

Bemerkungen zur Ausbreitungsprognose im FA

FRANTIŠEK JANDA – OK1HH

In jeder Ausgabe begegnen sie uns im QTC-Teil des FA: die bunten Diagramme zur Vorhersage der KW-Ausbreitung. Was kann der einzelne Funkamateur mit diesen „Farbklecksen“ und der weißen Berg-und-Tal-Linie in der Praxis anfangen? Wie präzise kann überhaupt ein solcher Blick in die Zukunft sein, und wo sind die Grenzen, die man kennen sollte?

Vor ziemlich vielen Jahren studierte ich intensiv die Ausbreitungsprognosen meines Vorgängers, Dr. Jiří Mrázek, OK1GM. Daraufhin war ich mir sicher: Das will ich künftig auch können. Ob mir das mit Unterstützung moderner wissenschaftlicher Erkenntnisse heute gelingt, können Sie, die Nutzer der Vorhersagen, am besten beurteilen.

Als ich 1978 mit der Zusammenstellung von Ausbreitungsprognosen begann, war ich davon überzeugt, dass die Zukunft immer genauere Vorhersagen bringen würde.



Arbeitsplatz zur Auswertung von Ionosonden-Signalen im Observatorium Průhonice

Eine Zeit lang traf dies tatsächlich zu, doch dann stockte der Fortschritt. Erst vor relativ kurzer Zeit erfuhr ich den Grund hierfür und warum eine weitere Steigerung der Zuverlässigkeit von Ausbreitungsprognosen kaum noch möglich ist.

■ Genauigkeit hat Grenzen

Verantwortlich ist das u. a. von Wetterforschern lange vermutete *deterministische Chaos*, ein Prinzip der Chaostheorie, das erst in jüngster Zeit mithilfe leistungsfähiger Supercomputer simuliert werden kann. Zudem sorgen unerwartete Änderungen von ionosphärischen Parametern oft zu deutlichen Abweichungen von den für die Vorhersagen genutzten Daten.

Funkprognosen basieren teils auf monatlichen statistischen Modellen der Ionosphäre, gewonnen mithilfe von Messungen über einen Zeitraum von mehreren Zyklen – speziell f_0F_2 und MUF, aber ebenso u. a. f_0F_1 , MUF(E_s) oder MOF(E_s). Die verwendeten Formeln dienen u. a. zur Berechnung der Abschwächung, also LUHF.

Der wichtigste Parameter ist der Grad der solaren Aktivität (meist als *Sonnenfleckenzahl* oder *Solarer Flux* angegeben), die sich aber nicht präzise bestimmen lässt. Autoren treffen ihre Vorhersagen auf der Basis eigener Erfahrungen, eigenen Wissens und – so in meinem Fall – eigener Beobachtungen oder stützen sich auf andere Quellen, wie

NOAA, Space Weather Prediction Center (www.swpc.noaa.gov),

SIDC – Solar Physics Research Department des Royal Observatory in Belgien (www.sidc.oma.be),

IPS – Ionospheric Prediction Service (www.ips.gov.au) und die Arbeit von Dr. David H. Hathaway von der Solar Physics Group im NASA Marshall Space Flight Center (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/>).

Die Berechnung kann außerdem auf in der Vergangenheit gemessenen ionosphärischen Parametern basieren und die solare Aktivität vorhersagen. Dadurch erhalten wir den Wert der effektiven Sonnenfleckenzahl, je nach Quelle entweder *SSNe* oder *T-Index* (IPS) genannt.

■ Was ist zu beachten?

Nutzer von Ausbreitungsvorhersagen sollten folgende Hinweise berücksichtigen:

- Es besteht ein deutlicher Unterschied zwischen Vorhersagen für Funkamateure und denen für professionelle Funkdienste. Während sich die Profis mehr für die Zuverlässigkeit einer Funkverbindung auf einer bestimmten Route zwischen zwei Punkten (Point-to-Point) interessieren, sind für uns eher Bandöffnungen in verschiedenen Richtungen und für ganze Regionen interessant. Daher erscheinen Funkprognosen für Funkamateure oft optimistischer.

