

RigExpert[®]

AA-230

Antennen-Analyzer (0,3 bis 230 MHz)

AA-230PRO

Antennen-Analyzer (0,3 bis 230 MHz)

+

Zeitbereichsreflektometrie – „Kabelradar“

(Time Domain Reflectometer - TDR)

AA-520

Antennen-Analyzer (1 bis 520 MHz)

Bedienungsanleitung

Inhaltsverzeichnis

1. Beschreibung.....	3
2. Technische Daten.....	4
3. Vorsichtsmaßnahmen.....	5
4. Betrieb.....	6
4.1. Haupt-Menü	6
4.2. Ein- und Mehrpunkt-Messmodi.....	6
4.2.1. SWR-Modus	7
4.2.2. SWR2Air™ -Modus	7
4.2.3. MultiSWR™ -Modus.....	8
4.2.4. Übersicht –Modus.....	8
4.3. Graphische Modi	9
4.3.1. SWR-Graph.....	9
4.3.2. R,X-Graph.....	10
4.3.3. Speicheranwendungen	10
4.4. Grundeinstellungen.....	10
4.5. Computer-Anschluss	10
4.6. Laden des Akkumulators	11
4.7. Selbst-Test-Modus (Meter test)	11
5. Applikationen.....	12
5.1. Antennen	12
5.1.1. Prüfen einer Antenne	12
5.1.2. Abgleichen von Antennen.....	12
5.2. Koaxial-Kabel.....	13
5.2.1. Offene und kurzgeschlossene Kabel.....	13
5.2.2. Kabellängenmessung	13
5.2.3. Verkürzungsfaktor-Messung.....	15
5.2.4. Finden von Kabelfehlern.....	16
5.2.5. Herstellung von $\lambda/4$ -, $\lambda/2$ - und anderen Koaxial-Stubs.....	16
5.2.6. Bestimmung der Kenngröße Impedanz	17
5.3. Messung anderer Werte	19
5.3.1. Kapazitäten und Induktivitäten	19
5.3.2. Übertrager	20
5.4 HF Signal-Generator	20
6. Zeitbereichsreflektometrie – „Kabelradar“ (Time Domain Reflectometer - TDR).....	21
6.1. Theorie	21
6.2. Praxis	24

1. Beschreibung

Die RigExpert AA-230, AA-230PRO und AA-520 sind leistungsfähige Antennen-Analyzer, die entwickelt wurden, um Antennen und Antennen-Leitungen zu testen, prüfen, abzugleichen oder zu reparieren.

Graphische SWR- (Stehwellenverhältnis-) und Impedanz-Darstellungen sind Schlüsselmerkmale dieser Analyser. Sie reduzieren Zeit und Kosten beim Einstellen und Optimieren von Antennen signifikant.

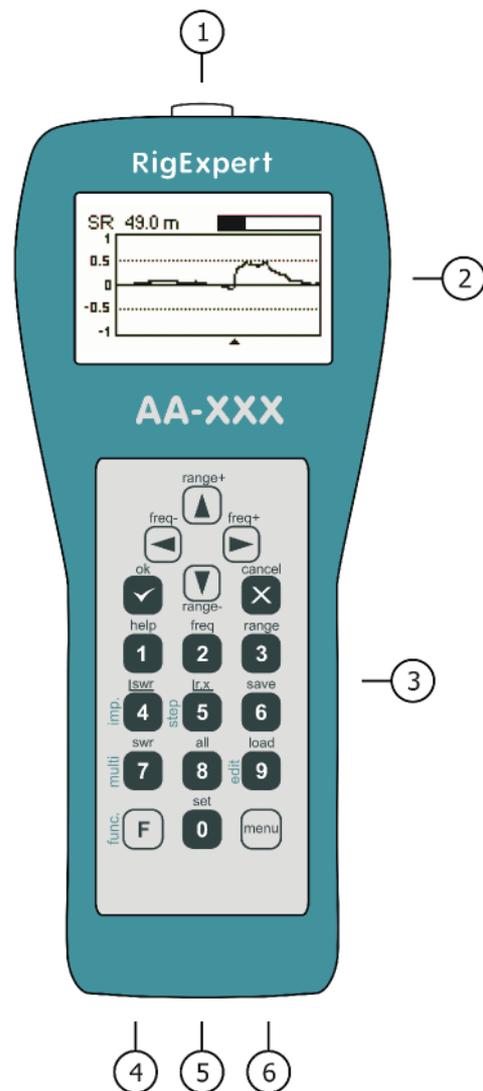
Leicht zu bedienende Messverfahren, sowie weitere Merkmale, wie die Datenspeicherung und die Möglichkeit einer Computeranbindung, machen RigExpert Analyser für Profis wie Amateure interessant.

Die neuen MultiSWR™ und SWR2Air™ Modi (nur AA-230 und AA-230PRO) sind bei solchen Analysern bisher einmalig.

Das in den AA-230PRO integrierte Kabelradar (Time Domain Reflectometer - TDR), eignet sich hervorragend zum Aufspüren von Kabelfehlern.

Die folgenden Aufgaben lassen sich mit einem RigExpert-Antennen-Analyser leicht realisieren:

- Schnell-Test von Antennen
- Resonanzabgleich von Antennen
- Vergleich von Antennencharakteristika vor und nach Ereignissen (Regen, Sturm, usw.)
- Herstellung von Koax-Stubs bzw. Messen ihrer Parameter
- Finden von Kabelfehlern
- Messungen an Baluns und anderen Transformatoren
- Bestimmung von Induktivitäten und Kapazitäten



1. Messbuchse
2. LCD-Anzeige
3. Tastatur
4. Ladegeräteanschluss (9 - 14 V, 500 mA Gleichspannung)
5. Einschalter
6. USB-Anschluss

2. Technische Daten

Frequenzbereich: AA-230, AA-230PRO 0,3...230 MHz, AA-520: 1...520 MHz

Anzeigemodi:

- Stehwellenverhältnis (SWR) auf einer oder mehreren Frequenzen
- SWR, R, X, Z, L, C auf einer Frequenz
- Graphische Darstellung des Verlaufs des Stehwellenverhältnisses (SWR-Graph)
- R-, X-Graph
- AA-230PRO: Impuls- und Treppen-Charakteristik-Darstellung
[der RigExpert AA-520 zeigt absolute Widerstandswerte]

Ein- und Mehr-Frequenzmessungen:

- Frequenz-Auflösung: 1 kHz
- Nur-SWR-Mode: einfach ablesbarer Balken
- SWR range: 1...10
- SWR-Anzeige für: AA-230, AA-230PRO: 25-, 50-, 75- und 100 Ohm-Systeme;
AA-520: 50 Ohm
- R-, X-Bereich: AA-230, AA-230PRO: 0...1000, -1000...1000 Ohm;
AA-520: 0...250, 0...250 Ohm

Graphische Darstellung des Verlaufs von SWR sowie R und X:

- 100-Punkte-Darstellung
- Auflösung: AA-230, AA-230PRO: 0,01...230 MHz
- AA-500: 0,1...520 MHz
- Frequenzauflösung: 1 kHz
- SWR-Bereich: 1...10
- SWR-Anzeige für: AA-230, AA-230PRO: 25-, 50-, 75- und 100 Ohm-Systeme;
AA-520: 50 Ohm
- R-, X-Bereich: AA-230, AA-230PRO: 0...200, -200...200 Ohm;
0...200, 0...200 Ohm
- 90 Speicherplätze zum Speichern und Wiederaufrufen der Graphen
- Voreinstellung für Amateurbänder

Kabelradar (Time domain reflectometer mode - -TDR) nur AA-230PRO:

- 100-Punkte-Darstellung
- Messung an 25-, 50-, 75- und 100 Ohm-Systemen
- Auflösung: ca. 20 cm (8")
- Max. Entfernung: ca. 300 m (1000 ft)
- Kabel-Verkürzungsfaktor: 0,5 ... 1
- 10 Speicherplätze zum Speichern und Wiederaufrufen der Graphen

