10m-Band/28MHz

Inhaltsverzeichnis

1 Betrieb auf dem 10m-Amateurfunkband über die Bodenwelle 2
2 Atmosphärisches Rauschen und Empfängerempfindlichkeit 4
3 Erste Experimente 5
4 Die Minimalanforderungen an die Empfangsanlage 6
5 Bodeneffekt und Fresnelzone 7
6 Beugung am Boden entlang 8
7 Wetterphänomene 9
8 10m/28MHz Relais in Österreich 9
8.1 Frequenzliste 9

Betrieb auf dem 10m-Amateurfunkband über die Bodenwelle

Die Eigenheiten des 10m-Amateurfunkbandes im Sonnenflecken-Minimum

© DL4NO, Alexander von Obert [1]

In Zeiten des Sonnenflecken-Minimums ist auf den höchsten Amateurfunk-Kurzwellenbändern nur selten konventioneller Betrieb über die Raumwelle möglich. Wer sich aber etwas intensiver mit dem 10m-Band beschäftigt, wird dort durchaus Signale entdecken. Das 10m-Amateurfunkband ist ein Zwitter zwischen Kurzwelle und den höheren HF/UHF-Bändern. Abhängig vom elfjährigen Sonnenfleckenzyklus wirkt die Ionosphäre mal mehr und mal weniger als Reflektor. Im Sonnenflecken-Minimum wie gegenwärtig ist Betrieb über Reflexionen an der Ionosphäre ("Raumwelle") nur sporadisch möglich. So ist es meist sehr ruhig in diesem Band. Aber längst nicht so ruhig wie im VHF/UHF-Bereich, was zu einigen technischen Besonderheiten führt. Wer also von oben kommt, muss an einigen Stellen etwas umdenken.

Nur sehr wenige Funkamateure können auf Kurzwelle mit Richtantennen arbeiten. Antennengebilde mit sinnvollen Abstrahlcharakteristiken und Wirkungsgraden sind für die meisten OMs auf den gegenwärtig nutzbaren Kurzwellenbändern nur schwer zu errichten: Ein 20m-Beam hat einen Drehradius von wenigstens 5 m - auf einem typischen Reihenhaus-Dach kriegt man solch ein Gebilde nur mit Zustimmung des Nachbarn unter. Wenn überhaupt, dann gibt es solche Möglichkeiten für die allerhöchsten Bänder, vor allem 10m. Dort hat man zusätzlich den Vorteil, dass man für Experimente auf billiges Material aus dem CB-Funk-Bereich zurückgreifen kann. Hier steht allerdings bewusst billig und nicht preiswert, denn mit der Qualität ist es gewöhnlich nicht weit her. Aber da steht ja auch Experimente...

10m-Bandplan

nach Empfehlungen der IARU Region 1

Gültig ab 29. März 2009

Band	Frequenzbereich (kHz)	Maximale Bandbreite (Hz)	Sendearten	Anmerkungen und bevorzugte Nutzung	Leistungsstufen	Status
10m	28000 - 28070	200	CW	QRS AZ: 28055 kHz CW-QRP AZ: 28060 kHz	A B C D	Pex
	28070 - 28120	500	Schmalband-S.	Digimodes		
	28120 - 28150	500	Schmalband-S.	Digimodes, automat. digitale Stationen		
	28150 - 28190	500	Schmalband-S.			
	28190 - 28199		Baken	exkl. für regio. zeitgest. Baken, keine QSOs		
	28199 - 28201		Baken	exkl. für weltw. zeitgest. Baken, keine QSOs		
	28201 - 28225		Baken	exklusiv für Dauerbaken, keine QSOs		
	28225 - 28300	2700	Alle Sendearten	Baken		
	28300 - 28320	2700	Alle Sendearten	Digimodes, automat. digitale Stationen		
	28320 - 29200	2700	Alle Sendearten	digitale Sprache AZ: 28330 kHz SSB-QRP AZ: 28360 kHz Bildübertragung AZ: 28680 kHz		
	29200 - 29300	6000	Alle Sendearten	Digimodes, automat. digitale Stationen		
	29300 - 29510	6000	Satelliten	Satelliten-Downlink, keine QSOs		
	29510 - 29520			Schutzkanal		
	29520 - 29550	6000	Alle Sendearten	FM simplex - 10 kHz Kanäle		
	29560 - 29590	6000	Alle Sendearten	FM Relais Eingabe (RH1 - RH4)		
	29600	6000	Alle Sendearten	FM Anruffrequenz		
	29610 - 29650	6000	Alle Sendearten	FM simplex - 10 kHz Kanäle		
	29660 - 29700	6000	Alle Sendearten	FM Relais Ausgabe (RH1 - RH4)		

