



Wolfgang Schippke

Süddeutsches TEP-Beobachtungsprogramm

Erste Ergebnisse

In den 50er Jahren wurde zum ersten Mal von Funkamateuren über ungewöhnlich weite Funkverbindungen im 50-MHz-Amateurband berichtet. Diese Kontakte wurden ausschließlich in den frühen Abendstunden, vor allem in den Herbst- und Frühlingsmonaten getätigt. All diese Verbindungen mit ungewöhnlich weiten Distanzen führten über den Äquator oder in einem Bereich $\pm 15^\circ$ nördlich oder südlich davon. Auf Grund dieser ersten TEP-(trans-equatorial-propagations)Verbindungen konnten zwei Klassen unterschieden werden, die erste mit sehr geringen und die zweite mit sehr schnellen, rasch zunehmenden Feldstärkeschwankungen vor allem in den Stunden während und nach Sonnenuntergang.

Beobachtungen über äquatoriale F2-Schicht-Irregularitäten können in allen Ländern zwischen der nördlichen und der südlichen Hemisphäre getätigt werden. Erste Versuche über einen TEP-Ausbreitungsweg wurden 1956 zwischen den US-Virgin-Islands in der Karibik und der Stanford University in Kalifornien auf 46,0 MHz durchgeführt. Ungewöhnlich starke Backscatter-Echos, die auf der Teststrecke auftraten, wurden mit einer Ionosphären-Ionosphären-Ausbreitung (multi-hop-F2) an großen horizontalen Gradienten der äquatorialen F2-Schicht erklärt.

Im Jahre 1962 wurde in Australien der Empfang von koreanischen, russischen und japanischen FM-Stationen im Frequenzbereich zwischen 30 MHz und 75 MHz gemeldet, und zur gleichen Zeit waren TEP-Versuche zwischen Chile und Panama auf 64 MHz erfolgreich. Danach wurden auf Grund

lang angelegter Versuche im pazifischen Ozean zwischen Okinawa und Darwin sowie zwischen Okinawa und Fiji die Hypothese aufgestellt, daß 80 MHz die höchste zu übertragende Frequenz bei TEP-Irregularitäten sei, allerdings zeigt sich wenig später auf einer Versuchsstrecke von Rorotonga nach Oahu, daß auch 90-MHz-Signale übertragen werden können.

Über den Äquator

Versuche in den letzten Jahren von Funkamateuren zwischen Puerto Rico und Argentinien, zwischen Cypern und Südafrika sowie zwischen Griechenland, Italien, der Schweiz, Süddeutschland und Südafrika zeigen aber, daß auch 144-MHz-Signale ohne Schwierigkeiten via TEP zu übertragen sind. Untersuchungen in den letzten

drei Jahren zwischen Cypern und Zimbabwe ergaben, daß auch 432-MHz-Signale über den geomagnetischen Äquator hinweg übertragen werden können. Die Reichweiten hierbei liegen genau wie bei den tieferfrequenten VHF-Teststrecken um 6500...9000 km. Vermutungen gehen dahin, daß noch weit höhere Frequenzen bis in den GHz-Bereich hinauf über den Äquator hinweg übertragen werden können und daß Süddeutschland bei 144-MHz-Verbindungen nicht die nördlichste Grenze ist, sondern diese möglicherweise im Bereich Südschweden zu suchen sei.

In Süddeutschland wird das Auftreten von TEP auf den Frequenzen 28,50 MHz und 144 MHz seit September 1978 regelmäßig beobachtet, wobei empfangsseitige Erfolge zu vermelden sind.

Messungen und Beobachtungen vor allem im November 1979 und November 1980 zeigen einen scheinbaren Zusammenhang zwischen dem Auftreten von ZB2VHF-Empfangsphasen (einer 50-MHz-Bake in Gibraltar) und dem Beobachten von TEP sowie TAP (transatlantic-propagations). Besonders interessant sind in diesem Zusammenhang Reflexionszentren im Nordwesten Europas, die eine langsame Driftbewegung ausführen. An diesen Reflexionszentren werden auch Signale aus Afrika und Amerika reflektiert.

