

# Zauberhaftes 6-m-Band (3): DX und die Physik der Ionosphäre

MARTIN STEYER – DK7ZB

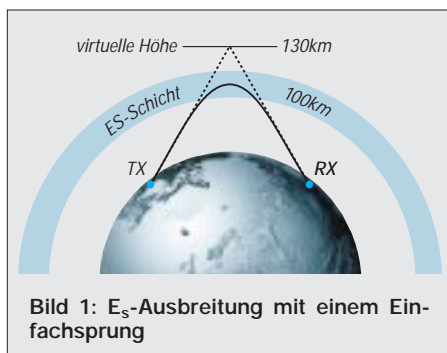
*Hawaii auf 6 m, konkret KH7R, gearbeitet am 27. 03. 2000 u.a. von DL6AMI, 28 096 km auf dem langen Weg. Wie kann so etwas auf einem UKW-Band gehen? Passiert das öfter? Ist es gar vorhersagbar? Glück allein hilft nicht immer – im folgenden wird erklärt, was man wissen sollte.*

Das 6-m-Band bietet neben Ausbreitungsphänomenen, die von der Kurzwelle her bekannt sind, auch solche, wie sie typisch für die UKW-Bereiche sind. Aus diesem Grund gibt es kein Amateurband, welches so viele verschiedene Ausbreitungsarten kennt wie dieses.

Das Salz in der Suppe sind Bedingungen, die aus Kombinationen der unten beschriebenen bestehen und so zu überraschenden, nicht vorhersagbaren und kaum wieder beobachtbaren Verbindungen führen.

## ■ Die sporadische E-Schicht (E<sub>s</sub>)

Sie entsteht vor allem in den Sommermonaten zwischen Mai und August, seltener im Dezember und Januar. In den Jahren des Sonnenfleckenninimums scheinen die Intensitäten größer zu sein als im Maximum. Die reflektierenden Wolken mit ionisierten Metallionen aus Meteoriten sowie Elektronen aus Gasmolekülen liegen in einer Höhe von etwa 100 km und haben eine Schichtdicke von einigen Kilometern. Diese Wolken, deren Entstehung und Abhängigkeiten teilweise noch unklar sind, weisen eine Ausdehnung von 60 bis 200 km bei einer Schichtdicke von 2 bis 4 km auf und wandern recht schnell. Eine Vorhersage, wann und wo sie auftreten, ist nicht möglich. Lediglich statistisch lassen sich bestimmte Tendenzen erkennen, das Einzelereignis ist nicht vorhersagbar.

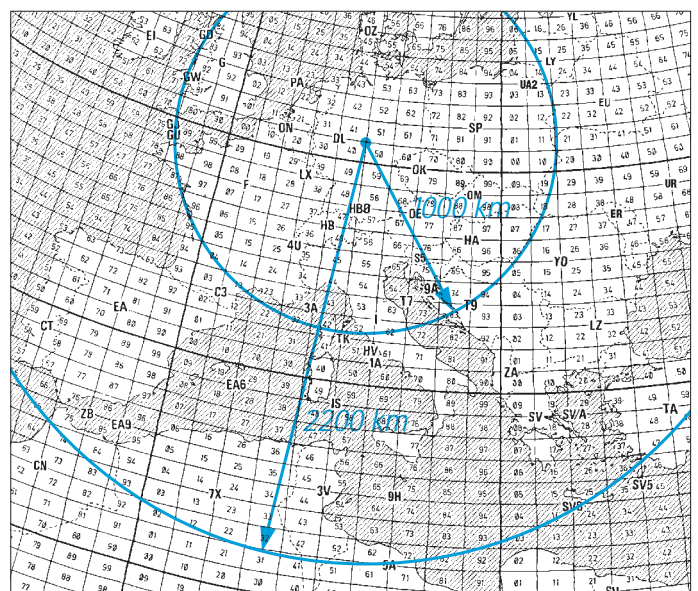


Die Ausbreitungsbedingungen wechseln abrupt, und die Signale der beobachteten Stationen können starken Schwankungen unterliegen, aber im Extremfall sehr hohe Feldstärken aufweisen. So sind E<sub>s</sub>-Kontakte mit weniger als 100 mW Sendeleistung über ganz Europa machbar. Typisch

ist, daß unser Nachbar 30 km weiter eine Station mit S9 hört, die bei uns nicht einmal zu ahnen ist. Da auch der umgekehrte Fall eintritt, bekommt so jeder selbst bei kleinen Leistungen seine Chance.

