

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Grundlegendes:

Diese allgemeine Abhandlung ersetzt nicht das genaue Studium der vorliegenden eigenen Gegebenheiten.

Ohne entsprechende Kenntnis der Zusammenhänge sollte man sich nicht an den Aufbau einer Relaisfunkstelle wagen.

Es ist grundsätzlich unabhängig davon, in welchem Frequenzbereich und in welcher Modulationsart die Relaisfunkstelle betrieben werden soll oder wird, die HF-Grundlagen sind für alle Fälle anwendbar.

Es wird weiterhin davon ausgegangen dass vertikale Polarisierung verwendet wird.

Ursächlich werden Relaisstationen eingesetzt um die Reichweite von mobilen und portablen Stationen zu erhöhen. Diese verwenden bauartbedingt üblicherweise die vertikale Polarisierung.

Relaisstellen-DX war nie und ist nicht der ursprüngliche Verwendungszweck einer Relaisstation.

Gemeinsam für alle Varianten sind folgende Anforderungen:

möglichst gleiche räumliche Abdeckung der Sende- und Empfangsbereiche

besonders sauberes Sendesignal, d. H. es muss eine möglichst hohe Unterdrückung von Rausch- IKM und Modulations-Produkten auf den benachbarten Frequenzen haben,

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

möglichst hohe Oberwellenunterdrückung versteht sich von selbst.
hohe Selektion des Empfängers was automatisch eine bessere
Unempfindlichkeit gegenüber benachbarten Aussendungen
beinhaltet. Hierzu gehören selbstverständlich auch der eigene
und/oder weitere Sender am eigenen Standort
hohe Empfindlichkeit des Empfängers für das gewünschte
Empfangssignales
hoher Dynamikbereich des Empfängers
geringe Neigung zum Zustopfen / Blocking
höchstmögliche Entkopplung zum eigenen Sender
Vermeidung von Nebenempfangsstellen

Nicht alle Anforderungen sind gleichzeitig und gleich gut zu
erreichen, hier muss man Entscheiden welche Werte der
technischen Parameter den besten störungsarmen oder besser
störungsfreien Empfang ergeben.

Zwei grundlegende Unterscheidungen sollen allerdings von Anfang
an getroffen werden:

Betrieb von Sender und Empfänger am gleichen Standort oder an
unterschiedlichen Standorten.

Wird an unterschiedlichen Standorten für Sender und Empfänger
gearbeitet so ist zu beachten dass die Abdeckung der
Versorgungsbereiche nicht identisch ist, es wird jedoch einen
Bereich geben an dem beide Bereiche sich überlappen. Ein weiterer
besonderer Fall wäre ein Sender mit mehreren Empfängern an
unterschiedlichen Standorten, was zusätzlich eine Auswahltechnik
für das beste Empfangssignal erfordert. Je nach Frequenzbereich
und räumlichem Abstand sind hier auch Laufzeitunterschiede zu

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

berücksichtigen. Diesen Spezialfall werde ich vorerst nicht behandeln. Weiterhin gehen wir davon aus dass sowohl Sender als auch Empfänger im gleichen Frequenzbereich arbeiten und das gleiche Modulationsverfahren bzw. Übertragungsprotokoll benutzen. Sogenannte Crossband-Repeater werden später behandelt. Hier arbeiten Sender und Empfänger am gleichen Standort auf verschiedenen Frequenzbändern. Eine weitere Betriebsart wäre Multimode, auch hier wird erst später darauf eingegangen.

Sender und Empfänger an unterschiedlichen Standorten

Es wird eine zusätzliche Übertragungsstrecke zwischen Empfangsstation und Sendestation benötigt. Dies kann sowohl über eine gerichtete Funkverbindung (= Linkstrecke) oder eine Kabelverbindung erfolgen.

Abgesehen von der Möglichkeit unterschiedlicher Flächen der Abdeckung der Antennen hat diese Lösung den Vorteil, dass der technische Aufwand zur Entkopplung des Empfängers vom Sender geringer oder minimal wird. Trotzdem ist ein Mindestmaß an Selektion auf der Empfangsseite notwendig um Beeinflussung durch benachbarte Stationen zu mindern oder zu verhindern.