Begünstigt durch eine hohe solare Aktivität sowie durch die Äquinoktien (Tag/Nachtgleiche), steigt die MUF (maximal usable frequency) über den trans-äquatorialen Ausbreitungsweg so stark an, daß in den frühen Abendstunden gerade in Süddeutschland an einigen Tagen die 144-MHz-Baken aus dem Bereich Südafrika registriert werden können (Bild 1). Die Abendöffnung beginnt in unseren Breiten meist zwischen 1530 UT und 1615 UT. Nicht selten kommt es vor, daß mittägliche multi-hop-F2 Öffnungen solange andauern, daß sie unmittelbar in vorabendliche TEP-Öffnungen übergehen. Bis gegen 1630 UT wird im 50-MHz-Band ein langsamer, kontinuierlicher Feldstärke-Anstieg beobachtet, der nach 1630 UT steil ansteigt und zwischen 1645 UT und 1720 UT ein sehr stabiles Maximum erreicht. Nach diesem Maximum fällt die Feldstärke relativ schnell wieder ab. Zu einigen Zeiten, besonders während der Äquinoktien im Sonnenfleckenmaximum, kann ein zweites, weitaus schwächeres Maximum zwischen 18 UT und 19 UT registriert werden.

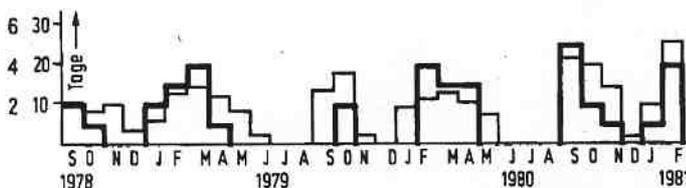


Bild 1. Die Hörbarkeit südafrikanischer Bakensender im Zeitraum September 1979 bis Februar 1981. Schwarz: ZS6PW auf 50,29 MHz; Blau: ZE2JV auf 144,160 MHz

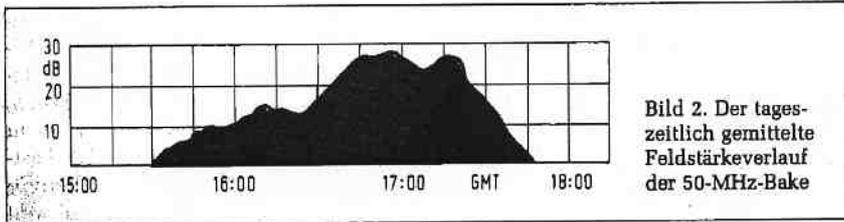


Bild 2. Der tageszeitlich gemittelte Feldstärkeverlauf der 50-MHz-Bake

Auch auf 144 MHz

Die ersten 144-MHz-Signale werden, wenn sie registriert werden können, in den Phasen des steileren 50-MHz-Anstieges um 1645 UT beobachtet (Bild 2). Die Signalfeldstärke zeigt im Gegensatz zum 6-Meter-Signal sehr schnell an, und geht gegen 1655 UT in ein Maximum über.

Das 144-MHz-Signal wird bzw. kann um vieles länger beobachtet werden als das 50-MHz-Signal. Man erklärt dies durch das Ansteigen der Elektronendichte-irregularitäten in der äquatorialen Ionosphäre, die von den 50-MHz-Signalen nicht mehr erreicht werden können und unter einer leichten Beugung in den Weltraum abgestrahlt werden. Das 144-MHz-Signal erreicht diese sehr hochgelegenen Irregularitätszellen weiterhin, und der Empfang ist auch nach dem Verschwinden der 50-MHz-Signale möglich. Dieser Anstieg dieser Irregularitätszellen wird während der Ost-West-Driftung beobachtet. Der mögliche Höhenbereich dieser Zellen liegt zwischen 450 km und 1000 km über dem Äquator.

Die Beobachtungen im 10-Meter-Band

Beobachtet wird im 10-Meter-Amateurfunk-Band ausschließlich zwischen 1530 UT und 2000 UT, der restliche Tagesgang bleibt hierbei unberücksichtigt. Im Verlauf von September 1978 bis Februar 1981 konnte eine ebensolche saisonale Abhängigkeit registriert werden, wie sie im 6-Meter- und 2-Meter-Band beobachtet werden kann. Signale via TEP werden ausschließlich bei hoher solarer Aktivität in den Monaten September bis April übertragen. In den Sommermonaten findet nur sehr selten TEP statt, während im Sonnenfleckenminimum kein TEP registriert werden kann.