Der Einstieg für 20 EUR

Wer etwas in das 10m-Band hineinriechen will, sollte sein QRP-Gerät mal ins Auto packen und sich eine Magnetfußantenne aus dem CB-Funk auf das Dach kleben. Je nach Standort wird man damit eines der relativ wenigen 10m-Relais und die eine oder andere Bake hören.

Warum ich diesen Einstieg empfehle? Er ist einfach, billig und vielseitig:

• Auf dem Heimweg vom QRL erwischt man vielleicht mal eine Bandöffnung. Und schon hat man sein erstes Mobil-QSO auf Kurzwelle gefahren. Zudem gibt es hier weniger Störungen als auf den niedrigeren Bändern, das Aufnehmen erfordert also weniger Aufmerksamkeit - im fahrenden Auto eine Voraussetzung.

• Man bekommt ein Gefühl dafür, was in der eigenen Umgebung auf 10m läuft.

• Das eine oder andere Aha-Erlebnis wird beeinflussen, wie im QTH die 10m-Ausrüstung aussehen wird.

Ein 10W-Sender lässt sich noch problemlos aus dem Zigarettenanzünder mit Strom versorgen. Die größten Probleme ergeben sich aus der Kratzergefahr auf dem Dach durch die Magnetfußantenne und die elektrischen Störungen aus der Fahrzeugelektronik. Auf 10m ist das aber alles noch beherrschbar.

Atmosphärisches Rauschen und Empfängerempfindlichkeit

Das Satellitenfernsehen im heutigen Stil gibt es nur, weil es extrem rauscharme Vorverstärker für 10 GHz gibt. Ursprünglich waren die Übertragungsparameter der Fernsehsatelliten für Kabel-Kopfstationen gedacht, die wenigstens 2-m-Schüsseln benutzen. Auch für 70cm und 2m werden extrem rauscharme Vorverstärker angeboten. Wirklich sinnvoll sind sie spätestens auf 2m nur für EME-Betrieb. Denn nur wenn man die Antenne auf den Himmel richtet, kommt aus der Antenne so wenig Leistung, dass diese extrem rauscharmen Vorverstärker mit ihren Nachteilen wie schlechter Großsignalfestigkeit sinnvoll sind. Bleibt als gewöhnliche Aufgabe des Vorverstärkers nur, direkt am Mast die Kabeldämpfung bis zum Empfänger zu kompensieren. Schon Boden und Kabelverluste rauschen so stark, dass das Rauschen moderner Vorverstärker dahinter verschwindet.

Ganz anders im Kurzwellenbereich: Jeder Funkamateur kennt den Effekt, dass der Empfänger viel lauter wird, sobald man die Antenne einsteckt. Damit meine ich nicht den Effekt, der abends auf 40m passiert. Ich rede vom atmosphärischen Geräusch, das aus den verschiedensten, meist natürlichen, Quellen stammt. Die erste Konsequenz ist, dass die Empfängerempfindlichkeit keine wirkliche Rolle mehr spielt. Die meisten Empfänger könnten allerdings etwas mehr Verstärkung im ZF-Pfad vertragen, damit man den Lautstärkeregler nicht so weit aufreißen muss. Das Rauschen führt auch dazu, dass empfangsseitig der Antennenwirkungsgrad kaum eine Rolle spielt. Wie ich schon anlässlich einer VHF/UHF-Mobilantenne bemerkte, unterscheidet sich eine gute Antenne von einer schlechten in erster Linie durch ihre Richtcharakteristik. Sendeseitig soll die Antenne die Strahlung möglichst in die Richtung der Kommunikationspartner abstrahlen, empfangsseitig Störungen aus möglichst vielen Richtungen abschrmen.

"Beruhigende" Feststellung: Jedes fahrtaugliche Auto ist so klein, dass 10m-Antennen mit wirklicher Richtwirkung nicht möglich sind. Schon eine λ/4 erhöht ein Auto bis in die Gegend der Straßenbahn-Oberleitung. An eine vernünftige Groundplane kommt keine Mobilantenne heran, weil ein ordnungsgemäßes Gegengewicht fehlt. Ein wesentlicher Teil der Sendeleistung wird also im Untergrund unter dem Auto verheizt. Eine verkürzte Antenne macht sich aber empfangsseitig kaum negativ bemerkbar. Der schlechte Antennenwirkungsgrad wirkt sich aber natürlich auf die Feldstärke bei der Gegenstation aus, zumal man ja dort das atmosphärische Rauschen überbrüllen muss. In gewissen Grenzen hat ein Funkamateur aber die Chance, eine handliche Antenne mit mehr Sendeleistung zu kompensieren. 100 W Sendeleistung aus einem FT-857 oder so im Auto passen also recht gut zu z.B. 10...50 W Sendeleistung eines 10m-Relais.

Baken beobachten

Mit dem Suchbegriff "Bakenliste" findet man im Internet schnell eine aktuelle Liste automatischer Sender, die ausdrücklich für Empfangsversuche gedacht sind. Davon gibt es gerade im 10m-Band eine ganze Menge, etwa DL0IGI südwestlich von München auf 28,205 MHz. Man kann auch einfach mal auf Verdacht den Bereich zwischen CW- und SSB-Band (vorzugsweise 28,170 ... 28,320 MHz) absuchen. Der größte Haken: Zum Identifizieren der Baken braucht man elementare CW-Kenntnisse. Auf der Bodenwelle haben 10m-Baken Reichweiten von 50 ... 150 km - bezogen auf Mobilstationen. Viele Feststationen haben sogar größere Probleme als Mobilstationen, weil viele der Baken vertikal polarisiert sind. Eine Groundplane eignet sich häufig besser als ein Beam.

Erste Experimente

Fangen wir mal ganz einfach an und fahren mit einem 10m-Empfänger durch die Gegend. Neben einem passenden Empfänger, etwa einem QRP-Gerät wie einem FT-817, brauchen wir eine Magnetfußantenne aus dem CB-Bereich.

Eine Mobilantenne für 10m

Im CB-Funk-Handel gibt es Magnetfußantennen in reicher Auswahl. Je kürzer diese Antennen sind, um so geringer ist ihr Wirkungsgrad und um so geringer sind zulässige Sendeleistung und Bandbreite. Zu stark verkürzt sollte die Antenne also nicht sein, denn das 10m-Band ist relativ breit und wir müssen die Antenne ja nochmal abschneiden. Im Extremfall ist schon die Verkürzugsspule alleine auf 10m in Resonanz Eine 11m-Magnetfußantenne mit einer Originallänge von 1 m oder etwas mehr ist eine sinnvolle Ausgangsbasis. Solche Antennen werden regelmäßig mit unhaltbaren Werbeaussagen wie funktioniert wie eine 5/8 beworben, das ist natürlich Unfug: Eine 5/8 λ für 11m ist um die 7 m lang - da beißt die Maus keinen Faden ab. Wichtigste Aussage ist die zulässige Sendeleistung: Wenn nur 10 W zulässig sind, kann es mit der Güte der Verkürzungsspulen nicht weit her sein. Außerdem wollen wir vielleicht mal später mit 100 W, oder was der Autohersteller zulässt, auf die Antenne drauf... Auch auf den mechanischen Aufbau sollte man achten: Der Anschluss des Koaxkabels sollte vergossen sein. Sonst säuft das Kabel nach dem ersten Regenguss ab - notfalls muss Plastikspray ran. Weniger Probleme sollte es mit der Haftkraft Magnetfußes geben: Wenn sich der Strahler um 90 Grad biegen lässt, ohne dass der Fuß vom Dach fliegt, sollte auch die Richtgeschwindigkeit auf der Autobahn kein Problem sein. Für die ersten Versuche kann man die Antenne ja so aufs Dach setzen, dass das Antennenkabel im Notfall an der Radioantenne hängen bleibt. Schließlich muss die Antenne noch gekürzt werden, damit sie auf 10m ein sinnvolles SWR bietet. Bewährt zum Kürzen des Federstahls hat sich übrigens eine PUK-Säge, während übliche Seitenschneider die Prozedur nicht überleben. Empfangsseitig ist die genaue Resonanzfrequenz weniger wichtig - der Antennenwirkungsgrad spielt ja keine wesentliche Rolle, wenn man das Bakenband abhören will. Das SWR kann man also allein nach dem gewünschten Sendebereich einstellen. Wenn ein vernünftiges SWR nur für ein paar 100 kHz möglich ist, wird mal hier wohl 28,5 MHz wählen. Wenn die Antenne über 1 MHz hinweg ein sinnvolles SWR anbietet, bietet sich 29,1 MHz als Mittenfrequenz an. Dann ist sowohl SSB-Betrieb um 28,5 MHz als auch Relaisbetrieb auf 29,6 MHz möglich. Allerdings: Wenn eine stark verkürzte Antenne eine solche Bandbreite hat, kann es mit ihrem Wirkungsgrad nicht weit her sein - die Verlustwiderstände sind es, die das SWR breitbandig machen. Der Strahlungswiderstand kann es nicht sein...

