschnittliche Häufigkeit schwankt zwischen 0,5 Ereignissen und 6 Ereignissen pro Tag.

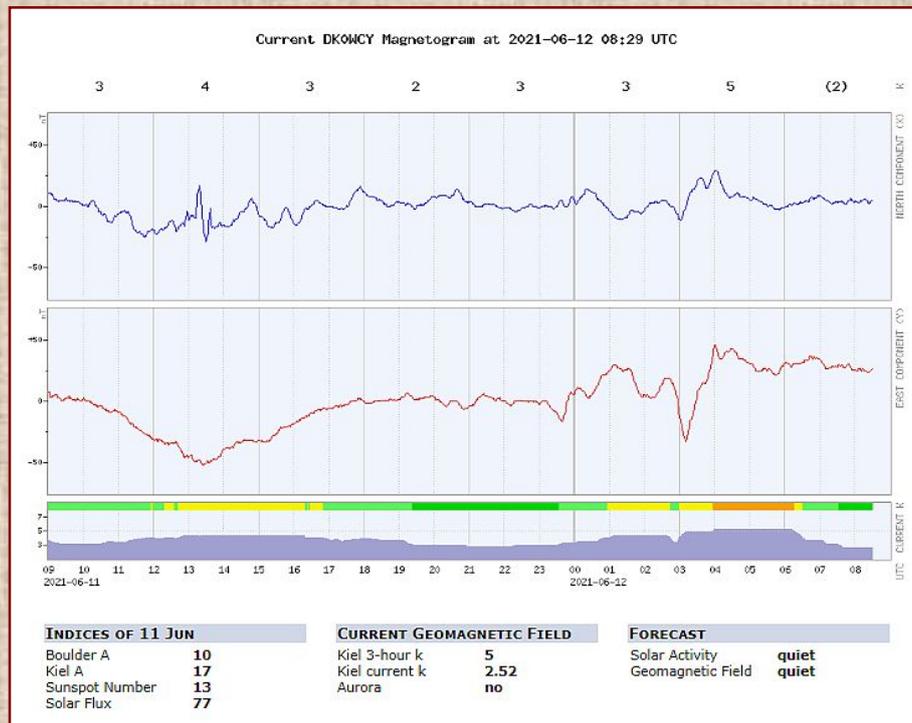
Die **F-Schicht** liegt mit 200 bis 400 km am höchsten und ist die am stärksten ionisierte Schicht. Sie wird durch extreme ultraviolette Strahlung (EUV, Wellenlänge 14 bis 80 nm) ionisiert, die auf atomaren Sauerstoff oder Stickstoffmoleküle trifft. Sie ist eine breite Region mit maximaler Ionisation von bis zu einer Million freier Elektronen je cm^3 . Die F-Schicht besteht auch nachts weiter, da die freien Elektronen wegen der großen mittleren freien Weglänge nur sehr langsam rekombinieren.

Der **K-Index** beschreibt die aktuelle magnetische Aktivität des Erdmagnetfeldes. Der K-Wert gibt das Maß der Unruhe des Erdmagnetfeldes an. Je kleiner der K-Wert, desto ruhiger sind die geomagnetischen Bedingungen. Dem K-Index werden Ziffern von 0 bis 9 zugeordnet. Ein K-Index von 0 weist auf ein äußerst ruhiges Erdmagnetfeld hin, ein K-Index von >5 hingegen auf ein stark gestörtes Feld, einen so genannten Magnetsturm. Hierbei sinkt die MUF, die obere Grenzfrequenz der Ionosphäre.

Als **Ionosphäre** bezeichnet man die Regionen zwischen etwa 80km und 500 km Höhe über der Erde. Die von der Sonne ausgehende ultraviolette Strahlung ist neben Röntgen- und energiereicher Teilchenstrahlung hauptsächlich die Ursache für die Bildung der die Kurzwellen reflektierenden Schichten der Ionosphäre. Die hohe Energie dieser Strahlung kann in diesen Höhen, wenn sie auf Elektronen von neutralen Atomen oder Molekülen trifft, Elektronen von diesen herausschlagen. Der verbleibende Rest des Atoms oder Moleküls ist jetzt positiv geladen, also ionisiert.

Die Zählung der aktiven Regionen der Sonne wurde Ende der 70er Jahre durch die **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** eingeführt. Ehemalig das Space Environment Center in Boulder, Colorado. Damals waren computerbedingt **vierstellige Bezeichnungen** üblich. Am 17.06.2002 wurde jedoch die damit erfassbare größte Zahl: 9999 überschritten. Wird die Zahl 9999 erreicht, beginnt eine neue Zählung mit 0000, 0001 usw., z. Zt. gekürzt: 195 anstelle von 0195. Die Nummerierung bezieht sich nicht auf einen einzelnen Sonnenfleck, sondern auf eine so genannte "aktive Region", die neben diversen Flecken auch andere Aktivitäten wie Flares usw. beinhaltet.

Ebenso wie in Boulder, Colorado zeichnet die Aurorabake **DKOWCY** in Scheggerott minütlich die Schwankungen des Erdmagnetfeldes auf.



Das Magnetogramm zeichnet minutengenau die Änderungen der Intensität des Erdmagnetfeldes auf. Schwankungen in Geschwindigkeit, Dichte und magnetischer Orientierung des Sonnenwindes führen zu Änderungen von Richtung und Intensität des Erdmagnetfeldes.

Quellen:

- Foto: Wikipedia.org
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
- Webseite OV M15
- <https://sonnen-sturm.info>
- www.dg7eao.de
- <https://physik.cosmos-indirekt.de>