



Ungewöhnliche Aurora- Funkverbindungen im 144 MHz Band

Volker Grassmann, DF5AI

1. Einleitung

Funkamateure berichten von ungewöhnlichen Aurora-Funkverbindungen, welche nicht im Rahmen des im Amateurfunk üblicherweise anwendbaren Aurora/FAI-Rückstreumodells gedeutet werden können. Dieser Aufsatz untersucht die von DL1EJA berichteten Auroraverbindungen zu SM2CEW in Nordschweden, siehe Olivers Email. Die Beobachtungen können durch eine Rückstreugeometrie erklärt werden, welche die "ideale Rückstreubedingung" verletzen. Bei Ionosphärenradars ist der zugrundeliegende Streumechanismus seit langem bekannt, im Amateurfunk wird er jedoch erstmals berichtet.

Email von Oliver, DL1EJA, vom 5 und 7 November 2002

Hi Volker,

Deinen Aufsatz über Aurora/FAI habe ich mit großem Interesse gelesen. Deine Berechnungen stimmen mit beinahe allen meinen Beobachtungen der vergangenen zehn Jahre überein. Einige QSOs in die SM3- und OH-Region, insbesondere mit SM2CEW, können durch diesen Algorithmus jedoch nicht erklärt werden. Nach den Aurora-QSOs korrespondierte ich mit Peter, SM2CEW, der mir bestätigte, dass es sich tatsächlich um eine Auroraverbindung mit einem QTF von 250° handelte (circa $5-10^\circ$ Grad an meinem Standort). Das Rückstreugebiet lag in der Nähe des Locatorfeldes JP43. Auch mit anderen OMs (beispielsweise SM5BSZ und SM4IVE) diskutierte ich dies Phänomen und auch sie bestätigten die Möglichkeit von Auroraverbindungen bei Antennenrichtungen zwischen $240-270^\circ$ und $90-120^\circ$.

Oliver, DL1EJA (JO31DS)



Abb. 1. 144 MHz Antenne, DL1EJA in JO31DS.

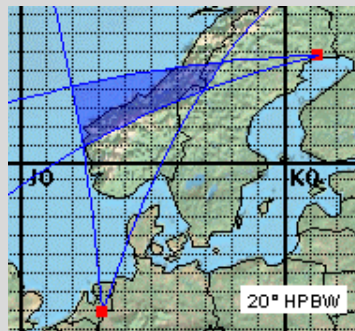


Abb. 2. Vermutetes Rückstreugebiet.



Abb. 3. 144 MHz Antenne, SM2CEW in KP15CR.

2. Aurora-Rückstreuungen von JO31 nach KP15

Mit Verwendung des Analyseprogramms BeamFinder [2] wurden die Rückstreugebiete in der E-Schicht (110 km) und die DX Reichweite für die geografische Position von DL1EJA berechnet, siehe Abb. 4. Diese Untersuchung erfolgte analog zu den Analysen in [3] und [4], in welchen die Aurora DX-Reichweiten für verschiedene europäische Regionen ermittelt wurden.

Gemäß Abb. 4 sind Aurora-Rückstreuungen zwischen dem JO31-Feld und Nordschweden nicht möglich, denn die blaue Fläche erstreckt sich zwar über den Süden Schweden, der Norden bleibt jedoch ausgeschlossen. Im KP15-Feld sind terrestrische Funkverbindungen über Aurora-Rückstreuungen in jedem Falle ausgeschlossen. In [3] und [4] wird dieser "Abschirmungseffekt" im Norden Europas im Detail erläutert. Jedoch gilt es anzumerken, dass circa 200 Kilometer weiter südlich die Möglichkeit von Auroraverbindungen wieder besteht, siehe Abbildung 7 in [3] und [4].

Aurorarückstreuungen zwischen den Locatorfeldern JO31 und KP15 sind daher unmöglich, d.h. Aurora-Funkverbindungen zwischen DL1EJA und SM2CEW können nicht hergestellt werden. Die Beobachtungsberichte der beiden Stationen belegen jedoch das Gegenteil – tatsächlich wurden sogar mehrfach Auroraverbindungen zwischen diesen Standorten verwirklicht! Berücksichtigt man die angegebenen Antennenrichtungen, so muss man das gemeinsame Rückstrevolumen im JP-Feld über Norwegen vermuten, siehe Abb. 2.