Die optimale Position auf dem Autodach muss (und kann man mit dem Magnetfuß) ausprobieren. Oft beeinflussen sich die Antennen gegenseitig. Für eine Radio-, eine 2m/70cm-Antenne und noch einen Stab für 10m sind die meisten Autodächer eigentlich zu klein. Womöglich hilft eine UHF/VHF-Antenne, die angeblich ohne Gegengewicht/Radials auskommt. Die kann man dann eher an den Rand des Dachs setzen, während Groundplane-Artiges auf den Entzug des allseitigen Blechs schnell grantig reagiert. EInes sollte von Anfang an klar sein: Bei einem PKW sind die Erdungsverhältnisse für eine Kurzwellenantenne alles andere als optimal und der Magnetfuß

ohne galvanische Verbindung zum Autoblech verschärft das Problem weiter. Auf 10m ist da alles noch beherrschbar, weil die Antenne noch nicht so extrem verkürzt ist wie weiter unten und folglich der Strahlungswiderstand noch leidlich sinnvolle Werte hat. Dafür hat die Koppelkapazität vom Magnetfuß zum Blech wegen der hohen Frequenz noch eine leidlich niedrige Impedanz. Wer auf Dauer vom Auto aus Kurzwellenbetrieb machen will, kommt um wenigstens ein Loch im Auto nicht herum.

Die Minimalanforderungen an die Empfangsanlage

Viele Funkgeräte sind heute sehr kompakt und lassen sich aus dem Auto-Bordnetz betreiben. Als erstes sollte man sich mit der Bedienung so intensiv vertraut machen, dass man das Gerät blind betreiben kann. Auch Fernsteuermikrofone sind da ganz praktisch. Wir reden hier von einem Hobby. Das rechtfertig es nicht, unnötige Gefahren im Straßenverkehr zu riskieren. Sorgen Sie also dafür, dass Sie während der Fahrt nicht durch den Funk abgelenkt werden: Befestigen Sie das Funkgerät, damit es nicht durch de Gegend rutschen kann. Fummeln Sie unterwegs nicht am Funkgerät rum oder wühlen Sie sich nicht durch irgendwelche Menüs durch. Die Abstimmung sollte sich blind bedienen lassen und mehr Knöpfe als die PTT am Mikrofon sollten Sie unterwegs nicht betätigen. Auch mit Speicherkanälten kann man die Bedienung unterwegs vereinfachen. Naturgemäß habe ich keine Erfahrung mit Scannern - was will ich auf einem Amateurfunkband, wenn ich nicht mitquasseln kann? Es mag aber sein, dass es Scanner mit hinreichender Empfindlichkeit und Bandbreite, Antennenanschluss, SSB usw. gibt. Kurzwellenempfänger für den Rundfunkempfang eignen sich dagegen selten für unsere Versuche. Meine ersten Versuche habe ich mit einem FT-817 gemacht. In SSB mit 5 W habe ich damit auch ein paar QSOs über die Raumwelle gefahren. Relais über die Bodenwelle erwiesen sich als ein anderes Thema. Mehr dazu später.

