

Faraday...

DL2 RSX 10.03.07

Die Ionosphäre schlägt zurück ...und andere Querelen!

Das Problem bei EME:

1. man hört die eigenen Echos nicht
2. man hört eine Station, sie hört dich nicht!
3. eine Station hört dich, du hörst sie nicht!
3. keiner hört den Anderen!

Alles immer unter der Voraussetzung, dass die technischen Ausrüstungen und die Antennenstellungen optimiert sind wie auch bei terrestrischem Funkverkehr üblich. Dabei sind die Antennen so ausgerichtet, dass beide auf ein gemeinsames Reflexionszentrum zeigen z.B. passive Satelliten, den Mond oder die Ionosphäre bei Aurora.

Eine solche Funkverbindung setzt voraus, dass bei Linearpolarisation die Polarisationsebene der auf eine Antenne zukommenden Wellenfront auch der Polarisation entspricht, für die die Empfangsantenne ausgelegt und ausgerichtet ist.

Bei einer Polarisationsdifferenz, also der Winkeldifferenz zwischen beiden, ist die sich ergebende Dämpfung des Signals abhängig vom \cos des Winkels und beträgt bei:

- 0 Grad = 0 dB
- 15 Grad = 0.3 dB
- 30 Grad = 1.25 dB
- 45 Grad = 3 dB
- 60 Grad = 6 dB
- 75 Grad = 10.7 dB
- 90 Grad = theoretisch unendlich!

Da sich beim terrestrischen Funkbetrieb eine lineare Polarisationsebene der Wellenfront z.B. durch Reflexionen je nach Auftreffwinkel drehen kann (wie optisch auch, Benutzung von Polarisationsfiltern beim Fotografieren) erfolgt in der Praxis des Funkverkehrs keine völlige Auslöschung des Signals, da auf die Antenne dann mehrere Wellenfronten mit unterschiedlicher, meistens nur ganz geringer Intensität, aber mit verschiedenen Polarisationswinkeln auftreffen können.

Eine Kreis- oder Zirkularpolarisation als Sonderfall der elliptischen Polarisation ergibt sich wenn zwei senkrecht aufeinander stehende lineare Polarisationsebenen mit gleicher Amplitude aber einer Phasenverschiebung von 90 Grad = $\pi/2$ in die gleiche Richtung zeigen. Die Polarisationsebene dreht sich für den Sendefall betrachtet dann in Richtung der verzögerten Welle.

In der Antennen-Praxis erfolgt der Aufbau bei Yagi-Antennen meist auf einem gemeinsamen Träger und die Phasenverschiebung wird entweder durch räumlichen Versatz auf dem Träger oder durch ein elektrisch $\pi/2$ langes Kabelstück erzielt. Eine entsprechend dimensionierte Wendelantenne erzeugt und empfängt ebenfalls Zirkularpolarisation. Die Drehrichtung entspricht der der Wendel.

Yagi-Antennen für die beiden Polarisationsebenen können auch räumlich voneinander getrennt aufgebaut werden. In den Richtungen abweichend von der Hauptstrahlrichtung kann sich dann aber, abhängig vom Abstand der beiden Antennen, aus der Kreispolarisation eine elliptische Polarisation bis hin zu einer Linearpolarisation in der Mittenstellung ergeben, also unter 45 Grad verschoben zu jeder der beiden Ebenen. Bei grösseren Abständen erfolgt das mehrfach bei verschiedenen Richtungen.

Eine zirkular polarisierte Antenne empfängt alle mit linearer Polarisation einfallenden Wellenfronten mit 3dB Dämpfung. Zirkulare Signale werden mit 0 dB Dämpfung empfangen, aber nur wenn die Drehrichtung stimmt. Bei entgegengesetzter Drehrichtung erfolgt theoretisch Totalauslöschung. Bei einer reflektierten zirkular polarisierten Welle wechselt die Drehrichtung!

Immer vom Standpunkt der Antenne aus betrachtet kann eine im Uhrzeigersinn zirkularpolarisiert rechtsdrehende Sendeantenne das linksdrehend einfallende Sendesignal einer anderen Antenne empfangen, die von ihrem Standort betrachtet ebenfalls zirkular rechtsdrehend sendet.

Bei einer Verbindung über eine Totalreflexion z.B. bei EME am Mond wechselt die Drehrichtung und die Wellenfront kommt mit vertauschter Drehrichtung sowohl auf die eigene Antenne wie auch auf alle

anderen zurück, die ihre Antennen auf das gleiche Reflexionszentrum ausgerichtet haben. Es ergeben sich dann die gleichen Bedingungen wie bei einer terrestrischen Verbindung zwischen zwei Stationen.

Was passiert wenn die Ebenen bei Linearpolarisation winkerverschoben sind ist beschrieben worden. Bei Shiftwinkeln um und unter 15 Grad ergeben sich meist noch vernachlässigbare Einbussen an Qualität (<-0.5 dB). Der Einfluss von Shiftwinkeln über 30 Grad (>-1.5 dB) kann schon deutlicher erkannt werden wenn die Bedingungen schlecht und die Gegenstationen mit einfacheren Antennen und/oder nur geringerer Leistung arbeiten.

Da die Erde eine Kugel ist, ergeben sich bei gleichen Winkeln der Polarisierungsebenen zum Horizont und wenn die Antennen aufeinander zeigen, unabhängig vom Standort und der Entfernung, keine Polarisierungs-Raumwinkel zwischen den Antennen. Die direkte und kürzeste Verbindung läuft auf einer Kugel immer über den Grosskreis über die Kugel.

Wird über Reflexionen gearbeitet und das Reflexionszentrum liegt weit ausserhalb der Erde, wie z.B. bei Verbindungen über Satelliten oder dem Mond, dann ergeben sich **Raumwinkelverschiebungen (spatial polarisation shift)** zwischen den Standorten, die auch zur Totalauslöschung der Signale führen können.

Raumwinkel sind Winkel zwischen räumlich voneinander getrennten Ebenen. Man muss angeben worauf sie bezogen sind. Das kann zwischen zwei Polarisierungsebenen der Antennen sein, aber auch zu einer beliebig wählbaren anderen Ebene im freien Raum.