Die scheinbare Höhe der Reflexionszone gemäß Bild 1 liegt bei etwa 120 bis 130 km, unter Berücksichtigung der Erdkrümmung kann man so im Normalfall eine Sprungdistanz über 1000 km bis etwa 2200 km erwarten (Bild 2). Bei starker Ionisation sinkt die minimal überbrückbare Entfer-

Bild 2:  
Zone für die häufigste E<sub>s</sub>-Ausbreitung von Zentral-DL aus; infolge einer virtuellen Höhe der Reflexionszone von 120 bis 130 km kommen Sprungdistanzen zwischen 1000 und 2200 km zustande.



nung auf wenige hundert Kilometer. E<sub>s</sub>-Bedingungen künden sich auf niedrigeren Frequenzen an (10-m-Band beobachten!). Wenn es auf dem 20-m-Band praktisch kaum noch eine tote Zone gibt und lautstarke Verbindungen über 200 bis 300 km möglich sind, herrscht bei 6-m-DXern allerhöchste Alarmbereitschaft!

Mitunter sind zwei E<sub>s</sub>-Sprünge mit einer Ausbreitung von Signalen über eine Entfernung von 2500 bis 4500 km möglich. So lassen sich auch andere Kontinente, wie Afrika und Vorderasien, in den Sommermonaten recht häufig erreichen. Besonders begünstigt sind Amateure weiter südlich. Stationen aus EA7, 9H, IT9 und Süditalien melden daher häufig DX im Cluster, wovon wir hierzulande nur träumen können.

Im Bereich von 2300 bis 2500 km gibt es für E<sub>s</sub> so etwas wie eine tote Zone, für die

normalerweise ein Ein-fachsprung zu weit und ein Doppelsprung zu nah ist. Stationen in dieser Entfernung sind sehr schwer zu arbeiten.

Bislang nicht erklärbar, obgleich meist als Mehrfach-E<sub>s</sub> beschrieben, sind Transatlantik-Funkmöglichkeiten von Europa nach W und VE in der Zeit von Mitte Juni bis Mitte Juli. Dabei müßte es sich um Dreifach- oder sogar Vierfachsprünge handeln. Das Irritierende dabei ist, daß die Bedingungen recht lange anhalten können und manche W-Stationen über Stunden hörbar sind, ganz im Gegensatz zur normalen Ein-fach-E<sub>s</sub>. Schwer vorstellbar ist, wie sich schnell bewegende, einzelne E<sub>s</sub>-Wolken gerade so gruppieren, daß längere Zeit derartige Bedingungen bestehen bleiben.

## ■ Field-Aligned Irregularities (FAI)

Während der E<sub>s</sub>-Saison gibt es Streubedingungen, bei denen die Stationen ihre Antennen nicht direkt aufeinander zu drehen, sondern gemeinsam einen abseits des Groß-

kreises liegenden Scatterpunkt in den E<sub>s</sub>-Schichten anzupeilen haben. Eine Station ist meist südwestlich, die andere südöstlich des Scatter-Punktes. Diese Signale mit geringer Feldstärke sind oft rauh, ähnlich wie bei Aurora, und mit flatterndem Fading behaftet. Die Ereignisse sind parallel zu E<sub>s</sub>- bzw. vor und nach E<sub>s</sub>-Öffnungen zu beobachten und treten besonders in Südeuropa auf.

Typisch sind QSOs von Süd-F nach YU, wobei beide Stationen ihre Antennen nach HB9 ausrichten müssen. Charakteristisch ist, daß bei direkter Antennenrichtung die Signale verschwinden. FAI ist auch von 2 m her bekannt und wird auch als E<sub>s</sub>-Backscatter bezeichnet.

