



Produkt: Hand-held Spektrumanalysator R&S FSH

Überprüfung von Mobilfunk- Antennenanlagen mit dem R&S[®] FSH

Application Note

Diese Applikationsschrift beschreibt Verfahrensweisen zur Messung von Antennenanlagen von Mobilfunk-Basisstationen mit dem Hand-held Spektrumanalysator R&S FSH.



Inhalt

1	Überblick	3
2	Aufbau von Antennen	3
3	Messverfahren zur Überprüfung einer Antennenanlage.....	5
4	Messung von Antennenanlagen	6
	Anpassungsmessungen	6
	Anpassungsmessung von Antennenanlagen.....	6
	Anpassungsmessung von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA).....	6
	Messfehler bei Anpassungsmessungen.....	8
	Stoßstellenmessungen	9
	Grundsätzliches zu Fehlerort- und Stoßstellenmessungen.....	9
	Stoßstellenmessung von Antennenanlagen.....	12
	Stoßstellenmessung von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA).....	13
	Messung von Stoßstellen hinter dem TMA (3G).....	13
	Überprüfung der Ausbildung der Wellenfront einer gestockten Antenne	16
	Besonderheiten des R&S FSH.....	17
	Messung der Übertragungsfunktion aktiver Elemente	17
	Messungen an Antennenanlagen unter HF-Einfluss.....	17
	Entkopplungsmessungen	19
	Entkopplungsmessungen von Antennenanlagen.....	19
	Entkopplungsmessungen von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA).....	20
	Messung der Verstärkung des Mastverstärkers (TMA).....	21
	Messung der Verstärkung des Gesamtsystems	21
	Messung des TMA vor dem Einbau in die Antennenanlage	22
5	Zusammenfassung der Messverfahren.....	23
	Antennenanlagen ohne TMA.....	23
	Antennenanlagen mit TMA	23
6	Beispielmessungen.....	24
	Frequenzbereiche.....	24
	Antennenanlagen ohne Mastverstärker.....	25
	Anpassungsmessungen	25
	Stoßstellenmessungen	26
	Entkopplungsmessung	27
	Antennenanlagen mit Mastverstärker.....	28
	Anpassungsmessungen	28
	Stoßstellenmessungen	29
	Entkopplungsmessung	30
	Messung der Verstärkung des TMA.....	31
	Messung der Verstärkung des Gesamtsystems	32
	Messung der Verstärkung eines TMA am Boden	33
7	Ergänzungen.....	34
	Hinweise auf defekte Antennen.....	34
	Unsymmetrie der Richtkeule über die Frequenz:	34
8	Verwendete Abkürzungen	35
9	Bestellinformation	35

1 Überblick

Die Antennenanlage einer Mobilfunk-Basisstation ist die zentrale Komponente der Infrastruktur eines Standortes. Mit ihren Sende- und Empfangseigenschaften ist sie ein Glied in der Kette von Einrichtungen, die die technische Schnittstelle des Mobilfunknetzes zum Kunden bildet. In Hinblick auf die Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit einer Sendeanlage ist die Antennenanlage das schwächste Glied dieser Kette und ist zudem starken Witterungseinflüssen ausgesetzt. Elektrostatische Entladungen sowie Schnee, Regen und starke Temperaturschwankungen innerhalb kürzester Zeit stellen hohe Anforderungen an alle Materialien. Kleinste Undichtigkeiten können Kabel, Filter oder Antennenverstärker innerhalb weniger verregneter Wochen fluten und zerstören. Die Temperaturdifferenzen beanspruchen Materialverbindungen mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten extrem und verursachen Fehler, die zumindest in ihrer Entstehungsphase in den meisten Fällen nicht zu einer automatischen Generierung eines Fehleralarms führen und so vom Netzbetreiber lange unbemerkt bleiben.

Im Gegensatz zur eingesetzten Systemtechnik, der Parametrisierung und der Leitungsanbindung, die für die Qualität und Verfügbarkeit eines Mobilfunk-Standortes auch von zentraler Bedeutung sind, kann die Antennenanlage und ihr Standort nur mit hohem Aufwand verändert werden. Zum Beispiel können eine defekte GSM-Basisstation oder ein defekter UMTS-NodeB zur Not vollständig ausgetauscht werden. Aus diesen Gründen sollten Antennenanlagen besonders effizient und genau überwacht werden.

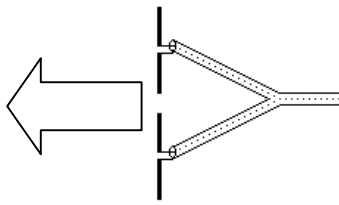
Die früher übliche, reine Anpassungsmessung einer Antennenanlage hat mit der Erfindung und dem Einsatz von kreuzpolarisierten Antennen an Aussagekraft verloren. Zur messtechnischen Bewertung von kreuzpolarisierten Antennen reicht diese Messung allein nicht mehr aus, sondern muss mit weiteren Messungen wie Entkopplungs- oder Stoßstellenmessung kombiniert werden. Liegt zum Beispiel der Fehler in der Antenne selbst, zeigt die Antenne bei einer Anpassungsmessung trotz erheblicher Defekte oftmals keine besondere Auffälligkeit. Nur eine zusätzliche und aussagekräftige Messung der Entkopplung der beiden Antennensysteme zeigt mögliche Defekte.

Diese Applikationsschrift geht nun zunächst auf grundsätzliche Eigenschaften von Antennen ein. Danach behandelt sie Einzelheiten zu den Messungen an Antennenanlagen und deren Interpretation.

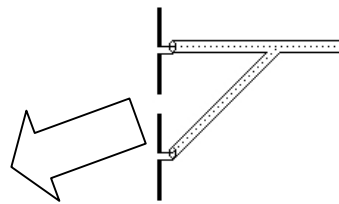
2 Aufbau von Antennen

Eine Antenne dient dazu, die elektromagnetische Energie vom Wellenwiderstand des freien Raums (377Ω) an den Wellenwiderstand eines Antennenkabels (z. B. Koaxialkabel mit 50Ω Impedanz) anzupassen. Der Aufbau vieler Mobilfunkantennen basiert auf der Entdeckung von Marconi: ein in Resonanz befindlicher Strahler mit $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge der auszusendenden bzw. empfangenden Frequenz über Grund eignet sich als Antennenelement. Daher enthalten viele Mobilfunkantennen als Grundelement einen Dipol mit zwei gegenüberliegenden Strahlern. Die Strahler des Dipols sind für Mobilfunkanwendungen mit entsprechend hohem Durchmesser ausgebildet, um die Bandbreite des typischerweise schmalbandigen Dipol zu erhöhen. Da die einzelnen Dipole auf ihrer Resonanzfrequenz betrieben werden, bilden sich an den Enden der Dipolelemente Spannungsmaxima, die gegen den Einspeisepunkt mehrere tausend Volt erreichen können. Das Auftreten von Entladungen bzw.

Ionisation der Luft an den Dipolspitzen innerhalb des Antennenfeldes ist strikt zu vermeiden. Sie können Störungen im Empfangszweig der Mobilfunkrichtung verursachen und den Empfangszweig erheblich beeinträchtigen.

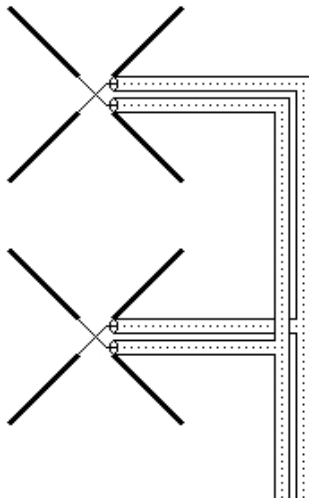


Bei einer Frequenz von 430 MHz wurden derartige Entladungen in unsauber montierten Verbindungssteckern und gealterten Filterbaugruppen entdeckt. Kapazitäten, die durch schlecht montierte elektrische Verbindungen gebildet werden, führen bei den zu transportierenden Sendeleistungen zu Ionisationsentladungen innerhalb der Steckverbindungen.



unabgeseckte und abgeseckte Dipolanordnung

Eine Antenne besteht im Allgemeinen aus mehreren, 'gestockten' Antennenelementen (Dipolen). Diese sind über abgestimmte Koaxialleitungen miteinander verbunden. Der Abstand der Dipolfelder untereinander ist so festgelegt, dass sich im Fernfeld der Antenne ein homogenes elektromagnetisches Feld ausbildet, das die gewünschten Eigenschaften bezüglich Gewinn, Absenkung und Öffnungswinkel aufweist. Eine solche Antenne kann 'elektrisch' abgesenkt werden, wenn die oberen Dipole 'etwas eher senden' als die unteren Dipole. 'Etwas eher senden' bedeutet, dass die oberen Dipole in einer etwas früheren Phasenlage senden müssen als die unteren.



kreuzpolarisierte Antenne

Eine kreuzpolarisierte Antenne beinhaltet zwei getrennte Antennensysteme, die gegeneinander um 90° versetzt sind. Es befinden sich also zwei getrennte Antennensysteme in einem Gehäuse, die zwei räumlich getrennte Antennen ersetzen. Der Empfangs-Duplexgewinn wird durch die Polarisierungsebenen gewährleistet und ist nahezu ebenso groß wie bei der räumlichen Trennung der Empfangsantennen. Je nach Beschaltung finden sich im Downlink (DL) verschiedene Kanäle bzw. Radio-Terminals (RT) auf den beiden verschiedenen Polarisierungsebenen, deren Einfluss im Funkfeld bemerkbar, aber im Allgemeinen unerheblich ist.

Die kreuzpolarisierte Antenne vereinigt die Notwendigkeit der vertikalen Polarisierung für Mobilfunknetze mit den besseren Ausbreitungsbedingungen einer horizontal polarisierten Welle in idealer Weise.

3 Messverfahren zur Überprüfung einer Antennenanlage

Folgende Messverfahren können an einer Antennenanlage durchgeführt werden:

- Messung der Rückflussdämpfung (Return Loss): Diese Anpassungsmessung eines Antennensystems gibt Auskunft über die grundsätzliche Beschaffenheit der Anlage. Wenn bereits bei dieser Messung Auffälligkeiten erkannt werden, kann mit sehr hoher Sicherheit von kundenrelevanten Fehlern in der Antennenanlage ausgegangen werden.
- Stoßstellenmessung: Die Messung von Stoßstellen in der Antennenanlage zeigt abnorme Wellenwiderstandsänderungen und deren Position im Verbindungs- und Speisekabel sowie in den Kabelverbindungen (Stecker, Muffen). Es können Aussagen über den Einfluss solcher Stoßstellen für den Betriebsfrequenzbereich der Antennenanlage und über die Abstrahlungseigenschaften der Antenne selbst getroffen werden.
- Entkopplungsmessung: Die Entkopplungsmessung gibt Auskunft über die elektrische Entkopplung zweier Antennensysteme in deren Funkfeld. Eine solche Messung ist bei kreuzpolarisierten Antennen notwendig und sinnvoll.

Um alle möglichen Fehlerquellen zu erkennen und die spezifischen Daten einer Antennenanlage aufzunehmen, können die oben aufgeführten Messungen in folgender Weise an einer Antennenanlage durchgeführt werden:

- Messung der Rückflussdämpfung (Return Loss, RL) und der Stoßstellen (Time Domain Reflection, TDR oder Frequency Domain Reflection, FDR) mit angeschlossener Antenne (= Messung des kompletten Systems). Die TDR-Messung zeigt Stoßstellen im Kabel und, wenn diese im Betriebsfrequenzbereich der Antenne durchgeführt wird, auch die Ausbildung des Funkfeldes der Antenne.
- Messung der Rückflussdämpfung (RL) und der Stoßstellen (TDR, FDR) mit Leerlauf anstelle einer Antenne am Kabelende. Die Rückflussdämpfung lässt auf Kabeldämpfung schließen und die Stoßstellenmessung zeigt Stoßstellen am Ende des Kabels.
- Messung der Rückflussdämpfung (RL) und der Stoßstellen (TDR, FDR) mit Abschluss am Kabelende. Diese Messung zeigt Stoßstellen nah an der Antenne.
- Messung der Entkopplung beider Antennensysteme bei kreuzpolarisierten Antennen. Sie zeigt die elektrischen Eigenschaften dieser Antennen besser als eine reine Messung der Rückflussdämpfung.

Die Messungen des Speisekabels mit abgeklemmter Antenne sind zwar wünschenswert, aber in der Realität selten durchführbar, da nach der Hochbauübergabe das Lösen der Verbindungen im Außenbereich je nach Vertragslage mit dem Auftragnehmer zu einem Verlust der Gewährleistung führen kann. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, zumindest die Messung der Kabeldämpfung (Leerlauf am Speisekabelende) von der Aufbaufirma durchführen zu lassen.

Eine Zusammenstellung der Messungen mit Beispielmessungen für Abnahmen oder Überprüfungsmessungen finden Sie in Abschnitt 5.

4 Messung von Antennenanlagen

Anpassungsmessungen

Anpassungsmessung von Antennenanlagen

Die Messung der Anpassung bzw. der Rückflussdämpfung ist die klassische Methode zur Bewertung einer Antennenanlage. Der Wert der Rückflussdämpfung lässt auf den Wirkungsgrad schließen, mit dem die Antenne die ihr zugeführte Energie abstrahlt. Je geringer die Rückflussdämpfung, umso mehr kostbare HF-Energie wird von der Antenne reflektiert und der Sendeendstufe wieder zugeführt. Eine zu hohe Reflexion von HF-Energie hat folgende Auswirkungen:

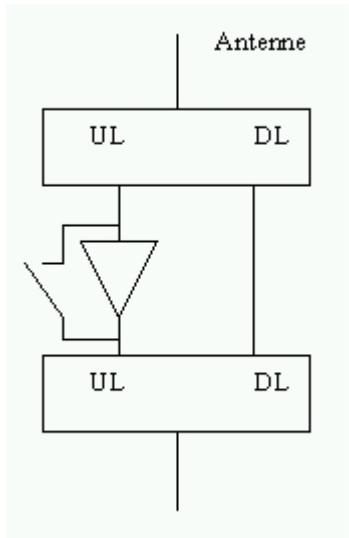
- Die reflektierte Energie wird von der Antenne nicht abgestrahlt und steht damit für die Funkübertragung nicht zur Verfügung.
- Die reflektierte Energie wird der Sendeendstufe wieder zugeführt. Diese Energie führt zu einer zusätzlichen Erwärmung der Sendeendstufe und kann im Extremfall sogar zur Zerstörung des Senders führen.
- Die reflektierte Energie kann zu Intermodulationen in der Sendeendstufe führen.
- Im Falle einer Fehlanpassung führt die rückfließende Energie im Zusammenspiel mit der Vorlaufleistung zu stehenden Wellen in der Antennenanlage. Die Strom- bzw. Spannungsbüchse, die durch die stehende Welle erzeugt werden, können zum Beispiel in Filterbaugruppen zu Beeinträchtigungen oder zu Zerstörungen führen.