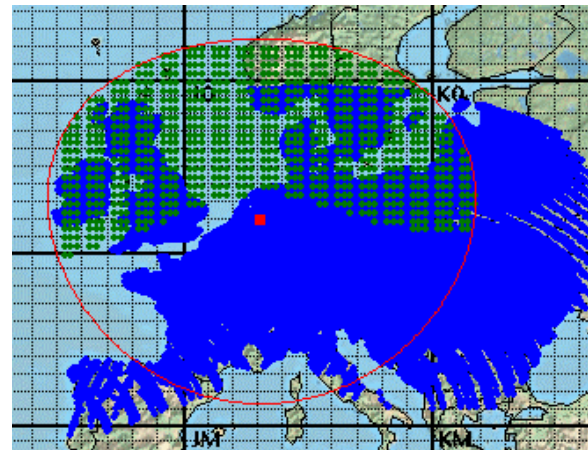


Abbildung 4. DX Reichweite (blau) und die mögliche Position der Rückstreugebiete (grün) bei Auroraverbindungen, berechnet für das Locatorfeld JO31 (DL1EJA).

3. Die ideale Rückstreubedingung für Auroraverbindungen

Die Rückstreugeometrie bei Aurora- und FAI-Funkverbindungen wird in [1], [3] und [4] diskutiert. Abb. 5 zeigt die Streugeometrie im so genannten bistatischen Radarfall. Vernachlässigt man mögliche Dopplereffekte, dann besitzen die Wellenvektoren \underline{k}_{TX} und \underline{k}_{RX} identische Längen bei unterschiedlichen Richtungen, denn \underline{k}_{TX} weist vom Sender zum Streuvolumen und \underline{k}_{RX} vom Streuvolumen zum Empfangsort. Bei Aurora- und FAI-Rückstreuungen ist der Differenzvektor $\Delta \underline{k} = \underline{k}_{TX} - \underline{k}_{RX}$ senkrecht zur der magnetischen Feldlinie am Ort der Rückstreuung orientiert, d.h. der so genannte Aspektwinkel beträgt 90° , siehe Abb. 5.

Aus diesem Grunde stehen bei festgelegtem Sende- und Empfangsort nur ausgewählte Rückstreuorte in der E-Schicht zur Verfügung (siehe die grün eingezeichneten Rückstreuorte beispielsweise in Abb. 4). Bei zunehmender Abweichung des Aspektwinkels von 90° , siehe Abb. 6, vermindert sich die Feldstärke der rückgestreuten Radiowellen bis deren Beobachtung schließlich unmöglich wird. Im Amateurfunkbereich wurde bisher angenommen, dass die beobachteten Aurora- und FAI-Funkverbindungen einen Aspektwinkel von 90° auf nahezu ideale Weise erfüllten.

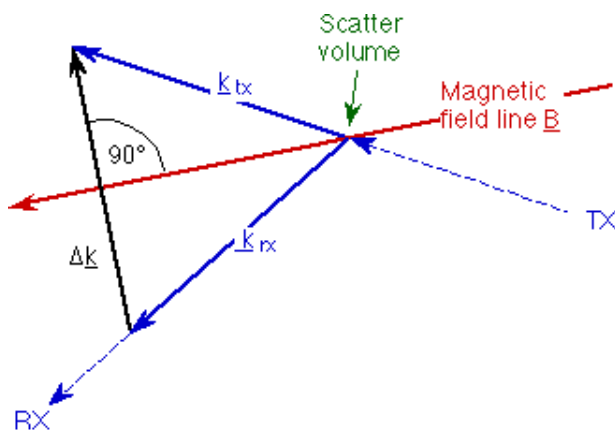


Abbildung 5. Rückstreugeometrie im bistatischen Radarfall (Idealbedingung). Der Differenzvektor der Wellenvektoren (schwarz) ist senkrecht zur magnetischen Feldlinie (rot) orientiert (90° Aspektwinkel).