- Bis zu einer Abweichung der Realität von der Vorhersage um 15 % gilt eine Funkprognose als zutreffend. Umgekehrt werden Tage mit gestörter Wellenausbreitung – mit jeweiligen Abweichungen von der Vorhersage um 40 % oder mehr – bei der Berechnung nicht berücksichtigt; an solchen Tagen ist die Ausbreitungsvorhersage einfach nicht gültig. Anders ausgedrückt: Funkprognosen sind gültig an



Phasengekoppelte Vertikalantennen für 15 MHz bei der Station WWVH auf der Kauai-Insel, Hawaii, USA
Fotos: OK1DUB (1), NIST (1)

Tagen mit ungestörter oder leicht unruhiger Ionosphäre. Insbesondere im Verlauf von Ionosphärenstürmen mit Phasen zu- bzw. abnehmender Elektronendichte können wir deutlich höhere bzw. niedrigere Werte für MUF und LUHF als vorausgerechnet beobachten.

- Insbesondere die niedrigeren Bänder betreffend sollten wir bedenken, dass die Signalstärke am Empfängereingang im Normalfall deutlich niedriger als vorhergesagt ist. Dies trifft immer dann zu, wenn die Höhe der Sende- und/oder Empfangsantennen über Grund weniger als eine halbe Wellenlänge beträgt.

- Die kalkulierte Signalstärke hat eine leicht verschiedene Bedeutung für die unteren und die oberen KW-Bänder: Für die oberen Bänder ist eher die Wahrscheinlichkeit für eine Öffnung angezeigt; bei einer guten Bandöffnung sind die erzielten Signale im Normalfall stärker als prognostiziert.

- Der Signal-Rausch-Abstand (SNR) ist abhängig von den örtlichen Bedingungen und im Normalfall außerhalb bewohnter Gebiete besser. Umgekehrt ist der SNR-Wert in der Nähe von Maschinen, Netzwerken, TV-Geräten mit Plasmabildschirmen, Schaltnetzteilen oder „Erfindungen“ wie PLC sehr gering.

- Effekte wie die sporadische E-Schicht werden als statistisch bedeutsam betrachtet. Der Einfluss einer sehr hohen MUF(E_s) wird nicht berücksichtigt (dies ist de facto eine Störung, als ob die E_s -Wolke im Weg des Funksignals steht, das die Antenne des Empfängers nicht erreicht).

- Übliche Variationen in einer ruhigen bis unruhigen Ionosphäre übersteigen die Genauigkeit monatlicher Ausbreitungsprognosen, wodurch kurzfristige Vorhersagen sehr wichtig sind – u. a. erstellt von Dr. Hartmut Büttig, DL1VDL, für den wöchentlichen Deutschland-Rund-

URLs von Kurzfrist-Vorhersagen

www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/27DO.txt
www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/45DF.txt
www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/daypre.txt
www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/RSGA.txt
<http://sidc.oma.be/products/meu/>
www.ips.gov.au/HF_Systems/6/1/1
www.spaceweather.com/
www.nwra.com/spawx/27do.html
<http://sidc.oma.be/products/meu/>

Glossar

E_s : sporadische E-Schicht der Ionosphäre
 F_1, F_2 : Teile der F-Schicht der Ionosphäre
 f_0 : Critical frequency, kritische Frequenz
 LUHF: Lowest usable high frequency, niedrigste brauchbare Frequenz im HF-Bereich
 MOF: Maximum observed frequency, höchste beobachtete Frequenz
 MUF: Maximum usable frequency, höchste brauchbare Frequenz

spruch. Eine weitere Kurzzeitvorhersage stammt von der tschechischen Ausbreitungsinteressengruppe um OK1HH und OK1MGW, die am Sonntagmorgen in tschechischer Sprache von 0715 bis 0730 Uhr Ortszeit auf 3773 kHz SSB (\pm QRM) ausgestrahlt wird; eine Übertragung in CW von DK0DTC erfolgt jeweils am folgenden Montag ab 1930 Uhr Ortszeit auf 3566 kHz. Außerdem sind vergleichbare Vorhersagen per Internet zugänglich, siehe Kasten.