Je besser die Anpassung einer Antennenanlage ist, desto höher ist die abgestrahlte Energie in das Funkfeld. Bei den modernen, hochkomplexen Antennensystemen (gestockte, mehrband-kreuzpolarisierte Antennen mit Absenkvorrichtungen) ist aber nicht nur die Anpassung relevant. Die Energie soll den technischen Spezifikationen entsprechend gerichtet die Antenne verlassen oder im Empfangsbetrieb von der Antenne aufgenommen werden. Zur Bewertung dieser Eigenschaften sind weitere Messungen (Entkopplung) erforderlich.

Anpassungsmessung von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA)

Die Anpassungsmessung einer Antennenanlage wird mit und ohne Mastverstärker (TMA = Tower Mounted Amplifier) weitgehend gleich durchgeführt. Hat die Antennenanlage einen TMA, ist zu beachten, dass der TMA bei der Messung stromlos bleiben muss, damit ein im TMA vorhandener Bypass aktiv ist. Der Bypass ermöglicht zumindest die wichtigsten Messungen an Antennenanlagen mit TMA. Er überbrückt den Empfangsverstärker im stromlosen Zustand des TMA, so dass der Empfangspfad (UL = Up Link) beim Ausfall der Speisespannung nicht vollständig unterbrochen wird.

Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH



TMA-Blockschaltbild

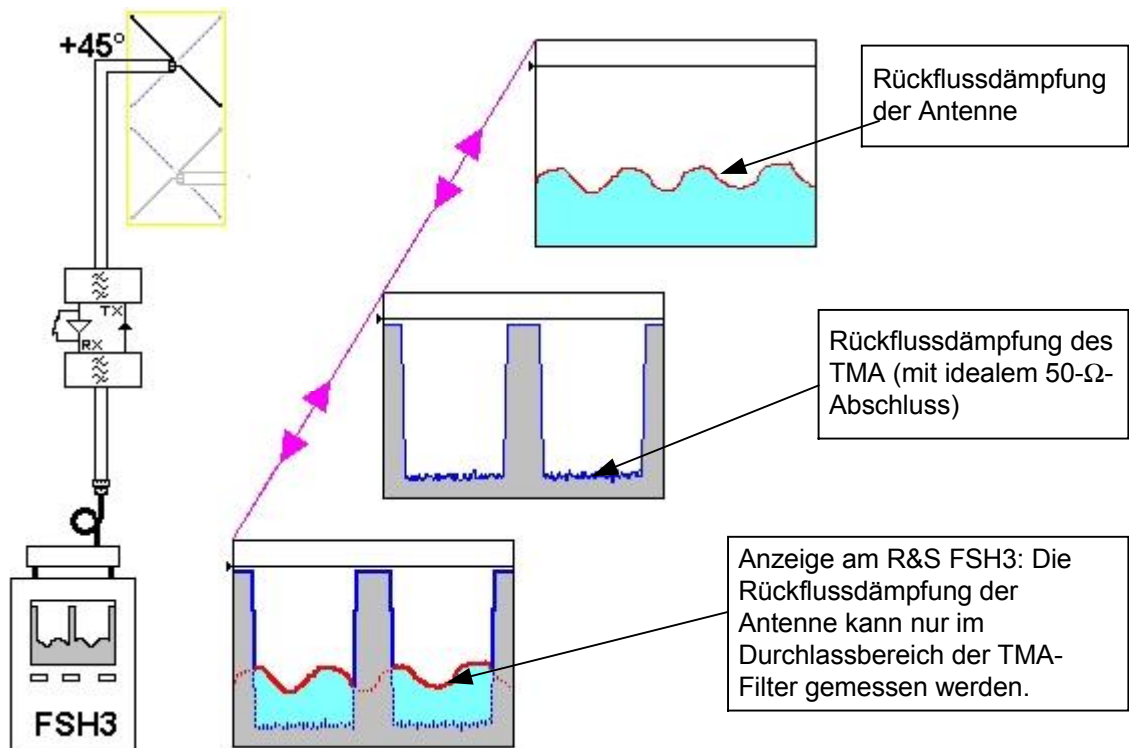
Bei der Interpretation der Messergebnisse muss jedoch beachtet werden, dass die Anpassung der eigentlichen Antenne nur in den Durchlassbereichen der TMA-Filter sichtbar ist. Diese Filter sind auch im Bypassbetrieb des TMA im Signalweg eingeschleift.

Bei einem TMA ohne Bypass können Antennen- und TMA-Messungen nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden:

Bei Anpassungs-, Entkopplungs- und Stoßstellenmessungen sind Messungen nur im Sendefrequenzbereich (DL = Down Link) möglich.

Die Verstärkungsmessung des TMA ist nur mit unzureichender Genauigkeit möglich, da bei unbekanntem Verlauf der Entkopplung die Entkopplungswerte im Empfangszweig über die Frequenz der Antenne mit den (verstärkten) Werten des Sendezweigs verglichen werden müssen.

In der folgenden Schichtendarstellung ist erläutert, welchen Einfluss die Sende- und Empfangsfilter des TMA auf eine Anpassungsmessung haben:



Messfehler bei Anpassungsmessungen

Die Anpassungsmessung ermittelt die Rückflusdämpfung für die gesamte Antennenanlage, einschließlich HF-Speiseleitung und Jumper. Da die Rückflusdämpfung der Antenne in den seltensten Fällen direkt ermittelt werden kann, wird sie am Fußpunkt der Antennenanlage gemessen.

Mit zunehmender Leitungsdämpfung wird der Wert für das Verhältnis zwischen der Antenne zugeführten und von ihr reflektierten Leistung verfälscht, da die hin- und rücklaufende Leistung jeweils die Kabeldämpfung überwinden muss. Es ergibt sich bei höherer Leitungsdämpfung eine scheinbar höhere Rückflusdämpfung, die aber nicht in einem linearen Zusammenhang zu der Leitungsdämpfung steht.

Andererseits werden gerade bei niedrigen Kabeldämpfungswerten bei zunehmender Fehlanpassung der Antenne bessere Anpassungswerte am Antennenfußpunkt gemessen. Dieser Effekt lässt sich durch stehende Wellen erklären, die sich bei zunehmender Fehlanpassung der Antenne im Speisekabel ausbilden und die gleichmäßige Strom- Spannungsverteilung im Kabel durch die Bildung von Strom- und Spannungsbäuchen stören.

Der Zusammenhang der verschiedenen Mess- und Grenzwerte wird nach der Leitungstheorie durch folgende Formel beschrieben:

$$a_r = 20 \cdot \lg\left(10^{\frac{a_{rK}}{20}} + 10^{2 \cdot a_K + \frac{a_{rA}}{20}}\right)$$

Rückflusdämpfung am Fußpunkt der Antennenanlage: a_r

Rückflusdämpfung des Kabels mit 50 W- Abschluss: a_{rK}

Kabeldämpfung: a_K

Rückflusdämpfung der Antenne: a_{rA}

Abhängig von der Kabeldämpfung, der Rückflusdämpfung des Antennenkabels und der Rückflusdämpfung der Antenne ergeben sich Grenzwerte. Diese sind in der folgenden Tabelle in Abhängigkeit der verschiedenen Kabeldämpfungen wiedergegeben.

Weitere Einflüsse, die vor allem an HF-Stoßstellen aufgrund mehrfacher Kabelbiegungen zu festen Schellen oder Steckverbindungen mit Fehlanpassung entstehen, sind nicht berücksichtigt. Die Beurteilung muss an Hand der Stoßstellen-Messung und optischer Kontrolle vor Ort erfolgen.

Beispiel: Eine Antennenanpassung von $a_A = 14 \text{ dB}$ (VSWR=1,5) kann - über eine Speisekabeldämpfung von $0,3 \text{ dB}$ gemessen - einen Antennenanpassungswert von 12,5 dB bei der Messung anzeigen. (Die Rückflusdämpfung des Kabels sei 26 dB.)

Speisekabel- dämpfung [dB]	$a_{\zeta} = 17,7 \text{ dB}$ (VSWR = 1,3)			$a_{\zeta} = 15,6 \text{ dB}$ (VSWR = 1,4)			$a_{\zeta} = 14,0 \text{ dB}$ (VSWR = 1,5)		
	Kabelrückflussdämpfung [dB]:								
	27	26	25	27	26	25	27	26	25
0,3	15,6	15,3	15,0	14,0	13,8	13,5	12,7	12,5	12,3
0,5	15,9	15,6	15,3	14,3	14,1	13,8	13,1	12,8	12,6
0,7	16,2	15,9	15,5	14,6	14,4	14,1	13,4	13,2	12,9
1,0	16,6	16,3	15,9	15,1	14,8	14,5	13,8	13,6	13,4
1,5	17,3	16,9	16,6	15,8	15,5	15,2	14,6	14,4	14,1
2,0	17,9	17,6	17,2	16,5	16,2	15,9	15,4	15,1	14,8
2,5	18,6	18,2	17,8	17,2	16,9	16,5	16,1	15,8	15,5
3,0	19,2	18,8	18,3	17,9	17,5	17,1	16,8	16,5	16,1
3,5	19,8	19,3	18,8	18,5	18,1	17,7	17,5	17,1	16,8
4,0	20,3	19,8	19,3	19,1	18,7	18,3	18,1	17,8	17,4

Tabelle der Rückflussdämpfung eines Antennensystems in Abhängigkeit von der Kabeldämpfung

Stoßstellenmessungen

Grundsätzliches zu Fehlerort- und Stoßstellenmessungen

Die klassische Messung von Leitungsdiskontinuitäten (Stoßstellen) erfolgt z. B. mittels eines Impulsreflektometers. Bei dieser Messmethode wird ein zeitlich sehr kurzer Impuls auf die zu messende Leitung gesendet. Die Stoßstellen im Kabel reflektieren einen Teil der Impulsleistung. Sie werden vom Reflektometer zeitabhängig dargestellt, wobei weiter entfernte Stoßstellen eine höhere Laufzeit haben als nahe Fehlerstellen.

Die Entwicklung von vektorieLL messenden, preiswerten Netzwerkanalysatoren und die Verfeinerung der mathematischen Modelle hat die Impulsreflektometer zur Messung in koaxialen HF-Systemen weitestgehend vom Markt verdrängt.

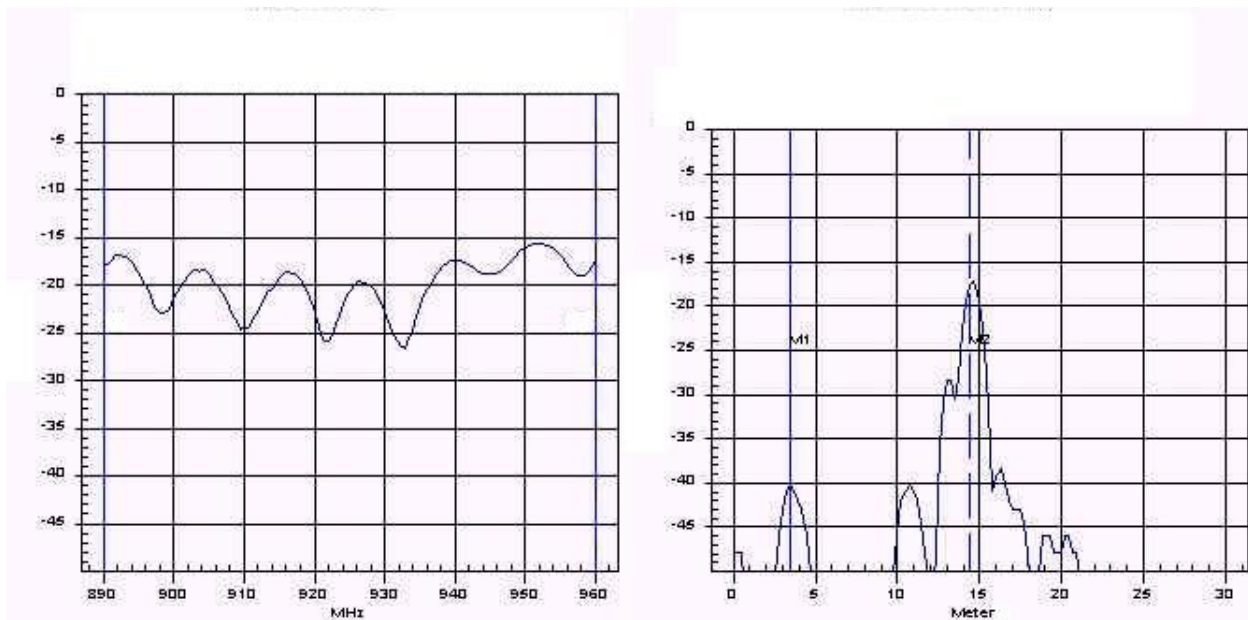
Bei modernen Geräten, wie z. B. dem R&S FSH, basiert eine Stoßstellenmessung auf dem Resultat einer Anpassungsmessung im Frequenzbereich (Frequenzbereichsreflektometer, FDR). Mittels einer mathematischen Umformung vom Frequenzbereich in den Zeitbereich über eine Fourier-, Chirp-Z oder andere mathematische Transformation wird die Laufzeit zu einer Fehlerstelle und deren Amplitude auf das Quellensignal bezogen errechnet.

Um die Entfernung zur Fehlerstelle darzustellen, wird die Laufzeit der Welle durch das Kabel mittels dessen Verkürzungsfaktors und der Lichtgeschwindigkeit auf eine absolute Entfernung umgerechnet. Die Korrektur der Amplitude wird durch die Verrechnung mit der Kabeldämpfung (bei der entsprechenden Messfrequenz der Anpassungsmessung) des zu vermessenden Kabels durchgeführt.

Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH

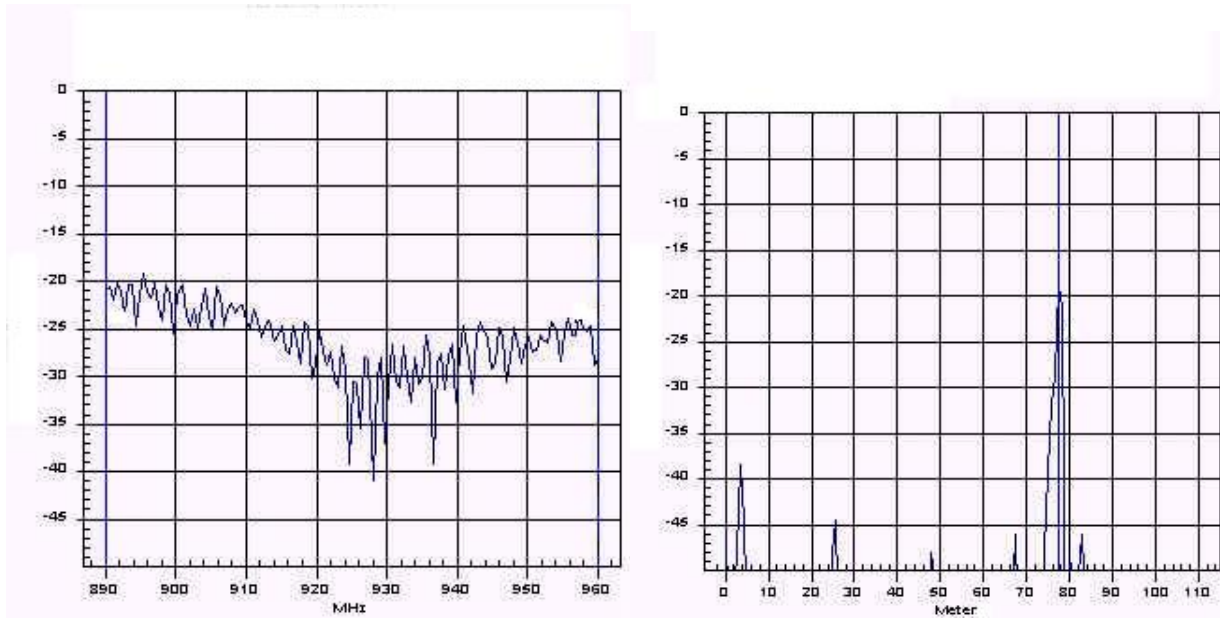
Eine Anpassungsmessung über einen möglichst weiten Frequenzbereich ergibt bei der Umrechnung in den Zeitbereich eine hohe Auflösung (z. B. 1 Darstellungspunkt pro cm). Die mathematischen Modelle erlauben es jedoch nicht, eine beliebig große Laufzeit und damit Distanz zu vermessen. Es muss also ein Kompromiss zwischen Darstellungsauflösung und Entfernung gefunden werden. Dazu muss vor der Messung die Kabellänge in ihrer Größenordnung bekannt sein und dem Messgerät mitgeteilt werden. Dieses ermittelt daraufhin den passenden Frequenzbereich (Span) für die Anpassungsmessung, wobei bei der Messung der Betriebsfrequenzbereich des zu vermessenden Objektes als Mittenfrequenz gewählt werden sollte.

Anhand der folgenden Bilder wird gezeigt, wie bereits die Betrachtung der Diagramme von Anpassungsmessungen Aufschluss über eine möglicherweise bestehende Stoßstelle geben kann. Aufgrund der Form der Messkurve der Rückflussdämpfung über der Frequenz kann mit einiger Erfahrung bereits auf eine relevante Stoßstelle und deren Entfernung geschlossen werden.



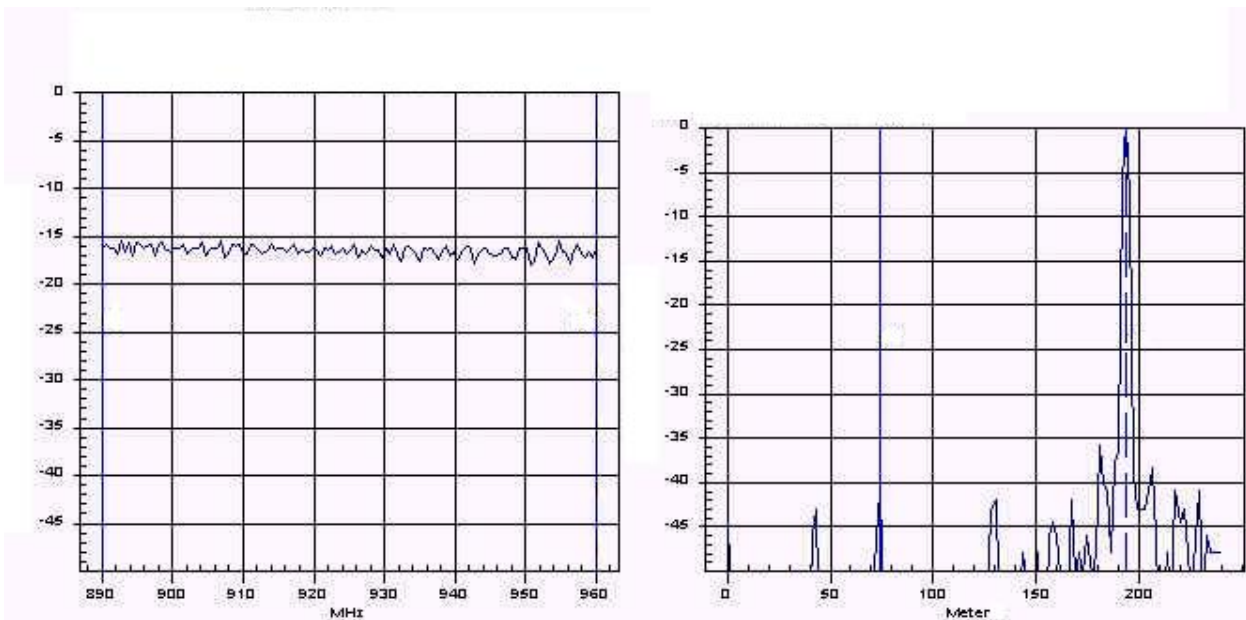
Reflexions- und Kabelfehlstellen-Messung eines 'kurzen' Antennenspeisekabels mit angeschlossener Antenne

Auffällig ist die 'grobe Welligkeit', die auf ein kurzes Kabel (hier 15 m) oder eine 'nahe' Stoßstelle in 15 m Entfernung hindeutet.



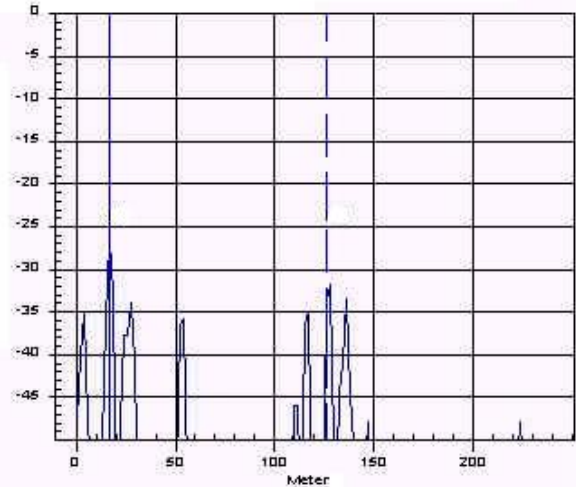
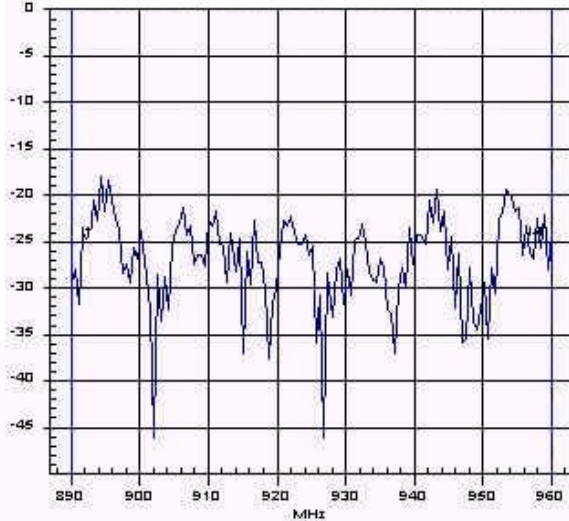
Reflexions- und Kabelfehlstellen-Messung eines 'langen' Antennenspeisekabels mit angeschlossener Antenne

Auffällig ist hier die 'feine' Welligkeit über denselben Frequenzbereich wie im vorigen Beispiel. Dies deutet auf ein längeres Antennenspeisekabel oder auf eine weiter entfernte Stoßstelle hin (hier 80 m Entfernung).



Reflexions- und Kabelfehlstellen-Messung einer defekten (oder fehlenden) Antenne (Leerlauf am Ende)

Auffällig ist die sehr gerade Anpassungskurve über die Frequenz, die keine ausgeprägten Maxima und Minima aufweist.



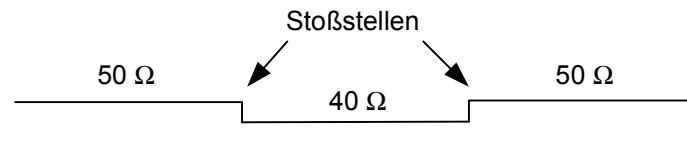
Reflexions- und Kabelfehlstellen-Messung eines langen Kabels mit mehreren Stoßstellen

Auffällig ist die Überlagerung von feiner und grober Welligkeit bei der Darstellung der Rückflussdämpfung.

Stoßstellenmessung von Antennenanlagen

Jede Wellenwiderstandsänderung in der Antennenanlage führt zu einer Reflexion von vorlaufender HF-Energie und bildet eine Stoßstelle. Jede Steck- oder Schraubverbindung, jeder Kabelknick o. Ä. kann zu einer mehr oder weniger relevanten Stoßstelle führen. Eine Quetschung des Kabels führt zu genau zwei Stoßstellen: jeweils eine an den Orten der Änderung des Wellenwiderstandes:

Beispiel: zwei Stoßstellen bei Quetschung eines Koaxialkabels



Je nach Wellenlänge machen sich nun diese beiden Stoßstellen in unterschiedlicher Weise bemerkbar. Ist die Betriebsfrequenz der betroffenen Antennenanlage relativ hoch, so machen sich die beiden Stoßstellen als zwei getrennte Stellen bemerkbar. Liegt die reflektierte Leistung jeder Stoßstelle unterhalb des Grenzwertes, so liegt kein Mangel der Anlage vor.

Ist die Betriebsfrequenz relativ niedrig, also die Wellenlänge des HF-Signals im Vergleich zum Abstand der beiden Stoßstellen groß, so verschmelzen die beiden Stoßstellen zu einer Stoßstelle. In diesem Fall tritt die Stoßstelle als konzentrierte Fehlerstelle auf und die reflektierte Leistung als Summe ‚beider‘ Fehlerstellen kann den Grenzwert übersteigen und als Mangel der Antennenanlage auftreten. Aus diesem Grund ist neben einer hohen Ortsauflösung des Messgerätes die Messung der Antennenanlage in deren Betriebsfrequenzbereich wichtig.

Bei Messung mit dem R&S FSH ist zur Lokalisierung und Bewertung der gemessenen Stoßstellen bezüglich Ort und Intensität die Eingabe der Kabeldämpfung und der Verkürzungsfaktor (bzw. Wellen-Ausbreitungsgeschwindigkeit in dem Kabel in m/s) des Kabels nötig. Frequenzabhängige Kabelmodelle können mit der Software R&S FSH View erzeugt werden und im Kabelmodellspeicher des R&S FSH gespeichert werden. Die Kabelparameter für eine bestimmte Frequenz können direkt eingegeben werden.

Die Kabeldämpfung wird zur Korrektur der Rückflusdämpfung der Stoßstelle benutzt, da diese mit steigender Kabeldämpfung, also mit steigender Entfernung, an Einfluss gewinnt. Der Verkürzungsfaktor des Kabels wird zur Errechnung der tatsächlichen Entfernung der Fehlerstellen verwendet.

Beim Aufruf von gespeicherten Kabelmodellen wird der Wert der Kabeldämpfung auf den Mess-Frequenzbereich errechnet. Bei der manuellen Eingabe von Kabelparametern ist zu beachten, dass der eingegebene Wert der Kabeldämpfung der Mittenfrequenz bei der DTF-Messung entspricht.

Stoßstellenmessung von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA)

Die Stoßstellenmessung ist weitestgehend identisch mit einer Messung bei Anlagen ohne Mastverstärker (TMA). Es ist jedoch zu beachten, dass der TMA aufgrund der eingebauten Sende- und Empfangsfilter in einem weiten Frequenzbereich eine Stoßstelle bildet. Außerhalb ihrer Durchlassbereiche zeigen diese Filter bei der Anpassungsmessung Totalreflexion und wirken in der Transmissionsdämpfungsmessung als Sperrern. Ein TMA wird sich daher bei der Stoßstellenmessung als starke Stoßstelle zeigen.

Die weitere Vorgehensweise und die Bewertung von Messungen an 3G-TMA-Antennenanlagen sind im nächsten Abschnitt näher erläutert.

Messung von Stoßstellen hinter dem TMA (3G)

Eine Stoßstellenmessung im Frequenzbereich der Filterdurchlasskurven - also durch den TMA hindurch - ist zur Erkennung von Fehlstellen zwischen TMA und Antenne mit Einschränkungen möglich. Die Filter des TMA haben nur eine begrenzte Bandbreite, durch die die Antenne zu sehen ist, und verursachen zusätzliche Phasen- bzw. Gruppenlaufzeiten des Messsignals, so dass eine Stoßstellenbewertung aufgrund der gemessenen Laufzeit bzw. Entfernung nicht mehr mit hoher Genauigkeit möglich ist.

Um dennoch eine Aussage über einen TMA mit angeschalteter, fehlerfreier Antenne machen zu können, helfen die im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen und Indizien sowie individuelle Messerfahrungen an Anlagen vor Ort.

DTF-Messung über einen großen Frequenzbereich (3G)

Bei der Stoßstellenmessung einer Antennenanlage wird die grundlegende DTF-Messung mit hoher Detailauflösung, sprich einem großen Frequenzspan, durchgeführt, um Fehler im Speisekabel bis zum TMA gut zu erkennen.

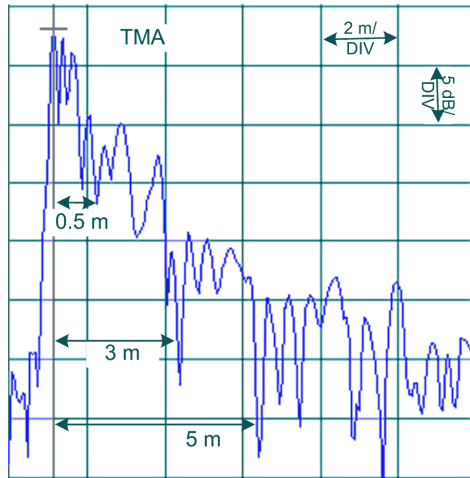
Im folgenden Beispiel wurde ein 3G-Mastverstärker vermessen. Folgende Einstellungen wurden gewählt:

Mittenfrequenz: 2045 MHz
Frequenzdarstellungsbereich: 1,256 GHz (60 m Kabel LDF6-50)

Aufbau: Speisekabel (40 m LDF6-50) – TMA - Jumperkabel (2 m) - X-Pol-Antenne.

Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH

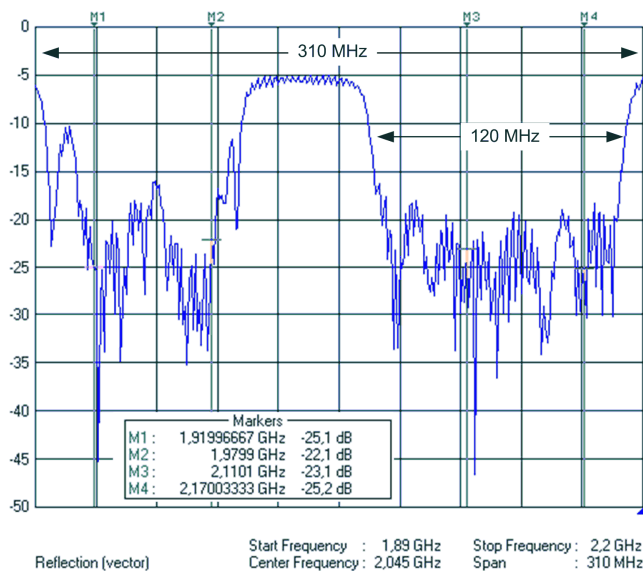
Der eingestellte Frequenzbereich ist für die Durchlassbereiche der TMA-Filter zu groß, um die Strecke zwischen TMA und Antenne bewerten zu können. Dennoch können bereits folgende Bewertungen über die Funktionsfähigkeit der Anlage durchgeführt werden:



1. Bei der Anpassungsmessung kann die Antennenanpassung im Bereich der TMA-Filter-Durchlasskurven gut gemessen werden.
2. Bis zum TMA treten keine relevanten Stoßstellen auf.
3. Die Entkopplungsmessung (bei kreuzpolarisierten Antennen) zeigt keine Auffälligkeit.
4. Bei Jumperkabeln zwischen TMA und Antenne von ca. 2 m finden sich ca. 0,5 m und 3 m nach dem TMA Einzüge in der DTF-Messung und die auslaufende Kurve hinter dem TMA ist ca. 5 m lang (siehe nebenstehendes Bild). Zur Darstellung ist die Zoom-Funktion des R&S FSH hilfreich.

Beim Einsatz anderer TMA oder anderer Jumperkabeln zwischen TMA und Antenne werden die angegebenen Entfernungen variieren.

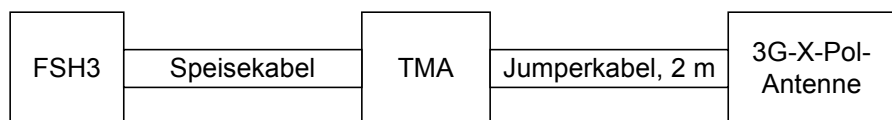
DTF-Messung im Sende- und Empfangsfrequenzbereich (3G)



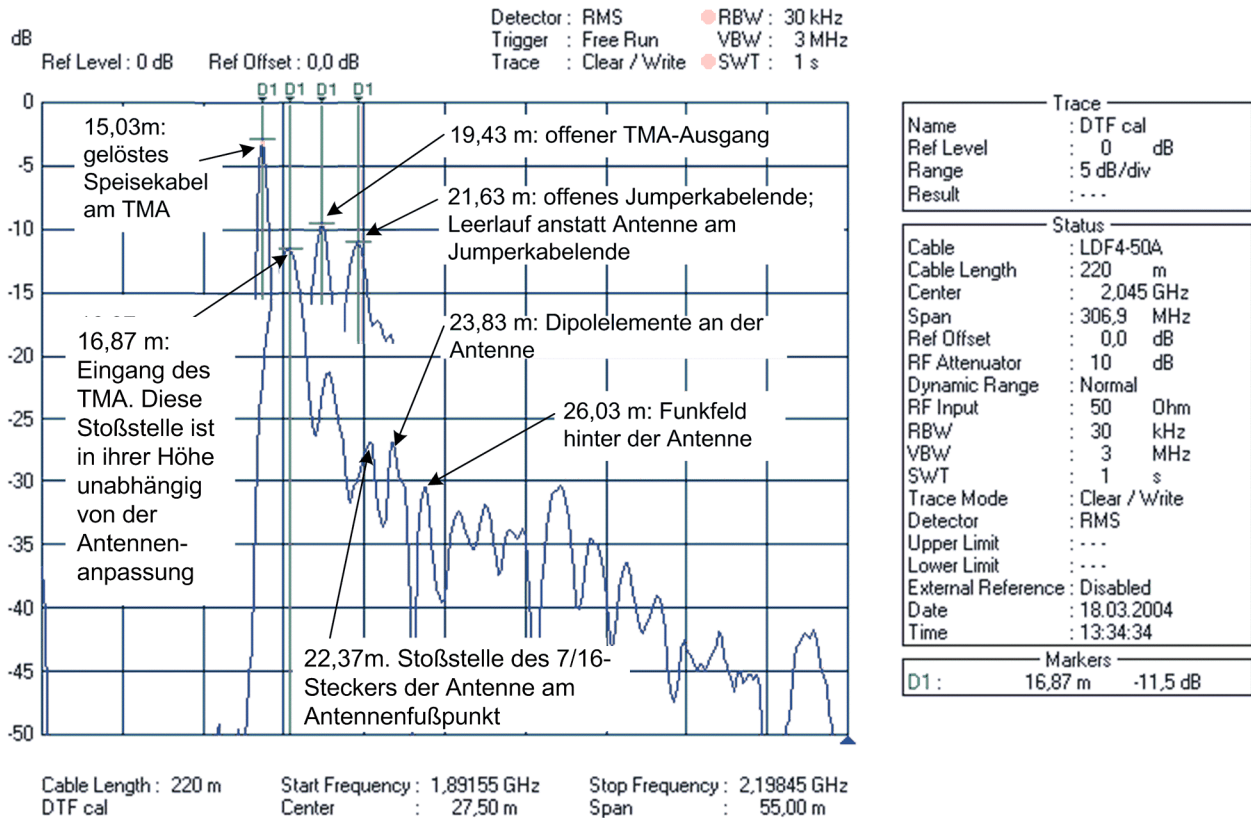
Um eine Aussage über den Bereich zwischen TMA und Antenne machen zu können, ist es möglich, den Frequenzbereich für die DTF-Messung auf den 3G-Frequenzbereich zu reduzieren.

Bei der Verwendung des UL und DL-Bereiches ergibt sich ein möglicher maximaler Span von ca. 310 MHz (entsprechend ca. 220 m LDF4-50). Der Sperrbereich des TMA zwischen UL und DL macht sich als Stoßstelle bemerkbar.

Dieses Ergebnis wurde mit einer DTF-Messung mit einer Mittenfrequenz von 2045 MHz und einem Span von 310 MHz (220m LDF4-50) in folgender Umgebung erzielt:



Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH



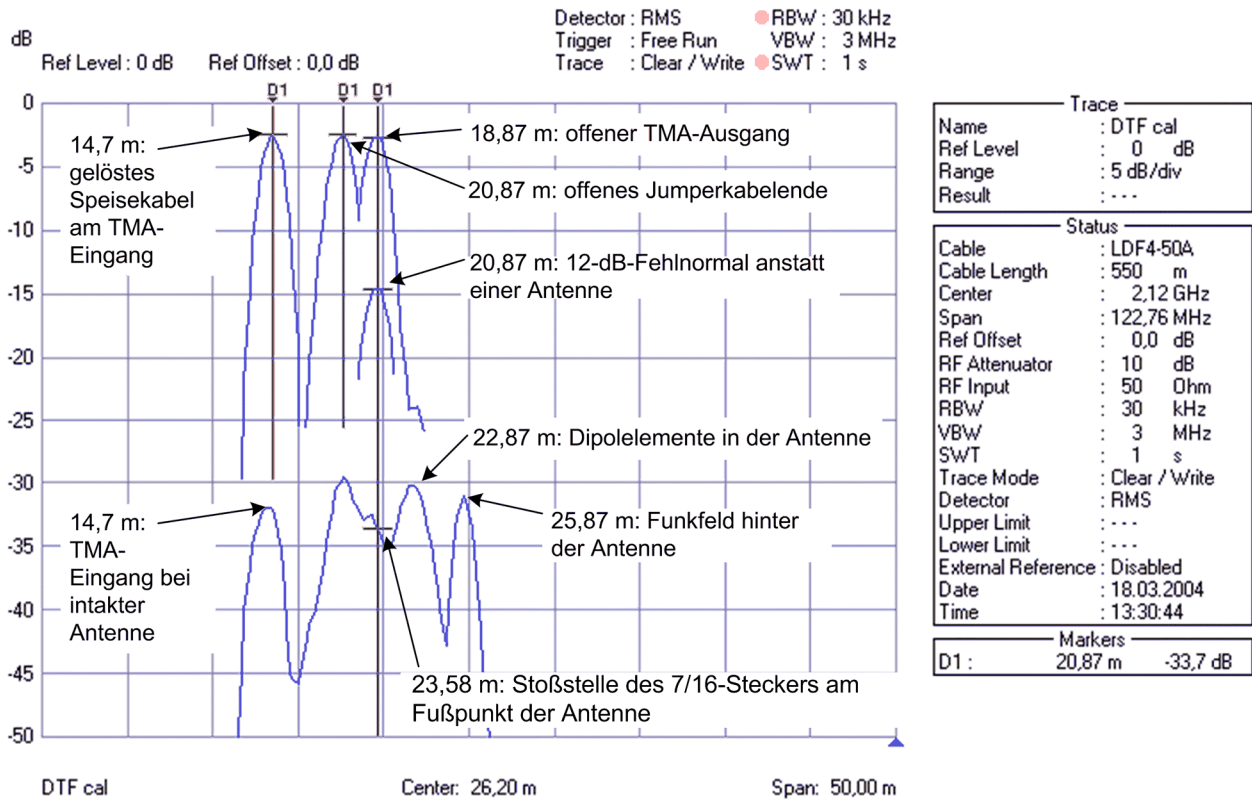
Das Bild zeigt verschiedene Messungen an derselben Anlage. Auffällig ist, dass die Stoßstelle am TMA-Eingang in ihrer Größe unabhängig von dem Reflexionsfaktor am TMA-Ausgang ist. Die Länge des Speisekabels wird mit ca. 2 m richtig gemessen. Zu erkennen sind der Stecker am Antennenfuß, die Antennendipole sowie ansatzweise das Funkfeld der Antenne. Da der TMA im eingesetzten Frequenzbereich eine Stoßstelle (zwischen Send- und Empfangsfrequenzbereich) aufweist, weisen die Komponenten hinter dem TMA (in diesem Beispiel) eine um mindestens 7 dB zu gute Anpassung auf und können damit in ihren Reflexionseigenschaften nicht exakt bewertet werden.

DTF-Messung nur im Sendefrequenzbereich (3G)

Um den Einfluss des TMA weiter zu reduzieren und den Fehlanpassungsbereich zwischen Send- und Empfangsfrequenzbereich zu vermeiden, bietet es sich an, nur im Sendefrequenzbereich (DL) zu messen. Neben der breiteren Durchlasskurve weist der Sendebereich im Vergleich zum Empfangsfrequenzbereich auch eine geringere Einfügedämpfung auf.

Im folgenden Beispiel wurde die oben angegebene Messanordnung mit einer Mittenfrequenz von 2120 MHz und einem Frequenzbereich von ca. 123 MHz (550 m Kabel) vermessen:

Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH



Diese Darstellung wurde aus mehreren Messungen desselben Messaufbaus zusammengestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Einfluss des TMA gering genug geworden ist, um eine Messung der Stoßstellen hinter dem TMA (mit eingeschränkter Auflösung der Entfernung) zu ermöglichen.

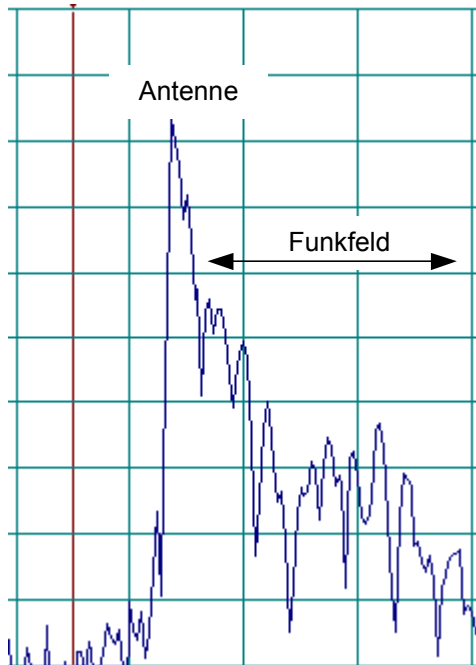
Der TMA-Eingang stellt keine relevante Fehlerstelle mehr dar, die Länge des Jumperkabels wird mit 2 m korrekt gemessen und Stoßstellen hinter dem TMA werden mit ihrem tatsächlichen Anpassungswert dargestellt. Sogar der 7/16-Stecker der Antenne, deren Dipole und die Ausbildung des Funkfeldes kann bewertet werden.

Diese Messung ist nur mit der im R&S FSH verfügbaren Zoomfunktion und einer Messauflösung von 1023 Messpunkten möglich, womit die oben genannten Details sichtbar werden. Ohne diese Funktion sind solche Messungen nicht durchführbar.

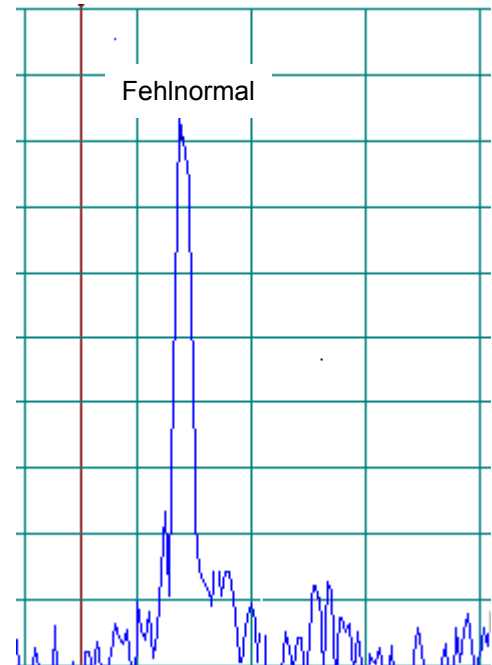
Überprüfung der Ausbildung der Wellenfront einer gestockten Antenne

Wenn die DTF-Messung im Betriebsbereich der Antenne durchgeführt wird, kann die Ausbildung des Funkfeldes beobachtet werden, um damit eine Bewertung der Abstrahleigenschaften der Antenne durchzuführen.

Bei mehrfach gestockten Antennen bildet sich die gemeinsame Wellenfront aller Antennenelemente erst einige Wellenlängen von der Antenne entfernt aus. Im Ausbildungsbereich sind bei der DTF-Messung stoßstellenähnliche Reflexionen aus dem Funkfeld zu erkennen, die die Ausbildung einer gemeinsamen Wellenfront darstellen.



DTF-Messung einer gestockten Antenne. Die Ausbildung der Wellenfront im Funkfeld ist gut zu erkennen.



Zum Vergleich eine DTF-Messung eines Fehlabschlussnormals. Es bildet sich kein Funkfeld aus. Das Normal tritt als konzentrierte Stoßstelle auf.