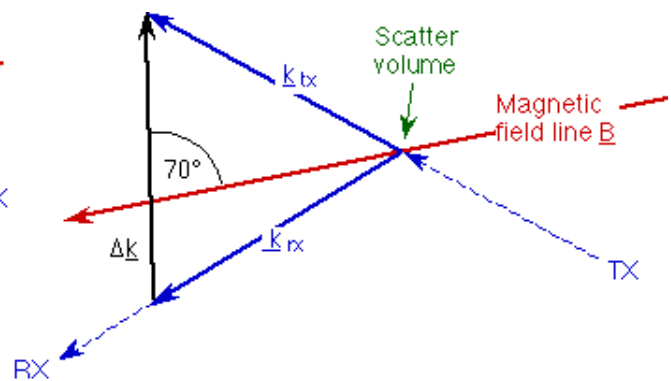


Abbildung 6. Bistatischer Radarfall mit einem nicht rechtwinkligen Aspektwinkel.

4. „Off-normal Auroral scattering (ONA)“

In Abb. 7 kennzeichnen die roten Kreise den jeweiligen Beobachtungshorizont von DL1EJA und SM2CEW (beobachtbarer Bereich der E-Schicht, 110 km). Ein gemeinsames Streuvolumen zwischen den Feldern JO31 und KP15 kann daher nur in dem linsenförmigen Schnittgebiet über Südschweden vermutet werden.

Für die weiteren Untersuchungen wurde der Aspektwinkel im Analyseprogramm BeamFinder empirisch verändert (siehe Anhang). Bei einem Aspektwinkel von 77.5° konnte auf diese Weise ein Streugebiet gefunden werden, welches in der Tat Funkverbindungen zwischen DL1EJA und SM2CEW ermöglicht, siehe die Markierung „scatter volume“ in Abb. 7. Vergleicht man den ermittelten Streuort mit Abb. 2, dann findet man eine gute Übereinstimmung zwischen den Beobachtungsbefunden und den BeamFinder-Ergebnissen. Mit Kenntnis der geografischen Lage des Streugebiets konnten nunmehr die entsprechenden DX-Reichweiten für beide Beobachtungsstationen errechnet werden, siehe die blau markierten Locatorfelder in Abb. 7: für DL1EJA ergeben sich im Vergleich zu Abb. 4 zusätzliche DX-Ziele in einem geografischen Band von Südnorwegen bis zum Bottnischen Meerbusen, für SM2CEW ermittelt man potenzielle Fernverbindungen in ein kreisförmiges „Zielgebiet“ zwischen Wales und Westdeutschland.

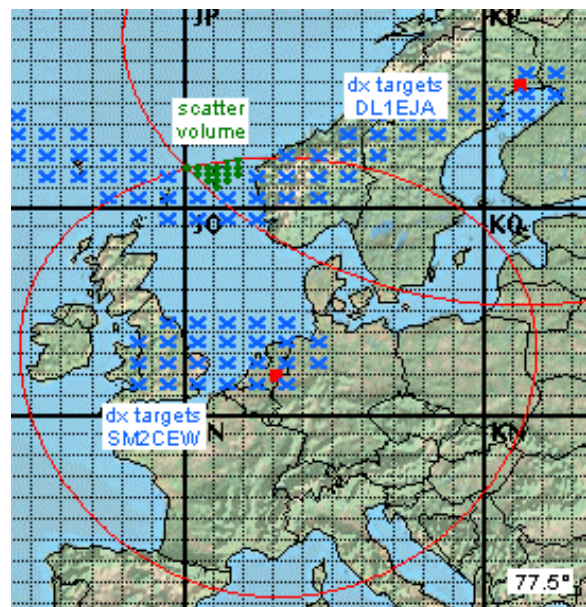


Abbildung 7. Aurora-Funkverbindungen zwischen JO31 und KP15 bei einem Aspektwinkel von 77.5°. Das Rückstreugebiet (grün) ist bei idealer Rückstreugeometrie (90° Aspektwinkel) nicht vorhanden.

5. Analyse der DX-Reichweiten

Mit einem modifizierten BeamFinder Analyseprogramm wurden die DX-Reichweiten bei Auroraverbindungen in Abhängigkeit vom Aspektwinkel untersucht. Die überraschenden Ergebnisse sind in Abb. 8 gezeigt. Im Vergleich zur idealen Rückstreubedingung (90° Aspektwinkel) erweitern ONA-Streuerverbindungen die DX-Möglichkeiten für Funkamateure auf erhebliche Weise. Beispielsweise können Funkamateure aus Westdeutschland (JO31-Feld) Auroraverbindungen nach Schweden (SM3 und SM2), Finnland und sogar an die Südküste Islands verwirklichen (siehe das Diagramm für 77.5° in der linken Spalte von Abb. 8). In Nordschweden (SM2) können Auroraverbindungen grundsätzlich nur über ONA-Streuerverbindungen hergestellt werden.