Der Raumwinkel zwischen den Polarisierungsebenen an zwei Standorten auf der Erde kann bei einer Reflexion am Mond für jeden Punkt der Erde präzise errechnet werden wenn ihre Längen- und Breitengrade und AZ/EL-Winkel der Ebenen bekannt sind. Die meisten „moontrack“-Programme enthalten auch die Angabe des Raumwinkels für die Reflexion am Mond..

Mit einem Globus und zwei Streichhölzern, die die Polarisierungsebenen von zwei Antennen an unterschiedlichen Standorten auf der Erde darstellen, lassen sich die Bedingungen gut demonstrieren. Mit diesen Angaben könnte man dann z.B. die Polarisierungsebene einer Antenne so verändern, dass die Gegenstation das Signal mit dem Polarisierungswinkel empfängt für den sie gerade ausgerichtet ist. Das würde eine Kommunikation voraussetzen um zu klären mit welchem Polarisierungswinkel eine Gegenstation arbeitet und wo sie lokalisiert ist. Bei Skeds wäre ein solcher vorheriger Informationsaustausch zwar möglich, aber ob das alles auch wirklich nützlich ist?

Um die Polarisierungsebene einer Antennenanlage kontinuierlich zu drehen müssen die Systeme gedreht werden, was den technischen Aufwand z.B. einer Gruppe mit mehreren Yagiantennen enorm vergrössert und eine dritte Einstellposition ausser AZ und EL erforderlich macht. Bei Spiegelantennen braucht nur der Primärstrahler im Spiegelzentrum gedreht werden oder man verwendet dafür einen Zirkularstrahler.

Ein Kompromiss bei Yagi-Antennen-Systemen, wenn man sie nicht ebenfalls mit mehr als dem doppelten Aufwand als zirkularpolarisierte Antennengruppe aufbaut, die dann beim Empfang linear polarisierter Signale auch noch ein Defizit von -3 dB aufweist, besteht darin mit dem gleichen Aufwand wie er für die Zirkularpolarisation erforderlich ist, die beiden senkrecht aufeinander stehenden Antennenebenen nicht mit 90 Grad Phasenverschiebung elektrisch zu koppeln, sondern getrennt und umschaltbar für nur zwei definierte Polarisierungsebenen zu benutzen, die um 90 Grad gegeneinander versetzt sind. Die Montage der Antennen zum Horizont erfolgt dann wahlweise in mechanischer x- oder +-Anordnung.

Bei richtiger Wahl der zum Empfang am besten geeigneten Antenne würden dann keine grösseren Polarisierungsdämpfungen als -3dB entstehen, weil man ja bei einer Shift >45 Grad, entsprechend -3dB, auf die andere Polarisierungsebene umschalten kann.

Bei einer grösseren Gruppe aus längsstrahlenden Strukturen, wie es vorzugsweise üblich ist bei EME in den unteren Frequenzbereichen (>50MHz...<1300 MHz), macht der Funkamateurliebling ein schlechtes Geschäft wenn er sie zirkular polarisiert aufbaut. Auch wenn er dadurch etwas mehr Sicherheit und Stabilität für seine Funkverbindungen erreicht, ist es der doppelte Antennenaufwand (2 Antennenebenen) und dennoch sind 3 dB weg vom Gewinn gegenüber nur einer Ebene, Optimierung immer vorausgesetzt..

EME ist eine Betriebsart für die man Geduld, Sach- und Fachkenntnis braucht! Es ist nicht so wie bei einem Fussballverein, der genügend Geld hat sich die teuersten Spieler zu kaufen um sich dann als Weltmeister feiern zu lassen. Der EME'er ist ein Jäger oder ein Angler, der nachts aufsteht, stundenlang an einem kleinen Weiher sitzt und sich freut wenn er wieder einen Fisch gefangen hat...und wenn nicht, dann probiert er es eben noch einmal und immer wieder, bis ihm der Fang ins Netz geht.

Bei Spiegelantennen bietet sich allerdings die Zirkularpolarisation an, weil sie sich mit nur geringem Aufwand realisieren lässt. Der Primärstrahler ist gleich, unabhängig wie gross der Spiegel ist, angenähert gleiches f/d Verhältnis vorausgesetzt. Aber 3 dB an Gewinn gegenüber einer Linearpolarisierung verliert sie genau so wie bei den komplizierten Aufbauten aus längs strahlenden

Strukturen. Wendelantennen sind allerdings auch noch eine Lösung, die professionell und vor allem auch militärisch genutzt wird. Man kann sie nicht beliebig lang machen wie Yagis! Funkamateure sollten immer nach sinnvoll angepassten Lösungen suchen. Kommerzielle Institutionen müssen anders denken und handeln.

Für EME ist viel davon Theorie und nur zum Teil verwertbar...denn jetzt kommt die Faraday Rotation (FR), die die Sicht verändert! Jedenfalls für den EME-Betrieb < 500 MHz.

Der Faraday Effekt ist die Drehung einer linearen Polarisationssebene, wenn eine elektromagnetische Welle durch ein Medium dringt, das sowohl über freie Elektronen als auch über ein magnetisches Feld verfügt.

Der Verschiebungswinkel (Shiftwinkel) ist:

Direkt proportional der Elektronendichte,
der Stärke des Magnetfeldes und
der Länge des Weges den das Signal im Medium durchläuft
und umgekehrt proportional dem Quadrat der Frequenz

Für das Verständnis der Drehung und der Drehrichtung ist die Polarität des magnetischen Feldes wichtig das durchlaufen wird. Das kann in Richtung der Polkappen auch umgekehrt sein. Nicht das magnetische Feld wechselt dort, nur der Bereich der durchlaufen wird kann da eine andere Polarität haben. Die gleiche Welle durchläuft dann Magnetfelder unterschiedlicher Richtung.