Erste Empfangsversuche

Für die ersten Versuche ist die Empfangsfrequenz erst mal sekundär - es geht darum, was man nicht empfangen will: Die Autoelektrik. Auf 2m und höher sind Zündung & Co kein wesentliches Problem - da müssen die Autohersteller schon wegen des UKW-Empfangs mit dem Autoradio etwas tun. Der deutlichste Störer auf 2m ist bei mir das Autoradio, wenn es Mittelwelle empfängt, weil es dann einen 9-kHz-Gartenzaun erzeugt. Der koppelt von der Radio- auf die 2m-Antenne.

Entstörung

Wenn einem der Lautsprecher entgegenspringt, sobald der Motor läuft, ist erst mal Entstören angesagt. Das Kabel vom Zigarettenanzünder zum Empfänger ist der erste Verdächtige. Diese Quelle lässt sich abprüfen, wenn der Empfänger eigene Batterien hat: Raus mit dem Saftkabel! Wenn dann Ruhe ist, sind die üblichen Entstörmaßnahmen aus Ferrit an der Stromversorgung fällig. Bleibt, das Antennenkabel am Strahlen (bzw. Empfangen) zu hindern. Das erreicht man, indem man die Mantelwellen (unsymmetrische Ströme im Kabel) unterdrückt. Auch hier bieten sich wieder Ferritbauteile an, wohl am ehesten in Form von Klappferriten. Auch kann man das Koaxkabel zu einer Drossel aufwickeln - z.B. fünf Windungen mit gut 10 cm Durchmesser, eng mit Kabelbindern zusammengebunden. Enger sollte man RG-58U auf keinen Fall zusammenrollen.

Wenn das alles noch nicht reicht, sind Maßnahmen am Auto fällig - etwa Massebänder zwischen Motorhaube und Chassis. Hier ist äußerste Zurückhaltung beim Eigenbau angesagt, sollen die Typzulassung des Autos und seine Zuverlässigkeit nicht gefährdet werden. Vielleicht findet man über CB-Funker eine Werkstatt, die hier Erfahrung hat. Die sauberste Lösung ist, direkt von der Batterie bis zum Funkgeräte dicke Strippen legen zu lassen. Das sollte man aber wirklich einen Fachmann machen lassen!

Die ersten Nutzsignale empfangen

Bei ausgeschaltetem Motor kann man jetzt die ersten Empfangsversuche machen. In der Tiefgarage wird das wohl nichts werden, sehr wohl aber auf dem nicht mehr überdachten, obersten Parkdeck eines Parkhauses. Der Stahlbeton unter dem Auto liefert eine vergleichsweise gute Erde, mit der das Auto kapazitiv verbunden ist. Also einfach mal über's Band drehen, vor allem über den Bakenbereich (28,17 ... 28,33 MHz). Auch das obere Ende des 10m-Bereichs sollte man nicht vergessen: Zwischen 29,5 und 29,7 MHz ist FM-Betrieb erlaubt. Hier wird ein 10-kHz-Raster benutzt, 29,600 MHz ist die Anruffrequenz. Die vier Relaisausgaben sind 29,660 ... 29,690 MHz. Die Eingabefrequenzen sind 100 kHz tiefer, ohne dass die Funkgeräte das generell unterstützten. Typischer Einsatzfall für Speicherkanäle. Viele 10m-Baken sind vorzugsweise für regionale Empfangsversuche gedacht, entsprechend gering ist die Sendeleistung. Aber für 50 km sollten sie trotzdem gut sein. Also in der Suchmaschine des eigenen Vertrauens nach Bakenliste suchen... Wenn beim besten Willen nichts zu hören ist, hilft nur noch ein besserer Standort. Genau deshalb empfehle ich den Einstieg über eine Mobilisation.

Bodeneffekt und Fresnelzone

Die meisten Antennen strahlen auch den Boden an - anders ist das nur bei stark bündelnden Antennen in großer Höhe. Das werden wir auf 10m kaum je erreichen. Auf Kurzwelle ist der Bodeneffekt in vielen Fällen erwünscht, weil er für die Raumstrahlung zusätzlichen Gewinn verspricht. Mancher EME-Anfänger empfängt seine ersten Reflexionen vom Mond kurz nach Mondauf- oder vor Monduntergang, wenn sich der Mond am Boden spiegelt. Der Bodeneffekt biegt die Strahlungskeule jeder Antenne nach oben und da wollen wir sie bei Bodenwellen-Betrieb eben nicht hin haben. Es gibt zwei Möglichkeiten, den Bodeneffekt zu bekämpfen:

• Wir benutzen Antennen, die von sich aus ganz flach strahlen wollen und den Boden möglichst wenig beleuchten. Dazu kann man z.B. mehrere 5-Element-Fullsize-Beams übereinander stocken. Der Kampf für so eine Antenne beginnt aber bei der Gemeindeverwaltung, denn ohne Baugenehmigung geht da nichts mehr. Aber drei Beams übereinander, in einer 35 m hohen Konstruktion, machen auf dem Wochenend-Grundstück schon was her...

