

DX Reichweite bei Aurora und FAI Funkverbindungen

Geographische Signatur von Rückstreuungen an erdmagnetfeld- parallelen Irregularitäten

Volker Grassmann, DF5AI

1. Einleitung

Bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen werden Radiowellen an temporären Strukturen (Lebensdauer: Minuten bis mehrere zehn Minuten) in der ionosphärischen E-Schicht (105-110 Kilometer Höhe) gestreut. Der Streuprozeß kann als die rückstreuende Variante von Sporadisch-E Verbindungen angesehen werden, bei der die Richtung der rückgestreuten Wellen mit der Richtung der erdmagnetischen Feldlinie korreliert, welche das Streuvolumen durchsetzt. Vom Sender aus betrachtet findet man das Streuvolumen und die jeweilige Gegenstation daher in erheblich abweichenden Himmelsrichtungen vor.

Dieser Aufsatz untersucht die DX Reichweite bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen im europäischen und nordamerikanischen Sektor. In Europe variiert die erdmagnetische Inklination zwischen circa 51 Grad (Südeuropa) und 78 Grad (Nordeuropa), weshalb die DX Reichweite erheblich von der jeweiligen geographischen Position abhängig ist. Beispielsweise beträgt die maximal überbrückbare Entfernung in Südeuropa bis zu 2000 Kilometer, im äußersten Norden Europas sind Aurora- und FAI-Verbindungen jedoch prinzipiell unmöglich.

Die Berechnungen orientieren sich an den in [2] mitgeteilten Untersuchungen, welche das BOOKER'sche Modell für Rückstreuungen an anisotropen Irregularitäten ([1]) anwenden. Das 1988 veröffentlichte AURORA-Programm ist die erste Software im Amateurfunkbereich, die

dieses Modell für hochgenaue Aurora- und FAI-Echtzeitanalysen zum Einsatz brachte [3], [4]. In diesem Aufsatz wird das Nachfolgeprogramm BeamFinder ([5]) verwendet.

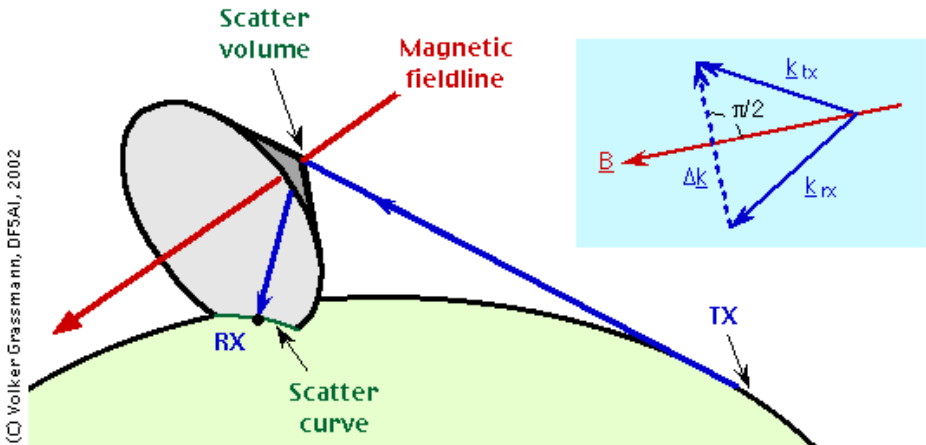


Abb 1. Der Rückstreukegel bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen.

Die Rückstreuengeometrie bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen

In Abb. 1 bezeichnet der Vektor \underline{k}_{tx} den Wellenvektor der einfallenden Welle (entlang der Verbindungslinie TX-Streuvolumen) und \underline{k}_{rx} den Wellenvektor der gestreuten Welle (entlang der Verbindungslinie Streuvolumen-RX). Aurora- und FAI-Funkverbindungen entsprechen dem sogenannten bistatistischen Radarfall, bei welchem der Differenzvektor der Wellenvektoren senkrecht zu der magnetischen Feldlinie am Streuvolumen orientiert ist.

Geometrisch kann man die Situation durch einen Kegel deuten, welcher am Streuvolumen um die Feldlinie \underline{B} aufgespannt wird und dessen Öffnungswinkel dem Winkel zwischen dem Vektor \underline{k}_{tx} und \underline{B} entspricht. Man beachte, dass beide Wellenvektoren \underline{k}_{tx} and \underline{k}_{rx} auf dem Kegelmantel liegen. Den Empfänger RX findet man daher auf der Schnittlinie zwischen dem Kegelmantel und der Erdoberfläche. Diese Schnittlinie wird als "Scatterkurve" bezeichnet.