## ■ Nordlichtreflexionen (Aurora)

An der Polarkappe können entlang der dort zur Erde hin gekrümmten Magnetfeldlinien

Teilchen des Sonnenwindes bis in tiefere Schichten der Ionosphäre vordringen. Hier bewirken sie farbige Lichterscheinungen als sichtbares Zeichen der Ionisierung von Gasmolekülen, für Funkwellen entsteht eine diffuse Reflexionszone. Telegrafiesignale werden mit einem Zischen hörbar, es ist kein sauberer CW-Ton einzustellen. SSB-Signale sind meist völlig unverständlich, nur selten kann mit SSB ein lesbares QSO geführt werden.



Bild 3: Sichtbares Nordlicht der Aurora borealis [3]

In der Regel tritt Aurora auf 50 MHz früher und mit stärkeren Signalen als auf 144 MHz in Erscheinung. In Mitteleuropa ist Aurora weitaus seltener als in Skandinavien. In Zeiten hoher Sonnenaktivitäten liegt die größte Häufigkeit; das Beobachten der WWV-Daten, z.B. in DX-Clustern, ermöglicht eine gewisse Vorhersage. Die Aurora-Bake DK0WCY auf 10,144 MHz liefert ständig aktuelle WWV-Daten und Aurora-Warnungen in Telegrafie.

Aurora beginnt meist nachmittags gegen 15:00 UTC, am Abend gibt es dann nach vorübergehendem Abflauen weitere Maxima. Entfernungen vom Nahbereich bis zu etwa 1500 km sind dabei zu überbrücken, die Antennen müssen grundsätzlich in nördliche Richtungen weisen. Auroraöffnungen beginnen häufig im Nordwesten, dann tritt ein Wandern der Reflexionszone nach Nordosten auf.

Nach und mit Aurora kann es in Nordeuropa zu Aurora-E<sub>s</sub> kommen, dann sind Verbindungen nach GM, LA, SM und OH mit guten, unverzerrten Signalen und hohen Feldstärken möglich.

Infolge Rotation der Sonne mit 28 Tagen Dauer kann es nach diesem Zeitraum durch dieselben Fleckengebiete zu einer Wiederholung der Aurora-Bedingungen kommen.

## ■ Troposphärische Ausbreitung (Tropo)

Diese spielt wegen der gegenüber höheren UKW-Bändern deutlich größeren Wellenlänge keine solche Rolle wie auf 2 m, 70 und 23 cm, wo bei Inversionswetterlagen die bekannten Überreichweiten auftreten.

Die normale Bodenwelle ist nach 30 bis 50 km nicht mehr nachzuweisen. Durch Inhomogenitäten in der Troposphäre kann es jedoch zu einer Streuung und Beugung in Richtung Erdboden kommen, so daß über die Bodenwelle hinaus Entfernungen von 150 bis 300 km zu überbrücken sind.

Die Signale können stark in der Feldstärke schwanken, langfristiges Fading ist üblich. Skeds dehne man deshalb über einen längeren Zeitraum aus. In den Morgenstunden sind die Tropo-Bedingungen besser als nach zunehmender Tageserwärmung. Die auf den höheren Bändern mit lauten, weit entfernten Signalen einhergehenden Inversions-Überreichweiten (Duct-Bildung) sind in dieser Form auf 6 m nicht bekannt.

Troposcatter, eine Streuung von sehr starken Sendesignalen an troposphärischen Inhomogenitäten mit überbrückbaren Entfernungen von bis zu 1000 km, wie auch auf 2 m üblich, kann erst mit Leistungen ab etwa 10 kW ERP stattfinden und spielt somit in DL keine Rolle.

## ■ Trans Equatorial Propagation (TEP)

Diese Ausbreitungsart ist nur für UKW-Frequenzen bekannt und erstreckt sich auf Verbindungen, die senkrecht zum erdmagnetischen Äquator, wie in Bild 5 veranschaulicht, stattfinden. Nördlich und südlich desselben bilden sich in mehreren hundert Kilometern Höhe ionisierte Wolken durch aufsteigende Plasmablasen. Diese beugen die Funkwellen so, daß etwa 5000 bis 7000 km überbrückt werden können (Bild 4). Dabei haben die beiden beteiligten Stationen etwa gleiche Entfernungen vom Äquator. Denkbar ist ferner ein Modell, bei dem die Wellen zwischen den Spread-F-Wolken noch einmal einen „Hop“ über den Erdboden machen.

