



Dr. Volker Grassmann, DF 5 AI

Die Beobachtung des „Mehrton-Effektes“

Zeitweilige Verzerrungen beim Empfang von SSB- oder CW-Signalen sind wohl von beinahe jedem UKW-Funkamateurler bereits beobachtet worden. Auch der Autor glaubte bei der erstmaligen Feststellung an eine Aurora-Bandöffnung und sah sich dann in dieser Vermutung getäuscht. Eine genauere Untersuchung stellt die Erscheinung als ein sehr ungewöhnliches Phänomen dar, welches durch einfache Mehrwege-Ausbreitung und/oder Laufzeiteffekte nicht gedeutet werden kann.

1. SPEKTRALE EIGENSCHAFTEN

Bei Einseitenband-Modulation bewirkt der „Mehrton-Effekt“ eine deutliche Verzerrung der Sprache, die auf eine spektrale Verbreiterung des Empfangssignals zurückzuführen ist, (7). Bei trägerfrequenten Signalen entstehen ober- und unterhalb der eigentlichen Sendefrequenz zusätzliche Spektrallinien, (1), (2), (6), (7). Die Seitenschwingungen weisen bei 145 MHz eine Ablage von typischerweise 30 Hz bis 200 Hz auf,

(2), (6), (7), auf höheren Frequenzen scheint die Ablage größer zu sein. Die Anzahl der Linien schwankt zwischen eins und vier, (6), vermutlich können aber auch mehr Linien auftreten. Die jeweiligen Zusatzträger sind über Sekunden bis Minuten beobachtbar. Während der Beobachtbarkeit sind die Linien sehr frequenzstabil, (7), und in ihrem Schwundverhalten unabhängig, (6), (7). **Bild 1** zeigt die Variabilität der Seitenschwingungen anhand einer Messung an der Funkbake DLØPR (144,910 MHz).

Die Zusammenfassung der beobachteten Frequenzablagen über einen Zeitraum von ca. ein bis zwei Stunden zeigt im allgemeinen Häufungsgebiete im Auftreten der Seitenschwingungen, (6), (7). Am Vortag der in Bild 1 gezeigten Messung ergab die Zusammenfassung ein beinahe symmetrisches Summenspektrum, wobei Linien in Vielfachen von ca. 65 Hz ober- und unterhalb der 145-MHz-Sendefrequenz festgestellt wurden, (6), (7).

Hinweis: Beobachtungen des Bakensenders DLØPR werden zum Teil durch technische Probleme am dortigen Sender beeinträchtigt, die ebenfalls zu einer starken Signalverzerrung führen. Zur damaligen Beobachtungszeit (1982) strahlte DLØPR mit einem einwandfreien Sendesignal permanent in südliche Richtung.

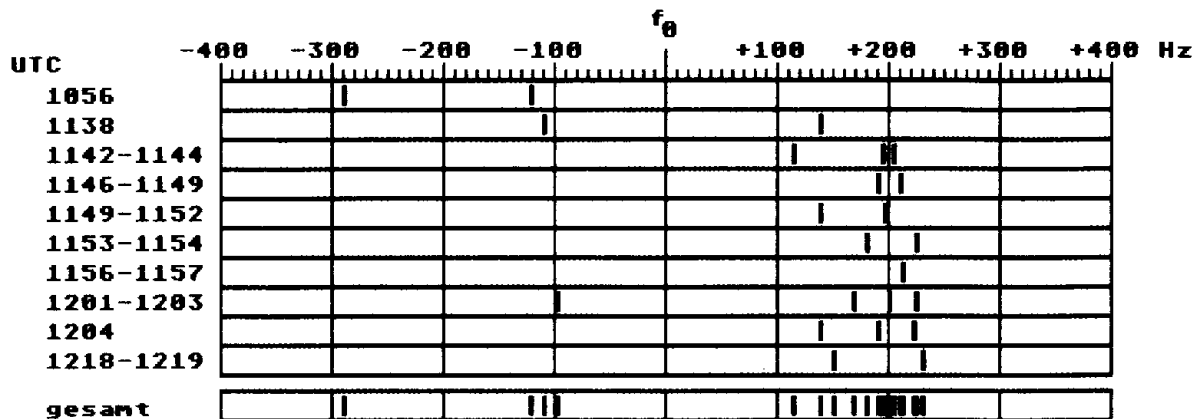


Bild 1: Frequenzablage der zusätzlichen Spektrallinien, die am Bakensender DLØPR ($f_0 = 144,910$ MHz) beobachtet wurden (Messung vom 5.9.82), (6)

