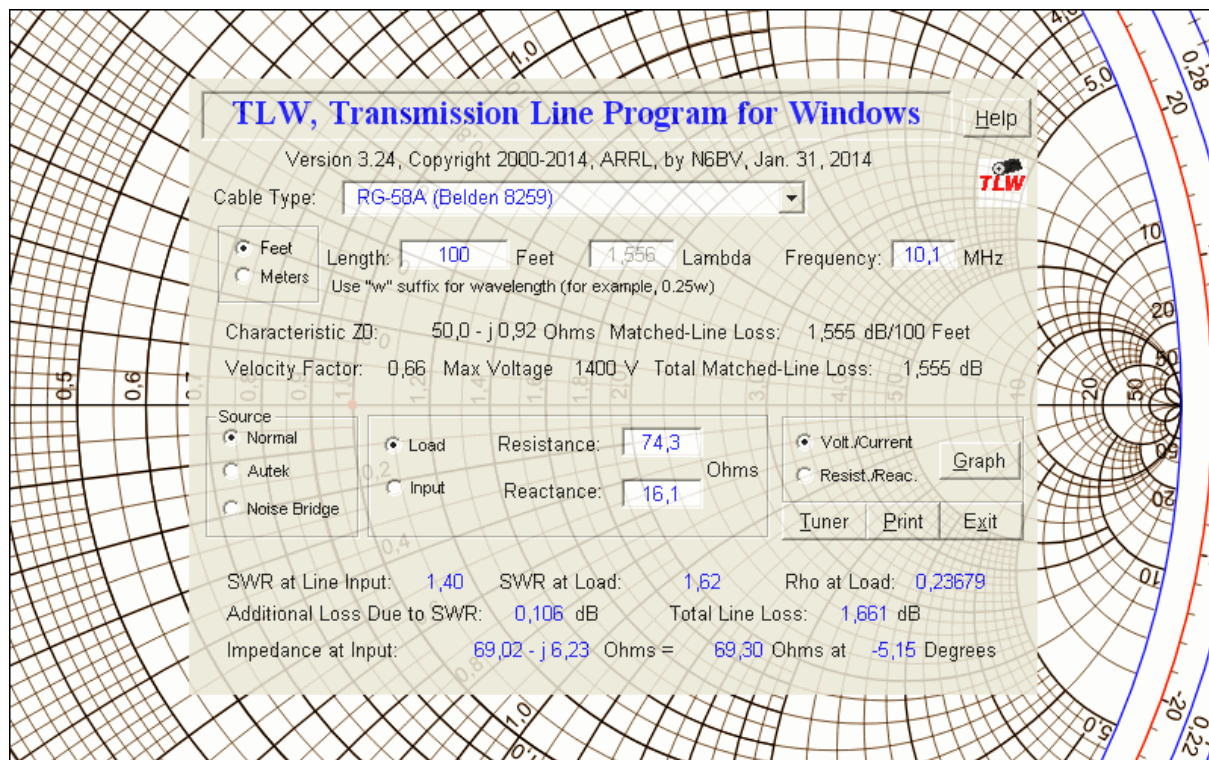


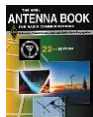
TLW Transmission Line for Windows

Version 3.24, February 7, 2014

Copyright ARRL, 2002-2014, by R. Dean Straw, N6BV



Es gibt zahlreiche Hilfsprogramme für den Antennenbauer, mit denen man recht gut rechnen kann, um zu sehen, was auf der Übertragungsstrecke von der Antenne zum Shack oder was der Antennentuner im Shack leisten muss oder aus der Ferne am Einspeisepunkt der Antenne passiert.



TLW [*Transmission Line for Windows*] ist ein tolles kleines Programm. Es ist eine kompakte, einfach zu bedienende Software, die auf der CD des AARRL Antennenhandbuchs enthalten ist.

Wenn wir eine Übertragungsleitung zwischen Antenne und Shack haben, letzteres ist für uns oft der „Messpunkt“, gibt es nur eine Bedingung, unter der wir die Impedanz der Leitung am Shackende mit guter Genauigkeit bestimmen können. Diese Bedingung ist, dass der Antennenspeisepunkt perfekt auf die verwendete Leitung abgestimmt ist. Selbst dann, wenn wir bei der Berechnung nicht alle Komponenten genau bestimmen können, bekommen wir den Leitungsverlust bei der verwendeten Frequenz berechnet. Meistens haben wir keine perfekte Übereinstimmung zwischen Antennen und Übertragungsleitung, und jeder kleine Unterschied zwischen der Leitung und der Antenne erhöht die Unsicherheit über die Impedanz an unserem Messpunkt.

Jede Veränderung, die wir am Antennenende der Übertragungsleitung auslösen, kann entlang der gesamten Leitung berechnet werden.

Dies umfasst nicht nur die Impedanzänderungen entlang der Leitung, sondern auch die Verluste und die Auswirkungen dieser Verluste auf die Impedanz, die am Ende im Shack auftreten.