HF-Ausgang:

- Messbuchse: UHF (PL); AA-520: N
- Ausgangsleistung: AA-230, AA-230PRO: typ. +10 dBm; AA-520: typ. +5 dBm

Energieversorgung:

- 4.8V, 1800 mA·h, Ni-MH Akkumulator
- Max. 3 Stunden Dauermessung
- Max. 2 Tage im Stand-by-Modus
- Extern 9...14V, 500 mA Ladestrom
- Ladezeit: 10...12 Stunden

Interface:

- 128 x 64 beleuchtetes graphisches LCD Display
- 6 x 3 wassergeschützte Eingabetasten
- Mehrsprachige Menüs und Hilfen
- USB-Anschluss zum PC

Abmaße: 230 x 100 x 55 mm (9·4·2")

Arbeitstemperatur: 0...40 °C (32...104 °F)

Masse: 650 g (23 Oz)

3. Vorsichtsmaßnahmen



Niemals den Analyzer bei Gewitter verwenden!
Blitze wie auch statische Aufladungen **könnten Sie töten**
oder den Analyzer zerstören



Niemals den Analyzer nach Beendigung der Untersuchung
angeschlossen lassen! Plötzliche Überspannungen, Gewitter
oder nahe gelegene Sender könnten ihn nachhaltig beschädigen.



Niemals ein HF-Signal in den Analyzer einspeisen.
Verwenden Sie den Analyzer nicht wenn aktive Sender in
unmittelbarer Nähe sind!



Vermeiden Sie statische Aufladungen während Sie ein Kabel
anschießen! Es wird empfohlen, die Kabel vor dem
Anschließen auf Masse zu legen.



Lassen Sie den Analyzer nicht im aktiven Modus eingeschalt-
et! Dadurch könnten Interferenzen in nahe gelegenen
Empfängern auftreten.



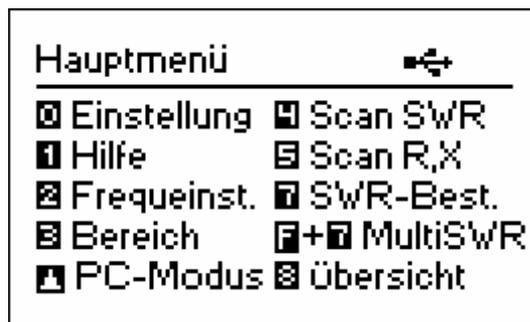
Beim Anschluss an einen PC erst das Antennenkabel
anschießen, dann den USB-Port verbinden. Das bewahrt den
Analyzer vor statischen Entladungen.

4. Betrieb

4.1. Haupt-Menü

Das Bildschirm-Menüsystem der Analyzer unterstützt auf einfache Weise die Steuerung des gesamten Gerätes.

Sobald der Analyzer eingeschaltet ist, erscheint das *Main menu (Hauptmenü)* auf dem LCD-Bildschirm:



Das *Hauptmenü* zeigt eine Kurzliste mit den wichtigsten Kommandos. Durch Drücken der entsprechenden Taste auf der Tastatur kann man den jeweiligen Mess-Modus sowie durch Drücken der **F**-Taste weitere Parameter auswählen.

Es werden zwei Symbole, die oben rechts auf dem *Hauptmenü*-Bildschirm dargestellt:

- Das *USB-Symbol*, wenn der Analyzer an den PC angeschlossen ist.
- Der *Lade-Indikator* erscheint, wenn ein Ladegerät an den Analyzer angeschlossen ist.

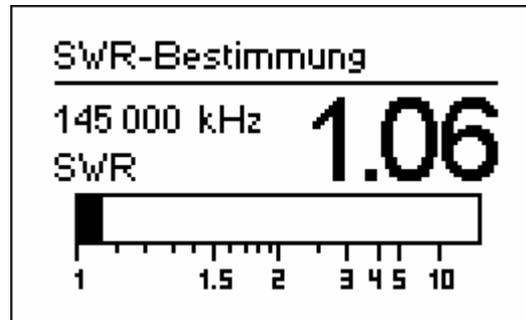
RigExpert-Analyzer sind selbstdokumentierend. Das bedeutet, dass durch Drücken der **H**-Taste ein Hilfemenü über die zur Verfügung stehenden Tasten im jeweiligen Modus Auskunft gibt.

4.2. Ein- und Mehrpunkt-Messmodi

Bei Einpunktmessungen werden verschiedene Parameter einer Antenne oder eines anderen Untersuchungsobjektes auf einer vorgegebenen Frequenz untersucht. In Mehrpunktmessverfahren werden verschiedene Frequenzen zur Untersuchung verwendet.

4.2.1. *SWR-Modus*

Im *SWR-Modus* (Taste **7** im *Hauptmenü*) wird das Stehwellenverhältnis (SWR) sowohl als Balken auch als numerischer Wert dargestellt:



Stellen Sie die gewünschte Frequenz ein (Taste **2**) oder wechseln Sie diese mit der linken bzw. rechten Pfeiltaste.

Durch Drücken auf die **ok**-Taste wird der Messvorgang gestartet oder beendet. So lange das Antennensymbol in der oberen rechten Ecke blinkt ist der Messvorgang aktiv.

Mit der Taste **0** lässt sich ein zusätzliches akustisches Signal ein- und ausschalten. Bei Aktivierung wird ein vom SWR abhängiger unterschiedlich langer Piepton ausgegeben (s. u.).

Ein Druck auf die Taste **1** zeigt eine Liste weiterer Kommandos.

4.2.2. *SWR2Air™-Modus*

Der RigExpert AA-230 sowie der AA-230PRO beherrschen den so genannten *SWR2Air™*-Modus. Er wurde speziell zum Abgleich von Antennen, die an langen Kabeln angeschlossen sind entwickelt.

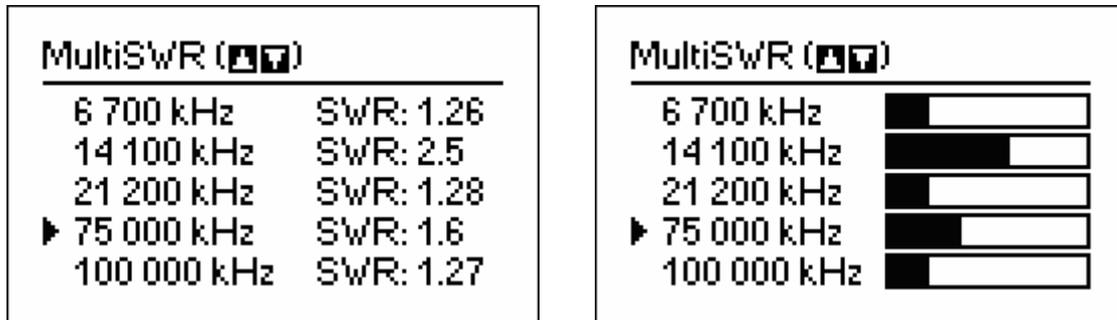
Bisher waren für diese Arbeiten mindestens zwei Personen nötig: Eine die die Veränderungen an der Antenne vornimmt und eine weitere, die am anderen Ende des Kabels dauernd das Stehwellenverhältnis beobachtet und dann der ersten Person mitteilt.

Durch den *SWR2Air™*-Modus besteht nun die Möglichkeit den Abgleich ganz alleine durchzuführen. Die Ergebnisse der Messung werden einfach auf einer festgelegten Frequenz per Funk übertragen und mit einem HF- oder VHF-Empfänger angehört. Die Länge des Tonsignals entspricht dem Resultat der jeweiligen SWR-Bestimmung.