2. DIE MISSWEISUNG DES EMPFANGSSIGNALS

Die Einfallsrichtung des frequenzverbreiterten Signals weicht im allgemeinen erheblich vom

wahren Azimut zum Sender ab, dabei kann die Mißweisung mehr als 90° betragen, (2), (4), (6), (7), Bild 2. Einige Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Einfallsrichtung der Spektrallinien geringfügig unterschiedlich ist, (6), (7). Vergleichende Messungen an verschiedenen Empfangsorten lassen die Mißweisung nicht als ein lokales Empfangsphänomen erscheinen, (7).

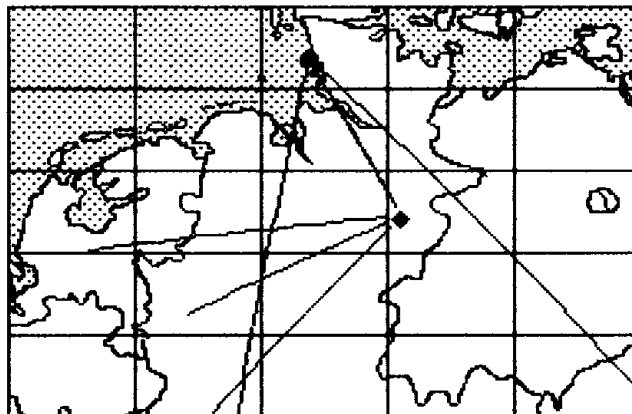


Bild 2: Typische Mißweisung bei der Beobachtung des Mehrton-Effektes am Bakensender DLØPR. Der an der Nordseeküste installierte Dauerlaufsender strahlt mit ca. 50° Öffnungswinkel in südliche Richtung. Eingezeichnet ist die direkte Verbindungslinie zur Empfangsanlage in der Nähe von Peine. Dort mußte die Antenne in südwestliche Richtung gedreht werden, um den Effekt beobachtbar zu machen. Der Öffnungswinkel der Empfangsantenne ist mit ca. 30° eingezeichnet. Die Großkreisentfernung beträgt 232 km.



Die Spektralverbreiterung und die Mißweisung stehen offenbar in einem engen Zusammenhang, denn bisher konnte das alleinige Auftreten einer Zusatzmodulation oder einer Mißweisung nicht beobachtet werden.

Die bisherigen Untersuchungen beachteten ausschließlich die azimutale Mißweisung. Es liegt allerdings eine Beobachtung vor, bei der der Effekt nur unter 44° Elevation festgestellt werden konnte, (8). Die Antennenrichtung des ca. 150 km entfernten Senders konnte rekonstruiert werden, da die Station aktiv an einem Mond-Echo-Test teilnahm. Eine Abschätzung der geometrischen Gegebenheiten läßt vermuten, daß die Nebenecken der Sende- und/oder Empfangsantenne am Zustandekommen der Beobachtung beteiligt waren. Dennoch erscheint eine troposphärische Herkunft der Erscheinung unwahrscheinlich, die Auswertungen lassen vielmehr eine Ursprungshöhe von ca. 80 km bis 110 km vermuten. Leider ist eine detaillierte Auswertung dieser Beobachtung nicht mehr möglich.

Die Feldstärke der zusätzlichen Spektrallinien ist geringer als der Signalpegel des auf dem Großkreis empfangenen Sendesignals. Interpretiert man die Mißweisung im Sinne eines verlängerten Ausbreitungsweges, so scheinen die Feldstärken größer zu sein als bei einer gleichlangen, ungestörten troposphärischen Ausbreitung zu erwarten wäre (man beachte anhand von Bild 2, daß ein verlängerter Ausbreitungsweg zu Streckenlängen von mehreren hundert Kilometern führt).