Kurz gesagt, TLW teilt dir mit, wieviel HF bei jeder Länge der Übertragungsleitung und in welcher Art verloren geht und gibt dir Aufschluss darüber, wie du diesen Verlust bei jeder gegebenen Betriebsfrequenz reduzieren kannst. Dies ist etwas, das für einen erfolgreichen QRP-Betrieb entscheidend ist. Denn das Ziel einer erfolgreichen QRP-Aktivität ist, sicherzustellen, dass möglichst viel HF zur Antenne gelangt und in den Äther abgegeben wird.

Für diejenigen von euch, die vielleicht mit dem älteren TLA-Programm vertraut sind, das mit der 18. Ausgabe des ARRL-Antennenbuchs vertrieben wurde, ist TLW ein vollständiges Upgrade, das die Windows Programmierumgebung voll ausnutzt.

Viele Benutzer haben während der Beta-Testphase erfolgreich alle Funktionen von TLW ohne die Hilfe einer Bedienungsanleitung getestet. Betrachte es nun als ein Vorteil, den du hast, denn mit dieser „Bedienungsanleitung“ kannst du die Software nun sicher besser nutzen!

Die Version 3.24 aktualisiert die Verlustberechnungen für "*Hühnerleitungen [Ladder Line]*", als Übertragungsleitung und enthält zusätzliche Grafikfunktionen.

Danke an das ARRL Labor für die präziseren Verlustmessungen.

Anforderungen an den Computer

Die Mindestanforderungen für die Ausführung von TLW [und seiner Begleitprogramme YW - Yagi für Windows und HFTA - HF Terrain Assessment] sind ein PC mit Windows 95 oder höher, einschließlich Windows 98, Windows XP und Windows 7.

Du solltest mit einer Bildschirmauflösung von 800 x 600, oder noch besser, 1024 x 768 Pixel arbeiten.

Eine kurze Historie vom TLW Programm

TLW, steht für „*Transmission Line for Windows*“ und begann als TL, kurz für „*Transmission Line*“. TL wurde durch TLA ersetzt, was für „*Transmission Line Advanced*“ stand. Die Kernalgorithmen in TLW wurden immer wieder erweitert. Seit mehr als 20 Jahren hat sich das Programm zu einer Art „Schweizer Messer“ für Übertragungsleitungen und Antennentuner entwickelt.

TLW setzt voraus, dass du etwas technisches Wissen von Übertragungsleitungen und Antennentunern mitbringst. Du solltest mit der Darstellung komplexer Impedanz in der Form $Z = R \pm jX$ vertraut sein.

Im Anhang B in diesem Dokument gibt es zwei Tabellen mit typischen Impedanz-Daten für zwei Arten von Antennen. Du kannst diese Daten für TLW Berechnungen verwenden, und so, mit praxisrelevanten Beispielen experimentieren und dich in spielerischer Art und Weise mit dem Programm vertraut machen.

TLW installieren

Normalerweise wird TLW automatisch installiert, wenn du die **SETUP.exe** aufrufst, um die anderen Programme von der CD-ROM zu installieren, die in der 22. Ausgabe des ARRL-Antennenbuchs enthalten sind. In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie du TLW separat oder es zum ersten Mal installieren kannst, wenn du dich entschieden hast, es nicht zuvor im Packet zu installieren.

Klicke auf der linken unteren Seite deines Desktops auf **Start** und danach auf **Ausführen**. Dann auf die Schaltfläche **Durchsuchen** und wähle das Laufwerk, das deiner CD-ROM entspricht. Es wird angenommen, dass es Laufwerk D ist. Wähle nun das **SETUP.exe** Programm aus, indem du doppelklickst und dann auf **OK**. Befolge die Anweisungen auf dem Bildschirm, um deine Installation möglicherweise anzupassen.

Wähle die TLW-Option und klicke auf **Weiter**, um fortzufahren. Beachte, dass das Klicken auf eine Option, die bereits installiert wurde, diese wieder deinstalliert. Sei hier vorsichtig!

Mögliche Probleme bei der TLW Installation

Möglicherweise erscheinen bei der Installation oder Neuinstallation von TLW Warnungen oder treten Probleme auf. Das Programm verwendet DLLs, [*Dynamic Linked Libraries*] und andere Dateien [z. B. *OCX ActiveX Controls*], die von Microsoft für Visual Basic 6 bereitgestellt werden, der Sprache, in der TLW geschrieben ist. Microsoft aktualisiert gelegentlich seine DLLs und OCXs.

Wenn das Installationsprogramm eine ältere Datei findet, die aktualisiert werden muss, wirst du dazu aufgefordert. Es ist in Ordnung, diese Aktualisierung zuzulassen, da ältere Programme, die ebenfalls diese DLLs und OCXs verwenden, immer noch funktionieren sollten. Mit anderen Worten, sie sind abwärtskompatibel. In seltenen Fällen wird jedoch eine neuere DLL oder OCX mit älteren Programmen nicht funktionieren. Sollte dies der Fall sein, wende dich bitte an den Herausgeber des anderen Programms oder kontaktiere die ARRL für Probleme mit TLW unter Verwendung der E-Mail-Adresse am Ende dieses Dokuments.