In die *SWR2Air*-Option gelangt man aus dem *SWR-Modus* durch Drücken der Tastenkombination **F** + **OK**. Mit **F** + **2** ist die Frequenz, auf der das Tonsignal für die SWR-Messung übertragen werden soll einstellbar.

4.2.3. MultiSWR™-Modus

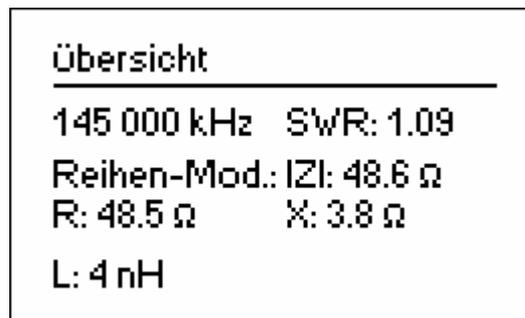
Die RigExpert Antennen-Analyzer sind in der Lage, die Stehwellenverhältnisse auf bis zu fünf verschiedenen Frequenzen gleichzeitig zu erfassen und anzuzeigen.



Dieses Feature bietet sich zum Abgleich von Multibandantennen an. Mit den Auf- und Ab-Tasten können die Frequenzen eingestellt oder geändert werden. Durch Drücken der **0**-Taste wird zwischen numerischer und Balkendarstellung gewechselt.

4.2.4. Übersicht-Modus

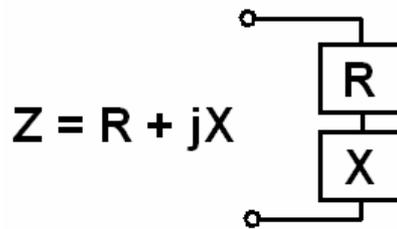
Im *Übersicht*-Modus (**8**-Taste) werden alle Parameter des angeschlossenen Messobjektes auf einer Anzeige zusammengefasst. Hauptsächlich das SWR und $|Z|$ (Betrag der Impedanz); wobei sowohl der Realteil der Impedanz (R) wie auch ihre Blindkomponente (X) explizit dargestellt werden. Ferner werden die entsprechende Induktivität (L) bzw. Kapazität (C) angezeigt:



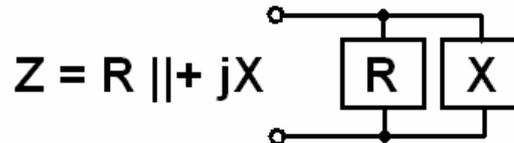
[Bitte beachten, der RigExpert AA-520 zeigt absolute Beträge der Widerstandswerte, $|X|$.]

Für diesen Modus muss das entsprechende Impedanzschaltungs-Modell im Einstellungsmenü ausgewählt werden (*Reihen*- oder *Parallel*-Schaltung):

- Im Reihenmodell wird die Impedanz als Reihenschaltung von Widerstand und Blindwiderstand ausgedrückt:



- Im Parallelmodell wird die Impedanz als Parallelschaltung von Widerstand und Blindwiderstand ausgedrückt:

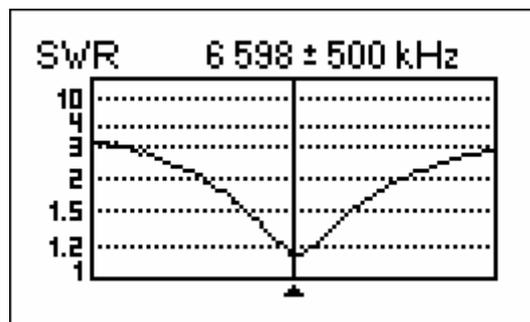


4.3. Graphische Modi

Ein Schlüsselmerkmal der RigExpert Antennen-Analyzer besteht darin, die einzelnen Parameter grafisch darstellen zu können. Besonders wertvoll ist diese Art der Darstellung, wenn Abhängigkeiten der zu untersuchenden Größen innerhalb des vorgegebenen Frequenzbereiches sichtbar werden sollen.

4.3.1. SWR-Graph

Im *SWR-Graph* -Modus (Drücken von **4** im Hauptmenü), wird der Verlauf des Stehwellenverhältnisses im ausgewählten Frequenzbereich dargestellt:



Sie können entweder die gewünschte Mittenfrequenz einstellen (**2**-Taste) oder den Scanbereich (Taste **3**) festlegen. Mit den Pfeiltasten können die Parameter ebenfalls festgelegt bzw. geändert werden.

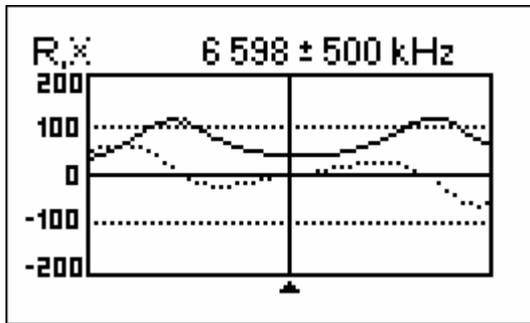
Durch Drücken von **ok** wird die Anzeige aktualisiert.

Mit **0** wird eine Liste mit Amateurbändern geöffnet, um die Mittenfrequenzen und Scanbereiche schnell einstellen zu können. Diese Taste erlaubt einen Überblick über den vom Gerät unterstützten Frequenzbereich.

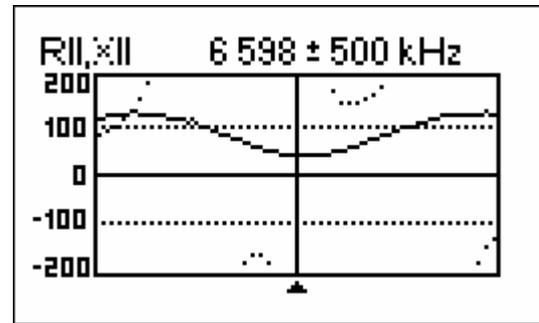
Ein Druck auf die Taste **1** zeigt eine Liste weiterer Kommandos für diesen Modus.

4.3.2. R,X-Graph

Im *R,X Graph*-Modus (**5**-Taste im Hauptmenü) werden die Werte von R (Realteil der Impedanz) und X (Blindanteil) in Abhängigkeit von der Frequenz als Voll- und gepunktete Linie dargestellt.



R,X Graph - Reihenmodell



R||,X|| Graph - Parallelmodell

In diesen Darstellungen bedeuten positive Werte des Blindwiderstandes (X) induktive Last, negative Werte kapazitive Last. Bitte beachten Sie die unterschiedlichen Darstellungen wenn das Reihen- oder Parallelmodell Menü *Einstellungen* gewählt wurde.

[Bitte beachten, der RigExpert AA-520 zeigt absolute Beträge der Widerstandswerte, |X|.]

4.3.3. Speichieranwendungen

In den Betriebsarten *SWR-Graph* und *R,- Graph* besteht die Möglichkeit, die Darstellungen zu speichern (Taste **6**). Später können Sie diese mit **9** vom jeweiligen Speicherplatz wieder aufgerufen werden.

Die Tastenkombination **F** + **9** öffnet einen Editor mit dem die Speicherplätze benannt werden können.

4.4. Grundeinstellungen

In den *Grundeinstellungen* (**0**-Taste im Hauptmenü) sind verschiedenste Einstellungen des Analyzers möglich. Durch erneutes Drücken von **0** gelangt man zu weiteren Einstellungen.

Das Sub-Menü „Frequenzkorrektur“ erlaubt die Korrektur der internen VFO-Frequenz (in ppm- [parts per million] Einheiten). Das Anti-RF-feature [nur AA-520] kann genutzt werden um die HF-Festigkeit zu verbessern (wenn beispielsweise ein starker Sender in der Nähe ist).

4.5. Computer-Anschluss

Die RigExpert Antennen-Analyzer können an einen PC angeschlossen werden. Damit ist es möglich die Messwerte komfortabel anzuzeigen, Screen-Shots zu machen und Firmware-Updates des Analyzers durchzuführen.

Ein konventionelles USB-Kabel ist zum Anschluss ausreichend. Die notwendige Software ist auf der beigelegten CD enthalten. Lesen Sie das *Software-Manual* für Details.

4.6. *Laden des Akkumulators*

Verwenden Sie ein Steckernetzteil oder irgend eine andere Gleichspannungsquelle 9 ... 14 V als externes Ladegerät für den eingebauten Ni-MH-Akkumulator. Ein Kabel für den Zigarettenanzünder im Auto kann ebenfalls verwendet werden.

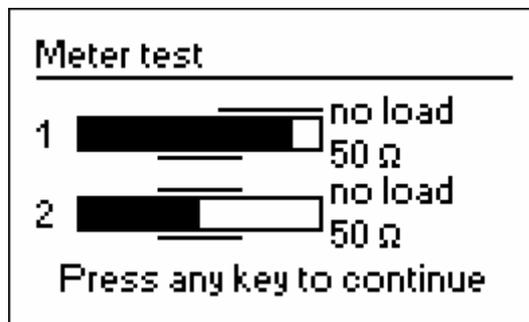
Sie können das Ladegerät während der Arbeiten mit dem Analyzer angeschlossen lassen.

Bei erstmaliger Aufladung sollte diese 10 ... 12 Stunden dauern.

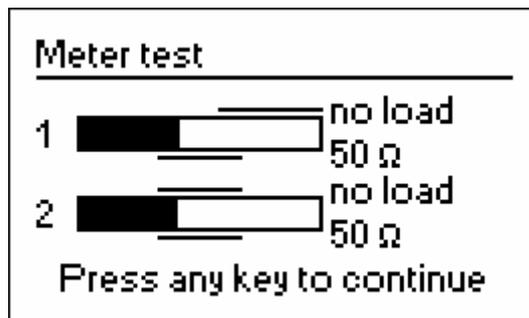
Wenn der Akku geladen ist, wird er warm. Deshalb ist es besser, ihn bei Erwärmung vom Ladegerät zu trennen. Längeres Laden als 10 ... 12 Stunden sollte vermieden werden.

4.7. *Selbst-Test-Modus (Meter test)*

Dieser Modus wurde entwickelt, um sowohl den HF-Ausgang als auch die beiden HF-Detektoren des Analyzers zu testen. Man gelangt durch Drücken von **3** im zweiten Fenster des Einstellungsmenüs in diesen Modus. Wenn an die Mess-Buchse nichts angeschlossen ist, sollte das Display wie im nachstehenden Bild aussehen:



Mit 50-Ohm-Last sollten die beiden Balken den gleichen Ausschlag zeigen:



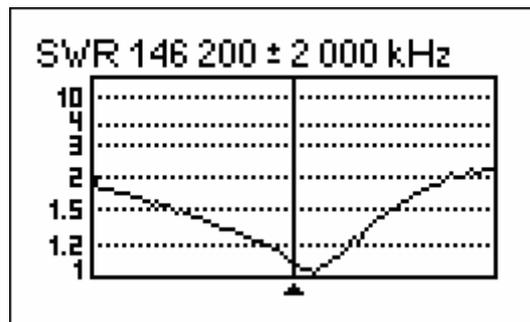
Wenn die Balken überhaupt nicht ausschlagen, arbeiten die Ausgangsstufe und/oder der HF-Detektor nicht korrekt.

5. Applikationen

5.1. Antennen

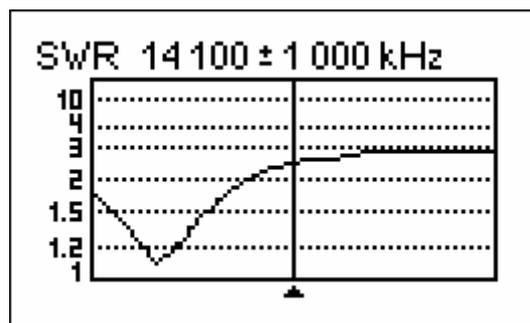
5.1.1. Prüfen einer Antenne

Es empfiehlt sich, die Antenne vor dem Anschluss an die Funkanlage zu überprüfen. Der *SWR-Graph* –Modus eignet sich dazu:



Das obige Bild zeigt den Graph des Stehwellenverhältnisses einer vertikalen VHF Antenne, die über 40 m Kabel angeschlossen ist. Die Arbeitsfrequenz liegt bei 146,2 MHz. Das SWR auf dieser Frequenz beträgt etwa 1,1, was akzeptabel ist.

Die nächste Darstellung zeigt einen SWR-Graph eines einfachen Dipols, der für eine Arbeitsfrequenz von 14,1 MHz entwickelt wurde:



Die tatsächliche Resonanzfrequenz liegt bei 13,4 MHz. Sie liegt somit zu weit weg von der Arbeitsfrequenz. Das SWR auf 14,1 MHz beträgt etwa 2,5, was in vielen Fällen nicht zu akzeptieren ist.

5.1.2. Abgleichen von Antennen

Wenn eine Messung ersichtlich machte, dass die Resonanzfrequenz der Antenne außerhalb des gewünschten Bereichs liegt, kann der Analyzer beim Abgleich helfen.

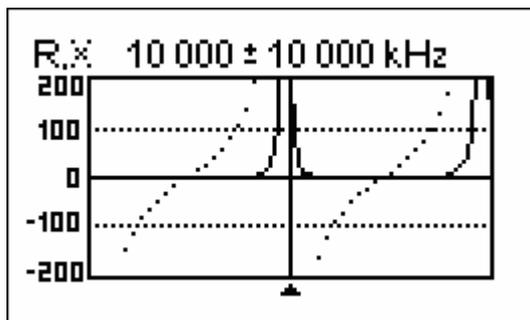
Die geometrischen Abmessungen einfacher Antennen (z. B. Dipole) können nach einfachen Faustregeln geändert werden, um auf die gewünschte Resonanzfrequenz zu kommen.

Andere Antennentypen erfordern mehr Aufwand als das bloße Ändern der Länge eines Elementes (wie Spulen Filter usw.). Hier hilft der *SWR*-Modus oder “*Show all*” – Modus mit kontinuierlicher Anzeige der Parameter weiter.

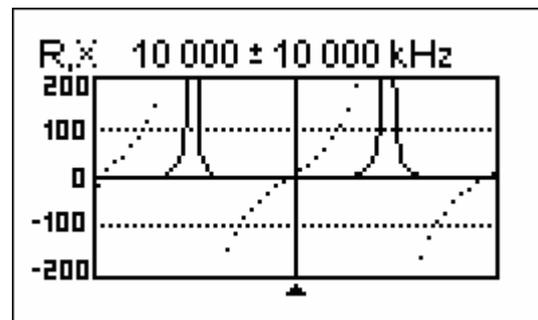
Für den Abgleich von Multi-Band-Antennen empfiehlt sich der Multi *SWR*-Modus. In diesem Modus erkennt man sofort den Einfluss der Veränderung des jeweiligen Abstimmelementes (Trimmkondensator, Spule, physikalische Länge des Antennenelements) auf das Stehwellenverhältnis in anderen Bändern – auf bis zu fünf Frequenzen gleichzeitig.

5.2. Koaxial-Kabel

5.2.1. Offene und kurzgeschlossene Kabel



Offenes Kabel



Kurzgeschlossenes Kabel

Die obigen Bilder zeigen die Graphen von *R* und *X* für Kabelstücke mit offenen und kurzgeschlossenen Enden. *Resonanzfrequenzen* sind die Nulldurchgänge der *X*-Kurve (gepunktete Linie):

- Bei Kabeln mit offenen Enden liegen die Resonanzfrequenzen (von links nach rechts) bei $1/4$, $3/4$, $5/4$ usw. der Wellenlänge dieses Kabels.
- Bei Kabeln mit kurzgeschlossenen Enden liegen diese Punkte bei $1/2$, 1 , $3/2$ usw. der Wellenlänge.

5.2.2. Kabellängenmessung

Die Resonanzfrequenz eines Kabels hängt von seiner Länge und seinem Verkürzungsfaktor ab.

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$$

ε – relative Dielektrizitätszahl des als Dielektrikum verwendeten Isolierstoffes

Anders ausgedrückt, der *Verkürzungsfaktor* kennzeichnet das Verhältnis der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit im Kabel gegenüber der im Vakuum.

$$V = \frac{v}{c}$$

v – Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle im Isolierstoff des Kabels

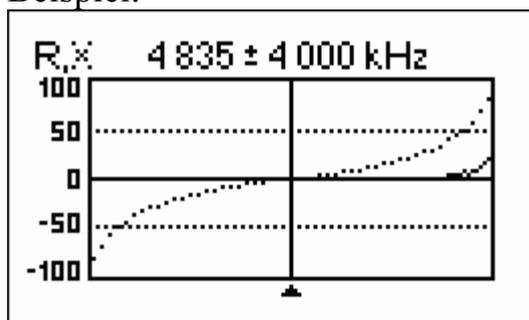
Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen (z. B. auch Licht) ist eine *Naturkonstante*: $c = 299792458$ m/s. Dieser Wert gilt für Vakuum. In anderen Medien ist diese Ausbreitungsgeschwindigkeit geringer. Das Verhältnis dieser Ausbreitungsgeschwindigkeiten wird durch den Verkürzungsfaktor V ausgedrückt.

Jeder Kabeltyp hat einen anderen Verkürzungsfaktor. RG-58 z. B. hat $V = 0,66$. Jeder Kabeltyp hat einen anderen Verkürzungsfaktor. RG-58 z. B. hat $V = 0,66$. Der Verkürzungsfaktor ist sowohl vom Herstellungsprozess als auch vom eingesetzten Material abhängig.

Um die physikalische Länge eines Kabels zu bestimmen gehen Sie wie folgt vor:

1. Bestimmen Sie die Resonanzfrequenz durch Einpunktmessung oder aus dem R,X-Graph.

Beispiel:



Die Viertelwellen- Resonanzfrequenz eines offenen Stücks RG-58-Kabels beträgt 4835 kHz

2. Bei Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit c und des Verkürzungsfaktors des jeweiligen Kabeltyps kann die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle in diesem Kabel bestimmt werden. $v = c \cdot V$

Beispiel:

$$299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,66 = 197863022 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3. Die Berechnung der physikalischen Länge des Kabels erfolgt durch die Division von Ausbreitungsgeschwindigkeit im Kabel durch Resonanzfrequenz (in Hz) sowie Multiplikation des Ergebnisses mit der Zahl, wo sich diese Resonanzfrequenz befand ($1/4$, $1/2$, $3/4$, 1 , $5/4$ usw.)

$$l = \frac{v}{f} \cdot n$$

l – Kabellänge, f – Frequenz in Hz, n – s. Text

Beispiel:

$$\frac{197863022 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4835000 \frac{1}{\text{s}}} \cdot \frac{1}{4} = 10,23 \text{m} \quad \left(1 \text{Hz} = \frac{1}{\text{s}} \right)$$

(Die tatsächliche Länge betrug im Beispiel 10,09 m, was etwa 1% vom berechneten Ergebnis abweicht.)

5.2.3. Verkürzungsfaktor-Messung

Bei Kenntnis der Resonanzfrequenz und der physikalischen Länge des kann der aktuelle Wert des Verkürzungsfaktors leicht bestimmt werden:

1. Ermitteln der Resonanzfrequenz wie oben beschrieben.

Beispiel:

10,09 m offenes Kabel.

Die Resonanzfrequenz beträgt 4835 kHz am 1/4-Wellen-Punkt.

2. Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit in diesem Kabel. Division der Kabellänge durch 1/4, 1/2, 3/4 usw. (Abhängig von der Lage der Resonanzfrequenz), danach Multiplikation mit dieser Frequenz (in Hz).

$$v = \frac{l}{n} \cdot f$$

l – Kabellänge, f – Frequenz in Hz, n – s. Text

Beispiel:

$$\frac{10,09 \text{ m}}{\frac{1}{4}} \cdot 4835000 \frac{1}{\text{s}} = 195140600 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \left(1 \text{Hz} = \frac{1}{\text{s}} \right)$$

3. Zuletzt wird der Verkürzungsfaktor bestimmt. Hierzu muss lediglich die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Kabel durch die im Vakuum (c) dividiert

werden. $V = \frac{v}{c}$

Beispiel:

$$\frac{195140600 \frac{m}{s}}{299792458 \frac{m}{s}} = 0,65$$

5.2.4. Finden von Kabelfehlern

Um Kabelfehler aufzuspüren, werden die gleichen Methoden wie bei der Längenbestimmung angewendet. Betrachten Sie den Blindwiderstand (X) in der Nähe des Nulldurchganges:

- Bewegt er sich von $-\infty$ bis 0, ist das Kabel offen (z. B. gerissen).
- Liegt er zwischen 0 und $+\infty$, ist das Kabel kurzgeschlossen.

5.2.5 Herstellung von $\lambda/4$ -, $\lambda/2$ - und anderen Koaxial-Stubs

Koaxialkabel-Stücke mit bestimmter elektrischer Länge werden häufig als Komponenten von Baluns, Anpassleitungen oder Umwegleitungen verwendet.

Um einen Stub mit einer bestimmten elektrischen Länge herzustellen, geht man wie folgt vor:

1. Bestimmung der mechanischen Länge des Kabelstücks: Division der Lichtgeschwindigkeit durch die Arbeitsfrequenz in Hz (1/s). Multiplikation dieses Wertes mit dem Verkürzungsfaktor und der gewünschten Stublänge (in

Teilen von λ). $l = \frac{c}{f} \cdot V \cdot n$

Beispiel:

1/4- λ Stub für 28,2 MHz, Kabel ist RG-58 (Verkürzungsfaktor ist 0,66)

$$\frac{299792458 \frac{m}{s}}{28200000 \frac{1}{s}} \cdot 0,66 \cdot \frac{1}{4} = 1,75m$$

2. Schneiden Sie das Kabelstück etwas länger als berechnet ab. Schließen Sie es an den Analyzer an. Das Kabel muss sich wie ein Kabel mit offenem Ende in der Nähe von $1/4\lambda$, $3/4\lambda$ usw. verhalten und kurzgeschlossen, wie eins für $1/2\lambda$, λ , $3/2\lambda$ usw.

Beispiel:

Ein Kabelstück von 1,85 m wird abgeschnitten. Die Zugabe beträgt 10 cm. Es bleibt am Ende offen.

3. Bringen Sie den Analyzer in den *Show all*-Modus. Stellen Sie am Analyzer die gewünschte Frequenz ein.

Beispiel:

28200 kHz wird eingestellt.

4. Schneiden Sie kleine Stücke (1/10 bis 1/5 der Längenzugabe) vom offenen Ende ab und beobachten Sie dabei die Nulldurchgänge von X.

Beispiel:

11 cm werden letztlich abgeschnitten.

5.2.6. Bestimmung der Kenngröße Impedanz

Die *Impedanz* ist einer der wesentlichen Parameter eines Koaxialkabels. Normalerweise ist die Kabelart aufgedruckt und man kann diese Größe in den Unterlagen der Hersteller nachlesen. Wie auch immer, in machen Fällen ist die Impedanz eines Kabels unbekannt oder in Frage gestellt.

Um die Impedanz eines Kabels zu bestimmen, geht man wie folgt vor:

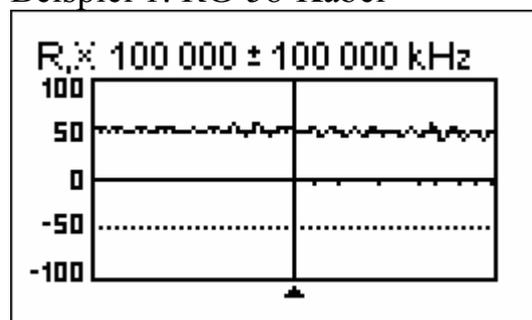
1. Schließen Sie einen induktionsfreien Widerstand an das Kabelende an. Der genaue Wert ist unkritisch, sollte aber zwischen 50 und 100 Ohm liegen.

Beispiel 1: RG-58-Kabel mit 51 Ohm Widerstand am entfernten Ende.

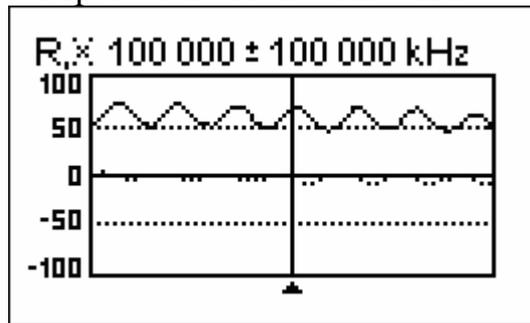
Beispiel 2: Unbekanntes Kabel mit 51 Ohm Widerstand am Ende.

2. Stellen Sie den *R,X Graph* -Modus ein und machen Sie eine Messung über den ganzen Frequenzbereich.

Beispiel 1: RG-58-Kabel



Beispiel 2: Unbekanntes Kabel



3. Wechseln Sie den Anzeigebereich so lange und führen Sie weitere Scans durch, bis Sie eine Frequenz finden, an der R (Volllinie) sein Maximum erreicht und eine weitere Frequenz mit seinem Minimum. An diesen Punkten schneidet X (gepunktete Linie) die Nulllinie.

Beispiel 1: 6,5 MHz - max., 12,25 MHz - min.

Beispiel 2: 13,25 MHz - max., 29,5 MHz - min.

4. Wechseln Sie in den *Show all*-Modus und bestimmen Sie die Werte von R an den zuvor bestimmten Frequenzen.

Beispiel 1: 54,4 Ohm - max., 51,1 Ohm - min.

Beispiel 2: 75,2 Ohm – max., 52,1 Ohm - min.

5. Bestimmen Sie jeweils das geometrische Mittel, indem Sie die Quadratwurzel aus dem Produkt der jeweiligen Werte ziehen.

$$\text{Beispiel 1: } \sqrt{54,4\Omega \cdot 51,1\Omega} = 52,7 \Omega$$

$$\text{Beispiel 2: } \sqrt{75,2\Omega \cdot 52,1\Omega} = 62,6 \Omega$$

5.3. Messung anderer Werte

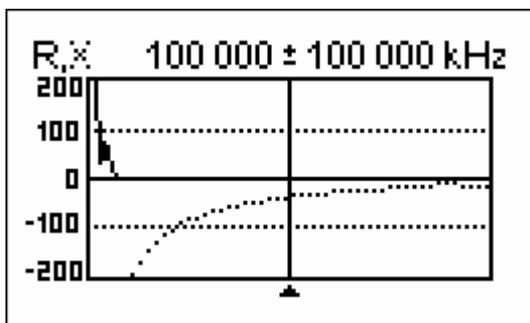
Normalerweise wurde der Analyzer zur Verwendung mit Antennen und Antennenleitungen entwickelt. Er ist aber auch für die Messung an anderen HF-Bauelementen geeignet.

5.3.1. Kapazitäten und Induktivitäten

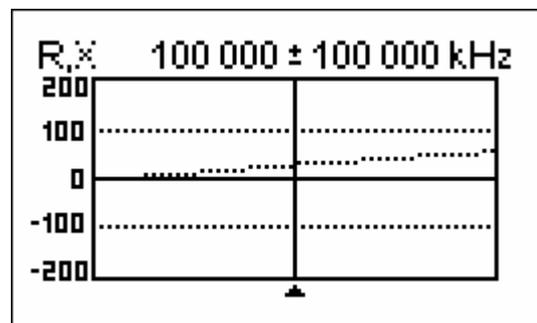
Ein RigExpert Analyzer kann Kapazitäten von ein paar pF bis zu 1 μ F wie auch Induktivitäten von einigen nH bis zu 100 μ H messen.

Beachten Sie, dass die Kondensatoren und Spulen so kurz wie möglich an die Messbuchse angeschlossen werden müssen.

1. Wählen Sie den R,X Graph -Modus ein und machen Sie eine Messung über den ganzen Frequenzbereich (0 bis 200 MHz).

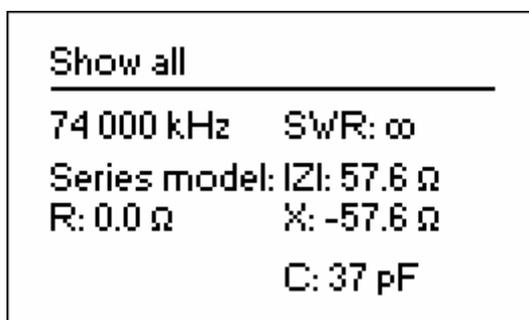


Beispiel 1:
Unbekannter Kondensator

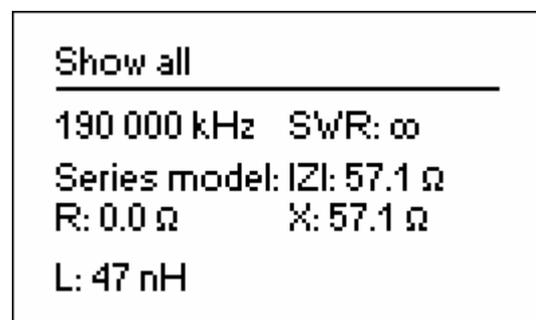


Beispiel 2:
Unbekannte Spule

2. Mit der rechten oder linken Pfeiltaste ändern Sie die Frequenz so lange, bis X im Bereich -25...-100 Ohm bei Kondensatoren bzw. 25...100 Ohm bei Spulen liegt. Ändern Sie gegebenenfalls den Messbereich.
3. Wechseln Sie in den *Übersicht*-Modus und lesen Sie den Wert der Kapazität oder der Induktivität ab.



Beispiel 1:
Unbekannter Kondensator



Beispiel 2:
Unbekannte Spule

5.3.2. Übertrager

Der Antennen-Analyzer kann zur Prüfung von HF-Übertragern (z. B. Baluns) verwendet werden. Schließen Sie einfach einen 50 Ohm Widerstand (für 1:1 Übertrager) an die Sekundärwicklung an. Verwenden Sie den *SWR Graph*- oder den *R,X Graph*-Modus um das Frequenzverhalten des Übertragers zu untersuchen. Für andere als 1:1-Übertrager wählen Sie entsprechende Widerstände und verfahren Sie sinngemäß.

5.4 HF Signal-Generator

Der Ausgangspegel beträgt etwa +10 dBm (an 50 Ohm Last). Deshalb kann der Analyzer als Signalquelle für verschiedenste Anwendungen dienen. Wählen Sie hierzu den *SWR*-Modus oder den *Show all*-Modus, drücken Sie **ok** zum Start, danach drücken Sie die **2**-Taste um ein ununterbrochenes HF-Signal zu erzeugen

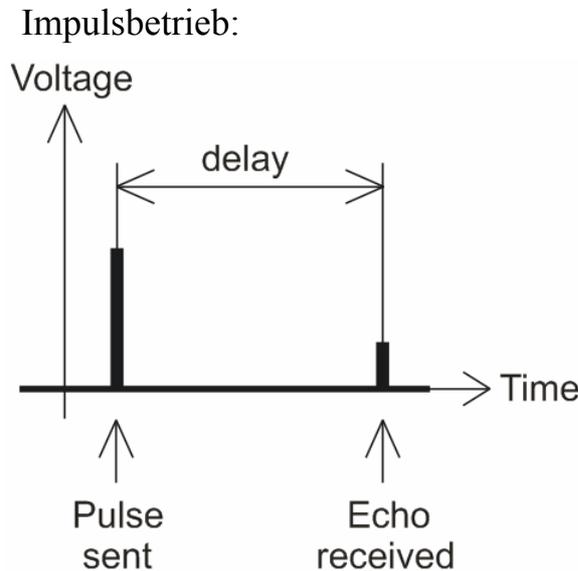
6. Zeitbereichsreflektometrie – „Kabelradar“ (Time Domain Reflectometer - TDR)

[Dieser Modus ist nur beim AA-230PRO verfügbar]

6.1. Theorie

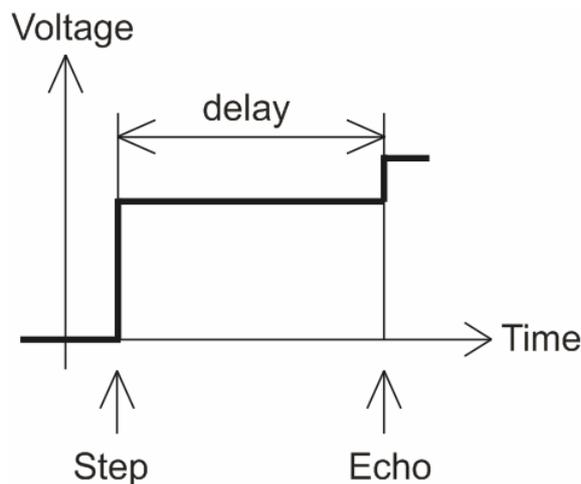
Die Zeitbereichsreflektometrie - im deutschen Sprachraum als „Kabelradar“ bekannt - wird zur Lokalisation von Kabelfehlern verwendet.

Ein kurzer Impuls wird in das Kabel eingespeist. Die Signalflanke breitet sich über das Medium aus und wird am anderen Ende oder an Störungsstellen reflektiert. Das gesendete Signal wird mit dessen Reflexion verglichen. Bei Kenntnis der Verzögerung zwischen den beiden, der Lichtgeschwindigkeit und des Kabelverkürzungsfaktors kann die Fehlerentfernung (DTF distance-to-fault) bestimmt werden. Amplitude und Form der reflektierten Impulse geben Aufschluss über die Art des Fehlers.



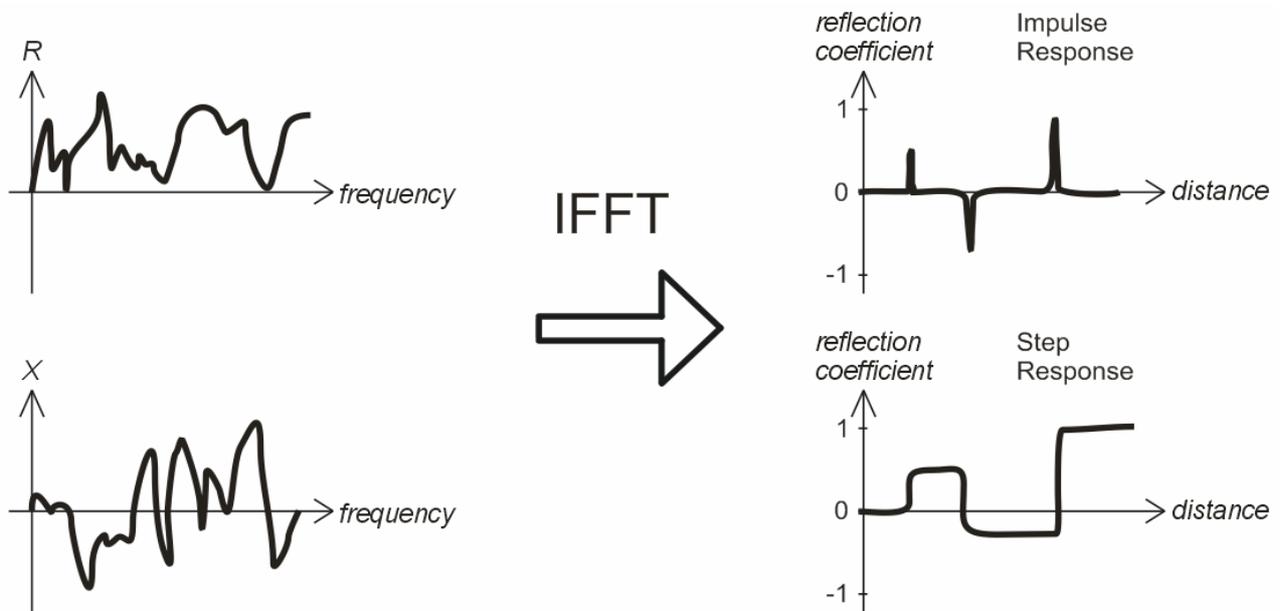
Anstatt eines kurzen Impulses kann eine „Treppe“ über das Kabel geschickt werden.

„Treppen“-Kurve (Sprungfunktion):



Entgegen vielen anderen kommerziell verfügbaren Reflektometern schickt der RigExpert AA-230PRO keine Impulse ins Kabel. Es wird ein anderes Verfahren eingesetzt.

Zuerst werden R und X (der Real- und der Imaginärteil der Impedanz) über den gesamten Frequenzbereich (bis zu 230 MHz) gemessen. Dann wertet eine IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)^{*)} diese Daten aus. Als ein Ergebnis werden sowohl Impuls- als auch Sprungfunktions-Charakteristik berechnet.

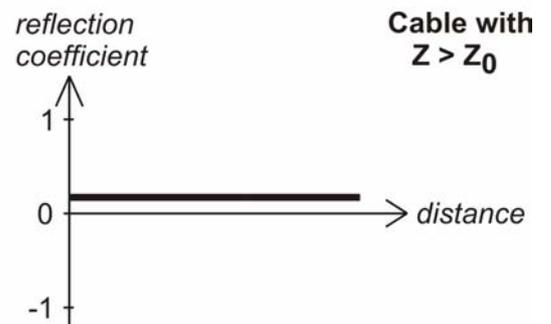
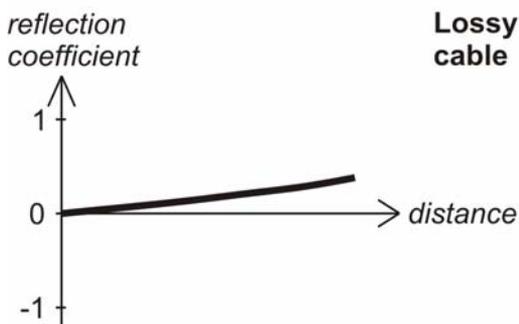
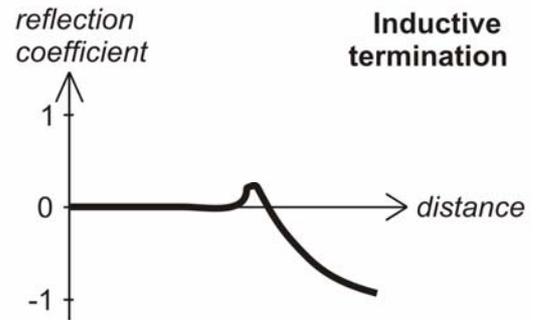
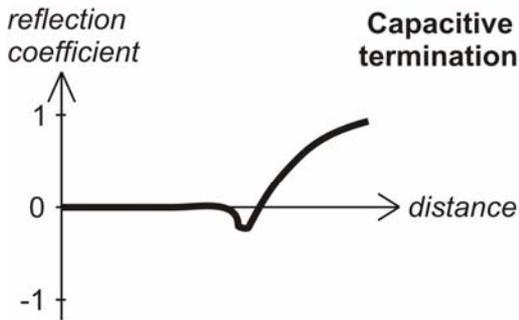
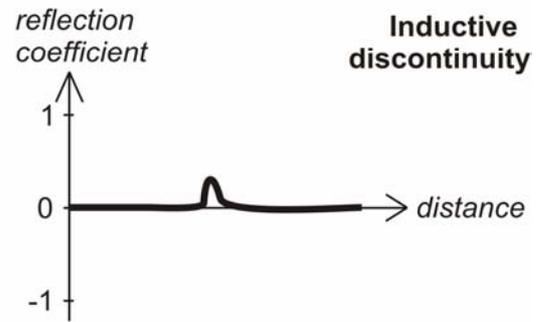
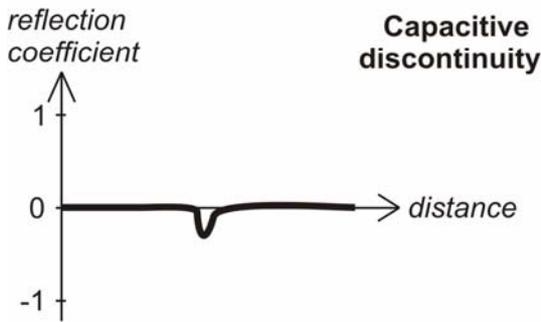
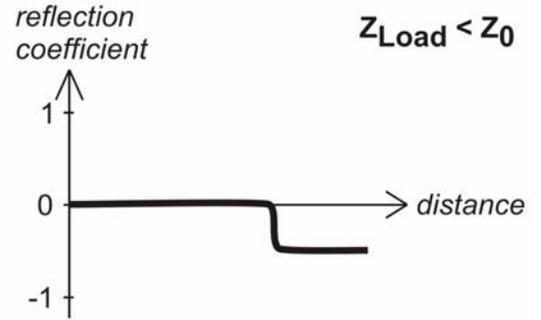
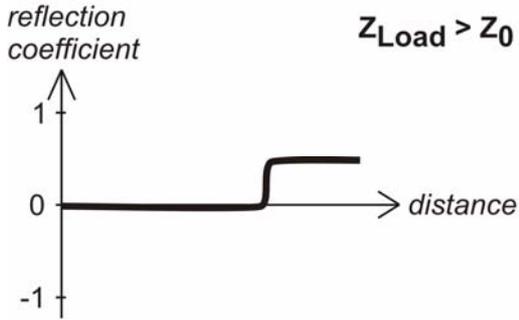
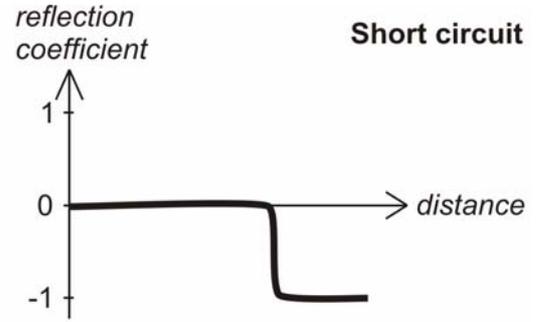
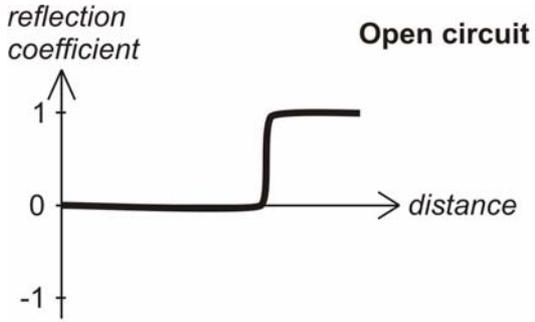


Die Ordinatenachse des berechneten Graphen gibt den Reflexions-Koeffizient an: $\Gamma = -1$ für Kurzschluss, 0 für Anpassung ($Z_{\text{Load}} = Z_0$), oder $+1$ für Unterbrechung. Bei Kenntnis des Kabelverkürzungsfaktors gibt die Abszissenachse Aufschluss über die Entfernung.

Ein oder mehrere Fehler können so graphisch dargestellt werden. Während sich die Impuls-Darstellung für die Bestimmung der Entfernung eignet, gibt die „Treppen“-Charakteristik (Sprungfunktion) besseren Aufschluss über die Fehlerart.

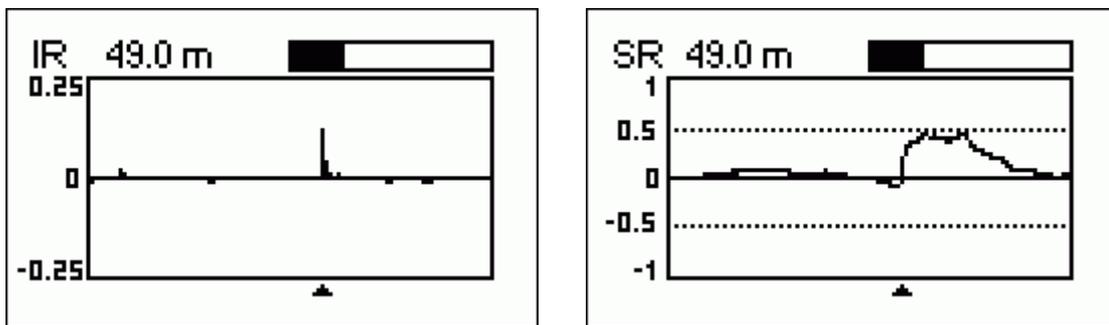
Die folgenden Darstellungen zeigen typische „Treppen“-Charakteristiken.

*) IFFT ist die Abkürzung für die Umkehrfunktion zur schnellen Fourier-Transformation (FFT). Sie wandelt/transformiert ein Signal vom Frequenzbereich zurück in den Zeitbereich.



6.2. Praxis

Drücken Sie **F** + **4** oder **F** + **5** zum Öffnen der Impulscharakteristik- (Impulse Response - IR) oder Treppencharakteristik- (Step Response - SR) Darstellung.



Impuls- und Treppen-Charakteristik-Darstellung

Charakteristische Impedanzen und Kabel-Verkürzungsfaktoren sowie die Maßeinheiten (Meter oder Fuß) in den *Grundeinstellungen* festgelegt werden.

Die **ok**-Taste startet eine neue Messung, die ca. 45 Sekunden dauert. Man kann die Antenne angeschlossen lassen oder trennen. Das verändert nur das Verhalten am Kabelende und die graphische Darstellung an dieser Stelle.

Verwenden Sie die Pfeiltasten um den Cursor zu bewegen oder den Display-Bereich zu ändern. Beachten Sie den Navigationsbalken am rechten oberen Ende des Bildschirms. Hier ist zu sehen, welcher Teil des Graphen dargestellt wird.

Die Taste **6** startet eine Messung, deren Ergebnis in einem der 10 Speicher abgelegt wird.

Mit **9** sind die gespeicherten Daten wieder abrufbar.

Die Kombination **F** + **9** erlaubt das Editieren von Speichernamen.

Wie gehabt gelangt man auch in diesem Modus über die Taste **1** in ein Hilfe-Menü.

RigExpert AA-230/AA-230PRO/AA-520:

This device complies with Part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense

Copyright © 2007-2009 Rig Expert Ukraine Ltd.

<http://www.rigexpert.com>

Deutsche Ausgabe: © 2007 - 2009 R. Piehler, MixW RigExpert_{Deutschland}

<http://www.rigexpert.de>

RigExpert is a registered trademark of Rig Expert Ukraine Ltd.

10-Oct-2009, firmware ver. 304