Der Sprung endet normalerweise im Mittelmeerraum; Amateure in DL können seltener direkt von TEP-Ausbreitung profitieren. Erst wenn zusätzlich E<sub>s</sub>-Bedingungen auftreten, erreichen TEP-Signale auch Stationen, die weiter nördlich liegen.

TEP tritt lediglich bei hoher Sonnenaktivität in den Jahren des Maximums auf, bevorzugt in den frühen Abendstunden des Frühjahrs und des Herbstes kann mit dieser Ausbreitungsart gerechnet werden. Stationen in EA, I, SV und 9H haben sogar die Chance, auf 2 m zu Entfernungsrekorden zu kommen!

Die Signale sind mit S 1 bis S 3 in DL recht leise, haben ein charakteristisches Flattern und eine Dopplervershift. Telegrafie mit nicht zu schnellem Tempo um 50 BpM ist die beste Betriebsart für TEP, da SSB-Signale unsauber klingen und ihre Feldstärke häufig nicht ausreicht. Stationen aus 7Q haben die optimale Entfernung und Lage für QSOs nach Europa.

## ■ Ionosphärenausbreitung (F2)

Nur bei höchster Sonnenaktivität im Maximum tritt auf dem 6-m-Band eine Ausbreitung über die für normale, interkontinentale Kurzwellenausbreitung verantwortliche F2-Schicht auf. Die F2-Schicht befindet sich im Sommer bei langer Sonneneinstrahlung in etwa 400 km, an einem Wintertag mit kürzerer Sonnenscheindauer in 300 km Höhe. Verantwortlich für die Ionisation der in der F2-Schicht auf der jeweiligen Tagseite der Erde befindlichen Gasmoleküle sind der von der Sonne kommende, Sonnenwind genannte, Teilchenstrom sowie die energiereiche Strahlung.

### Normale Ionosphärenausbreitung

Solare Fluxwerte von über 185 und eine etwas unruhige Erdmagnetik mit Werten von A=20...30 erweisen sich als gute Voraussetzung für 6-m-F2-Kontakte in alle Erdteile. Die Monate Februar/März und Oktober/November bieten in den Jahren des Maximums mehrere Tage, an denen teilweise mit beachtlichen Feldstärken DX zu arbeiten ist und ein gewisses „Kurzwellen-Feeling“ herrscht. Weit entfernte Stationen lassen sich dabei auch mit Mehrfachsprüngen erreichen. Dazu muß die Welle aber möglichst flach auf die F2-Schicht treffen. Antennen, deren Strahlungskeule einen kleinen vertikalen Erhebungswinkel unter 10° aufweist, sind eindeutig im Vorteil. Dies ist zum Beispiel bei hoch angebrachten Yagi-antennen von 5 bis 10 m Boomlänge der Fall.

So ergeben sich Sprünge von 4000 bis 4500 km bzw. Vielfache davon. Mit zwei „Hops“ erreicht man W und VE, dreimal ist für VK nötig.

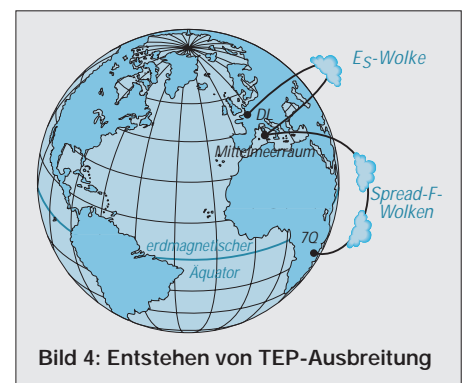


Bild 4: Entstehen von TEP-Ausbreitung

Grundsätzlich muß der gesamte Ausbreitungsweg in die Tageszone fallen. In den frühen Morgenstunden von 8...9 UTC sind dann Ostasien und der Pazifik erreichbar, 14...15 UTC ist die optimale Zeit für Verbindungen nach W, VE und Mittelamerika. Afrikaner und Südamerikaner kommen fast ganztägig herein.