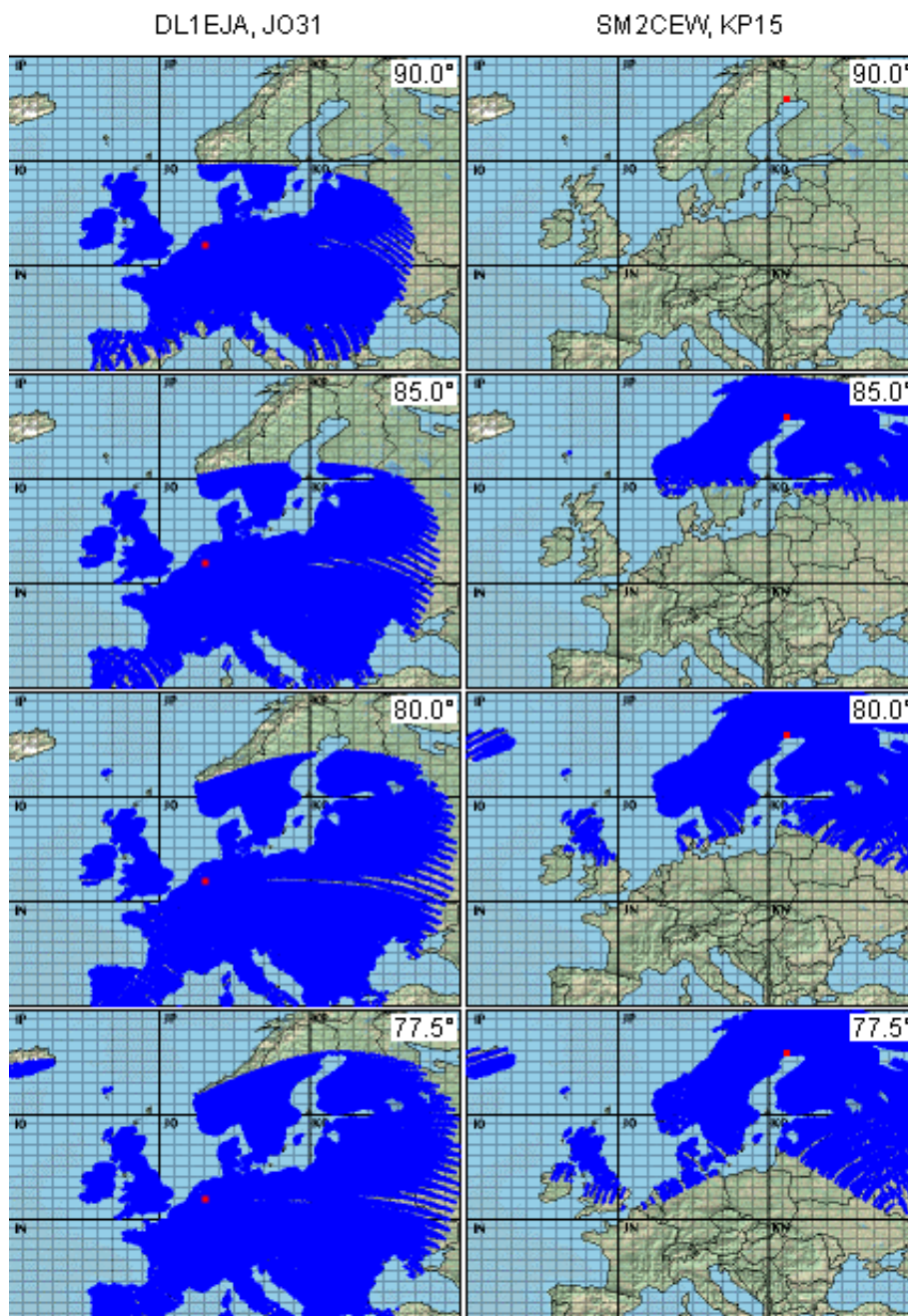


Abb. 8. DX-Reichweiten in Abhängigkeit vom Aspektwinkel, berechnet für die Felder JO31 (links) und KP15 (rechts).