Die Elektronendichte in den Ionosphärenschichten hängt hauptsächlich von der Sonnenaktivität ab. Ultraviolettes Licht und andere Strahlungen, die von ihr ausgehen, ionisieren den freien Raum über der Erdatmosphäre mit einer Verzögerung von nur 8 min (Lichtgeschwindigkeit). Elektrisch geladene Teilchen von der Sonne als weitere Ionisationsquelle erreichen die Erde erst mit einer Laufzeit von bis zu zwei Tagen. Sie beeinflussen ebenfalls das erdmagnetische Feld deren Feldlinien wie die Elektronendichte auch inhomogen sind. Zur Sonnenseite hin sind sie gestaucht, auf der abgewandten Seite erscheinen sie „zopfartig“ aneinander gezogen. Es ergibt sich ein deutlicher Unterschied der Aktivität auf der der Tag- und Nachtseite der Erde.

Die Bedingungen können komplizierter werden wenn die Elektronen über eine Bewegungskomponente verfügen, die in Richtung der sich ausbreitenden Welle verläuft. Dabei kann sich eine mehr oder weniger starke elliptische rechts- oder links-Polarisation als Mischung von linearer und zirkularer Polarisation entstehen. Das Signal erleidet dann keinen Totalschwund, wenn mit linearer Polarisation gesendet und empfangen wird, sondern kann dann auch eine angenähert gleichmässige Grunddämpfung zeigen.

Auch Stationen, die die lineare Polarisationssebene ihrer Antenne kontinuierlich ändern, können dann kein scharfes Minimum oder ein ausgeprägtes Maximum finden, wo die Dämpfung am geringsten ist. VE7 BQH hat das mit seiner „Windmühlenantenne“ untersucht und darüber berichtet. Besitzer von Spiegelantennen für 70 cm mit Primärstrahlerdrehung kennen das auch.

Ausser der Beeinflussung in der Ionosphäre des erdnahen Raumes kommt auch die Möglichkeit der Ausbildung einer elliptischen Polarisation in unmittelbarer Umgebung des Mondes in Betracht. Er verfügt über keine Atmosphäre und kann daher keine freien Elektronen erzeugen. Er hat aber auch ein magnetisches Feld (ca. 1/30 des Erdfeldes) und die elektrisch geladenen Teilchen von der Sonne können unbeeinflusst die Mondoberfläche erreichen. Daher ist auch die gesamte sichtbare Mondoberfläche mit ihrem inhomogenen Feld aktiv. Für die Berechnung von Grösse und Struktur fehlen bis jetzt nähere Angaben.

Man erkennt, dass es für die Polarisationsdrehung einer elektromagnetischen Welle verschiedene Einflüsse gibt, die einem dauernden Wechsel unterworfen sind und auch nur grob vorhergesagt werden können (dauernd wechselnde Sonnenaktivitäten).

Die Dämpfung eines Signals nur durch die Ionosphäre ist bei Frequenzen um 150 MHz und höher auch bei Sonneneinstrahlung und Elevationswinkeln von 0 Grad (horizontal zur Erdoberfläche, wo der Weg am längsten ist) vernachlässigbar und liegt bei max -0.5 dB. Ab 300 MHz liegt der Wert dann unter -0.1 dB (siehe Darstellung aus „Radio Wave Propagation von I.Bouthias“ als Anlage)

Die Polarisationsdrehung, (siehe Darstellung aus „Radio Wave Propagation“, von I.Boihas), hervorgerufen durch den Faraday-Effekt, ist frequenzabhängig und kann bei niedrigen Frequenzen grosse Werte annehmen. Es gibt Unterschiede zwischen Tag und Nacht und auch wenn die Welle transversal (quer zum Erdmagnetfeld) oder longitudinal (mit den Feldlinien laufend) das Magnetfeld durchläuft. Bei Summierung aller ungünstigen Einflussgrössen kann sich für 144 MHz theoretisch eine Polarisationsdrehung am Tag (Sonneneinstrahlung) bis zu 3000 Winkelgrad ergeben, in der Nacht 800 Grad. Mit diesen Werten muss man sicherlich nicht rechnen, aber einige hundert Grad bis zu ein oder

auch zwei vollen Umdrehungen können gelegentlich schon auftreten. Für 430 MHz liegen die Maximalwerte bei 400 Grad am Tag und 80 Grad in der Nacht. Durchschnittswerte wieder weit darunter. Bei 23 cm betragen die Tag/Nacht-Maximalwerte dann 40 und 10 Grad. Ab etwa 3 GHz sind sie praktisch Null und spielen für den Amateurfunk keine Rolle mehr. Bei 10 GHz liegt es ganz sicher weit unter einem Winkelgrad. Sonst müsste man TV-Satellitenspiegel ja auch für den Tag-oder Nachtbetrieb immer anders justieren und den LNB im Spiegel drehen. Entweder ist das Magnetfeld dann zu schwach oder es sind dafür nicht mehr genügend freie Elektronen in der Ionosphäre. Die TV-Satellitentechnik war am Anfang noch sehr aufwendig und voluminös aufgebaut. Viele Konstruktionen waren für die 90 Grad Polarisations Ebenen-Umschaltung mit einer Spule am Hornstrahler ausgerüstet in die ein konstanter Strom eingespeist wurde. Es mussten dafür starke Magnetfelder bei 10 GHz erzeugt werden.

Die Drehung der Polarisations Ebene beim Wiedereintritt nach der 180 Grad- Reflexion am Mond (siehe vorangegangene Ausführungen) hat die gleiche Drehrichtung wie das Signal, das zum Mond gesendet wurde! Die Richtung des magnetischen Feldes und die Ausbreitungsrichtung der Welle haben sich beide umgekehrt. Massgebend ist die Summe der Verschiebungswinkel! Aus- und Eintrittswinkelverschiebung müssen nicht identisch sein, da an zwei Stationen auch unterschiedliche Bedingungen herrschen können (eine arbeitet bei Sonneneinstrahlung am Tag und die Gegenstation liegt zur gleichen Zeit bei Nacht auf der Sonnen abgewandten Seite der Erde).

Den Raumwinkel muss man dann noch zusätzlich zur FR addieren um die Gesamtverschiebung der Polarisations Ebenen zwischen zwei linear polarisierten Antennen zu erhalten.

Wie schon erwähnt können die Magnetfeldlinien in der Nähe der Erd-Aus und Eintrittstellen auf die Signalrichtung bezogen auch eine andere Polarität annehmen, sodass dann auch Werte für die Shift voneinander abgezogen anstatt addiert werden müssen. Praktisch besteht keine Aussicht genaue Werte zu erhalten.