Da mit dem Maximum des jetzigen Sonnenzyklus 23 gegen Ende des Jahres 2000 zu rechnen ist, ist jetzt Eile geboten, wenn

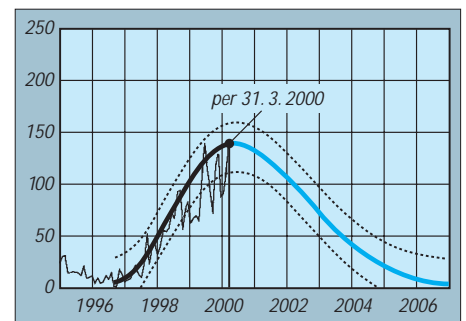


man mit weltweiten DX-Verbindungen nicht wieder 10 Jahre warten will. Den Verlauf der Sonnenaktivität im aktuellen Zyklus und die zukünftigen Erwartungen der NASA zeigt Bild 7 [2]. Daraus ist ersichtlich, daß die mittlere Sonnenfleckenanzahl geglättet der Vorhersage entspricht (durchgezogene Linie), sich aber Phasen sehr hoher mit solchen niedrigerer Aktivität abwechseln. Die beiden gepunkteten Graphen deuten maximale und minimale Vorhersageerwartung an.

dungen nach Afrika. Analog zu TEP profitieren hiervon zumeist Stationen im Mittelmeerraum, nur bei zusätzlichem E<sub>s</sub> oder besonders herausragenden Bedingungen haben DL-Amateure eine Chance.

**Seitliche Ionosphären-Streuausbreitung (F2-Sidescatter)**

Von EU aus führt dieses interessante Ausbreitungsphänomen besonders in den ostasiatischen oder pazifischen Raum. Sonnenfleckenmaximum und hoher solarer Flux



**Bild 7:** Aktivität der für die F2-Ausbreitung verantwortlichen Sonnenflecken im Zyklus 23; dicke schwarze Kurve geglättete Werte, blau Vorhersage [2]



**Bild 5:** Weltweit beobachtete TEP-Linien; der Verlauf des magnetischen Äquators weist Anomalien auf, die zu Ausbreitungspfaden im Winkel bis zu 45° querab zu den Längengraden führen können.

Für F2-Ausbreitung im 50-MHz-Band kommen nur die Zeiten höchster Sonnenaktivität in Frage. Diese läßt sich anhand der aktuellen Daten wie Sonnenfleckenanzahl R und Flux F verfolgen, also DK0WCY, DX-Cluster sowie weitere Quellen im Internet ständig beobachten.

Die letzte Spitze mit einer Sonnenfleckenanzahl R > 160 lag im November 1999 und bescherte mir nach genau 9 Jahren Pause wieder den ersten Kontakt mit JA über F2-Sidescatter, s.u.

**Ionosphären-Rückstreubedingungen (F2-Backscatter)**

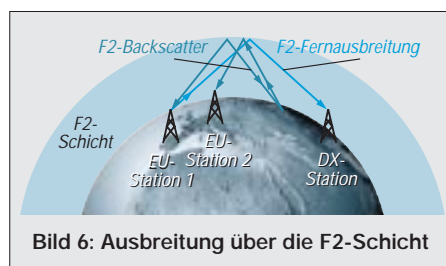
Derartige von der Kurzwelle bekannten Erscheinungen sind zu Zeiten von F2-Fernausbreitung für EU-Kontakte zu nutzen. Die F2-Schicht streut die Signale mit einem charakteristischen, rauhen Ton zurück, wie Bild 6 veranschaulicht. Dazu müssen die Antennen beider beteiligten EU-Stationen in Richtung des Ausbreitungspfades zeigen. Hohe Sendeleistungen führen zu überproportional größeren Feldstärken, weshalb unsere Nachbarn aus PA, OZ u.a. meist gute Signale haben, uns aber unter Umständen nicht aufnehmen können.