3. HÄUFIGKEIT DES MEHRTON-EFFEKTES

Der Mehrton-Effekt hat bisher nur bei Funkamateuren Beachtung gefunden, die das Phänomen beinahe täglich feststellen können. Vermutlich wird die häufige Beobachtung durch die im Amateurfunk verwendeten schmalbandigen Übertragungsverfahren (Einseitenband-Technik und Telegraphie) begünstigt. Der Effekt wurde im 2-m-, 70-cm-, 23-cm- und im 3-cm-Band fest-

gestellt. Die Funkamateure berichten, daß die Ablage der Spektrallinien bei kleineren Wellenlängen größer ist. Simultane Messungen auf unterschiedlichen Frequenzbändern liegen aber bisher nicht vor. Sendestationen mit relativ hohen Strahlungsleistungen sind besonders häufig mit den Zusatzsignalen zu empfangen, (5), (7). In einem Fall wird berichtet, daß während eines Nachmittags fast alle Empfangssignale aus 300 km bis 500 km Entfernung dem Effekt unterlagen, (4).

4. ERSTE DEUTUNGEN

Einige Beobachter deuten die Erscheinung als Reflexion an Flugzeugen, (2), (3). Zwar finden wohl gezielte UKW-Funkverbindungen auf diese Weise statt, (3), (4), als Gegenargument wird aber die festgestellte Frequenzkonstanz der Spektrallinien angeführt, (7). Vor allem wären zur Erklärung der hohen Dopplerverschiebungen Geschwindigkeiten von ca. 900 km/h anzunehmen, welche allerdings als Relativbewegung und nicht als Fluggeschwindigkeit (siehe (3)) behandelt werden müßten. Hier kämen nur schnelle Düsenflugzeuge im Zu- oder Abflug relativ zum Beobachter in Frage. Abgesehen von der unwahrscheinlichen Konstellation, würde zudem nur die schmale Bug- oder Hecksilhouette eines Flugzeugs als Radar-Rückstreuquerschnitt zur Verfügung stehen.

Es ist keineswegs sichergestellt, daß das Ursprungsgebiet des Mehrton-Effektes in der Troposphäre lokalisiert werden muß. Die Beobachtungen bei hoher Antennen-Elevation schließen die obere Atmosphäre (vor allem die Mesosphäre und die E-Region in der Ionosphäre) als Herkunftsort noch nicht eindeutig aus. Ein derartiges Ergebnis hätte allerdings einen sensationellen Charakter und würde die wissenschaftliche Zielsetzung des Amateurfunks nachhaltig betonen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Der Mehrton-Effekt ist ein bisher nur von Funk-



amateuren beachtetes Phänomen. Auf dem Ausbreitungsweg wird dem Sendesignal eine Fremdmodulation noch unbekannter Herkunft aufgeprägt. Die Spektralverbreiterung geht einher mit einer zum Teil erheblichen Mißweisung der Empfangsrichtung. Die Erscheinung ist beinahe täglich zu beobachten.

Eine Systematik in den Beobachtungszeiten, Richtungen und spektralen Verbreiterungen konnte noch nicht erkannt werden. Weitergehende experimentelle Untersuchungen erscheinen unverzichtbar, um die Erscheinung physikalisch deuten zu können. Derartige Untersuchungen könnten idealerweise an Bakensendern vorgenommen werden.

Allerdings muß der Autor aus praktischer Erfahrung einschränken, daß die rücksichtslose Mißachtung des Baken-Exklusiv-Bereiches durch dort in Frequenzmodulation funkende Amateure zu einer steten Einschränkung der Beobachtungsmöglichkeiten führt, denn kontinuierliche Dauerbeobachtungen sind kaum noch zu verwirklichen.

6. LITERATURHINWEISE

- (1) Griem, H.J.:
(Beobachtungsbericht ohne Titel)
cq-DL 9/76, 332
- (2) Griem, H.J.: Anomale UKW-Ausbreitung
cq-DL 12/79, 577
- (3) Hoch, G.: Anomale UKW-Ausbreitung
cq-DL 4/80, 195
- (4) Pasteur, P.: Anomale UKW-Ausbreitung
cq-DL 6/80, 287
- (5) Hoch, G.: Anomale UKW-Ausbreitung
cq-DL 10/80, 486
- (6) Grassmann, V.: Beobachtung des Mehrton-Effektes am Bakensender DL0PR,
1982, nicht veröffentlicht
- (7) Grassmann, V.: Der Mehrton-Effekt
Dubus 1/1986, 89 - 90
- (8) Bode, F.W.: Persönliche Mitteilung, 1987