Um die eingangs gestellten Fragen zu beantworten ergeben sich folgende Situationen:

„man hört die eigenen Echos nicht“

Da die Drehung der Polarisations Ebene beim zweimaligen Durchlaufen des Erdmagnetfeldes unkontrolliert und nicht vorhersagbar erfolgt, jedenfalls bei Tag in den Bereichen < 500 MHz, gibt es viele Möglichkeiten wo das reflektierte Signal mit Winkelverschiebungen von 90 Grad, bzw. von ungradzahligen Vielfachen davon, wieder auf die eigene Antenne trifft. Wenn keine elliptischen Anteile dabei entstanden sind erfolgt eine Totalauslöschung. Die Dämpfung in den Bereichen über und unter 90 Grad kann aber schon so gross sein, dass man sein eigenes Signal dann auch nicht hört. Es muss nicht immer 90 Grad sein!

In der Praxis hat sich ergeben, dass an meiner eigenen 2m-EME-Station mit etwa 19 dBd Antennengewinn und 1 kW Sendeleistung das eigene vom Mond reflektierte Signal zu 95% gut gehört werden konnte und das auch bei leichtem Regen. Bei Schneefall war EME-Betrieb nicht möglich.

„Oneway“-Verbindungen
siehe Erklärung auf Bild 1

Der Raumwinkel zwischen den Polarisations Ebenen zweier Antennen auf der Kugeloberfläche der Erde ist bei der Ausrichtung auf die Gegenstation immer Null.

Bei einer Reflexion über ein Reflexionszentrum ausserhalb der Erde (Satellit, Mond) und eine Ausrichtung der Antennen darauf, ergeben sich Raumwinkel, die von den Koordinaten der Antennenstandorte abhängen und sich bei einer Veränderung des Mondstandortes ebenfalls verändern.

Man kann das mathematisch darstellen und errechnen, muss dann allerdings einen Wert für die Faraday Rotation annehmen, da sie ja nicht bekannt ist und sich dauernd ändert. Zum besseren Verständnis dient eine einfache Darstellung auf Bild 1.

Ein Betrachter auf dem Mond sieht auf die Kugeloberfläche der Erde. Zwei Antennenstandorte, die man vom Mond aus auch erkennen kann sind auf der Erde so orientiert, dass man deren Polarisations Ebenen dort erkennen kann. Beide Antennen sind linear horizontal zur Erdoberfläche orientiert und auf den Mond ausgerichtet. Auf der Erde sind sie soweit voneinander entfernt, dass sich vom Mond aus betrachtet eine Polarisations Shift von 45 Winkelgrad zwischen beiden ergibt.

Da man eine räumliche Darstellung nicht zweidimensional darstellen kann verlaufen die Sichtlinien vom Mond zur Erde wegen der grossen Entfernung aber nicht in einem Winkel zueinander, wie dargestellt, sondern praktisch parallel. Zur weiteren Vereinfachung der Darstellung wird eine Faraday Rotation (FR) von ebenfalls 45 Grad, von der Erde aus betrachtet im Uhrzeigersinn drehend, angenommen. Alle hier frei gewählten Werte und Einstellungen sind durchaus auch praxisnah.

Die Übertragung von B nach A

Man kann ein Streichholz zur Demonstration der Polarisationssebene der Sendeantenne benutzen und dieses dann entsprechend dem Wert der FR drehen der sich auf dem Weg zum Mond hin und von ihm wieder weg ergibt. In unserem Fall also um gesamt 45 Grad immer von der Erde aus betrachtet im Uhrzeigersinn für beide Richtungen! Für den Betrachter des Bildes erfolgt die Drehung dann entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn! Man muss sich frei machen vom spitzen Winkel der Darstellung auf dem Bild und nur senkrecht auf die dargestellte Erdoberfläche sehen.

B sendet rechtsdrehend, also vom Mond aus betrachtet links. Das Signal hat sich auf dem Weg zum Mond schon um einen bestimmten Betrag gedreht, der von den bereits erläuterten Bedingungen in der Ionosphäre abhängt und wird vom Mond reflektiert. Es läuft zurück zur Erdoberfläche und dreht sich weiter in der gleichen Drehrichtung wie auf dem Weg zum Mond (siehe Erläuterungen vorstehend).

Nach weiterer Drehung erreicht die Polarisationssebene nach insgesamt 45 Grad Drehung die Antenne bei A gerade genau in dem Winkel indem sie zur Erdoberfläche orientiert ist. B hört die ungedämpften Signale von A. Die Polarisationssebene von A hat sich vom ursprünglichen 45 Grad-Raumwinkel, bezogen auf die Erde (-3 dB), durch die FR so gedreht, dass damit die Raumwinkeldifferenz von hier ebenfalls 45 Grad genau ausgeglichen wird. **Subtraktion!**

A sendet zurück nach B

Das Signal von A dreht sich wieder im Uhrzeigersinn, erreicht den Mond, wird reflektiert und ist auf dem Weg zur Erde zurück. Jetzt addieren sich aber Raumwinkel der Antennen und FR, sodass eine Polarisationsshift von 90 Grad entsteht, was theoretisch eine Totalauslöschung bedeutet. B kann A nicht hören. **Addition!** Aber auch wenn die Verschiebung nicht 90 Grad beträgt sondern z.B. nur 60 Grad entsteht eine Dämpfung von -6 dB und das liegt für viele Stationen dann schon unter der Hörbarkeitsgrenze. Wir hatten ja gleiche Minimalausrüstung der Stns angenommen.

Würde B jetzt über eine Polarisationssebenen-Umschaltung verfügen dann könnte er unter Beibehaltung der Sendepolarisation (sonst könnte ihn ja A nicht mehr hören!) beim Empfang umschalten und A ebenfalls ungedämpft hören.

Eine Polarisationsumschaltung der Antenne hat den Vorteil dass man beim Empfang umschalten kann wenn man nicht hört und dann ein Signal erhält, dass nur um max.-3dB schwächer sein kann, weil die Dämpfung nur gleich bleiben oder wieder geringer werden kann.