6. Zusammenfassung

Im Allgemeinen genügen Aurora-Funkverbindungen den Bedingungen der idealen Rückstreuung (90° Aspektwinkel). Auroraverbindungen, die nicht im Rahmen dieses Modells beschrieben werden können, galten daher als „ungewöhnliche Aurora-QSOs“. In diesem Aufsatz werden diese Funkverbindungen als *off-normal Auroral scattering* (ONA) gedeutet *). Im Gegensatz zum bisherigen Rückstreumodell wird dabei eine teilweise erhebliche Abweichung des Aspektwinkels von 90° mit folgenden Resultaten zugelassen:

- ONA-Scattering ermittelt Rückstreugebiete in geografischen Regionen, in denen das bisherige Modell keinerlei Lösungen liefert
- die geografische Lage der Rückstreugebiete steht in vollem Einklang mit den beobachteten Streuorten (Schnittgebiet der Antennenrichtungen), siehe Abb. 2 und 7
- ONA-Scattering sagt Aurora-Fernverbindungen auf 144 MHz von Westdeutschland (JO31) nach SM3, SM2 und OH voraus, welche im Rahmen des bisherigen Modells ausgeschlossen sind, siehe Abb. 7 und 8
- ONA-Scattering sagt ebenso Aurora-Fernverbindungen auf 144 MHz von Nordschweden nach Westdeutschland, den Niederlanden und Großbritannien voraus, welche gleichfalls im bisherigen Modell unbekannt sind, siehe Abb. 7 und 8
- ONA-Scattering deutet die von nordskandinavischen Funkamateuren beobachteten Azimutwerte für Auroraverbindungen, man vergleiche die Angaben der Email („240-270° und 90-120°“) mit dem unteren Diagramm auf der rechten Seite von Abb. 8.

Dennoch sind die Ergebnisse überraschend, denn erhebliche Abweichungen von einem 90° Aspektwinkel schienen bei Rückstreuverbindungen im Amateurfunk ausgeschlossen. Möglicherweise handelt es sich bei dieser Ausbreitungsmode um eine Domäne der gut ausgerüsteten Amateurfunkstationen mit vergleichsweise großen Antennensystemen. Es wird vermutet, dass ONA-Scattering nicht nur auf die polare Ionosphäre beschränkt ist, d.h. die Entdeckung vergleichbarer Streuenausbreitungen im mittleren Breiten (ONF – *off-normal field aligned scattering*) erscheint sehr wahrscheinlich.

Es sei darauf hingewiesen, dass der Autor anfänglich zögerte, die oben mitgeteilten Resultate in diesem frühen Stadium der Untersuchungen zu veröffentlichen. Tatsächlich stehen nämlich nur vergleichsweise wenig Beobachtungsdaten für die Verifikation der Ergebnisse zur Verfügung und das BeamFinder Programm wurde erstmals für derartige Auswertungen angewendet. Daher sollten weitere Beobachtungsergebnisse von Amateurfunkern abgewartet werden, welche jedoch vergleichsweise selten und daher schwer zugänglich sind. Dieser Aufsatz dient daher auch der Zielsetzung, eine größere Anzahl von Funkamateuren zu weiteren Ausbreitungs-Experimenten zu ermutigen.

*) Man beachte, dass der Begriff „normal“ im mathematischen Sinn verwendet wird (senkrecht), d.h. „off-normal“ beschreibt die Abweichung vom 90° Aspektwinkel. Jedoch bedeutet „normal“ im Deutschen wie im Englischen auch den typischen oder erwarteten Zustand, weshalb „off-normal“ sowohl die Richtungsangabe als auch die unerwartete Natur dieser Aurora-Rückstreuungen andeutet.

Nachtrag des Verfassers: Mit der Erstveröffentlichung des englischsprachigen Aufsatzes wurde der Begriff des *off-normal scattering* eingeführt, vornehmlich um der phänomenologischen Terminologie im Amateurfunk zu folgen (FAI, Auroral-E etc.). Jedoch sind die im Amateurfunk gebräuchlichen Begriffe in der Ionosphärenphysik weitestgehend unbekannt, weshalb die abweichende Begriffswelt eigentlich bereinigt, nicht jedoch ausgeweitet werden sollte. Eine Verbreitung des Begriffs *off-normal scattering* ist aus heutiger Sicht daher nicht mehr wünschenswert.

7. Literaturhinweise

- [1] Rückstreuungen ultrakurzer Wellen an Feldlinien-orientierten Irregularitäten
Grassmann, V., DF5AI, Dubus 3, S. 182-189, 1987
- [2] The BeamFinder Analysis Software
Grassmann, V., DF5AI, <http://www.df5ai.net/BeamFinder/bfintro.html>
- [3] Dx radius in Aurora and FAI radio propagation
Grassmann, V., DF5AI, <http://www.df5ai.net/ArticlesDL/FAIRadius/FAIRadius.html>
- [4] Dx radius in Aurora and FAI radio propagation
Grassmann, V., DF5AI, Dubus 3, S. 23-32, 2002

8. Anhang

Die BeamFinder Software unterstützt die hier diskutierten Ausbreitungsanalysen durch die Möglichkeit, den maximal zulässigen Aspektwinkel als externen Berechnungsparameter vorzugeben. Dazu ruft man den Abschnitt „Preferences...“ im „Edit“-Menü von BeamFinder auf und wählt in der erscheinenden Dialogbox den Eintrag „Models“. Im Dialogfeld wird der obere Schieber zur linken Position „Relaxed“ bewegt, siehe Abb. 9, was einem Aspektwinkel von 70° entspricht.

Hinweis für Anwender der BeamFinder-Versionen 1.x.x: ONA-Analysen werden nur durch die Funktion „Scatter curve...“ im „RadioProp“-Menü unterstützt. Bei höheren Versionsnummern stehen zusätzlich auch die Funktionen „Backscatter locations...“ und „Dx range...“ für ONA-Analysen zur Verfügung.

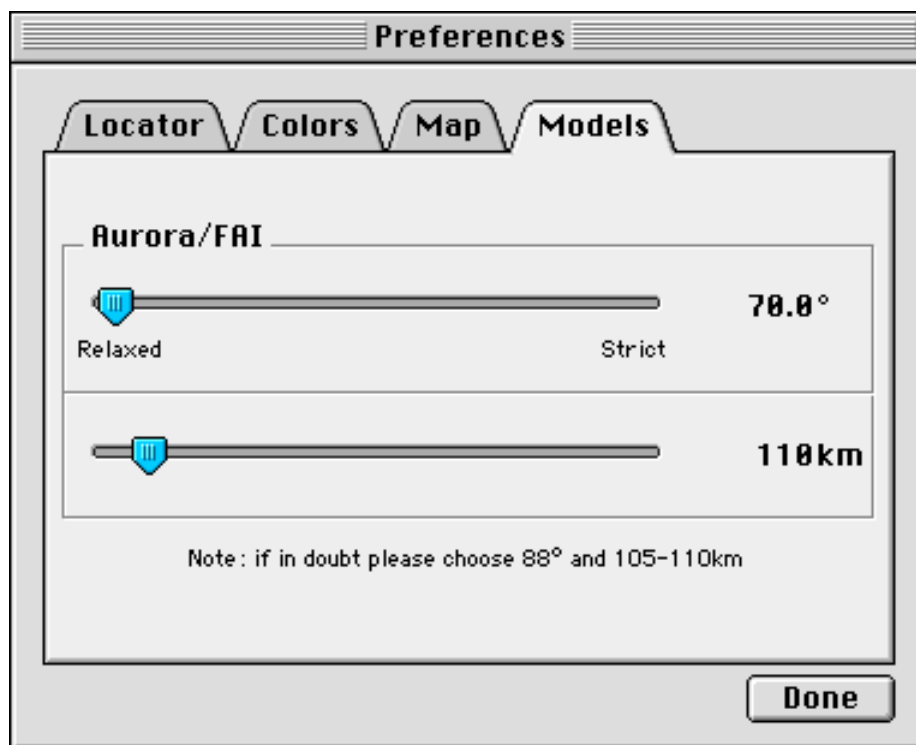


Abbildung 9. Einstellung des Aspektwinkels im Aurora/FAI-Analysemodell von BeamFinder.