• Wir nutzen das vorhandene Gelände. Schon wieder ein Grund, mit dem Funkgerät ins Grüne zu fahren.

Kriterium für eine ungestörte Funkverbindung ist eine freie erste Fresnelzone

Unter der 1. Fresnelzone versteht man das Volumen zwischen Sender und Gegenstation, in dem der Umweg einer reflektierten Wellenfront kleiner oder gleich einer Wellenlänge ist. Die Gegenstation ist in unserem Fall der Horizont. Wir brauchen also zwischen uns und dem Horizont ein Tal. Zudem sollten wir uns unmittelbar an den Abhang stellen. Die zugehörige Mathematik kommt später. Wie sehr Bodeneffekt bzw. Hindernisse in der Fresnelzone (Boden!) den Empfang behindern, kann man relativ leicht ausprobieren, gerade von Auto aus:

• Auf der A9 zwischen Nürnberg und München, südlich der Anschlussstelle Altmühltal, liegt der Kindinger Berg (Ansicht bei Google Maps). Hier steigt die Autobahn aus dem Tal auf die Albhochfläche. Während der Fahrt auf die Hochfläche hinauf gibt es einen Punkt (A), an dem DL0IGI auf 28,205 MHz recht stark zu empfangen ist - stärker als weiter oben (B), wenn die Autobahn auf die Hochfäche kommt. Die Ursache dafür ist ganz offensichtlich, dass es bei A rechts (nach Westen) über 50 m steil abwärts geht, die 1. Fresnelzone also plötzlich frei wird. Die Bake kommt etwa aus 60° rechts von der Fahrtrichtung. Unter dem Profil steht der entsprechende (lineare) Pegel. Wer mit dieser Aufnahme etwas spielen will, kann sie gerne als WAV-Datei(6MB) bekommen.

• Auf der A6 zwischen Heilbronn und Nürnberg, westlich von Crailsheim, gibt es mehrere hohe Talbrücken. Dort taucht DL0IGI immer wieder aus dem Rauschen auf - aber nur auf der Brücke, nicht vorher und nicht hinterher. Leider funktioniert der Effekt kaum auf der höchsten dieser Brücken, der Kochertalbrücke. Die ist mit hohen Zäunen versehen.

Diese Effekte haben nichts mit Geländeformationen am oder hinter dem Horizont zu tun, das lässt sich in beiden Fällen mit Hilfe einer guten Karte mit Höhenlinien nachvollziehen. Die fehlende Bodenreflexion lässt die Strahlungskeule der Antenne absinken, die so in der Horizontalen mehr Gewinn hat. Das kann durchaus 20 dB ausmachen. Wie nutzen wir diesen Effekt? Indem wir uns einen Hang mit dem Abfall in die richtige Richtung suchen. Sich einfach möglichst hoch hinzustellen ist also nur ein Teil der Miete. Bislang ging ich davon aus, es gebe nur Raumwelle mit Reflexion an der Ionosphäre und Bodenwelle - bis zum Horizont und dann? Wir werden sehen, dass es auf 10m diverse Mechanismen gibt, mit denen wir um die Ecke funken können.