Da die Faraday Rotation immer nur grob bestimmt werden kann ist auch das alles nur Theorie, die nur eine Erklärung für Phänomene geben kann die es tatsächlich auch gibt und die den arglosen Funkamateure oft verblüffen.

Für die Frequenzbereiche >500 MHz wird das Phänomen Faraday Rotation zunehmend uninteressant. Besonders bei Nacht ist die FR dann zu vernachlässigen. Schon bei 1296 MHz und Nacht auf beiden Seiten kann man den Einfluss so vernachlässigen als ob es ihn nicht geben würde. Da kann und muss man dann mit dem gut berechenbaren Raumwinkel der Polarisationssebenen der Antennen allein rechnen.

Es gibt kein Heilmittel um der FR ein Schnippchen zu schlagen. Dafür sorgt die Sonne mit ihren nur grob vorhersehbaren Aktivitäten. Akribische Rechnungen und Absprachen bei Skeds für die Optimierung der Antenneneinstellungen sind zeitanfwendig, unsicher und bleiben ungenau.

Ausserdem ist Murphy auch noch da!

Und nun noch: Keiner hört den Anderen!

Ursache: Beide Stationen sind zu schwach, Termin verschlafen, falsche Frequenz, falsche Zeit ...Murphy, siehe oben!

Literatur:

„Luke Moonwalker“, G4 SWK, 2-meter EME NEWS *March 1993

Tim Pettis, KL7 WE, Spatial Polarization and Faraday Rotation.

DJ7 UD, Faraday Rotation Fading, pers. Schriftwechsel.

Meinke/Gundlach, Handbuch der HF

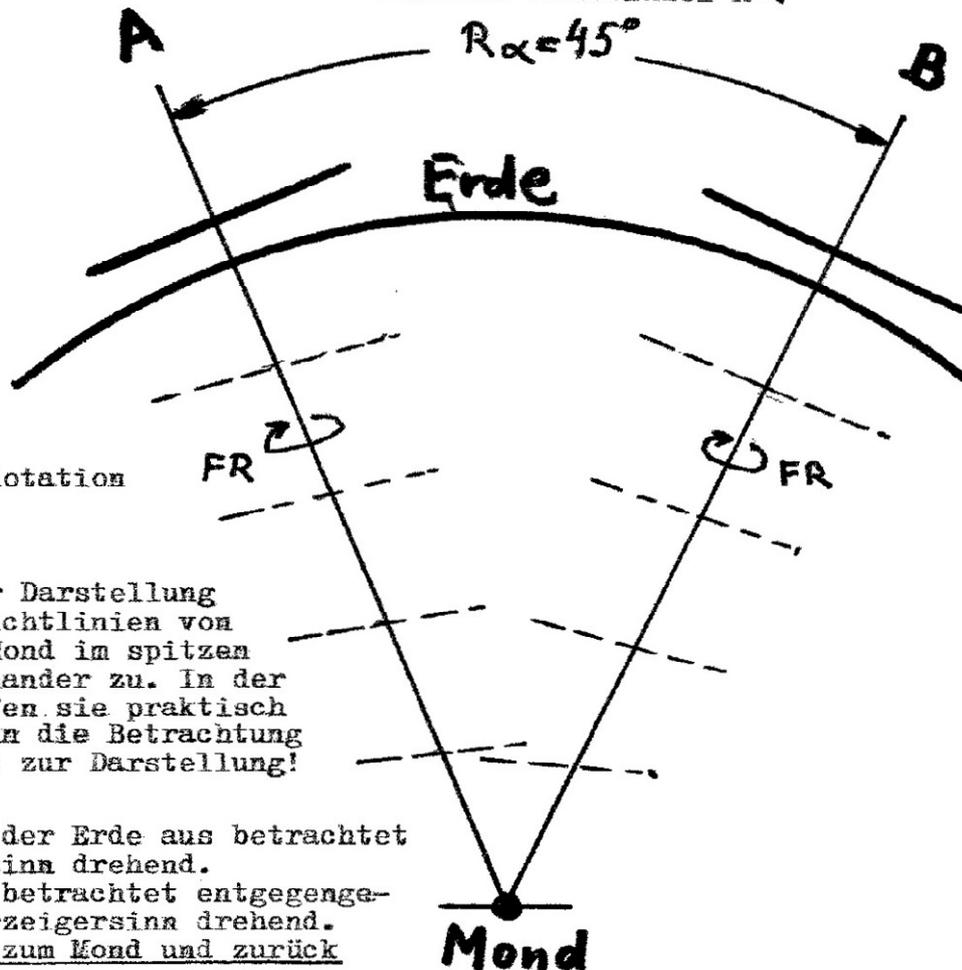
Olaf, DL2 RSX 10.03.07

Hütte IV B

Abbildungen

Bei Ausrichtung auf den Mond

terrestrischer Raumwinkel R_α



FR= Faraday Rotation

Nur in dieser Darstellung laufen die Sichtlinien von A und B zum Mond im spitzen Winkel aufeinander zu. In der Realität laufen sie praktisch parallel, denn die Betrachtung ist senkrecht zur Darstellung!

Annahme:

FR= 45° , von der Erde aus betrachtet im Uhrzeigersinn drehend.

Vom Mond aus betrachtet entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn drehend.

Drehrichtung zum Mond und zurück ist gleich!

Demonstration

B sendet A hört.