2. Die „Scatterkurve“

Die Rückstreugeometrie bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen ist im Kasten erklärt. Abb. 2 zeigt ein praktisches Beispiel mit einem Sender (TX), der ein Rückstreuenvolumen in nördlicher Richtung anvisiert. Die Kreuze kennzeichnen die berechnete Scatterkurve, d.h. die Schnittlinie zwischen dem Streu keg el und der Erdoberfläche.

Das in Abb. 2 gezeigte punktförmige Rückstreu zent rum stellt jedoch eine Idealisierung dar, denn in der Praxis verteilen sich die Rückstreu zent ren über ein mehr oder weniger ausgedehntes Gebiet in der Ionosphäre. Die Summe aller zu berücksichtigenden Scatterkurven resultiert daher in einer komplizierten Kurvenschar, welche aufgrund dynamischer Vorgänge in der Ionosphäre zudem zeitlich veränderlich ist. Man beachte ferner, dass die Eigenschaften einer Bandöffnung von der tatsächlichen Ausleuchtung der Rückstreugebiete bestimmt werden und daher von der aktuellen Antennenrichtung und vom jeweiligen Antennendiagramm abhängen.

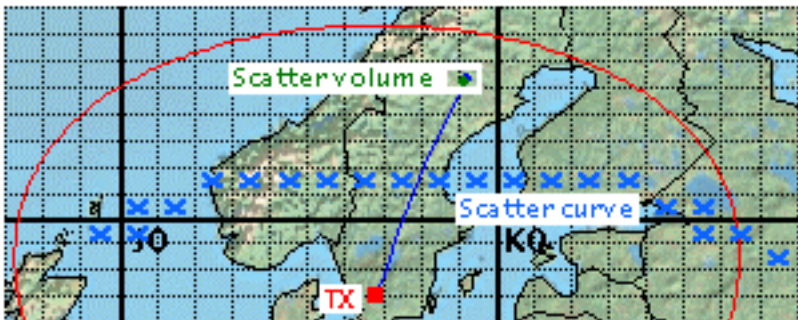


Abb. 2. Beispiel einer Scatterkurve.

3. Die maximale DX Reichweite

Innerhalb einer Entfernung von maximal 1150 km kann ein Sender grundsätzlich jedes Streuvolumen in der ionosphärischen E-Schicht

(105-110 km) ausleuchten. In größeren Entfernungen verschwindet das Rückstreugebiet unter dem lokalen Horizont und bleibt (unter der Annahme einer geradlinigen Wellenausbreitung) somit unerreichbar (siehe den roten Kreis in Abb. 2). Bei der vorwärtsstreuenden Sporadisch-E Mode kann daher jedes Streugebiet innerhalb des Beobachtungshorizonts terrestrische Funkverbindungen ermöglichen. Im Fall von Aurora- und FAI-Funkverbindungen gelten jedoch weitere geometrische Einschränkungen. Beispielsweise können Funkamateure im hohen Norden Europas keine Aurora-/FAI-Verbindungen verwirklichen, da sich der Rückstreukegel stets in den Weltraum öffnet ohne eine Schnittlinie mit der Erdoberfläche auszubilden.



Abb 3. Mögliche Rückstreuzentren (Punkte) und maximale DX Reichweite (Fläche) bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen. Man beachte, dass die punktförmigen Markierungen Gebiete in der Ionosphäre (105 km) beschreiben, die zusammenhängende Fläche jedoch Positionen am Erdboden kennzeichnet.

Im hohen Norden Europas ermöglichen selbst ausgeprägte Aurora-Bandöffnungen daher keine terrestrischen DX-Verbindungen (möglicherweise kann dieser Effekt aber neuartige Ausbreitungsversuche mit Amateurfunk-Satelliten motivieren). Grundsätzlich sind die Funkamateure in allen geographischen Regionen von diesem Effekt betroffen, d.h. jede Amateurfunkstation besitzt einen spezifischen Azimutbereich, in welchem Aurora- und FAI-Rückstreucentren ausgeblendet sind.

Mit Verwendung der BeamFinder Software wurden alle nutzbaren Rückstreucentren im vorliegenden Beispiel berechnet (siehe die punktförmigen Markierungen in Abb. 3). Durch die Überlagerung aller zugehörigen Scatterkurven ermittelt man schließlich den maximalen DX Radius bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen (d.h. das geographische Gebiet, in welchem die rückgestreuten Signale des Sender empfangen werden können, siehe die in Abb. 3 gezeigte Fläche).

4. Vergleich der DX Reichweiten

Die Ausdehnung und die Form der DX-Reichweite kann sich mit der geographischen Position des Senders erheblich ändern. Die Abb. 4 bis 9 zeigen exemplarisch die Situation für verschiedene europäische Regionen. In den Abb. 10 bis 16 werden exemplarische Standorte in Nordamerika analysiert. Weitere Beispiele sind auf der Webseite <http://www.df5ai.net> verfügbar, wo auch das Analyseprogramm BeamFinder zum Download zur Verfügung steht.