Man hat festgestellt, dass einige „*Uninstall*“ Programme mit einer Installation oder Neuinstallation von TLW interagieren können, da bestimmte Deinstallationsprogramme DLLs und OCXs automatisch schreibgeschützt machen.

Wenn du während der TLW-Installation eine Warnmeldung siehst, schau im Benutzerhandbuch nach solchen Deinstallationsprogrammen über diese „schreibgeschützte“ Datei. Wahrscheinlich musst du deine TLW-Installation abbrechen und das Hilfsprogramm zur Deinstallation ausführen, um den Dateiordner zu aktualisieren. Dann kannst du die TLW-Installation erneut ausführen.

TLW für erste Gehversuche

Bei der folgenden Vorgehensweise wird davon ausgegangen, dass du das TLW-Symbol während einer Standardinstallation von der CD-ROM nicht bereits installiert hast. Wähle auf der Desktop-Taskleiste in der unteren linken Ecke des Bildschirms **Start**, dann **Programme** und anschließend scrolle durch die Programmliste [siehe Ordner: ARRL Software], und klicke auf TLW. Du siehst nun das TLW-Icon auf einer Seite. Du kannst TLW sofort starten, indem du bei Bedarf mit der linken Maustaste auf das TLW-Icon klickst. An dieser Stelle kannst du jedoch auch ein Verknüpfungssymbol auf deinem Desktop erstellen, indem du mit der rechten Maustaste auf das TLW-Icon klickst und „Verknüpfung erstellen“ auswählst. Indem du mit der rechten Maustaste darauf klickst, sie auf deinen Desktop ziehst, wird eine Verknüpfung angelegt, über die du dann TLW schnell starten kannst. Diese Vorgehensweise sollte dir aber bereits bekannt sein.

Nehmen wir an, du hast **TLW** gestartet. Du wirst den Hauptbildschirm sehen, der viele Informationen enthält. Siehe dazu auch die „Kurzerklärungen zu den Eingaben und Buttons“ auf **Seite 19**.

Beachte, dass es nur wenige Stellen auf dem Hauptbildschirm gibt, an denen du numerische Daten auswählen oder eingeben kannst. Die primären Bereiche sind:

1. Auswahl des **Kabeltyps**
2. Festlegen der **Kabellänge**
3. Eingabe der gewünschten **Betriebsfrequenz**
4. Angabe der **Eingangsimpedanz**

Es werden beim ersten Starten von TLW Standardwerte für jeden dieser Dateneinträge angezeigt. Wenn du das Programm beendest, speichert TLW die von dir eingegebenen Werte in der **TL.DEF-Datei** im Standard Unterverzeichnis. Auf diese Weise kannst du den Betrieb an der Stelle fortsetzen, an der du zuletzt das Programm beendet hast.

Kabeltyp

Bewege zuerst den Mauszeiger über das Listenauswahlfeld mit der Bezeichnung „**Cable Type**“ [Kabeltyp]. Ein „Tooltip“ zeigt an, was für diesen Bereich erwartet wird. In diesem Fall lautet die Quickinfo „wähle den Typ der Übertragungsleitung“. Du kannst dies auch für die anderen Dateneingabefelder oder Optionsfelder versuchen.

Klicke nun auf den Pfeil auf der rechten Seite des Dropdown-Listenfelds mit der Bezeichnung **Cable Type** [Kabeltyp]. Dieses befindet sich unter der Versionsnummer am oberen Rand des TLW Hauptbildschirms, siehe **Abb. 1**.