Besonderheiten des R&S FSH

Messung der Übertragungsfunktion aktiver Elemente

Die Messung der Übertragungsfunktion basiert beim R&S FSH auf dem synchron zur Empfangsfrequenz laufenden Mitlaufgenerator. Das Ausgangssignal des Mitlaufgenerators ist ein Sinussignal mit nahezu konstantem Pegel. Einschwingeffekte der aktiven Elemente sind daher für die Messung nicht relevant oder können durch Anpassung der Sweep-Geschwindigkeit vermieden werden. Dies ist nicht der Fall bei einem codierten Signal des Mitlaufgenerators, bei dem die Ausgangsfrequenz springt, um durch Korrelation im Empfänger Störsignale zu unterdrücken. Je nach Impulsantwortzeit des zu vermessenden Systems und der Dauer der Generatorimpulse wird ein zu geringer Verstärkungswert der aktiven Baugruppe gemessen. Dies ist beim R&S FSH nicht der Fall.

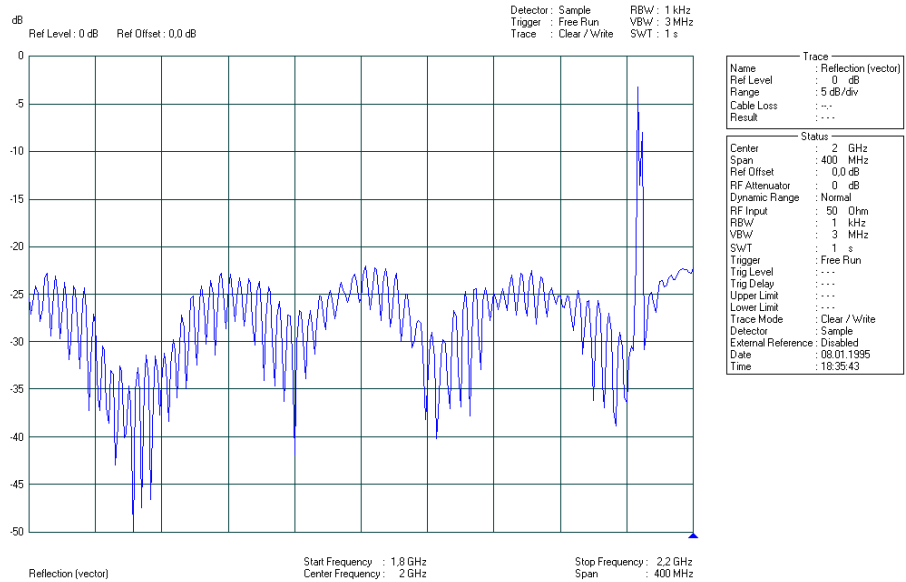
Messungen an Antennenanlagen unter HF-Einfluss

Reflexions-, Stoßstellen und Entkopplungsmessungen an Antennenanlagen können von in der Nähe arbeitenden Sendeanlagen beeinflusst werden. Bei geringer Entkopplung zwischen der sendenden und der zu messenden Antenne beeinflusst das Sendesignal das Messergebnis. Das störende Signal ist zum Beispiel bei der Messung der Rückflusdämpfung wieder zu finden. Die Verwendung der Trace Min-Hold-Funktion des R&S FSH kann den Einfluss von störenden Sendesignalen (GSM, WCDMA etc.) auf die Darstellung des Messergebnisses deutlich reduzieren.

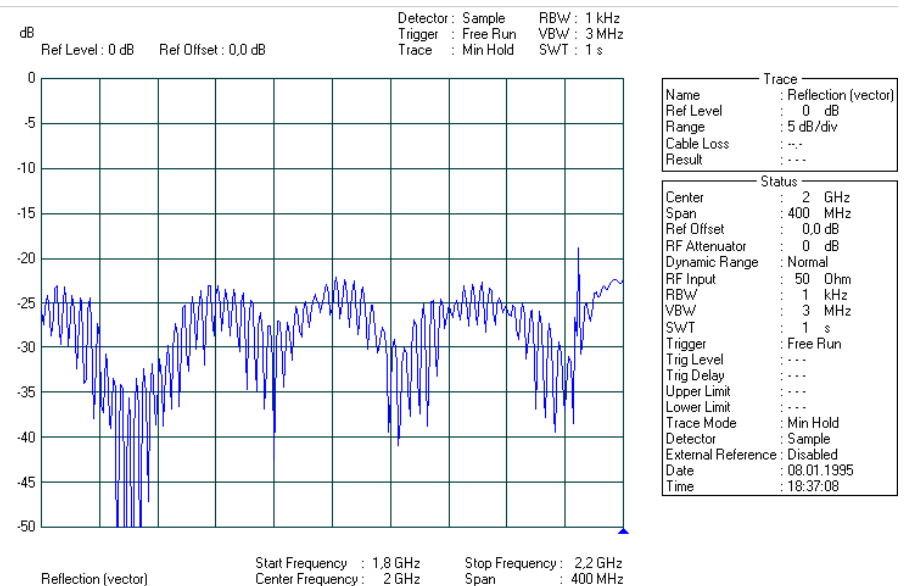
Das folgende Beispiel zeigt die Anpassungsmessung einer kreuzpolarisierten Antenne. Auf dem zweiten System dieser Antenne wird ein WCDMA-Signal ausgestrahlt. Durch die Entkopplung der beiden Systeme dieser Antenne von

Überprüfung von Antennenanlagen mit dem R&S FSH

ca. 35 dB liegt an der Messbrücke des R&S FSH ein Störpegel von ca. +2 dBm an, der bei der Anpassungsmessung als Störsignal sichtbar ist.



Die Min-Hold-Funktion des R&S FSH vermindert diesen Einfluß erheblich. Das störende WCDMA Signal wird nach einigen Sweeps um ca. 15 dB abgesenkt, während die Anpassungsmessung in ihrer Genauigkeit unbeeinflusst bleibt.



Dieses Verfahren wirkt bei allen Störsignalen, die in ihrem zeitlichen Verlauf Leistungsminima und -maxima aufweisen, also allen Mobilfunksignalen wie GSM/EDGE, WCDMA oder DECT. Der R&S FSH misst den Momentanwert gepulster oder modulierter Signale bei jedem Sweep. Das Signal des Tracking-Generators bleibt jedoch in seinem Pegel konstant, wird durch die Min-Hold-Funktion nicht beeinflusst und steht so für die Messung als ständige gültige Referenz zur Verfügung. Das Verfahren ist sowohl bei Anpassungsmessungen als auch bei Transmissionsmessungen anwendbar und erweitert den Einsatzbereich des R&S FSH für Messungen unter solchen Extrembedingungen.

Entkopplungsmessungen

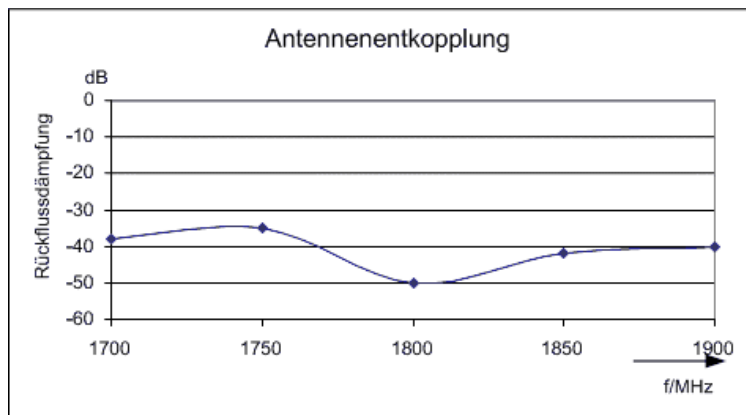
Entkopplungsmessungen von Antennenanlagen

Eine Messung der Anpassung alleine reicht bei kreuzpolarisierten Antennen nicht aus, um die ordnungsgemäße Funktion der Antennenanlage nachzuweisen. Es gibt kreuzpolarisierte Antennen, deren Defekt ausschließlich durch eine Messung der Antennenentkopplung festgestellt werden kann. Bei diesen Antennenanlagen zeigt die Anpassungsmessung keinerlei Auffälligkeiten. Die Entkopplung der beiden Antennensysteme weist jedoch einen abnormalen Verlauf über die Frequenz auf.



Das nebenstehende Bild zeigt exemplarisch einen Antennenfehler einer neuen Antenne, der nur durch eine Antennen-Entkopplungsmessung detektiert wurde: eine nicht verlötete Kabelverbindung.

Die in diesem Beispiel betroffene GSM 1800 Basisstation fiel mit einer erhöhten Call-Drop-Rate auf, die letztendlich von den unterschiedlichen Richtcharakteristiken der beiden Systeme in der Antenne verursacht wurde.



Beispiel einer typischen Antennenentkopplung

Es ist zu empfehlen, eine Sammlung von typischen Antennenentkopplungen von SX-Antennen zusammen mit den Herstellerfirmen zu erarbeiten und den Messtechnikern zur Bewertung des Zustandes einer Antennenanlage für die Durchführung eines Soll-Ist-Vergleichs zur Verfügung zu stellen.

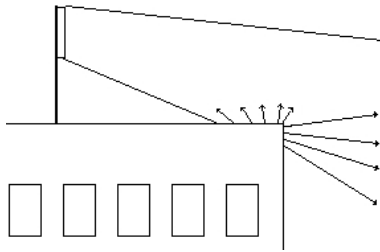
Dabei ist der jeweilige Antennentyp und die eingestellte elektrische Absenkung zu beachten, da für jeden Typ und jede eingestellte elektrische Absenkung die Entkopplungskurve einen anderen Verlauf über die Frequenz annimmt.

Je nach Antennentyp kann es empfehlenswert sein, die elektrische Absenkung an der Antenne herauszunehmen, d. h. auf den Auslieferungszustand einzustellen, um definierte Entkopplungswerte messen zu können.

Eine Abweichung vom Sollwert von ± 3 dB ist erfahrungsgemäß als „näher untersuchenswert“ einzustufen.

Bei der Bewertung der gemessenen Entkopplungswerte ist die Speisekabeldämpfung zu berücksichtigen. Diese erhöht die Entkopplung um die Dämpfung beider mitgemessenen Speisekabel.

Antennenanlagen, deren Nahfeld durch Vorbauten gestört ist, weisen eine veränderte Entkopplung über der Frequenz auf, die aus der Störung des Nahfeldes und nicht aus einem Defekt resultiert!



Wenn die erste Fresnell-Zone gestört ist, verändern sich die Abstrahlungseigenschaften der Antenne erheblich.

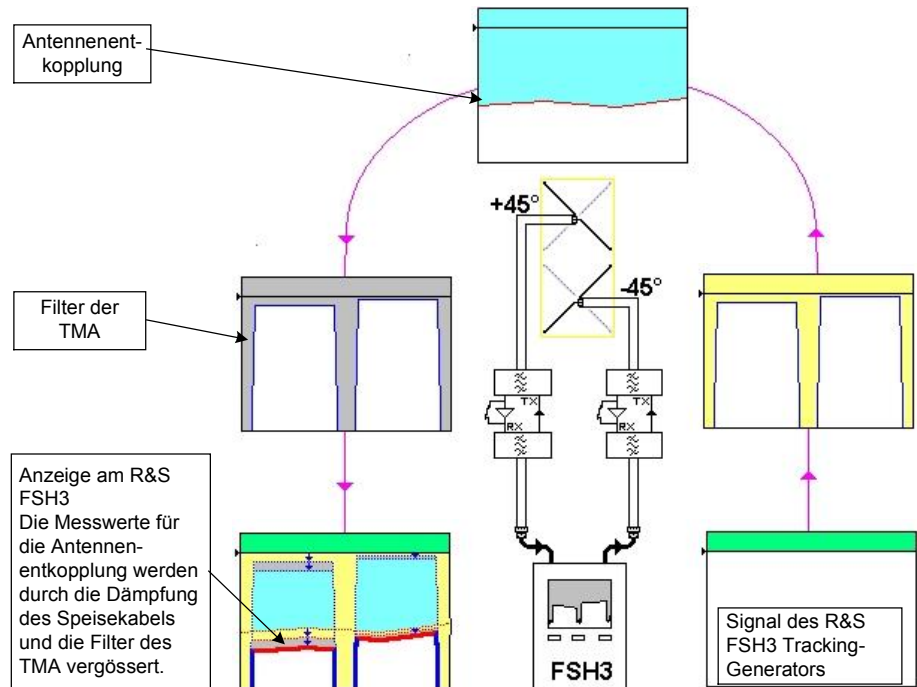
Dieser Einfluss kann die Anpassungs- und besonders die Entkopplungswerte einer Antenne beeinflussen.

Entkopplungsmessungen von Antennenanlagen mit Mastverstärker (TMA)

Wie bei der Anpassungsmessung steht bei Antennenanlagen mit Mastverstärker nur der Durchlassbereich der TMA-Filter zur Verfügung, um die Entkopplung der Antennenelemente zu bestimmen. Im Zuge dieser Messung kann durch einfaches Zu- und Abschalten der TMA-Speisespannung die Verstärkung des TMA ermittelt werden.

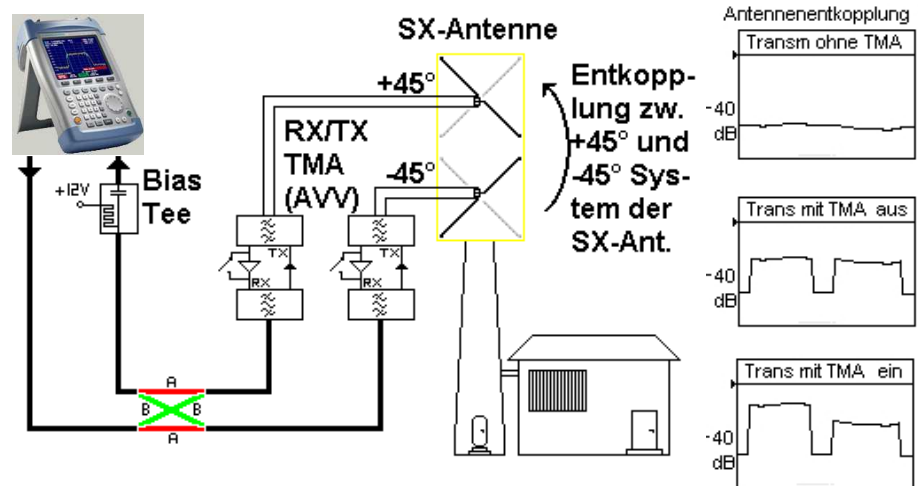
Die Messung der Entkopplung der Antennenanlage muss neben der Kabeldämpfung der beiden Speisekabel auch die Durchgangsdämpfung des TMA berücksichtigen. Im Empfangszweig liegt diese Dämpfung je nach TMA-Typ im Bereich von 0,1 bis 0,5 dB, im Sendezweig zwischen 1 und 2 dB. Diese Dämpfungen müssen für jeden durchzumessenden TMA (i.d.R. zwei) berücksichtigt werden.

In der folgenden Schichtendarstellung ist der Signalweg mit den eingebauten Baugruppen dargestellt.



Messung der Verstärkung des Mastverstärkers (TMA)

Der im folgenden Bild aufgezeigte Messaufbau zur Messung der Antennenentkopplung mit eingebautem TMA kann unter Zuhilfenahme eines Bias-Tees (DC-Einspeiseweiche) zur Bestimmung der Verstärkung des gespeisten TMA eingesetzt werden. Durch Zu- und Abschalten der Speisespannung ist die Verstärkung direkt als Differenz der Entkopplungsmessung im Sendezweig mit und ohne Speisung zu erkennen. Das für die Stromversorgung des TMA notwendige Bias-Tee ist, wie in der Grafik gezeigt, in den Signal-Rückweg des R&S FSH einzuschleifen.