5. Literaturangaben

- [1] A theory of scattering by nonisotropic irregularities with application to radar reflections from the aurora
Booker, H. G., J. Atm. Terr. Phys. 8, 204-221, 1956
- [2] Analyse von Rückstreubeobachtungen ultrakurzer Wellen an Polarlichtern
Czechowsky, P., Diplomarbeit, Max-Planck-Institute for Aeronomie, 1966
- [3] Aurora - Ein Computerprogramm zur Analyse von Aurora- und FAI Rückstreuungen
Grassmann, V., DF5AI, Dubus, 1, 18-21, 1988

- [4] Aurora - A computer program to analyse Auroral- and FAI-scattering
Grassmann, V., DF5AI, Dubus, 2, 125-126, 1988
- [5] The BeamFinder analysis software
Grassmann, V., DF5AI, <http://www.df5ai.net>

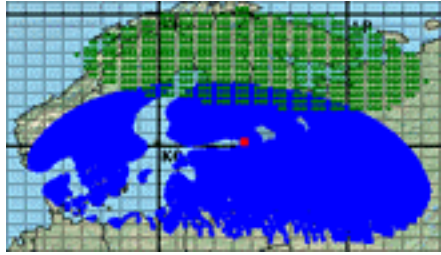
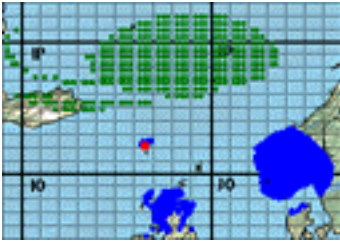


Abb. 4 (links). Faröer Inseln (OY).
Abb. 5 (rechts). St. Petersburg (UA).

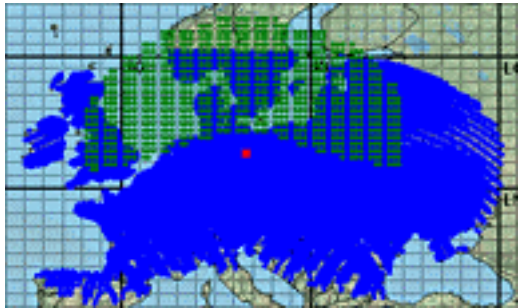


Abb 6 (links). Dublin (EI).
Abb. 7 (rechts). Berlin(SP).

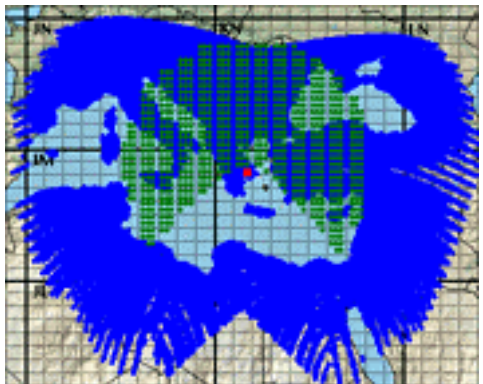
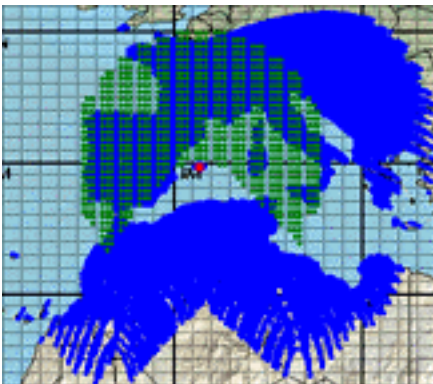


Abb. 8 (links). Palma (EA6).
Abb. 9 (rechts). Athen (SV).



Abb. 10 (links). Anchorage.

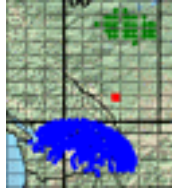


Abb. 11 (mitte). Calgary.



Abb. 12 (rechts). Winnipeg (Aurora/FAI nicht möglich).



Abb. 13 (links). Vancouver



Abb. 14 (rechts). Chicago.

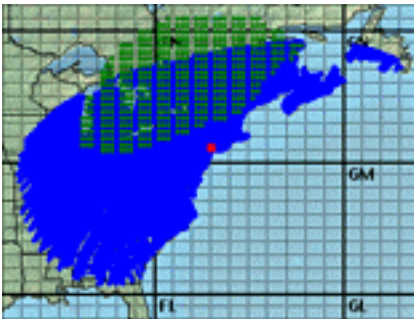


Abb. 15 (links). Anchorage.



Abb. 16 (rechts). Calgary