Stichworte hierzu sind unter anderem:

- Blocking
- Großsignalfestigkeit
- Intermodulation
- Nachbarkanalselektion.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Die Auswertung und Aufbereitung des Empfangssignals für die Wiederaussendung wird hier bevorzugt am Standort des Senders getroffen. Squelchkriterien und deren Auswertung werden natürlich direkt am Empfängerstandort ausgewertet, alles weitere was zur Steuerung benötigt wird erfolgt am Senderstandort.

Dies bietet die Möglichkeit bei einer eventuellen Erweiterung um zusätzliche Empfängerstandorte einzubinden und erfordert dann die Auswahl des besten Empfangssignales am Senderstandort durchzuführen.

Sender und Empfänger am gleichen Standort

Auch hier gibt es zwei grundsätzliche Unterschiede zu beachten:

- wird eine Antenne verwendet oder
- verwenden Sender und Empfänger getrennte Antennen.

Zuerst werden wir getrennte Antennen betrachten und dann eine gemeinsame Antenne für Sendung und Empfang. Weiterhin gehe ich von vertikaler Polarisierung aus.

Zwei getrennte Antennen ergeben je nach Montageanordnung schon eine Entkopplung. Diese wird am besten sein wenn die Antennen vertikal übereinander am gleichen Antennenträger angeordnet sind. Tabellen über das Maß der Entkopplung findet man in den Datenblättern der Antennenhersteller. Auf der gleichen horizontalen Ebene angeordnete Antennen sind zwar auch möglich, ergeben wegen der Strahlungsdiagramme eine geringere Entkopplung und erfordern zusätzlich den meisten Aufwand an Selektionsmitteln für Empfänger und Sender.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Wie kann ich die Entkopplung erreichen und was sollte man beachten.

Die Entkopplung vom Sender zum Empfänger soll so groß sein, dass das Sendesignal keinen Einfluss auf die Qualität des Empfanges hat. Es gibt keinen Sinn, wenn ein hochempfindlicher Empfänger ein Signal aufnimmt und dieses beim Hochtasten des Senders z.B. in dessen Rauschseitenband verschwindet oder der Empfänger durch Blocking unempfindlich wird. Beides unterbricht dann den Empfang.

In der kommerziellen Technik für Relaisstellen z.B. von Sicherheitsdiensten kann die Notwendigkeit bestehen, auf unterschiedlichen Frequenzpaaren den Betrieb zu ermöglichen. Hierbei ist es notwendig dass der Empfang im gewünschten Frequenzbereich möglichst gering gedämpft wird, der Sender muss durch eine selektive Dämpfung von den Empfängern entkoppelt werden. Eine solche sogenannte Kerbfilterweiche erlaubt geringe Durchgangsdämpfung sowohl im Sende als auch Empfangsbereich, bietet eine gute bis sehr gute Entkopplung des Senders zum Empfänger, hat jedoch den Nachteil, dass andere Signale im Empfangsbereich den Empfängereingang belasten können. Durch die Verwendung von mehreren Gerätesätzen für Sender und Empfänger ist hier der Selektionsaufwand teilweise beträchtlich, was wir jedoch bei nur einer Sende- und Empfangsfrequenz nicht benötigen.

Es ist von Vorteil auf der Empfangsseite und auf der Senderseite mit schmalen Filtern die Entkopplung zwischen Sender und Empfänger

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

zu erreichen. Solche Bandfilterweichen bieten von Hause aus eine Filterung sowohl des Sendesignales als auch des Empfangssignales, erreichen dies jedoch mit einer geringfügig höheren Durchgangsdämpfung. Die Entkopplung zwischen Sender und Empfänger sind mindestens gleichwertig wie bei den zuvor beschriebenen Kerbfilterweichen zu erreichen. Im Durchlassbereich des Empfängers und Senders haben sie bedingt durch eine höhere Güte eine schmale Bandbreite und gleichzeitig besteht aber auch die Möglichkeit von Temperaturabhängigkeiten der Selektionswerte.

Hier gibt es Lösungen für temperaturkompensierte Filterweichen, beispielsweise sei auf die Konstruktionen und Entwicklung der sogenannten AMSAT-Filter verwiesen. Je nach Kopplungsgrad der Selektionskreise sind bei Bandfilterweichen verschiedene Schaltbandbreiten erreichbar, für unsere Anwendung mit in der Regel nur einem Kanal allerdings ein untergeordneter Faktor.

Was ist noch zu beachten:

Maximale Entkopplung der Baugruppen im Sende- und Empfangsteil.