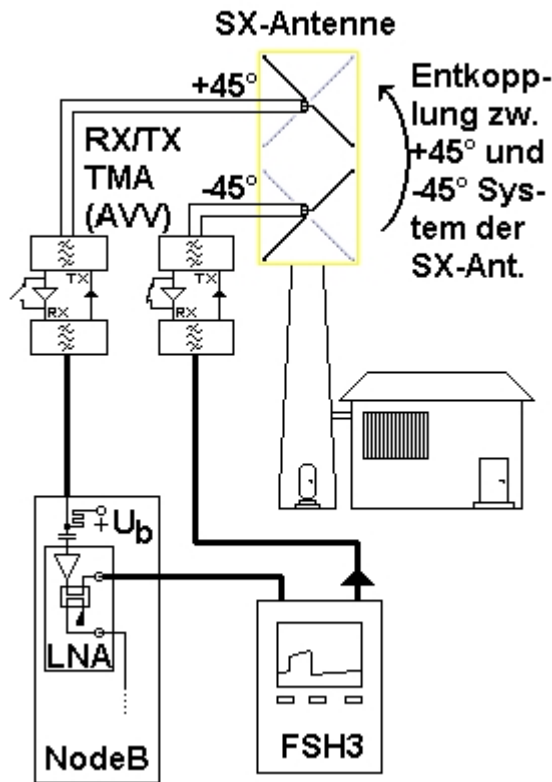


Messaufbau zur Messung der Antennenentkopplung und der TMA-Verstärkung

Bei einem TMA ohne Bypass kann dessen Verstärkung nicht gemessen werden. Durch Aus- und Einschalten der Speisung ist jedoch zu erkennen, ob der TMA verstärkt.

Messung der Verstärkung des Gesamtsystems

Die oben beschriebene Messung des Mastverstärkers ist nur für einen reinen TMA-Funktionstest einzusetzen. Bei der Messung der TMA-Verstärkung ist es notwendig, auch die Komponenten des Empfangszweiges der Mobilfunk-Basisstationen zu berücksichtigen. Ein eingesetzter TMA soll die Dämpfung des Empfangskabels ausgleichen und darf nicht zu einer übermäßigen Pegelverstärkung eingesetzt werden, da andernfalls die eingestellten RX-Parameter (z. B. zur Detektion von RX-Level-Handover oder für die Leistungsregelung der Mobilstation) unsinnig oder gar kritisch werden.



Daher werden in den Empfangszweigen von Basisstationen in der Regel die Verstärkerelemente abgeschaltet, da das Empfangssignal bereits im TMA verstärkt wird. Die Funktionstüchtigkeit des TMA kann also nur zusammen mit den Empfangselementen in der Basisstation bewertet werden. Aus diesem Grund kann bei einer funktionsbereiten Basisstation (Basisstation vorhanden und mit Spannung versorgt) der Einsatz eines Bias-Tees zur Speisung des TMA entfallen. Die Messung nach nebenstehendem Bild berücksichtigt alle im Empfangspfad eingesetzten Komponenten und erfordert nur, dass die Spannungsversorgung zum TMA durch Konfigurationsänderung des NodeB unterbrochen werden kann. Damit wird in der Regel der interne LNA umgeschaltet. Diese Methode ermöglicht, die Differenz der Verstärkung des UL-Pfades mit bzw. ohne TMA zu messen.

Die Differenz sollte, je nach Systemtechnik, zwischen 0 und +2 dB liegen. Die Abschaltung der Speisespannung mittels eines handelsüblichen DC-Blockers schaltet nur den TMA stromlos, führt aber in der Regel nicht zu einer Umkonfiguration des LNA im NodeB.

Bei dieser Messung ist aufgrund der Sendefilter im NodeB nur die Entkopplung und die Verstärkung des TMA/Gesamtsystems im UL-Frequenzbereich zu messen.

Messung des TMA vor dem Einbau in die Antennenanlage

Ein TMA kann lt. dem nebenstehenden Bild vor dem Einbau in die Antennenanlage vermessen werden.

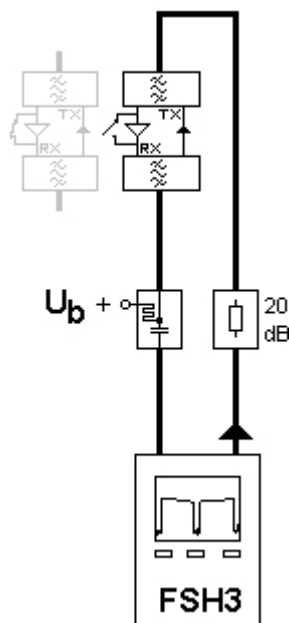
Die Messung basiert auf einer Transmissionsmessung.

Zu beachten ist, dass der Eingangspegel auf der Antennenseite des TMA den im Datenblatt des TMA spezifizierten, maximalen Eingangspegelwert (in der Regel ca. -40 dBm) nicht erheblich überschreitet. Dazu muss der Pegel des Tracking-Generators des R&S FSH auf -20 dBm eingestellt und zusätzlich ein 20-dB-Dämpfungsglied zwischen Tracking-Generator-Ausgang und TMA eingeschleift werden. Bei Verwendung eines 40-dB-Dämpfungsgliedes kann die Reduzierung des Tracking-Generator-Pegels entfallen.

Bei TMAs mit hoher Verstärkung und hohem Ausgangspegel kann es zum Schutz des Eingangs des R&S FSH nötig sein, ein weiteres Dämpfungsglied zwischen HF-Eingang des R&S FSH und Bias-Tee zu schalten. Die maximal zugelassene Leistung am Eingang des R&S FSH ist +20 dBm. Über einige Minuten kann auch +30 dBm angelegt werden.

Bei einer Übersteuerung des TMA wird ein falscher, zu niedriger Verstärkungswert gemessen, da dann der TMA in die Begrenzung fährt.

Durch Zu- und Abschalten der Speisespannung und dem Vergleich der beiden Messergebnisse ergibt sich die Verstärkung des TMA.



5 Zusammenfassung der Messverfahren

In diesem Abschnitt sind die Messverfahren zusammengestellt, die zur Abnahme oder Überprüfung von Antennenanlagen von 2G- oder 3G-Basisstationen durchgeführt werden sollten.

Antennenanlagen ohne TMA

Für jedes Antennensystem:

- Messung der Rückflussdämpfung (RL) mit angeschlossener Antenne.
- Stoßstellenmessung (DTF) mit angeschlossener Antenne (Messung des kompletten Systems). Die DTF-Messung zeigt Stoßstellen im Kabel und, wenn sie im Betriebsfrequenzbereich der Antenne durchgeführt wird, auch die Ausbildung des Funkfeldes der Antenne sowie die Speisekabellänge.

Für kreuzpolarisierte Sektorantennen:

- Messung der Entkopplung beider Antennensysteme bei kreuzpolarisierten Antennen. Dies zeigt die elektrischen Eigenschaften dieser Antennen besser als eine reine Messung der Rückflussdämpfung.

Antennenanlagen mit TMA

Für jedes Antennensystem:

- Messung der Rückflussdämpfung mit angeschlossener Antenne ohne Speisung des TMA (= klassische Messung des Rücklaufs des Antennensystems).
- Stoßstellenmessung (DTF) mit angeschlossener Antenne ohne Speisung des TMA (= Messung des kompletten Systems). Die DTF-Messung zeigt Stoßstellen im Kabel, den TMA, Stoßstellen zwischen TMA und Antenne (wenn Messung im Betriebsfrequenzbereich der Antenne / des TMA durchgeführt wird) sowie die Ausbildung des Funkfeldes der Antenne. Für diese Messung darf der TMA nicht mit DC gespeist werden.

Für kreuzpolarisierte Sektorantennen:

- Messung der Entkopplung beider Antennensysteme bei kreuzpolarisierten Antennen ohne Speisung des TMA (zeigt die Entkopplung der Antennensysteme durch die TMA-Filter hindurch).
- Messung der Verstärkung des TMA im Gesamtsystem bei Speisung des TMA mittels der Basisstation. Messung nach Abschnitt „Messung der Verstärkung des TMA“.
- Falls keine Basisstation aufgebaut ist: Messung der Verstärkung des TMA mit externen Bias-Tee nach Abschnitt „Messung der Verstärkung des Gesamtsystems“.

6 Beispielmessungen

Die Beispielmessungen beziehen sich auf einen R&S FSH, Modell 1145.5850.23 mit Firmware Version 7.0 oder höher, installierten Optionen R&S FSH-B1 (Kabelfehlstellenmessung) und R&S FSH-K2 (Vektorielle Transmissions- und Reflexionsmessung) und die VSWR-Messbrücke R&S FSH-Z2.

Frequenzbereiche

Für die jeweiligen Dienste gelten folgende Frequenzbereiche:

Dienst		Gesamt	UL	DL
GSM (2G)	GSM 900	880 MHz – 960 MHz	880 MHz – 915 MHz	925 MHz - 960 MHz
	GSM 1800	1710 MHz – 1880 MHz	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz
UMTS (3G)	TDD / FDD	1900 MHz – 2170 MHz		
	TDD	1900 MHz – 1920 MHz		
	FDD	1920 MHz – 2170 MHz	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz
	TDD	2020 MHz – 2025 MHz		

Für die unten aufgeführten Messungen sind folgende Frequenzbereichs- und Markereinstellungen zu empfehlen:

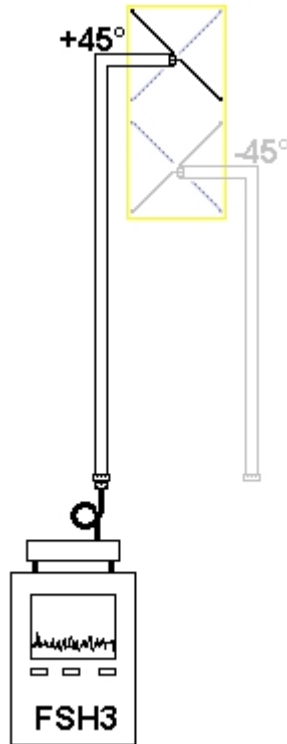
Dienst		Start/Stop-Frequenzen:	Marker 1+2: (UL)	Marker 3+4: (TX)
GSM (2G)	GSM 900	875 MHz – 965 MHz	880 MHz, 915 MHz	925 MHz, 960 MHz
	GSM 1800	1700 MHz – 1890 MHz	1710 MHz, 1785 MHz	1805 MHz, 1880 MHz
UMTS (3G)	TDD / FDD	1890 MHz – 2200 MHz (Center: 2045 MHz Span: 310 MHz)	1920 MHz, 1980 MHz	2110 MHz, 2170 MHz

Es wird empfohlen, die jeweiligen Setups im R&S FSH abzuspeichern.

Antennenanlagen ohne Mastverstärker

Anpassungsmessungen

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

VSWR-Messbrücke (R&S FSH-Z2) auf den R&S FSH aufschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken)

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst bzw. Betriebsfrequenzbereich der Antennenanlage (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen (Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey RELECT CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

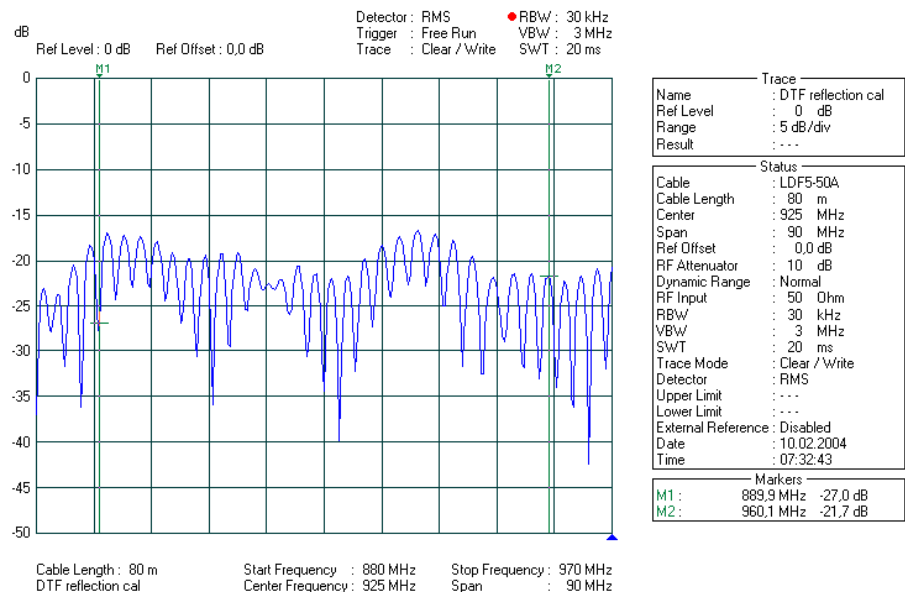
Ausgang der Messbrücke mit dem Antennenkabel verbinden.

Bemerkungen:

Die Anpassung der Antenne wird durch die Kabeldämpfung des Speisekabels scheinbar verbessert und durch die von der Antenne zurückfließende Energie verschlechtert, siehe Abschnitt „Messfehler bei Anpassungsmessungen“.

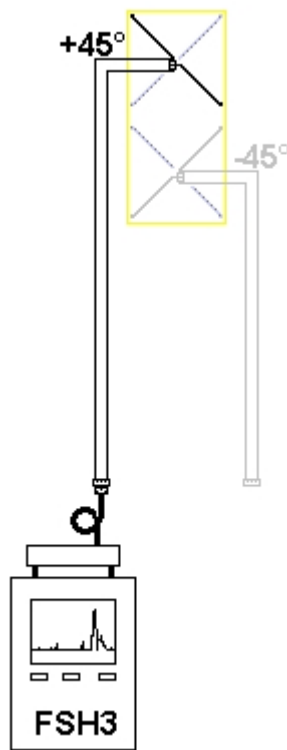
Aufgrund der Welligkeit der Anpassungsmessung kann bereits auf eventuelle Stoßstellen geschlossen werden, siehe Abschnitt „Grundsätzliches zu Fehlerort- und Stoßstellenmessungen“.

Beispielmessung:



Stoßstellenmessungen

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke auf den R&S FSH aufschrauben.

Das 1-m-Vorlaufkabel an den Eingang der Messbrücke anschrauben.

DTF-Messung am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: DISTANCE TO FAULT auswählen: Taste ENTER drücken)

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst bzw. Betriebsfrequenzbereich der Antennenanlage (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Kabelparameter eingeben oder Kabeltyp aus Liste auswählen (Taste MEAS: Softkey CABLE MODEL: Kabeltyp auswählen: Softkey SELECT).