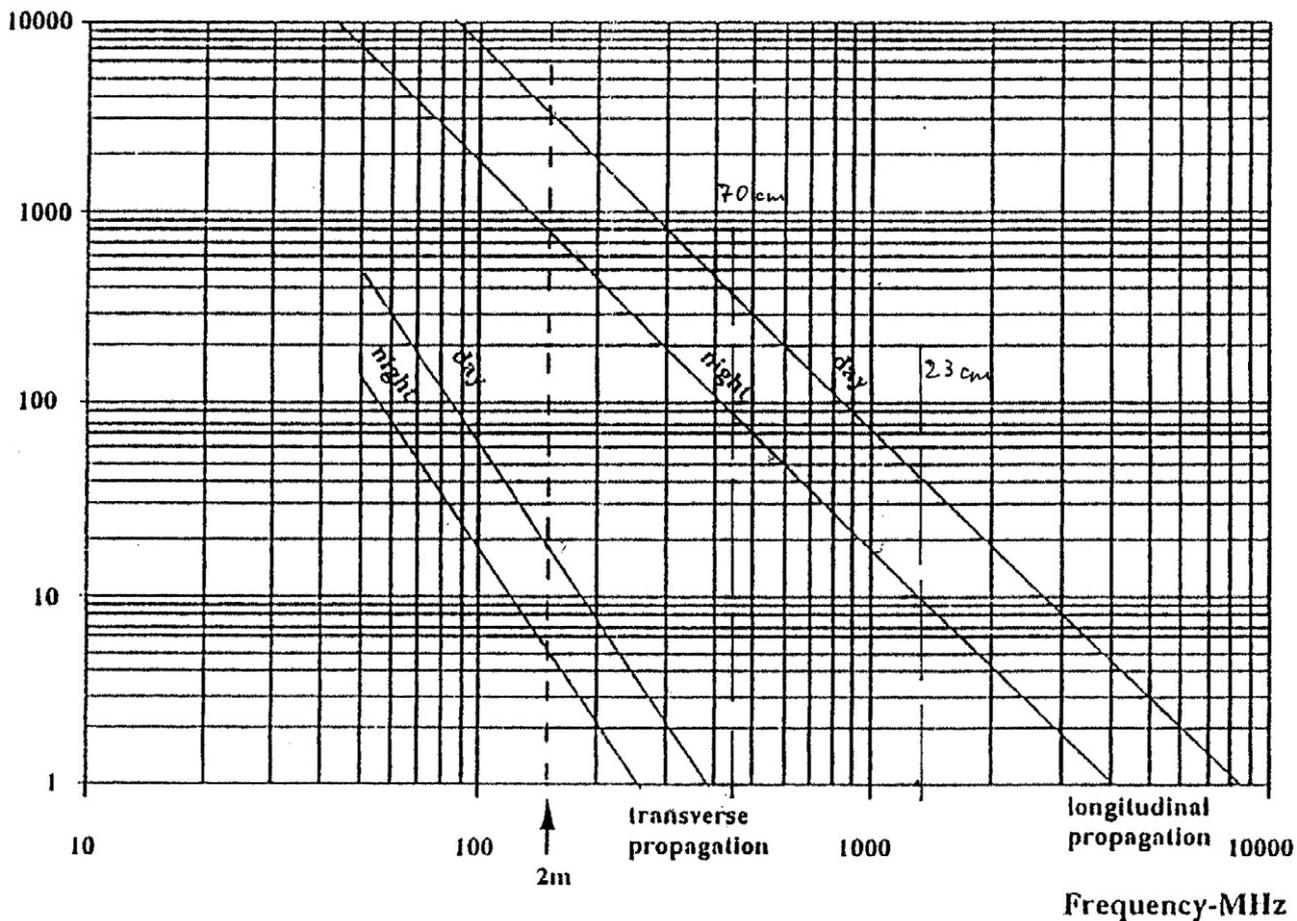
Ein Streichholz o.ä. auf B legen. Entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn um 45° (FR) drehen und auf A legen. Perfekte Deckung! Gleiche Polarisation! 0 dB Dämpfung. Subtraktion der Winkel!

A sendet B hört.

Streichholz auf A legen und entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn um 45° (FR) drehen und auf B legen. Die Polarisationssebenen sind um 90° gegeneinander versetzt. Totalauslöschung! Dämpfung ∞ . Addition der Winkel!

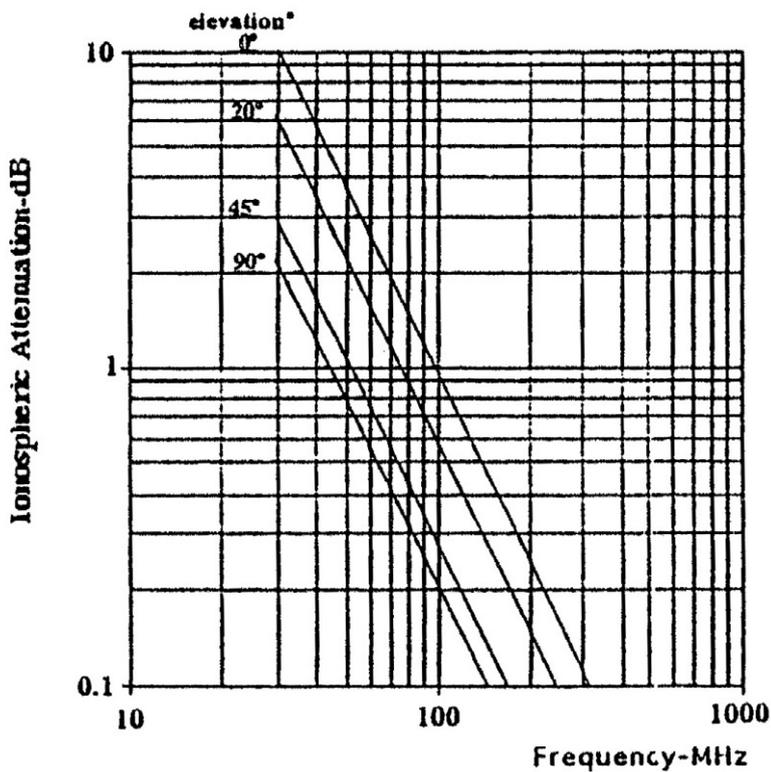
Diese Darstellung kann erweitert werden auf alle möglichen Raumwinkel R_α und alle möglichen Winkel der FR.