Hier wird mit Sendeleistung im Bereich von mehreren Watt und gleichzeitig mit Grenzempfindlichkeiten im Bereich bis unter $0,1 \mu\text{V}$ Betrieb gefordert.

Ein Beispiel:

Sendeleistung 10 Watt entsprechend +40dBm und
Squelch-Empfindlichkeit $0,2 \mu\text{V} = -121 \text{ dBm}$
was einer Pegeldifferenz von 161 dB entspricht.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Sie werden jetzt zu Recht sagen, dass dies nie zu erreichen ist. Auf der gleichen Frequenz stimme ich Ihnen zu, aber mit einem gewissen Weichenabstand (= Abstand zwischen Sende- und Empfangsfrequenz) ist dies zu lösen.

Erste Voraussetzung ist die Reinheit des Sendesignals, also möglichst geringe Rauschleistung in den Seitenbändern und bei Modulation auch möglichst geringe Mischprodukte aus der Modulationsaufbereitung.

Weiterhin zwingend für den Empfänger ist eine möglichst rauscharme Frequenzaufbereitung, denn auch hier bestimmen die Rauschseitenbänder der Oszillatoren die Qualität des Empfangssignales und die Fähigkeit zur Unterdrückung von Nebenempfangsstellen. Die Vorselektion des Empfängers reduziert die Belastung der Mischstufen und erhöht somit die Empfangsqualität.

Ich will hier nicht mit vielen Zahlen und Berechnungen kommen, das würde den Umfang einer allgemeinen Beschreibung sprengen

Gehen wir von einem Beispiel aus der Praxis aus:

Zwei Geräte auf getrennten Frequenzen, jeweils ein Sender und ein Empfänger mit getrennten Antennenanschlüssen.

Zuerst das Sendesignal bewerten, also Sender auf einen ausreichend dimensionierten Abschlusswiderstand legen und mit einem Dämpfungsglied zu einem Spektrum-Analysator auskoppeln.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Folgende Einstellungen für den Spektrum-Analysator schlage ich vor:

Referenzpegel +10dBm, vertikal eine Auflösung von 10 dB/div, horizontal die Center-Frequenz auf die vorgesehene Sendefrequenz, Span auf 10 MHz für Relais im 2m-Band, auf dem 70cm-Band mindestens 20 MHz. Dies ist für den ersten Überblick um Nebenaussendung besser zu erfassen.

Für feinere Messungen schlage ich auf 2m einen Span von 1 oder 2 MHz und auf 70cm von 5 oder 10 MHz vor. Um die Nebenaussendungen des Senders beurteilen zu können kann natürlich noch feiner aufgelöst werden. Die horizontale Ablenkfrequenz sollte so langsam gewählt werden, dass noch ein ruhiges Bild zu sehen ist. Hierdurch steigt auch die Auflösung des Analysators wenn in einem Automatikmodus Video- und Resolution-Bandwith mit der Sweeptime verkoppelt sind.

Weiterhin extern zwischen Abschlusswiderstand und dem Analysator ein externes Dämpfungsglied. 30 dB Vordämpfung einfügen. 30dB sind hier das Mindeste was verwendet werden soll. Bei 10 Watt am Antennenausgang liegen nach dem Dämpfungsglied +40dBm – 30 dB = +10 dBm am Messausgang. Für einen Kleinleistungsmesser ist das in Ordnung aber für einen Spektrum-Analysator kann das schon zu viel sein. Dann also lieber 40 dB Vordämpfung, was hier nur noch 1 mW = 0 dBm am Messeingang entspricht. Stellen wir den Referenzpegel, das ist die obere Begrenzung des Schirmbildes, so ein dass sie noch nicht erreicht wird. Jetzt sollte bei einer Pegelauflösung von 80 dB möglichst nichts an Nebenprodukten zu sehen sein.

Zu Recht, das ist viel an Forderung aber jedes dB zählt. In Realität

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

werden es wohl mindestens 60 dB Abstand vom Träger sein. Und es gibt erschwingliche Analytoren welche auch mehr als 80 dB Pegelauflösung haben.

Wichtig ist es jetzt vor allem, dass im Nahbereich des Sendesignales eine möglichst hohe Dämpfung erreicht wird. Diese entlastet andere Empfänger auf den Nachbarkanälen und natürlich auch unseren Empfänger.