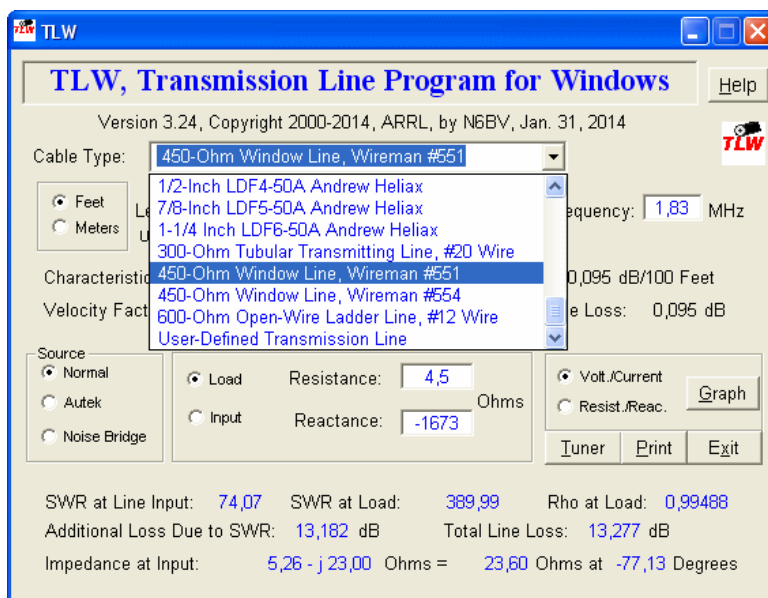


Abb. 1 - Auswahl der Art der Übertragungsleitung

Du hast die Wahl zwischen den 34 verschiedenen Übertragungsleitungen in TLW. Die ersten 30 Optionen sind Koaxialkabel, hauptsächlich mit den Bezeichnungen „RG“ und wo verfügbar mit Belden Artikelnummern. Am Ende der Liste stehen zweiadrige symmetrische Übertragungsleitungen, wie beispielsweise 300 Ω Übertragungsleitung, zwei Arten von 450 Ω „Wireman-Leitung“ oder 600 Ω Zweidrahtleitung zur Auswahl bereit.

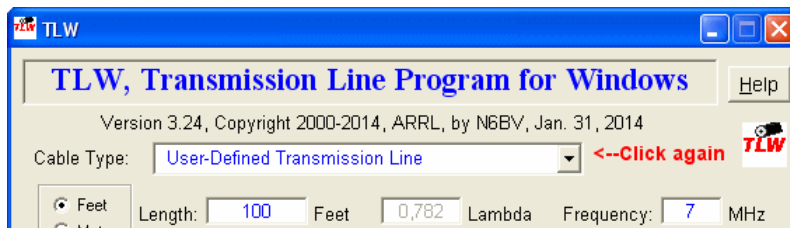
Die letzte Auswahl in der Liste ist für eine „benutzerdefinierte Übertragungsleitung“ reserviert. Bei dieser Wahl gibt der Benutzer manuell die Dämpfung der abgeglichenen Leitung [in dB/100 Fuß oder dB/100 Meter], den Verkürzungsfaktor, den ohmschen Widerstandsanteil der charakteristischen Impedanz und die maximale Effektivspannung ein, die der Hersteller das Kabels gemessen hat.

TLW ermöglicht somit dem Benutzer auch, eine Leitung anzugeben, wie in **Abb. 2 [Beispiel]** gezeigt. Die dazugehörige Menüeingabe fordert einen relativ vollständigen Satz von Spezifikationen, auch für die perfekte 450 Ω Leitung, die hier gezeigt wird. Die richtige Spezifikation einer Leitung verlangt nicht nur den Wirkwiderstand, sondern auch eine reaktive Komponente, falls vorhanden. Es erfordert auch eine Betriebsfrequenz und die Dämpfung pro Leitungseinheit. Natürlich ist auch ein Verkürzungsfaktor zwingend erforderlich. Außerdem hat jede Leitung eine maximale Nennspannung, die von vielen Faktoren abhängt.

Abb.2 - Parametereingabe einer benutzerdefinierten Leitung

Mit dem TLW Programm kannst du dann den Wert des Blindanteils der charakteristischen Impedanz berechnen. [Du kannst die Reaktanzberechnungsfunktion bei Bedarf überschreiben, obwohl dies nicht sinnvoll ist, da die ersten Übertragungsleitungseigenschaften den reaktiven Anteil bestimmen.]

Wenn TLW eine aktualisierte Berechnung für ein benutzerdefiniertes Kabel erfordert [z. B. wenn du die Frequenz



ändersf], zeigt TLW auf dem Bildschirm neben dem Pfeil im Listenfeld Kabeltyp eine hervorgehobene rote Warnung an. <--Click again

Die Werte für das benutzerdefinierte Kabel werden in der TL.DEF-Datei gespeichert. Wenn du eigene Werte für einen bestimmten Typ von Übertragungsleitung eingibst, musst du diese beim nächsten Öffnen des Programms nicht mehr manuell eingeben.

Alle Kabel in TLW verwenden die in Kapitel 24 der 21. Ausgabe des ARRL Antennenbuchs aufgeführten Parameter. Der Standardwert für den Typ der Übertragungsleitung ist RG-8A [Belden 8237], nominal 50 Ω Kabel. Wähle für unsere ersten Gehversuche "450 Ω Window Ladder Line, Wireman # 551" aus. Die Bezeichnung Nr. 551 bezieht sich auf die Artikelnummer, die von Wireman verwendet wird. Die Eigenschaften von # 551 oder # 554 sind wie folgt dargestellt. Wireman # 551 verwendet einen massiven 18-AWG-Kupferdraht und # 554 einen verdrehten 14-AWG-Draht.

Eingabe der Kabellänge

Der Standardwert für die Länge der Übertragungsleitung beträgt 100 Fuß. Beachte, dass du TLW so einstellen kannst, dass du mit metrischen Einheiten arbeiten kannst. Dazu klicke einfach im Rahmen, links neben dem Feld Länge auf die Optionsschaltfläche **Meters [Meter]**. Die Einstellung, dass du in Metern arbeiten möchtest, wird auch in der TL.DEF-Datei gespeichert, sodass TLW beim nächsten Start im metrischen Modus gestartet wird.