Kabellänge: ca. 30 % länger eingeben als tatsächlich aufgebaut, damit Effekte hinter dem TMA beobachtet werden können (Softkey CABLE LENGTH: Länge eingeben: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey DTF CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

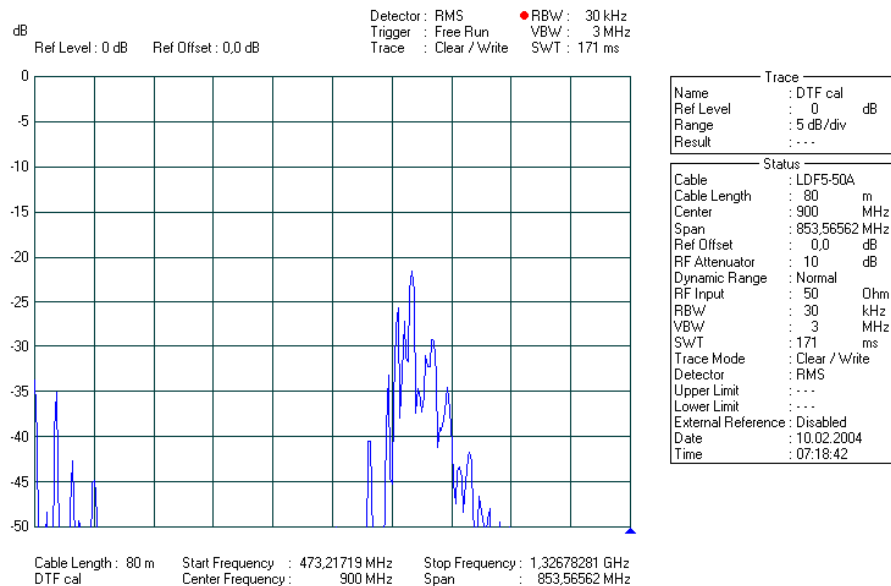
Vorlaufkabel des R&S FSH mit dem Antennenkabel verbinden.

Bemerkungen:

Die Zoom-Funktion des R&S FSH ermöglicht die detaillierte Betrachtung einzelner Stopstellen.

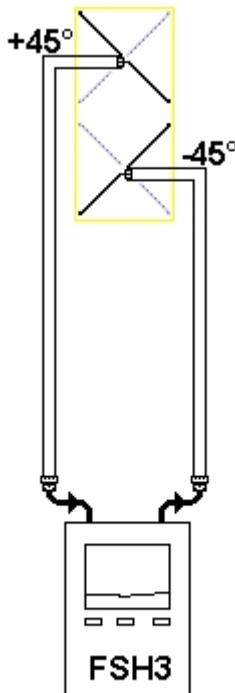
Bei einer Messung mit reduziertem Span (etwa Betriebsfrequenzbereich der Antenne) kann die Ausbildung des Funkfeldes hinter der Antenne bewertet werden.

Beispielmessung:



Entkopplungsmessung

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke abschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken).

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen (Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey TRANSM CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

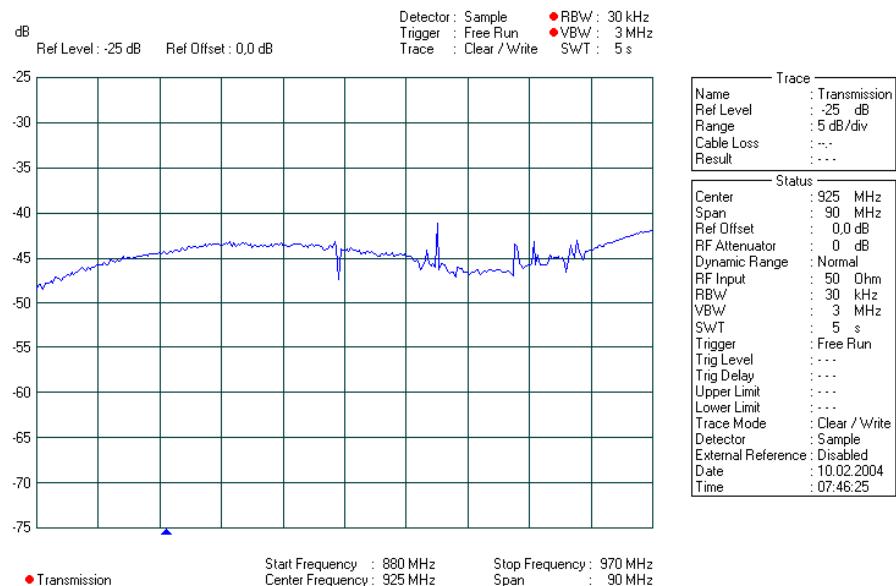
HF-Eingang und Tracking-Generator-Ausgang mit den Kabelanschlüssen der zu vermessenden Antennen verbinden.

Bemerkungen:

Bei dieser Messung muss die Speisekabeldämpfung beider Speisekabel berücksichtigt werden.

Das Ergebnis der Entkopplungsmessung ist mit der für den Antennentyp spezifischen Entkopplung (Herstellerangabe) bei definierter elektrischer Absenkung zu vergleichen. Abweichungen im Kurvenverlauf und in den absoluten Werten können auf Störungen im Nahfeld der Antenne oder auf eine defekte Antenne hinweisen.

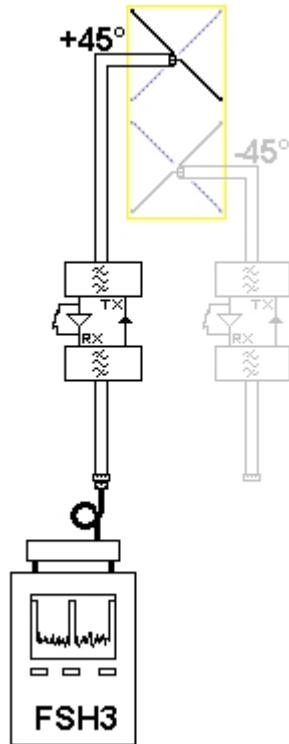
Beispielmessung:



Antennenanlagen mit Mastverstärker

Anpassungsmessungen

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke (R&S FSH-Z2) auf den R&S FSH aufschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken)

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst bzw. Betriebsfrequenzbereich der Antennenanlage (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen (Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey RELECT CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

TMA-Speisung: keine

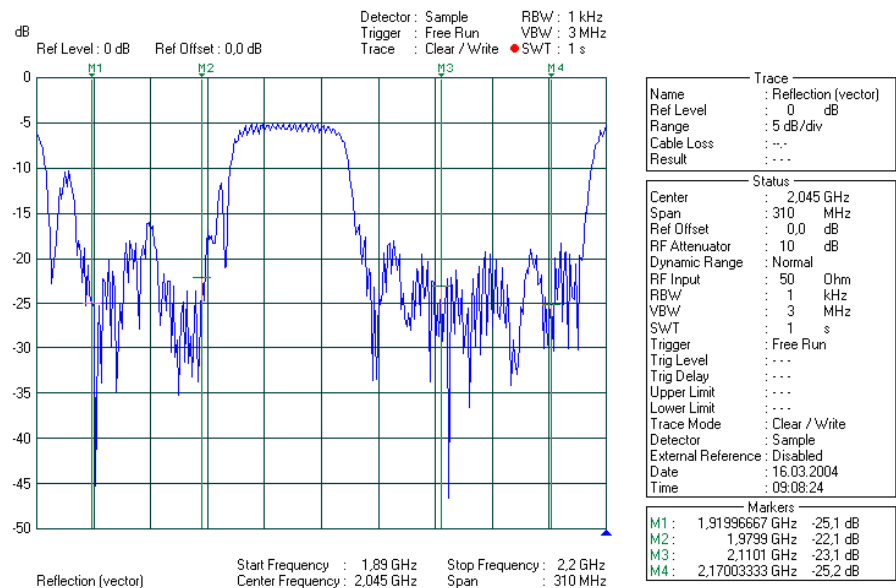
Ausgang der Messbrücke mit dem Antennenkabel verbinden.

Bemerkungen:

Die Anpassung der Antenne wird durch die Kabeldämpfung des Speisekabels und des TMA verbessert und durch die von der Antenne zurückfließende Energie verschlechtert.

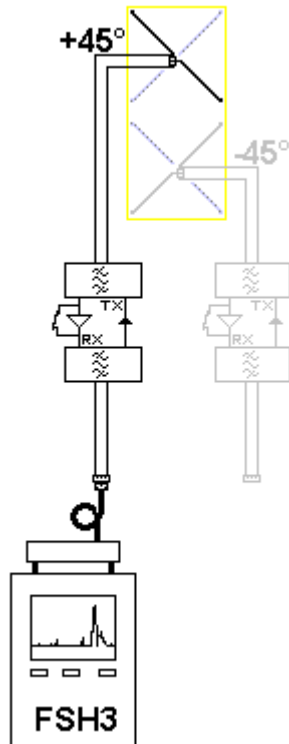
Die Anpassung der Antenne kann nur in den Durchlassbereichen der TMA-Filter erkannt werden, siehe Abschnitt „Anpassungsmessungen von Antennenanlagen mit Mastverstärker“

Beispielmessung:



Stoßstellenmessungen

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke auf den R&S FSH aufschrauben.

Das 1-m-Vorlaufkabel an den Eingang der Messbrücke anschrauben.

DTF-Messung am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: DISTANCE TO FAULT auswählen: Taste ENTER drücken)

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst bzw. Betriebsfrequenzbereich der Antennenanlage (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Kabelparameter eingeben oder Kabeltyp aus Liste auswählen (Taste MEAS: Softkey CABLE MODEL: Kabeltyp auswählen: Softkey SELECT).

Kabellänge: ca. 30 % länger eingeben als tatsächlich aufgebaut, damit Effekte hinter dem TMA beobachtet werden können (Softkey CABLE LENGTH: Länge eingeben: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey DTF CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

TMA-Speisung: keine

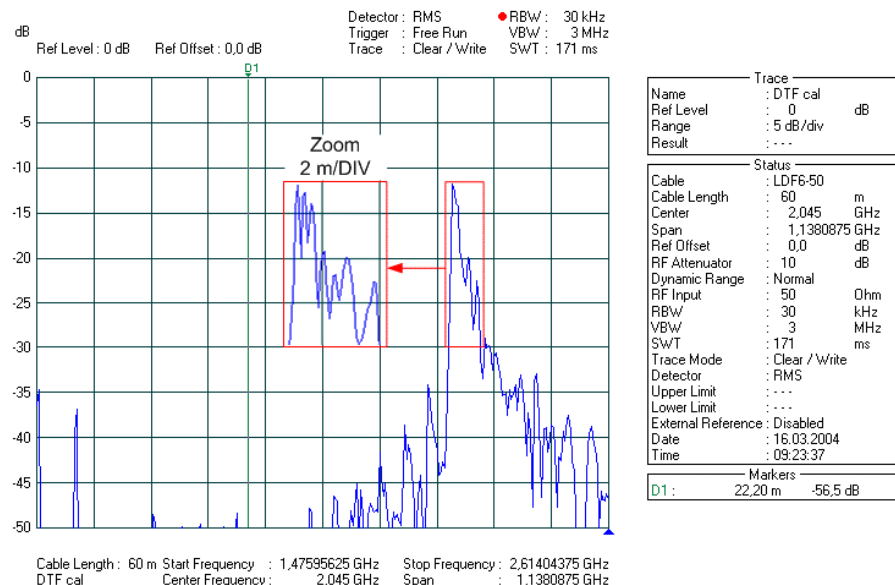
Vorlaufkabel des R&S FSH mit dem Antennenkabel verbinden.

Bemerkungen:

Die Zoom-Funktion des R&S FSH ermöglicht die detaillierte Betrachtung einzelner Stoßstellen.

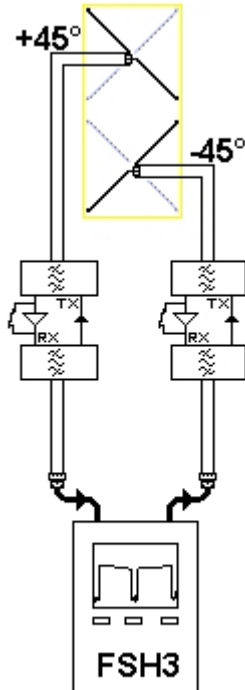
Bei der Messung kann nur der Bereich zwischen TMA und Antenne durch Anpassung der Centerfrequenz und des Frequenzspans auf Stoßstellen überprüft werden, siehe Abschnitt „Messung von Stoßstellen hinter dem Mastverstärker“.

Beispielmessung:



Entkopplungsmessung

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke abschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten (Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken).

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen (Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken).

Messung kalibrieren: Softkey TRANSM CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

TMA-Speisung: keine.

HF-Eingang und Tracking-Generator-Ausgang mit den Kabelanschlüssen der zu vermessenden Antennen verbinden.

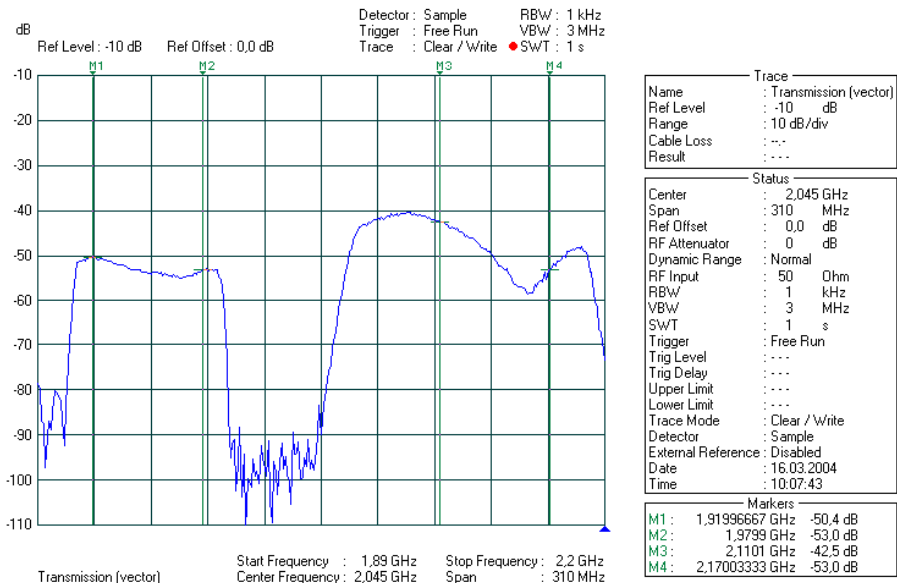
Bemerkungen:

Bei dieser Messung muss die Speisekabeldämpfung beider Speisekabel und die Dämpfung beider TMA (zudem noch unterschiedlich zwischen UL und DL-Bereich!) berücksichtigt werden.

Die Entkopplung der Antenne kann nur durch die Durchlassbereiche der TMA-Filter bewertet werden.