Sind Sender und Empfänger im gleichen Gehäuse oder auch Baugruppenträger untergebracht, kann gleich die nächste Messung durchgeführt werden:

was kommt bei laufendem Sender am eigenen Empfänger an? Wir lassen den Sender weiterhin auf dem Abschlusswiderstand und schalten den Sender aus. Jetzt schalten wir ein Messgerät für kleine Leistungen an den Empfängereingang. Es sollte nichts zu messen sein. Natürlich wird jedes Messgerät einen Minimalwert anzeigen, er darf sich aber sowohl bei ein- als auch ausgeschaltetem Empfänger nicht unterscheiden. Ist dies doch der Fall haben wir wohl ein Mischsignal aus der Empfangstechnik am Antenneneingang. Jetzt soll der Spektrum-Analysator am Empfängeranschluss angeschlossen werden und man sollte nichts feststellen (= Idealfall) oder nur geringe Anteile aus dem Empfänger. Haben wir ihn selbst gebaut werden wir wohl auch die Quellen dafür lokalisieren und beseitigen können.

Zurück auf den Kleinleistungsmesser (Milliwatt-Meter), diesen wieder an den Empfängereingang anschließen und dann den Sender hochtasten. Das was wir jetzt messen können ist das durch die interne Verkopplung auf dem Empfangszweig ankommende Sendesignal.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Nehmen wir dafür den Spektrum-Analysator können wir sehen welcher Anteil auf den Empfangskanal fällt. Liegt der gemessene Wert in der Größenordnung der Empfängerempfindlichkeit sind wir auf der sicheren Seite. Sind wir wesentlich höher sollten wir uns den internen Aufbau genauer betrachten.

Mögliche Fehlerquellen sind:

lose Stecker, schlechte Verbindungskabel zu den Antennenbuchsen, offene Baugruppengehäuse.

Bei Eigenbauten ist es immer von Vorteil wenn man seine Baugruppen „wasserdicht“ fertigt und mehrfach geschirmte HF-Leitungen verwendet und alle sonstigen Leitung sorgsam abblockt oder schirmt, also kein RG58 aus preiswerter Quelle sondern mehrfach geschirmtes Kabel z.B. RG223 oder RG400 oder gleich Semi-Rigid oder Festmantelkabel für die HF-Wege. Ich bevorzuge hier Semi-Rigid-Kabel mit SMA-Connectoren für die geräteinterne Verkabelung.

Auch bei Buchsen und Steckern auf Qualität achten!

Ist die Quelle des Einkauf der Flohmarkt, so sollte man alten versilberten oder vergoldeten Steckern und Buchsen den Vorzug vor Hochglanz vernickelt oder verchromt geben. Bei manchen Flohmarkthändlern findet man exzellente Jumperkabel aus der kommerziellen Technik, fertig konfektioniert und hoffentlich in der passenden Länge.

Ist dies bisher alles zu unserer Zufriedenheit ausgefallen wenden wir uns dem nächsten Abschnitt zu:

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

dem Filter für das Sende- und Empfangssignal.

Verwenden wir zwei Antennen werden es auch wohl zwei getrennte Filter sein, wird nur eine Antenne verwendet ist es eine Weiche mit drei Anschlüssen: Antenne – Sender – Empfänger.

Zuerst **die getrennten Filter für den Sende- und den Empfangszweig.**

Hier sind folgende Werte von Bedeutung:

die Durchlassfrequenz und deren Bandbreite,

die Dämpfung auf dieser Frequenz und der korrespondierenden Frequenz,

für den Empfangszweig ist dies die Sendefrequenz,

für den Sendezweig ist dies die Empfangsfrequenz.

Die Dämpfung auf der Durchgangsfrequenz sollte so gering wie durch die Bauart bedingt sein. Hier ist sowohl die Kopplung der Filterkreise untereinander als auch deren Bandbreite der entscheidende Faktor. Weiterhin nicht zu vernachlässigen ist die Anpassung an das Kabel zur Antenne und zum Empfänger oder Sender. Eine Anpass-Dämpfung größer 20 dB sollte angestrebt werden, je mehr je besser. Weiterhin wichtig ist die Absenkung auf der korrespondierenden Frequenz, also die Dämpfung der Sendefrequenz im Empfangszweig als auch die Dämpfung der Empfangsfrequenz im Sendezweig.

Wer schon mit Vierpoltheorie zu tun hatte, dem kommen jetzt die Werte von s_{11} , s_{12} , s_{21} und s_{22} in den Sinn.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Ich wollte aber möglichst wenig Zahlen und Mathematik in dieser Abhandlung verwenden. Gemessen werden diese Werte unter idealisierten Bedingungen, also mit realen Abschlusswiderständen an allen Anschlüssen.