**Lokale Ionosphärenausbreitung (Spread-F)**

Des weiteren können im Sonnenfleckenmaximum lokal erhöhte Ionisationen der F2-Schicht zu Reflexionen von 50-MHz-Signalen führen. Die eigentliche maximal nutzbare Frequenz MUF liegt dabei deutlich niedriger, so daß die auf 6 m zu arbeitenden Länder auf 10 m gar nicht hörbar sind. Besonders typisch ist dies für Verbindungen

sind notwendig; charakteristisch ist, daß die Ausbreitung nicht entlang des Großkreises stattfindet, der die kürzeste Verbindung zweier Punkte auf der Erde darstellt. Die Streuung/Reflexion der Signale erfolgt seitlich des Großkreises.

Japanische Stationen sind dann beispielsweise aus Richtungen von 90 bis 100° am lautesten. Sie sind besser über Sidescatter zu arbeiten, weil deren Entfernung von 10 000 km für zwei normale F2-Sprünge zu weit und für drei zu nah ist.



**Bild 6:** Ausbreitung über die F2-Schicht

Ursache sind wohl lokal höhere Ionisationen in den Bereichen senkrechter Sonneneinstrahlung auf die Erde, meist liegen die Spread-F-Wolken in Höhe des Äquators. Stark bündelnde Antennen sind wiederum vorteilhaft, da die Feldstärken sehr niedrig sind und die Signale an der Lesbarkeitsgrenze liegen. CW ist eindeutig die beste Betriebsart.

**Ionoscatter (IS)**

Zu jeder beliebigen Zeit sind mit hohen Strahlungsleistungen (ähnlich wie bei Troposcatter) Streusignale der Ionosphäre mit geringer Feldstärke zu erzeugen. Für die Streuung ist hauptsächlich die D-Schicht verantwortlich, die Verbindungen im Be-

reich von 700 bis 2000km möglich macht. Radaranlagen nutzen diesen Effekt zur Ionosphärenforschung aus. Obzwar zu Zeiten höherer Ionisation zuweilen die notwendigen Sendeleistungen sinken, ist dies in DL leider zu keinem Zeitpunkt aktuell ...

**Meteorscatter (MS)**

Wie 2-m-Amateuren bestens bekannt, sind entlang vorübergehender, lokaler Ionisationspfade von Meteoriten (Trails) Reflexionen möglich. Bursts, d.h. länger anhaltende Reflexionen, sind auf 6 m wesentlich häufiger und lang anhaltender als auf 2 m.

Skeds mit Hochgeschwindigkeits-CW von ≥ 1000 BpM über kurzzeitige Reflexionen (Pings) sind praktisch immer lohnend, zu Zeiten der Meteorströme Leoniden, Geminiden, Quadrantiden u.a. erweisen sich sogar SSB und normales CW als brauchbar. Wer MS-Signale hören will, läßt auf der Frequenz einer G- oder SM-Bake den Empfänger durchlaufen. Innerhalb einer Stunde sind selbst bei normalen Bedingungen mehrere Pings bzw. Bursts zu hören.

QSOs via Reflexionen am MND, schon auf 2 m Privileg weniger Top-Stationen, sind wegen der Leistungsbeschränkung für uns auf dem 6-m-Band ein unerfüllbarer Traum. Ohnehin sind weltweit nur eine Handvoll Stationen entsprechend ausgerüstet. Demgegenüber bieten Reflexionen an Tropo- bzw. Ionosphärenschichten, wie dargestellt, genügend Betätigungsmöglichkeiten, um Weitverbindungen herzustellen sowie die Kenntnisse zur Wellenausbreitung zu vertiefen.

Das DXCC ist mit 25 W ERP zu schaffen – packt es an, (X)YLs und OMs!

**Literatur/Quellen**

[1] White, I., G3SEK: The VHF/UHF-DX-Book. DIR Publishing Ltd., 1992  
 [2] NASA Marshall Space Flight Center: Sunspot and the Solar Cycle. [www.sunspotcycle.com](http://www.sunspotcycle.com)  
 [3] Miller, D.: IPS Radio and Space Services. [www.ips.gov.au](http://www.ips.gov.au)