Faraday Rotation - typical values



constructed using data obtained from Radio Wave Propagation by L. Bouthias

Daytime Ionospheric Attenuation



constructed using data obtained from Radio Wave Propagation by L. Bouthias

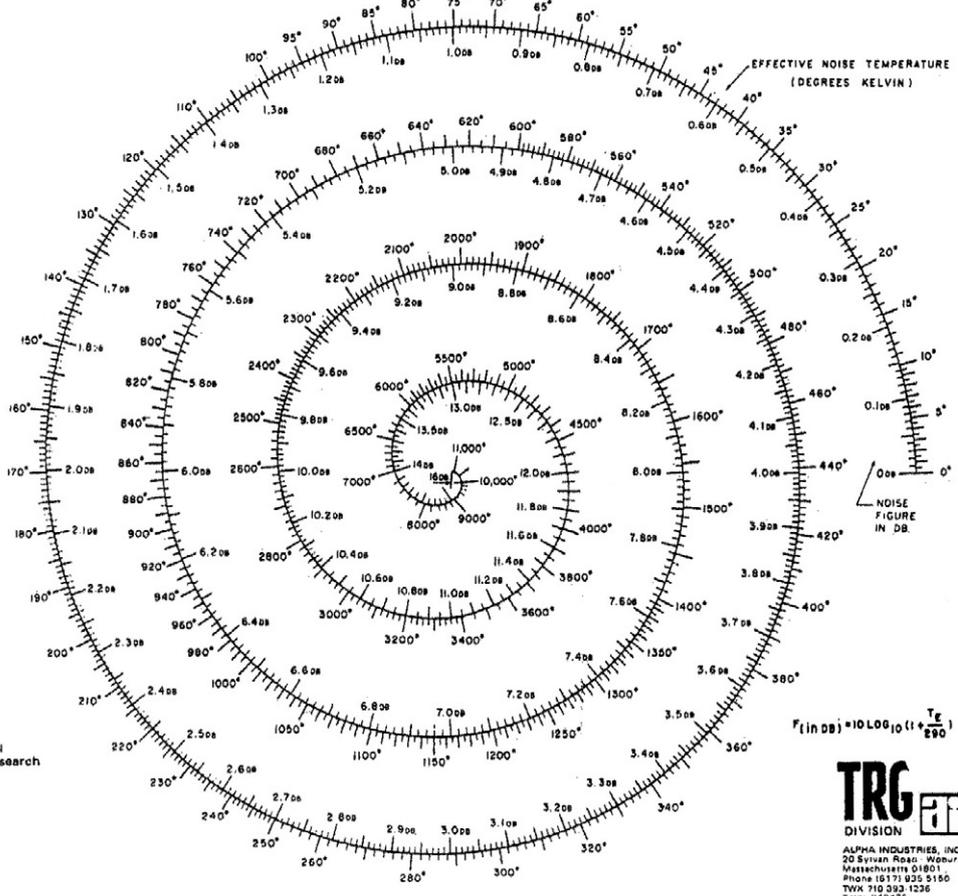
VSWR	Ref.-Dämpfung	Ref.-Leistung	Übertragungsverlust	Ref. Leistung
1.0	∞	0	0	0
1.02	40			
1.03	35			
1.05	30			
1.1	25		0.01	0.05
		0.5		
1.2				
	20	1		0.10
			0.05	
1.3	18			
		2		
			0.10	0.15
1.4	16			
		3		
1.5	14	4		0.20
			0.20	
1.6		5		
1.7	12	6		0.25
		7	0.30	
1.8		8		
		9		0.30
1.9	10	10	0.40	
			0.50	
2.0	8	20	0.60	0.40
			0.80	
3.0	6	30	1.0	0.50
			2.0	
4.0	4	40		0.60
5.0				
6.0	3	50	3.0	0.70
7.0				
8.0		60	4.0	
9.0	2			0.80

a. [dB]

dB

Spiral chart relates Noise Figure and Noise Temperature

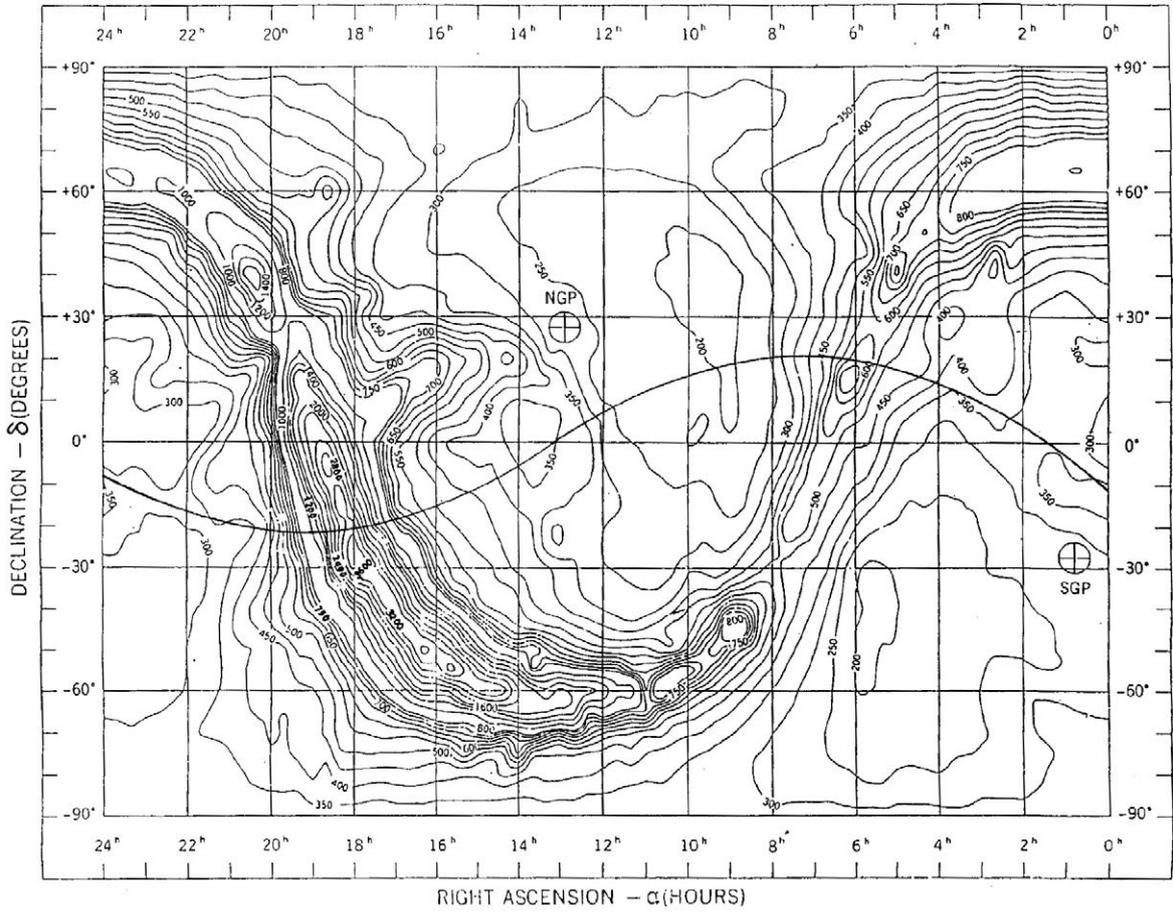
This 40 inch long conversion chart for receiver and amplifier noise is rolled into a spiral to combine accuracy and convenience. The chart is arranged for maximum accuracy at the low-noise end of the scale.