Die Bandbreite der Filterkreise sollte so groß sein, dass auch bei Temperaturschwankungen die erforderliche Breite des Sende- und Empfangssignals ohne Beeinflussung passieren kann. Sinngemäß gilt dies auch für die Bandbreite der Absenkung auf den korrespondierenden Frequenzen.

Und wie verhält es sich bei einem Einsatz für nur **eine gemeinsame Antenne!**

Sinngemäß exakt gleich, nur werden hier die Anschlüsse zur Antenne auf einem gemeinsamen Port bzw. Anschluss realisiert.

Wichtiger Hinweis zu Messungen an einer solchen

Duplex-Filterweiche:

alle Ports müssen zu jeder Zeit mit einem realen Abschluss versehen sein!

Messe ich also den Empfangszweig zwischen Antenne und Empfänger so ist der Ausgang zum Sender mit einem Abschlusswiderstand abzuschließen.

Messe ich der Sendezweig zwischen Antenne und Sender, so ist der Empfängeranschluss mit einem Abschlusswiderstand zu versehen und wenn ich die dritte Messung durchführe,

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

die Entkopplung zwischen Sender und Empfänger, so ist der Antennenanschluss mit einem Abschlusswiderstand zu versehen.

Hier noch ein **Trick aus der Messtechnik**:

kenne ich die Werte der Reflexionsdämpfung eines Ports nicht, schalte ich einfach 10 dB in Form eines Dämpfungsgliedes davor. Sogar bei vollkommener Fehlanpassung sieht dann das Messgerät eine Reflexionsdämpfung von mindestens 20 dB, welches einem SWR von 1,22 oder besser entspricht.

Warum werden Sie jetzt fragen.

Das Signal von der Quelle durchläuft das Dämpfungsglied, wird um 10 dB abgeschwächt, der reflektierte Anteil durchläuft das Dämpfungsglied auf dem Rückweg nochmals und wird ebenfalls um 10 dB abgeschwächt. Sogar bei einer vollkommenen Reflexion messe ich also eine Anpass-Dämpfung von mindestens 20dB.

Messe ich die Durchgangsdämpfung eines unbekanntes Prüflings muss ich natürlich für die Protokollierung der gemessenen Werte diese vor- und nachgeschalteten Dämpfungsglieder berücksichtigen und um deren Betrag die Durchgangsdämpfung mindern.

Ohne Zahlen und Formeln haben Sie jetzt einige grundlegenden Fakten erfahren.

Es gibt aber noch einen sehr wichtigen Aspekt, den man unbedingt berücksichtigen sollte:

Was ist wenn die Antenne durch äußere Einflüsse verstimmt wird?

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Ihre Anpass-Dämpfung wird geringer, ein Teil der Sendeenergie wird zurück zum Sender reflektiert. Hier kann es sein dass die Sendeendstufe dies erkennt und die Sendeleistung durch eine interne Schutzschaltung reduziert.

Im Fehlerfall kann eine Endstufe auch zum Schwingen neigen wenn der Abschlusswiderstand nicht reell ist.

Durch auftretende Intermodulationsprodukte, durch selbst erzeugte wilde Schwingungen oder auch durch benachbarte Sendesignale können in der Endstufe Mischprodukte entstehen, welche den Empfänger beeinflussen.

Dies kann man durch ein sehr leistungsfähiges aber bei Funkamateuren seltener bekanntes Bauteil verhindern: einen Zirkulator.

Ein **Zirkulator** ist ein passives Bauteil mit drei Anschlüssen, ich bezeichne sie hier als Port 1 bis 3.

Ein an Port 1 eingespeistes Signal wird an Port 2 weitergeleitet, ein an Port 2 eingespeistes Signal wird an Port 3 weitergeleitet und ein an Port 3 eingespeistes Signal wird an Port 1 weitergeleitet. Ein Zirkulator verhält sich also sinngemäß wie ein Kreisverkehr.

Was passiert bei Fehlabschluss eines Ports?

Das Signal wird reflektiert und kommt beim nächsten Port an. Schließe ich jetzt an Port 1 einen Sender an, an Port 2 eine Antenne und an Port 3 einen Abschlusswiderstand, so sieht der Senderausgang immer einen reellen Abschluss, es kommt kein

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Reflektiertes Signal zu Ihm zurück.