Die 10-Meter-Signale der beobachteten südafrikanischen Baken sind meist

um 1530 UT bereits registrierbar. Nur in weniger als 15 % aller Beobachtungen konnten die Signale nicht (oder verspätet) nachgewiesen werden. Die Signalfeldstärke zu Anfang des Beobachtungszyklus kann als konstant beschrieben werden. In Richtung Sonnenuntergang steigt die Feldstärke langsam an und erreicht gegen 1700 UT ein flaches Maximum. Nach dem Sonnenuntergang sinkt die Feldstärke unter rasch zunehmendem Fading langsam ab. Gegen 1800 UT ist das Fading so stark angestiegen, daß das empfangene Signal nur sehr schwer lesbar wird. Die Fadingrate liegt im Schnitt bei zwei bis zehn Einbrüchen pro Sekunde. Zunehmend werden mit dem Anstieg der Fadingrate Echowege registriert, die einen um bis zu 1000 km längeren Weg bedeuten, als das unmittelbare Großkreissignal. Nach 1900 UT verschwinden die Signale allmählich im Rauschen und können nach 2000 UT in 90 % aller Beobachtungen nicht mehr registriert werden.

Es konnten in den letzten 30 Monaten mehr als 273 Öffnungen im 50-MHz-Band und 39 Öffnungen im 144-MHz-Band registriert werden. Mit beobachtet wurden 150 Öffnungen im Fernsehkanal II in Richtung Zimbabwe und 89 Öffnungen im Kanal III in Richtung Südafrika. Sowohl bei 50 MHz als auch bei 144 MHz wurde ein Maximum zwischen September 1979 und Februar 1980 beobachtet, was in direktem Zusammenhang mit dem Sonnenfleckenmaximum 1979 im Dezember zusammenhängt. Die Untersuchungen in Süddeutschland zeigen eindeutig, daß südafrikanische Stationen nicht nur im 10-Meter-Band ständig, sondern auch im 6-Meter-Band sowie im 2-Meter-Band zu gewissen Zeiten registriert werden können.

Die Beobachtungsstation

Seit September 1978 wird das Auftreten von TEP an der Station des Ver-

fassers regelmäßig beobachtet und ausgewertet. Seit dem gleichen Zeitpunkt werden auch die 144-MHz-Signale regelmäßig verfolgt und dokumentiert. Zu diesem Zweck wurde eine Beobachtungsanlage aufgebaut, die in den Möglichkeiten jedes Funkamateurs liegt. Das 50-MHz-Band wird mit einem Eigenbaukonverter beobachtet, der eine Rauschzahl von ca. 2,5 dB und eine Verstärkung von ca. 20 dB aufweist. Der Konverter setzt das Signal auf das 10-Meter-Band um. Als Nachsetzer kommt ein E410 der Firma Siemens zum Einsatz, der einen gesonderten Ausgang zum Anschluß eines Y-T-Schreibers besitzt. Als Schreibgerät wird ein HP 7045 A verwendet. Der Konverter ein Vierfach-Helix-Filter vorgeschaltet. Die Antenne kann sowohl für den Fernsehkanal 2 ausgelegt ist. Um die sehr starken Störungen im süddeutschen Raum durch den Fernsehsender Grönten zu mindern, ist dem Konverter ein Vierfach-Helix-Filter vorgeschaltet. Die Antenne kann sowohl horizontal als auch vertikal polarisiert sein, da durch die Mehrfachreflexion in der Ionosphäre eine sehr starke Polarisationsdrehung erfolgt. Eine vertikale Montage ist für Beobachtungen im 50-MHz-Band besser, da dadurch die Störungen durch den Fernsehsender nochmals vermindert werden können.

Ein ebenso geringer Aufwand wird bei der Beobachtung von 144-MHz-Signalen betrieben. Beobachtet wird hier in München mit einem etwas modifizierten FT 225 RD, dessen Eigenrauschen durch den Einsatz eines Schottky-Ringmischers sowie durch die Verwendung von rauscharmen Transistoren verbessert wurde. Das Gerät besitzt einen Ausgang, an dem ein Schreib- und Registriergerät angeschlossen werden kann. Als Antenne wird eine 40-Element-Gruppenantenne verwendet, die einen Vorverstärker mit einem GaAs-FET eingebaut hat. Dieser Verstärker bringt bei einem Rauschen von ca. 0,8 dB eine Verstärkung von 15 dB, um auftretende Kabelverluste auszugleichen.

Stichworte zum Inhalt

TEP, F2-Schicht-Irregularitäten, Signalfeldstärke, Überreichweiten, Fadingrate, Ausbreitungsweg