Beugung am Boden entlang

Beugungseffekte sind bei allen Wellen zu beobachten - auch bei Wasserwellen. Dieser Effekt ist um so deutlicher, je schärfer die beugenden Kanten im Vergleich zur Wellenlänge sind. Anders ausgedrückt: Die Beugungseffekte an der Erdoberfläche entlang sind um so deutlicher, je niedriger die Sendefrequenz ist - siehe Mittelwelle und auch noch 160m. Anfang des 20. Jahrhunderts war man der Meinung, man könne nur etwa 1000 Wellenlängen weit funken. Entsprechend bauten die Kolonialmächte riesige Langwellenanlagen für 20 km Wellenlänge und mehr. Diese Beugungseffekte haben einen Vorteil: Sie sind letztlich nur von der Bodenstruktur abhängig, ermöglichen also sehr stabile Übertragungsverhältnisse. Genau so klar ist auch, dass diese Ausbreitungsart mit hohen Streckendämpfungen zu kämpfen hat. Genau hier tut also z.B. die Begrenzung der Leistungsaufnahme auf den Fernmeldetürmen ausgesprochen weh. 50 W Strahlungsleistung von einem optimalen Standort aus sind auf 10m gut für 100...150 km Reichweite, wenn der Empfänger eine kurze Antenne benutzt. Beispiele:

• DL0IGI ist noch in den Großräumen Nürnberg und Stuttgart mit der Mobilstation aufzunehmen.
• Von DL0IGI Richtung Bodensee ist schon nach rund 100 km erst mal Schluss, weil dann das Gelände stark vom Allgäu zum Bodensee abfällt. Es ist aber durchaus wahrscheinlich, dass DL0IGI auf den Höhen nördlich des Bodensees noch aufgenommen werden kann. • Ähnliche Entfernungen konnte ich beobachten beim 10m-Relais DF0HHH in Hamburg: Auf einem Höhenzug südwestlich des Steinhuder Meers in JO42PJ kann man das Relais lesbar aufnehmen. Auch das sind rund 130 km. Natürlich braucht ein FM-Signal mehr Bandbreite als ein CW-Signal. Dafür stand in diesem Fall der schon erwähnte Antennengewinn durch abfallendes Gelände zur

Verfügung. Bis weit in den Kurzwellenbereich hinein haben vertikal polarisierte Wellen geringere Bodenwellen-Verluste als horizontal polarisierte. Deswegen arbeiten Mittelwellensender, von wenigen Ausnahmen abgesehen, vertikal polarisiert. Im Gegensatz dazu benutzt man im VHF /UHF-Bereich vorzugsweise horizontal polarisierte Systeme, weil dort die Dämpfung geringer ist. Am oberen Ende des Kurzwellenbereichs scheinen die Dämpfungsunterschiede zwischen vertikaler und horizontaler Polarisation nicht weiter ausgeprägt zu sein. Entscheidend ist im Bodenwellenbetrieb, dass beide Stationen die gleiche Polarisationsebene benutzen. Bei Baken ist das häufig, und bei Relais so gut wie immer, vertikal.

Wetterphänomene

Speziell um VHF-Bereich sind spektakuläre Überreichweiten durch Inversionswetterlagen bekannt. Ganz offensichtlich gbt es solche Effekte auch noch unterhalb von 6m. Meine parallelen Beobachtungen von 2m (Zugspitzrelais DB0ZU) und 10m (DL0IGI, 50 km weiter nördlich, aber 1000 m tiefer) zeigen hier eine enge Parallelität: Wenn DB0ZU auf der A6 zwischen Nünberg und Heilbronn deutlich angehoben ist, zeigt sich dieser Effekt in aller Regel auch bei DL0IGI. Wirklich ausgeprägte Effekte konnte ich aber noch nicht beobachten: Während meiner Beoachtungen traten noch keine ausgeprägten Inversionen auf.

Troposcatter

Auf 2m kann jede besser ausgerüstete Station (freier Standort, Gruppenantenne...) recht zuverlässig 500 ... 800 km überbrücken, indem sie Streueffekte an Inhomogenitäten in der Atmosphäre nutzt. Das funktioniert auch recht verlässig über die Alpen hinweg zwischen Süddeutschland und Oberitalien. Wie [1] zeigt, lässt sich dieser Effekt schon auf 6m kaum noch nutzen - bei der deutschen Leistungsbegrenzung auf 6m sowieso nicht. Wer Versuche mit Troposcatter auf 10m machen will, sollte sich als erstes ein QTH für eine Antennenfarm suchen. Unter 20 dB Antennengewinn auf beiden Seiten mit wenigen Grad Erhebungswinkel geht da wohl nicht

10m/28MHz Relais in Österreich

siehe http://www.oevsv.at/export/oevsv/download/relais_neu.pdf (PDF-Dokument)

Frequenzliste

Relaiskanal	Ausgabefrequenz	Eingabefrequenz
RH1	29.660	29.560