Im schlechtesten Fall wird alle Sendeenergie in den Abschluss-Widerstand geleitet. Rückwärts am Port 2 eingespeiste Signale gehen zum Abschluss auf Port 3 und erreichen nie den Senderausgang.

Schließe ich an Port 2 den Sendereingang der Duplexweiche an und an deren Ausgang die Antenne, so sieht der Senderausgang immer einen reellen Abschluss. Ist die Weiche verstimmt oder die Antenne schadhaft wird der Sender keinen Schaden nehmen.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Wichtiger Hinweis zum Abschluss:

Diese kurze Abhandlung ist nur ein kleiner Abriss des Themas.

Sie wird je nach Zeit und Lust und Laune auch weiter vervollständigt, möglicherweise ergibt eine Frage den Anstoß für eine weitere Ausführung.

Diese Abhandlung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit!

Wer sich näher damit befasst, wird nicht um eine gründliche Recherche in der Literatur und im Internet auskommen.

Hier finden sich umfangreiche Abhandlungen über schon gebaute Relaisfunkstellen und dabei gemachte Erfahrungen, Erfolge wie auch Misserfolge werden beschrieben.

Aus Fehlern kann man lernen, aus den eigenen und aus den Fehlern anderer.

Man muss Fehler nicht zweimal machen!

Im Zweifel immer erst fragen, das kann zu einer erfolgreichen Diskussion und einer Lösung der Unklarheit führen.

Relaisstellen sind auch ein Hilfsmittel zur Kommunikation!

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Im Text verwendete Begriff und deren Erläuterung als Beispiel:

Anpass-Dämpfung: Dämpfung des in den Port eingespeisten und dann reflektierten Signales, siehe auch -> Anschlussdämpfung -> Reflexionsfaktor -> VSWR -> Return-Loss

Anschluss-Dämpfung: wird meist gleichbedeutend mit Anpass-Dämpfung verwendet

VSWR: Voltage-Standing-Wave-Ratio, Verhältnis der Vorlaufenden zur zurücklaufenden Spannung, ein Begriff der meistens bei Funkamateuren verwendet wird

VSWR stands for **Voltage Standing Wave Ratio**, and is also referred to as Standing Wave Ratio (SWR). VSWR is a function of the reflection coefficient, which describes the power reflected from the antenna. If the reflection coefficient is given by Γ , then the **VSWR** is defined by the following formula:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

SWR: Standing-Wave-Ratio, Verhältnis der vorlaufenden zur rücklaufenden Welle

Dämpfung: meist in dB angegeben, Wert der die Abschwächung des an einem Bauteil eingespeisten Signales auf dem Weg zum Ausgang angibt. dB ist ein logarithmischer Maßstab.

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Durchlass-Dämpfung: siehe Dämpfung

Bandbreite: Angabe der Durchlassbreite eines Filters/Bauteils im Bezug zu Mittenfrequenz. Angegeben wird die Differenz der Punkte an denen das Signal um 3 dB abgeschwächt ist.

Flankensteilheit: Shape-Faktor, Verhältnis der Bandbreiten bei 3 dB und 60 dB Absenkung gemessenen Bandbreiten. Andere Pegelverhältnisse sind wenn angegeben möglich

Welligkeit: Schwankung des Pegels im Durchlassbereich eines Filters

Sperrdämpfung: Absenkung einer unerwünschten Frequenz neben dem Durchlassbereich

Zirkulator: Bauteil zur Entkopplung von Ports. Ist ein Abschluss-Widerstand schon eingebaut nennt man es auch Isolator, aber nicht verwechseln mit dem Keramikbauteil im Antennenbau.

Dieser Abschnitt erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit!

Relaisfunkstellen planen/bauen/betreiben, eine kurze Abhandlung ohne viel Mathematik und Zahlenwerk aus der Praxis

Einige Linkhinweise als Beispiel

zu Erläuterungen im Internet (Wikipedia, oder nach dem Motto „GOOGLE fragen“ oder „googeln“)

<https://www.hamspirit.de/3446/das-stehwellenverhaeltnis-mythen-und-die-wirklichkeit/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Standing_wave_ratio

<https://www.telegaertner.com/de/service/tools/reflexionsverhalten/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Zirkulator>

<http://www.sengpielaudio.com/dB-Tabelle.htm>

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0304011.htm>

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0303311.htm>

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e10/>

Dieser Abschnitt erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit!