

Der Mehrton-Effekt
von Volker Grassmann, DF5AI

Das im folgenden zu beschreibende Ausbreitungs-Phänomen im VHF-/UHF-/SHF-Bereich ist zwar seit längerem bekannt, aber eine befriedigende physikalische Erklärung steht noch aus. Die Erscheinung ist bei geeigneten Beobachtungsmitteln eindeutig identifizierbar, sie wird aber oftmals mit anderen Ausbreitungsbedingungen verwechselt. Der Beobachter des Mehrton-Effektes stellt fest, daß empfangene SSB- oder CW-Signale eine deutliche Verzerrung erfahren, wenn die Antenne in eine geeignete Richtung gedreht wird. Der eingestellte Azimut bei maximaler Signalverzerrung kann erheblich vom wahren Azimut zwischen Empfänger und Sender abweichen.

Zur Verdeutlichung sei eine detaillierte Messung am Bakensender DLØPR (144.91 MHz) wiedergegeben. Sie kann auch als Anleitung für eigene Beobachtungen dienen. Die Beobachtung wurde im September 1982 getätigt, als die Bake mit durchgehender Südschaltung in Betrieb war. Anm.: zur Zeit ist DLØPR für Beobachtungen dieser Art ungeeignet, denn auf Grund eines technischen Defektes strahlt die Bake bei Südschaltung ein stark verzerrtes Signal aus, das auf keinen Fall mit dem Mehrton-Effekt verwechselt werden darf. Als Empfangsapparatur diente:

- 11ele Lang-Yagi, 11m über Grund. Zuleitung 16m RG-213/U
- FT221R-Transceiver mit Vorverstärker (NF ca. 1.5dB, G ca. 19dB)
- erstes Audio-Filter Datong FL2, durchstimmbare
- Hewlett Packard Wave Analyser HP3Ø2D, 7Hz Bandbreite
- Empfängerstandort: FM42f mit freier Abstrahlung, d.h. keine Hindernisse durch Bebauung oder Vegetation.

Die Entfernung zwischen Bake und Empfangsort beträgt 232km. Der wahre Azimut am Empfangsort ist 336 Grad. Zunächst wurde die Antenne zur Abstimmung des ersten NF-Filters zur Bake ausgerichtet. Dadurch konnte man sich auch von der spektralen Reinheit des originalen Bakensignals überzeugen. Bei eingestellter SSB-Bandbreite und drehender Antenne wurde das Auftreten von Verzerrungen am Bakensignal gesucht und bei südwestlicher! Richtung auch gefunden. Beim genauen Hinhören stellte man am Empfangssignal mehrere Tonhöhenlagen fest, die zusammen mit der Trägerfrequenz durch die Bakenennung getastet wurden. Die genaue Untersuchung mittels Wave Analyser lieferte in der Tat zusätzliche Spektrallinien im Abstand von einigen 10Hz bis 200Hz ober- und unterhalb der Trägerfrequenz.

Jede dieser Linien zeigte ein eigenständiges Fadingverhalten, also unabhängig von den anderen Linien. Die Feldstärke konnte bis zu vier S-Stufen betragen. Eine selektierte Linie konnte etwa eine bis zwei Minuten lang beobachtet werden und blieb im Rahmen der 7Hz Empfangsbreite frequenzstabil. Sie verschwand dann im Rauschen, um vielleicht durch andere Linien auf anderen Frequenzen abgelöst zu werden. Es gibt Anzeichen dafür, daß die jeweiligen Spektralanteile im Azimut geringfügig unterschiedlich sind.

Die Frequenzlage der Linien erschien zunächst regellos. Die Zusammenfassung aller Beobachtungen über einen Zeitraum von ca. einer Stunde zeigte aber Häufungspunkte im Auftreten bei ca. -65Hz, ca. -135Hz und -200Hz bezüglich der Trägerfrequenz. Oberhalb der Grundschwingung waren die Zusatzsignale mehr gestreut. Es scheint aber so zu sein, daß eine Langzeitmittelung ein symmetrisches Linienspektrum bezüglich der Trägerfrequenz ergibt. Die hier beschriebene Messung ließ Vielfache von ca. 65Hz erahnen.

Am darauffolgenden Tage wurden die Untersuchungen wiederholt. Das Phänomen tauchte erneut bei südwestlicher Antennenrichtung auf. Wieder gab es Häufungspunkte für die Frequenzlage der Seitenschwingungen, eine Systematik war aber nicht zu erkennen.

Weitere Hinweise für Beobachtungen: der Mehrton-Effekt kann i.a. täglich beobachtet werden. Am geeignetsten ist die Beobachtung von CW-Sendern, wobei es besonders vorteilhaft ist, die Grundfrequenz mittels eines schmalbandigen Notch-Filters auszublenden. Die Zusatzsignale werden dann deutlich hörbar. Durch Drehen der Antenne kann das Empfangssignal auf dem direkten Wege vollständig unterdrückt sein, der Mehrton-Effekt bleibt davon unberührt. Die ERP des Senders scheint beliebig zu sein, so konnte das Phänomen auch bei Sendern kleiner Leistung festgestellt werden. Da aber scheinbar eine Verlängerung des Ausbreitungsweges vorliegt, sind Sender höherer Leistung für

die Beobachtung besser geeignet. So konnten beim Empfang von aktiven EME-Stationen besonders deutliche Mehrton-Effekte festgestellt werden. Die Richtungsabhängigkeit des Mehrton-Effektes ist mit einiger Wahrscheinlichkeit kein lokales Phänomen am Empfangsort, wie Vergleiche mit gleichzeitigen Beobachtungen an verschiedenen Standorten zeigen. Übrigens konnte die Erscheinung auch bei Nordschaltung von DLØPR festgestellt werden - dann aber auch bei nördlicher Empfangsantennen-Richtung.

Auf mögliche Erklärungsversuche soll hier nicht im Detail eingegangen werden. Nur soviel: die Interpretation der dem Sendesignal aufgeprägten Fremdmodulation als Doppler-Effekt durch Verkehrs-Flugzeuge erklärt nicht die festgestellte Frequenzkonstanz der jeweiligen Spektrallinien, da die Relativgeschwindigkeit Flugzeug/Empfänger nur in besonderen geometrischen Konstellationen als zeitlich konstant angesehen werden kann. Es wäre allerdings wünschenswert, die Verkehrsdichte auf den Flugstraßen (im Bereich der Antennenkeule) mit dem Auftreten des Mehrton-Effektes in Beziehung zu setzen. Sollte sich aber bestätigen, daß das zeitlich gemittelte Mehrton-Spektrum tatsächlich ein symmetrisches Linienspektrum darstellt, dann müßte nach einem anderen "Modulator" gefahndet werden, dessen Beschaffenheit aber noch völlig ungeklärt erscheint.

Trotz häufigem Auftreten bleibt die Erscheinung in der vorliegenden Literatur unerwähnt. Da für die Untersuchung des Mehrton-Effektes schmalbandige Übertragungsarten am besten geeignet sind, haben Funkamateure die günstigsten Ausgangsbedingungen zur Klärung des Sachverhalts. Gleichzeitige Messungen auf verschiedenen Frequenzen (2m, 7Øcm, 23cm) und ein genaues Studium der Richtungsverhältnisse sind dabei die naheliegenden Betätigungsmöglichkeiten. Eine sehr wichtige Frage ist, ob der Mehrton-Effekt die jeweilige Grundfrequenz, also einen nicht verschobenen Spektralanteil, mitliefert. tks
fer report, Volker.