Beginne und gib mal eine Länge von sagen wir 120 Fuß ein. Der einfachste Weg dazu besteht darin, mit den numerischen Tasten das Eingabefeld mit der gewünschten Länge, hier 120 einfach zu überschreiben. Oder du bearbeitest die 100 manuell, indem du die Pfeiltasten rechts / links und die Taste Entf sowie die numerischen Tasten der Tastatur verwendest.

Ein sehr praktisches Feature ist, dass du die Übertragungsleitungslänge auch in Wellenlängen eingeben kannst.

Das Programm wandelt den Wert automatisch in Fuß oder Meter um, wobei der Verkürzungsfaktor des gewählten Kabeltyps bei der eingegebenen Betriebsfrequenz berücksichtigt wird.

Um eine Länge in Wellenlängen einzugeben, füge ein „w“ unmittelbar nach der Länge hinzu. Um beispielsweise eine Viertelwellenlänge anzugeben, gib in das Eingabefeld „Length“ folgendes ein: **.25w oder 0,25w**

The screenshot shows the 'Cable Type' dropdown set to '450-Ohm Window Line, Wireman #551'. Below it, there are radio buttons for 'Feet' (selected) and 'Meters'. The 'Length' field contains '.25w', with a tooltip that says 'Use "w" suffix for wavelength (for example, 0.25w)'. The 'Feet' field shows '0,203' and the 'Lambda' field is empty. The 'Frequency' field shows '1,83'.

Sobald du die „w“ Taste drückst, berechnet TLW sofort die physikalische Länge einer elektrischen Viertelwellenlänge in Fuß oder Meter. Dies wird vom Programm für alle nachfolgenden Berechnungen verwendet. Beachte, dass die physikalische Länge konstant bleibt, auch wenn du die Frequenz änderst. Probiere es mal aus.

Dies macht es einfach, die Effekte von kurzgeschlossenen Viertelwellenstummeln zu bewerten, beispielsweise mit der doppelten Grundfrequenz. Nachdem du die Längenänderungen überprüft hast, gib erneut eine Länge von 100 Fuß ein, um unser Beispiel mit der # 551 450 Ω-Wireman fortzusetzen.

Änderung der Frequenz

Die Standardfrequenz beträgt 3,5 MHz. Du kannst eine beliebige Frequenz von 0,02 MHz [20 kHz] bis 5999 MHz [6 GHz] eingeben. Wenn du jede Ziffer der Frequenz eingibst, wirst du sehen, dass TLW automatisch alle anderen Parameter berechnet. Es ist faszinierend zu beobachten, wie sich der **Gesamtleitungsverlust** ändert, wenn du bei 1 MHz beginnst und nacheinander einzelne Nullen hinzufügst. Zuerst 10 MHz, dann 100 MHz und schließlich 1000 MHz. Beachte, wie sich der **Blindwiderstandanteil von Z0** auch bei Änderungen der Frequenz unauffällig ändert.

Hinweis:

TLW verwendet einen rigoroseren Algorithmus zur Berechnung des R_0 als das ältere DOS-basierte TLA-Programm. Aus diesem Grund wird es geringfügige Unterschiede zwischen TLW- und TLA-Berechnungen geben.

Gib jetzt eine Frequenz von 1,83 MHz ein. Beachte, dass bei dieser Frequenz ein 100-Fuß-Stück der 450 Ω Leitung 0,204 λ elektrisch lang ist. Das Symbol λ ist der griechische Buchstabe „Lambda“, eine Abkürzung für die Wellenlänge.

Eingabe der Fußpunktimpedanz

The screenshot shows the main window of the TLW program. The title bar reads 'TLW, Transmission Line Program for Windows'. The version is 3.24, Copyright 2000-2014, ARRL, by N6BV, Jan. 31, 2014. The 'Cable Type' is '450-Ohm Window Line, Wireman #551'. The 'Length' is '100' Feet, '0,203' Lambda, and 'Frequency' is '1,83' MHz. The 'Characteristic Z0' is '402,7 - j 3,46 Ohms', 'Matched-Line Loss' is '0,095 dB/100 Feet', and 'Velocity Factor' is '0,915'. The 'Max Voltage' is '10000 V' and 'Total Matched-Line Loss' is '0,095 dB'. The 'Source' is 'Normal'. The 'Load' is 'Resistance: 4,5 Ohms' and 'Reactance: -1673 Ohms'. The 'Graph' button is visible. The 'SWR at Line Input' is '74,07', 'SWR at Load' is '389,99', and 'Rho at Load' is '0,99488'. The 'Additional Loss Due to SWR' is '13,182 dB' and 'Total Line Loss' is '13,277 dB'. The 'Impedance at Input' is '5,26 - j 23,00 Ohms = 23,60 Ohms at -77,13 Degrees'.

Abb. 3 - Eine extreme Last bei 1,83 MHz!

Hier die Standardmethode zum Ermitteln der Impedanz am Lastende einer Übertragungsleitung. Siehe **Abb. 3**.

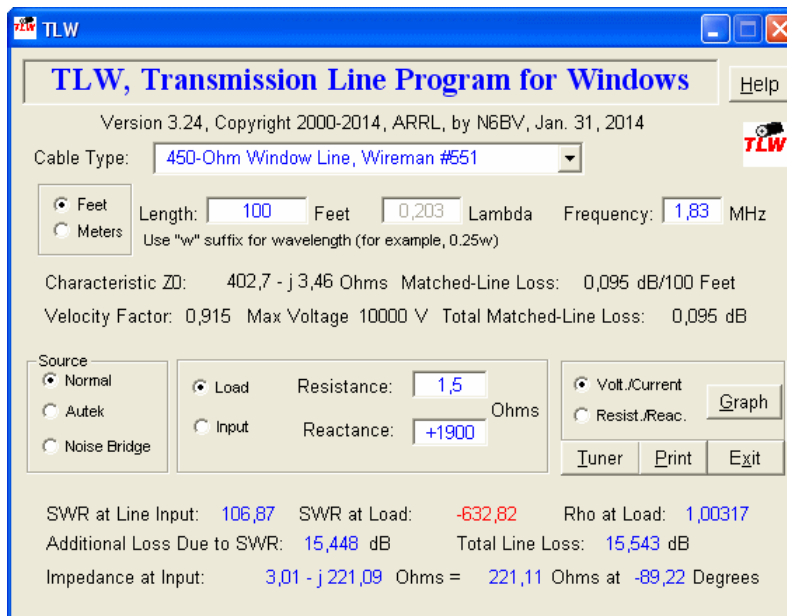
Wir gehen in unserem Beispiel von einer 100 Fuß 450 Ω Leitung bei 1,83 MHz aus, dessen Einspeisepunkt bei 50 Fuß über flachem Boden, simuliert wird. Die Einspeisepunktimpedanz dieser elektrisch kurzen Antenne beträgt bei 1,83 MHz, 4,5 –1673 Ω . Dies zeigt, dass diese Antenne bei dieser Frequenz extrem kurz ist!

Gib 4.5 in das Eingabefeld **Resistance** [Wirkwiderstand] und –1673 in das Eingabefeld **Reactance** [Blindwiderstand] ein.

TLW hat für diese hohe Last folgendes berechnet. Trotz der Tatsache, dass die Übertragungsleitung eine „verlustarme“ Leitung ist [mit nur 0,095 dB/100 ft Verlust], beträgt unter diesen Bedingungen, bei einem SWR von 389,99, der zusätzliche Verlust aufgrund dieses hohen SWR erstaunliche 13,182 dB! Dies bringt den Gesamtverlust in der Leitung allein auf 13,277 dB. Aufgrund dieses Verlustes ist das SWR am Eingangsende der Übertragungsleitung „nur“ 74,07. Die Verluste in der Leitung haben das wahre Niveau des SWR bei der Last getarnt.

Die Impedanz, die unter diesen Bedingungen in das Eingangsende des Kabels schaut, ist ziemlich niedrig, bei 5,26 –j23,00 Ω . Anders ausgedrückt sind das 23,60 Ω bei einem Phasenwinkel von –77,13°. Siehe **Abb. 3**.

Wir werden später herausfinden, dass diese sehr niedrige Impedanz die Arbeit des Antennentuners erschwert, der diese Leitung speist.



Einige extreme Kombinationen von Lastwiderstand und Blindwiderstand können zu einem berechneten Last-SWR führen, das negativ ist. Versuche mal im obigen Beispiel eine Last von 1,5 +j1900 einzugeben.

TLW warnt dich, indem das berechnete SWR in **roter Schrift** markiert wird. Siehe **Abb. 4**.

Ein negativer Wert für das SWR tritt nur unter außergewöhnlichen Umständen auf. Mit Lasten, die du wegen der damit verbundenen erheblichen Verluste nie wirklich an eine reale Übertragungsleitung anschließen würdest.

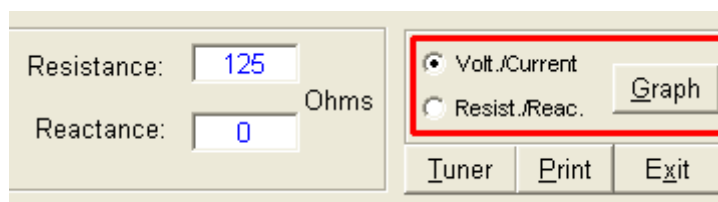
Abb. 4 - Sei versichert, dass die Mathematik korrekt ist.

Spannung / Strom entlang der Übertragungsleitung darstellen

Für Studien und Planungen bietet TLW zwei äußerst nützliche Grafikfunktionen. **Abb. 5** zeigt den Spannungs- und Stromverlauf. Auf diese Weise kannst du bestimmen, wo die Spitzenwerte auf der Leitung auftreten. Beachte aber, dass die Leistung für beide auf 1500 Watt als Defaultwert eingestellt ist, der aber geändert werden kann.

Die Abb. 5 zeigt das alternative Diagramm, in dem der Wirkwiderstand und die Reaktanz entlang der Übertragungsleitung aufgetragen sind. Wie in der Spannungs- bzw. Stromkurve befindet sich das Lastende des Kabels rechts und des Senders oder Tuners links.

Wähle die Option **Volt/Current** [Spannung / Strom] aus dem Hauptmenü und klicke dann auf die Schaltfläche **Graph** [Grafik].



Der Button befindet sich rechts unten auf dem Bildschirm. TLW erzeugt ein Diagramm, das zeigt, wie sich der Strom und die Spannung entlang dieser Übertragungsleitung für eine Eingangsleistung von 1500 W am Eingang der

450 Ω Leitung mit dem 100 Fuß langen Dipol bei 1,83 MHz ändern. Die maximale Effektivspannung [RMS], die am Lastende der Leitung auftritt, beträgt mehr als 6607 V, während der maximale Effektivstrom [RMS] am Eingangsende der Leitung 16,9 A beträgt. Diese Leitung droht unter diesen extremen Bedingungen zu Überschlagen.

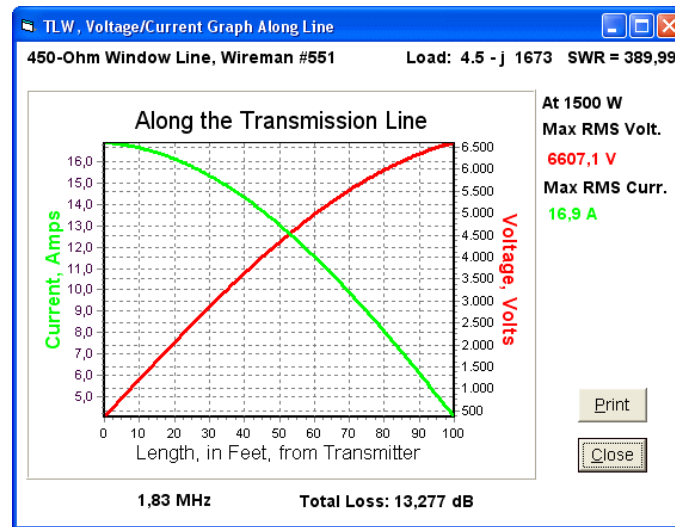
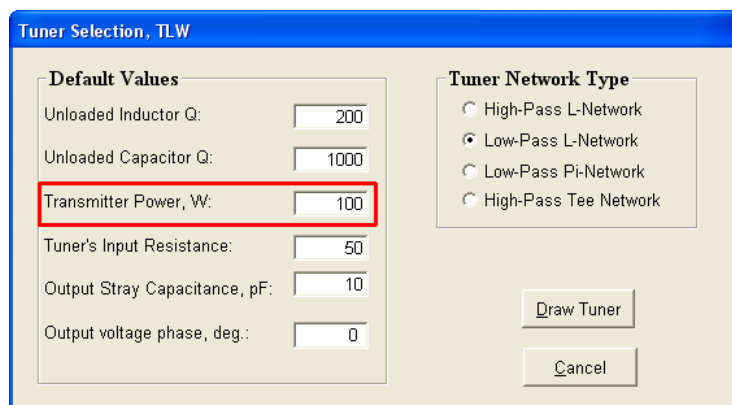


Abb. 5 - Die Spannungen und Ströme entlang einer fehlangepassten Übertragungsleitung, die einen 100 Fuß langen, 50 Fuß hohen Dipol bei 1,83 MHz speist

Du kannst den Mauszeiger verwenden, um dir die genauen Werte an verschiedenen Punkten entlang der Graphen anzeigen zu lassen. Eine „Tool Tip Box“ zeigt den Wert von Strom oder Spannung an, während du den Curser entlang der Kurven bewegst. TLW berechnet den Strom und die Spannung an 200 Punkten entlang der Kurven, so dass du diese Werte siehst wenn du den Mauszeiger bewegst.

Wenn du sehen möchtest, was bei einem anderen Leistungspegel am Eingang der Leitung passiert, dann kehre zum TLW-Hauptbildschirm zurück und wähle den Button **Tuner** aus.