Schlechte Ausbreitungsbedingungen auf KW wirken sich auch auf die Stimmung mancher Hobbykollegen aus. Dabei ist dies eine gute Gelegenheit, die Prozesse auf der Sonne und die Magnetosphäre der Erde sowie deren Abhängigkeiten zu studieren. Das Internet bietet zahllose Daten, Texte, Übersichten und Bilder zu allen erdenklichen Themen „zwischen Himmel und Erde“.

■ Daten früher und heute

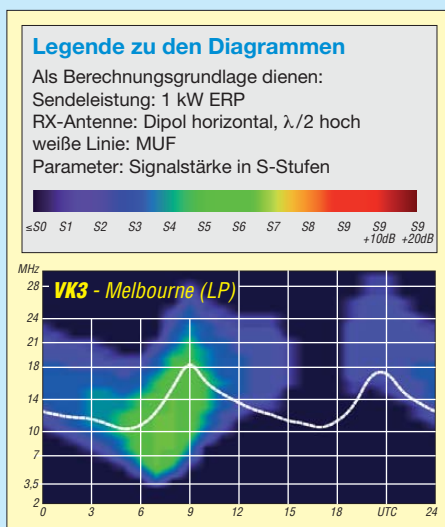
Nichts davon war vor 20 Jahren zugänglich, als wir Bücher und wissenschaftliche Aufsätze lasen, die unsere Vorstellungskraft forderten. Darüber hinaus standen lediglich eigene Beobachtungen und kurze Ursigramme – das Erste wurde übrigens 1930 vom Pariser Eiffelturm gesendet – mit solaren Daten zur Verfügung.

Diese wissenschaftlichen Telegramme (heute sind diese u.a. zugänglich unter www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/GEOA.txt und <http://sidc.oma.be/products/meu/>) wurden über zwei französische Sender auf Längst- und Kurzwelle per Funkfern schreiben und in CW ausgestrahlt. Weitere Ausstrahlungen mit Informationen über ionosphärische Messungen sowie geomagnetischen Daten kamen dreimal täglich aus Moskau. Heute strahlen nur noch zwei Sender des US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) solche Informationen aus: WWV aus Fort Collins, Colorado (<http://tf.nist.gov/timfreq/stations/tour.html>) und WWVH von der Kauai-Insel, Hawaii (<http://tf.nist.gov/timfreq/stations/wwwhtour.html>).

■ Weitere Informationsquellen

Zurück zur Gegenwart: Für den täglichen Gebrauch besonders empfehlenswert sind die hervorragenden Darstellungen des *Space Weather Monitor* unter www.ionosonde.iap-kborn.de/actuellz.htm.

Unter den verfügbaren Informationsquellen dürfen wir die Ionosphärensonden nicht vergessen. Eine der besten steht im Norden Deutschlands in Juliusruh (www.ionosonde.iap-kborn.de/ionogram.htm), wo die Werte für MUF and f_0F_2 aber im Normalfall deutlich niedriger als im Süden liegen. Daher verwende ich eher die mir geografisch nahe Ionosonde in Průhonice bei Prag (s. unter <http://digisonda.ufa.cas.cz>).



Eines der Vorhersagediagramme, einschließlich der Legende – hier für das Gebiet um Melbourne, Australien, auf dem langen Weg

Monatliche Ausbreitungsvorhersagen bieten also nur Anhaltspunkte für die tatsächlichen Verhältnisse. Doch dienen sie als illustrierter Wegweiser, der zeigt, was wir von der Ionosphäre in den kommenden Wochen erwarten können. Übung, Vorstellungskraft und ein wenig Physik führen uns zum Ziel.