A.C. Hudson, Radio and Electrical Engineering Division, National Research Council, Ottawa, Canada and Microwaves Magazine

TRG DIVISION
 ALPHA INDUSTRIES, INC.
 20 Sylvan Road, Woburn, Massachusetts 01801
 Phone (617) 925-5150
 TWX 710 392 1236
 Telex 949430

136 MHz BRIGHTNESS TEMPERATURE (KELVIN)



Nachtrag

Der Begriff gleichwertige Stationsausrüstung ist schon mal nicht so eindeutig definiert. Auch wenn sie die gleiche Ausrüstung haben müssen sie nicht gleich sein. Wenn auf einer Antenne 15 dB drauf steht müssen nicht auch 15 dB drin sein. Hinzu kommt, dass man beim Aufbau und der Montage auch viel verderben kann. Ich habe mir damals viel Mühe gegeben, weil ich mich damit intensiv beschäftigt habe. Ich habe damals die komplette Gruppe gemessen. Sowohl Gewinn als auch die Diagramme. Das war schon ein gewaltiger Aufwand, aber ich habe ja auch damit an Erkenntnissen gewonnen, z.B. dass man eben auch unsymmetrisch speisen kann. Bei Beachtung von Kleinigkeiten und gewusst wie schießt die Gruppe nicht und der Gewinn ist auch nicht geringer. Trotzdem ist die Antenne unsymmetrisch wenn man die Elemente an den Enden berührt. Die im Antennenlabor der Post wo ich gemessen habe lehnten es vorher unter Protest ab. Die kannten das eben nicht. Ist ja auch nicht professionell, aber ein Amateurfunk-Kompromiss. Ich habe ja da nicht gearbeitet.

Meine Beispiele sind nur Annahmen. Es gibt unzählige Kombinationen. Alles ist möglich und die Ebene kann sich durch die FR auch wie ein Propeller drehen. Bei 50 MHz können ja theoretisch fast 10 000 Grad zusammen kommen. Da sind die Kurzzeitänderungen dann auch grösser als bei 70cm und bei 23 dauert das Stunden bis die Ebene sich mal dreht...wenn in der Nacht überhaupt. Aber der Raumwinkel ändert sich auch!

Oneway entsteht nicht nur bei Totalauslöschung. Wenn die Differenz zwischen den empfangenen Signalen zwischen den beiden stns so gross ist, dass eine von ihnen nichts mehr hört, dann ist das auch oneway. Da reichen dann schon mal einige dB's aus. Bei RW/FR 30/30 und 60/60 sind die Dämpfungen 6dB/0dB. Die 6 dB reichen vielfach schon aus um nichts zu hören, wenn man schon bei 0 Schwierigkeiten hat. So gibt es eben die unterschiedlichsten Kombinationen. Bei RW= 90 Grad ergeben sich z. B. in einem 60 Grad-Bereich (90+-30 Grad) Dämpfungen **für beide**, die unter 1.25 dB liegen. Bei geringen Verschiebungen steigt manchmal die Dämpfung für eine stn nur wenig an und für die andere stn fällt sie deutlich stärker ab und dann ist eine Verbindung auch möglich, sodass toway möglich wird.

Man kann übrigens auch die Werte vertauschen. $RW + FR$ ist = $FR + RW$, aber $RW - FR$ ist auch gleich $FR - RW$, obwohl z. B 8-4 nicht auch gleich 4-8 ist. Einmal ist es +4 und dann -4. 4 Eu haben oder 4 Eu Schulden ist nicht gleich. Es liegt aber an der Trigonometrie und daran, dass es hier nur um die reinen Winkel geht und nicht um die Phasenlage (bei 180 Grad ist alles genau so aber es ist Gegenphase. Der Cosinus wird dann negativ)

Der Raumwinkel zwischen den stns bei einer Einstellung auf ein ausserhalb der Erde liegendes Reflexionszentrum ändert sich laufend mit der Mondstellung. Nimmt man z.B. Berlin und New York, die etwa 90 Längengrade voneinander entfernt liegen dann entstehen nur 90 Grad RW als Höchstwert zwischen den Antennen, wenn der Mond genau in der Mitte also über dem Atlantik steht. Davor und danach ist RW kleiner.

RW	FR	RW+FR von A nach B	RW-FR von B nach A	RW= Raumwinkel FR= Faraday Rotation Angabe der Dämpfungswerte in dB
0	0	0	0	
0	30	1.25	1.25	??? steht für unendlich
0	45	3	3	
0	60	6	6	
0	90	???	???	
30	0	1.25	1.25	
30	30	6	0	
30	45	11.7	0.3	
30	60	???	1.25	
30	70	15.4	2.3	
30	90	6	6	
45	0	3	3	
45	22.5	8.4	0.7	
45	45	???	0	
45	60	11.7	0.3	
45	90	3	3	
60	0	6	6	
60	30	???	1.25	
60	45	11.7	0.3	
60	60	6	0	
60	90	1.25	1.25	
90	0	???	???	
90	30	6	6	
90	45	3	3	
90	60	1.25	1.25	
90	70	0.54	0.54	
90	80	0.13	0.13	
90	90	0	0	

Dämpfung für A in dB= $20 \cdot \log \frac{1}{\cos} (RW+FR)$

B hört auf A

Dämpfung für B in dB= $20 \cdot \log \frac{1}{\cos} (RW-FR)$

A hört auf B