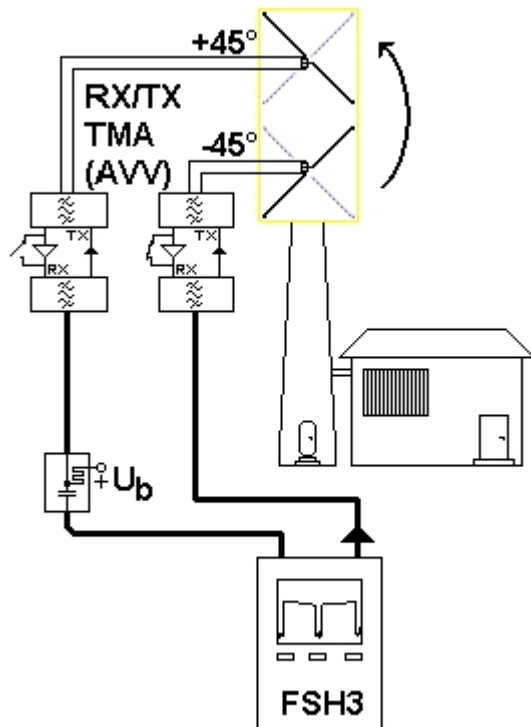
Das Ergebnis ist mit der für den Antennentyp spezifischen Entkopplung (Herstellerangabe) bei definierter elektrischer Absenkung zu vergleichen.

Beispielmessung:



Messung der Verstärkung des TMA

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke abschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten: Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken.

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen: Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken.

Messung kalibrieren: Softkey TRANSM CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

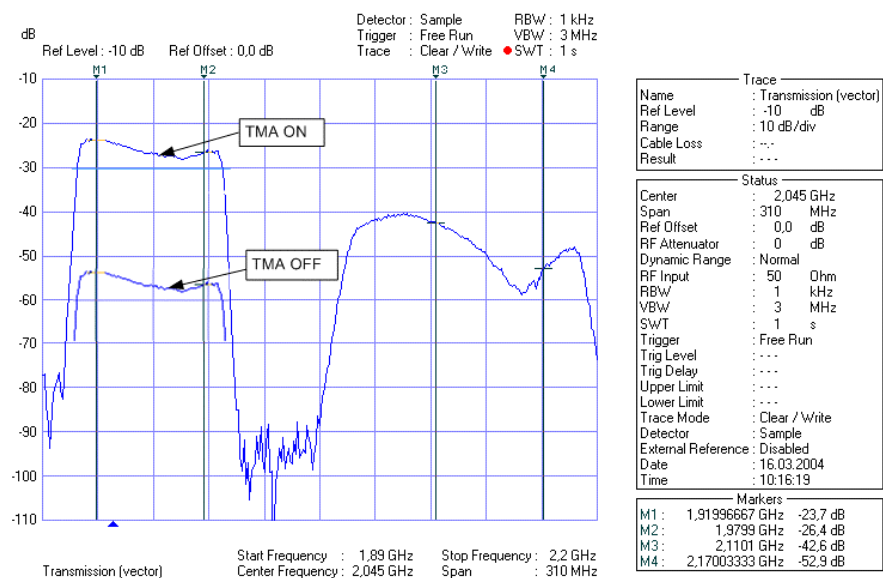
TMA-Speisung: mit externem Bias-Tee.

HF-Eingang und Tracking-Generator-Ausgang mit den Kabelanschlüssen der zu vermessenden Antennen verbinden.

Bemerkungen:

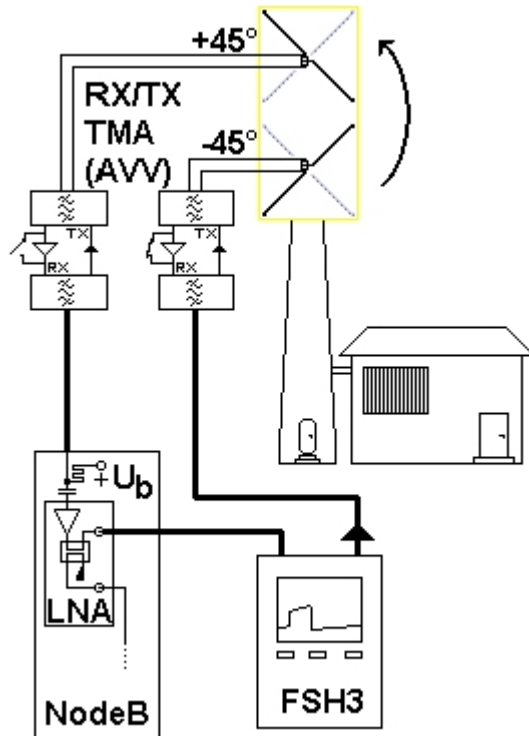
Durch Zu- und Abschalten der TMA-Speisung kann die Verstärkung des TMA ermittelt werden. Diese Messung kann in direkter Kombination mit der Messung der Antennen-Entkopplung lt. vorigem Abschnitt durchgeführt werden.

Beispielmessung:



Messung der Verstärkung des Gesamtsystems

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke abschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten: Taste MEAS;
Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken.

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst (Taste FREQ:
Frequenz eingeben).

Span einstellen: Je nach Dienst (Taste SPAN: Span eingeben).

Referenzpegel auf -10 dB einstellen: Taste AMPT: -10 eingeben: Taste ENTER drücken.

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen: Taste MEAS:
Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken.

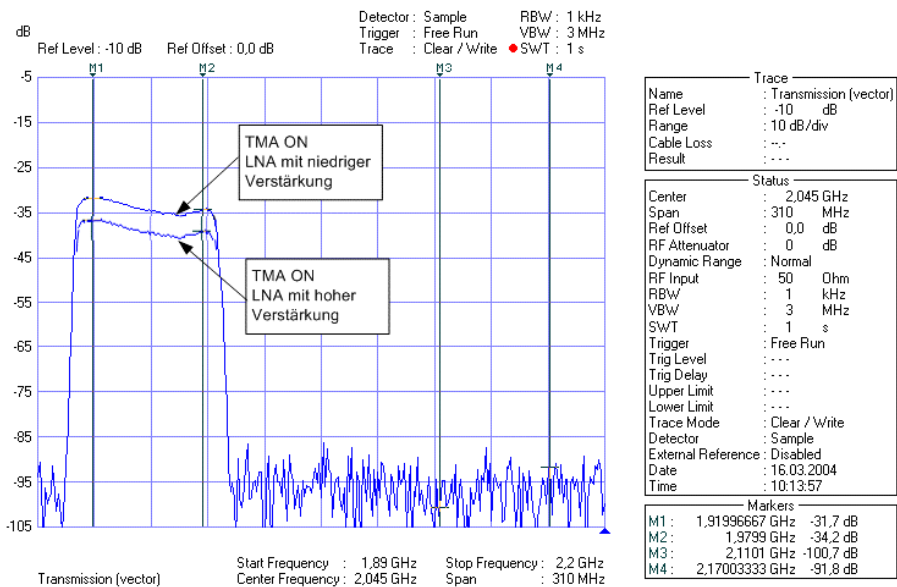
Messung kalibrieren: Softkey TRANSM CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

TMA-Speisung: über die Basisstation

Bemerkungen:

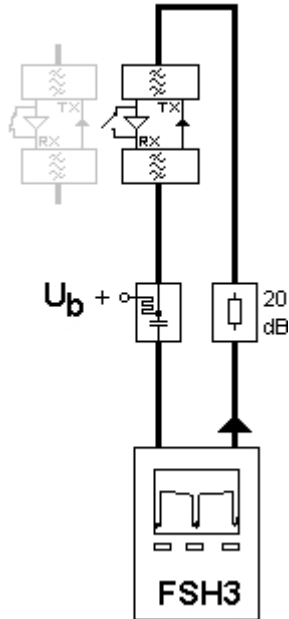
Durch Zu- und Abschalten der TMA-Speisung kann die Verstärkung des TMA im Verbund mit dem Gesamtsystem ermittelt werden. Bei dieser Messung ist aufgrund der UL-Filter in der Systemtechnik nur der UL-Bereich zu erkennen.

Beispielmessung:



Messung der Verstärkung eines TMA am Boden

Messaufbau:



Einstellungen am R&S FSH:

Messbrücke abschrauben.

Tracking-Generator am R&S FSH einschalten: Taste MEAS: Softkey MEASURE: TRACKING GEN auswählen: Taste ENTER drücken.

Ausgangspegel des Tracking-Generators auf -20 dBm einstellen.

Mittenfrequenz einstellen: je nach Dienst (Taste FREQ: Frequenz eingeben).

Referenzpegel auf +10 dB einstellen: Taste AMPT: +10 eingeben: Taste ENTER drücken.

Vektorielle Messung am R&S FSH einstellen: Taste MEAS: Softkey MEAS MODE: VECTOR auswählen: Taste ENTER drücken.

Messung kalibrieren: Softkey TRANSM CAL drücken und Anweisungen des R&S FSH ausführen.

TMA-Speisung: über externes Bias-Tee.

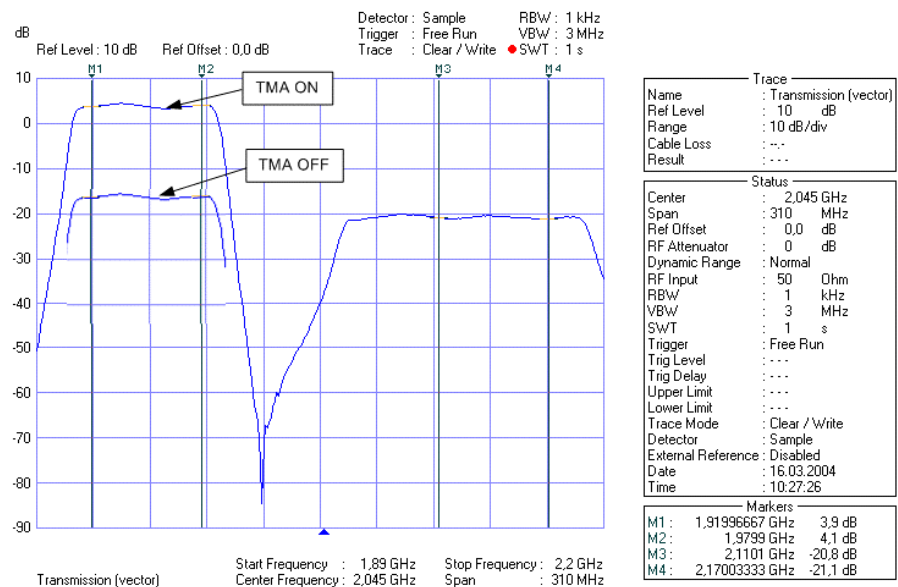
Am Tracking-Generator-Ausgang des R&S FSH ein 20-dB-Dämpfungsglied anbringen.

Bemerkungen:

Durch Zu- und Abschalten der TMA-Speisung kann die Verstärkung des TMA vor dem Einbau in eine Antennenanlage ermittelt werden.

Ein geeignetes Dämpfungsglied schützt den TMA vor Übersteuerung am TMA-Eingang.

Beispielmessung:



7 Ergänzungen

Hinweise auf defekte Antennen

Mit einer Anpassungs- und Entkopplungsmessung kann ein Fehler in der Antennenanlage nicht sicher ausgeschlossen werden. Obwohl bei beiden Messungen keine Auffälligkeiten auftreten, kann die Antenne trotzdem ungenügende Abstrahl- und Empfangseigenschaften aufweisen.

Folgende Messmöglichkeiten zur Suche defekter Antennen aus dem GSM-Funkfeld können angewendet werden:

- RX-Funktionsfähigkeitstest (Analyse der MS-TX-Pwr bezogen auf den DL-Pegel).
- Gleicher DL-Pegel auf einzelnen GSM-Kanälen der Basisstation? Möglicherweise sind die DL-Pegel auf den Kanälen eines defekten Antennensystems höher oder niedriger als auf den Kanälen eines intakten Systems.
- Findet bei GSM bald nach der TCH-Zuweisung ein Intracell-HO statt? Eventuell ist der Pegel des betroffenen Kanals wegen Antennenproblemen zu niedrig und daher aufgrund einer Interferenz gestört.
- Gegenläufiges UL-DL-Verhältnis in den horizontalen Antenneneckpunkten
- Zu geringer Pegel im Funkfeld gegenüber dem theoretischen Wert, meist ‚schielend‘ (s. u.).

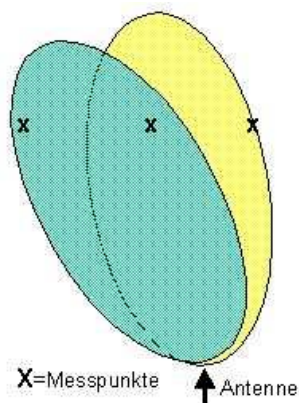
Unsymmetrie der Richtkeule über die Frequenz:

Eine defekte Antenne kann folgendes Verhalten aufweisen:

Der DL-Pegel ist, je nach Standort, über weit auseinander liegende Frequenzen (z. B. GSM-Kanal 20 und 100) stark unterschiedlich und kehrt sich bei Messung an der anderen Antennenflanke eventuell sogar um.

Die UL/DL-Symmetrie ist an den beiden Antennenflanken stark unterschiedlich, unter Umständen sogar umgekehrt.

Zu beachten ist, dass die Antenne erheblich ‚schielen‘ kann, d.h. die Hauptstrahlrichtung weicht stark vom Sollwert ab!



8 Verwendete Abkürzungen

DL	Down Link (Senderichtung der BTS)
DTF	Kabelstellenmessung (Distance To Fault)
FDR	Frequenzbereichsreflektometer (Frequency Domain Reflectometer)
LNA	Rauscharmer Vorverstärker (Low Noise Amplifier)
RL	Rückflussdämpfung (Return Loss)
RX	Empfänger
SX	kreuzpolarisiert
TDR	Zeitbereichsreflektometer (Time Domain Reflectometer)
TMA	Mastverstärker (Tower Mounted Amplifier)
TX	Sender
UL	Up Link (Senderichtung der Mobilstation)

9 Bestellinformation

Gerätetyp		Bestellnummer
R&S FSH3	Hand-held Spektrumanalysator 100 kHz bis 3 GHz, mit Tracking-Generator	1145.5740.13
R&S FSH3	Hand-held Spektrumanalysator 100 kHz bis 3 GHz, mit Tracking-Generator und Vorverstärker	1145.5740.23
R&S FSH6	Hand-held Spektrumanalysator 100 kHz bis 6 GHz, mit Tracking-Generator und Vorverstärker	1145.5850.26
R& FSH-B1	Distance to Fault-Messung zum R&S FSH	1145.5750.02
R&S FSH-K2	Vektorielle Reflexions- und Transmissionsmessung zum R&S FSH	1157.3387.02
R&S FSH-Z2	VSWR-Messbrücke zum R&S FSH, 10 MHz bis 3 GHz	1145.5767.02



ROHDE & SCHWARZ

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG · Mühlendorfstraße 15 · D-81671 München · P.O.B 80 14 69 · D-81614 München ·
Telephone +49 89 4129 -0 · Fax +49 89 4129 - 13777 · Internet: <http://www.rohde-schwarz.com>

This application note and the supplied programs may only be used subject to the conditions of use set forth in the download area of the Rohde & Schwarz website.