■ Die FA-Diagramme

Kommen wir nun zu den eigentlichen Diagrammen (S. 318 in dieser Ausgabe) und zu dem, was aus ihnen abzulesen ist. Dargestellt werden jeweils die Ausbreitungsmöglichkeiten zu zwölf Gebieten, die etwa gleichmäßig über die Erdkugel verteilt sind. Elfmal ist der kurze Ausbreitungsweg dargestellt, im Fall von Melbourne, Australien, zusätzlich der lange. Der eigene Standort wird bei Kassel angenommen, Locator JO41SH, was man gemeinhin als die „geografische Mitte“ der BRD ansieht. Ferner fußen die Vorhersagen auf der Annahme, dass die Ausbreitung an jedem Tag des Monats gleich ist; zu den Schwachpunkten einer solchen Annahme s. vorn. Unten an der x-Achse ist die Uhrzeit (UTC) eingetragen, und an der vertikalen Achse

(y-Achse) ist die Frequenz in Megahertz ablesbar.

Die weiße Kurve stellt die MUF dar, also die höchste brauchbare Frequenz. Das ist eine wesentliche Rechengröße der Ionosphärenforscher. Verbindungen oberhalb dieser sind möglich, ausführlicher hierzu u. a. in [8].

Mehr noch interessiert uns jedoch, wann ein bestimmtes Gebiet zu erreichen ist und wie stark man selbst bei der Gegenstation und umgekehrt ankommt. Dazu basieren die Berechnungen auf der „Standardausrüstung“ von OM Normalverbraucher.

Als Empfangsantenne ist ein in einer Höhe von einer halben Wellenlänge aufgehängter Dipol angenommen (obwohl dieser auf den Lowbands eher selten sein dürfte), und für die Sendeleistung gilt 1 kW ERP. Das können 1 kW am Dipol sein, 300 W an einer Antenne mit 5 dBd Gewinn usw.

Die Signalstärke ist farbig dargestellt, wober die Legende informiert. Schwarz ist „nix“. Je heller die Farbe dann wird, desto stärker ist das Signal. Oberhalb von etwa S8 wird die Farbe hellrot bis dunkelrot. In nebenstehendem Fallbeispiel sehen wir vormittags einen grünen Fleck. Zwischen 0600 und 0900 UTC sind von 7 bis 14 MHz S6-Signale zu erwarten, gegen 0900 UTC sogar bis 21 MHz hoch, und gegen 0700 UTC könnte evtl. VK3 auf 80 m über den langen Weg gelingen.

Übersetzung: Harald Kuhl, DL1ABJ

Literatur

- [1] Janda, F., OK1HH: Kurzwellenausbreitungsvorhersagen an der Schwelle des dritten Millenniums. FUNKAMATEUR 49 (2000) H. 7, S. 818–819
- [2] Janda, F., OK1HH: Wetterberichte für Funker. FUNKAMATEUR 40 (1991) H. 8, S. 472–473; H. 9, S. 530
- [3] Janda, F., OK1HH: Die Ausbreitung der Funkwellen, ihre Veränderungen und Vorhersage. FUNKAMATEUR 31 (1982) H. 9, S. 455–458, H. 10, S. 503–506
- [4] Janda, F., OK1HH: Kurzwellenausbreitung über ionosphärische Wellenleiter. FUNKAMATEUR 32 (1983) H. 9, S. 447–449
- [5] Janda, F., OK1HH: Von Sonnenwind zum Polarlicht (1–3). FUNKAMATEUR 35 (1986) H. 9, S. 438–440, H. 10, S. 491–492, H. 11, S. 549–551
- [6] Janda, F., OK1HH: Von der Eruption bis zur Super-Aurora. FUNKAMATEUR 38 (1989) H. 7, S. 351
- [7] Heß, W., DL1RXA†: Über die Vorhersagbarkeit des Funkwetters. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 6, S. 723; H. 7, S. 847; H. 8, S. 971; H. 9, S. 1095
- [8] Heß, W., DL1RXA†: Sind Funkverbindungen oberhalb der MUF möglich? FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 3, S. 355
- [9] Heß, W., DL1RXA†: Koronale Löcher – die ungebetenen Gäste. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 2, S. 229
- [10] Heß, W., DL1RXA†: Die Sonne und die DX-Bedingungen. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 8, S. 780–782

FA-Ausgaben bis 2001 zurück sind über den FA-Leserservice oder Online-Shop erhältlich; die Beiträge [2] ... [6] stehen auch in Theurich, K., DG0ZB (Hrsg.): Funkamateure-Digest, Theurber Verlag, Berlin 1998