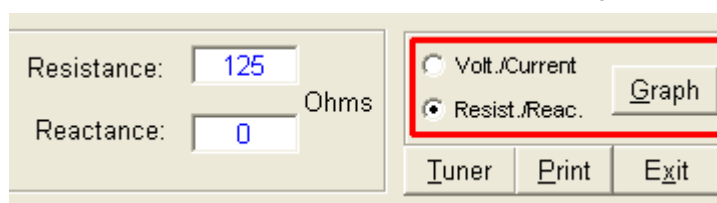


Es öffnet sich ein Fenster. Ändere in das Eingabefeld mit der Bezeichnung **Transmitter Power, W** [Sendeleistung, W] die Sendeleistung auf 100 W. Klicke nun auf **Cancel** [Zurück], um zum TLW-Hauptbildschirm zurückzukehren, und wähle erneut Grafik, um das veränderte Diagramm zu sehen. Die maximale Effektivspannung ist auf 1,706 V abgesunken und der maximale Effektivstrom sinkt auf 4,4 A.

Die Leitung wird bei diesem Leistungspegel wahrscheinlich nicht übersprungen.

Wirk- und Blindwiderstand entlang der Übertragungsleitung darstellen

Nachdem du Resist./Reac. [Wirk- Blindwiderstand] ausgewählt und auf den Button **Graph** geklickt hast, siehst du



eine Grafik, die zeigt, wie der Wirkwiderstand und der Blindwiderstand entlang der Übertragungslinie variieren. Siehe **Abb. 6**.

Für das Beispiel, mit dem wir gearbeitet haben, geht der Wirkwiderstand von maximal 4,5 Ω am Lastende der Leitung auf ein Minimum von etwa 1,75 Ω bei etwa 70 Fuß vom Eingangsende der Leitung. Dies stellt eine ernsthafte Belastung für jeden Antennentuner dar, der versucht, die Leitung mit 50 Ω anzupassen. In der Tat wird jede Länge der Leitung mit solch einer extremen Last einen Antennentuner ernsthaft in Bedrängnis bringen!

Klicke auf den Button **Close** [Cancel], um die Grafik zu schließen und zum TLW-Hauptbildschirm zurückzukehren.

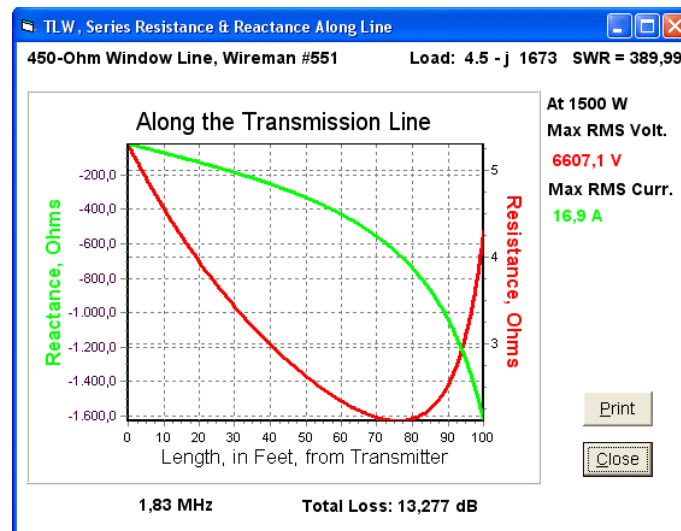


Abb. 6 - Die Impedanz entlang der stark fehlangepassten Leitung aus Abb. 4

Zoomen und Scrollen des Graphen

Du kannst die Grafiken in TLW vergrößern oder verkleinern, indem du die linke oder rechte Maustaste beim Ziehen des Mauszeigers verwendest. Halte die linke Maustaste gedrückt, während du von links nach rechts ziehst, um den Bereich zu vergrößern, der, wenn du die linke Maustaste wieder loslässt in einer rechteckigen Box angezeigt wird. Umgekehrt, durch Ziehen von rechts nach links, hebst du den Zoom wieder auf. Wenn du die rechte Maustaste gedrückt hältst und ziehst, kannst du das Diagramm durchblättern.

Angabe der Impedanz am Eingang der Übertragungsleitung

Wenn du die komplexe Impedanz am Eingang einer Übertragungsleitung vom Shack aus misst, kannst du mit TLW die Lastimpedanz am Ende dieser Leitung berechnen. Klicke einfach im mittleren Rahmen mit den Einträgen für Resistance und Reactance [*Wirk- und Blindwiderstand*] auf die Option **Input**, anstatt auf Load.

Gib z.B. für die 100 Fuß lange Übertragungsleitung # 551 mit 450 Ω bei 1,83 MHz ein. Dann bei **Resistance** [*Wirkwiderstand*] den Wert 35 Ω und bei Reaktanz [*Blindwiderstand*] den Wert -10 Ω. Dann klicke auf **Input** links neben den beiden Eingabefeldern. TLW berechnet, dass die Impedanz bei der Last 392,30 -j1353,12 Ω beträgt. Im Gegensatz zu dem vorherigen Beispiel, bei dem ein elektrisch kurzer 100 Fuß Dipol als Last für die gleiche Übertragungsleitung verwendet wird, ist das SWR mit dieser Last nun mit 13,2 viel vernünftiger.

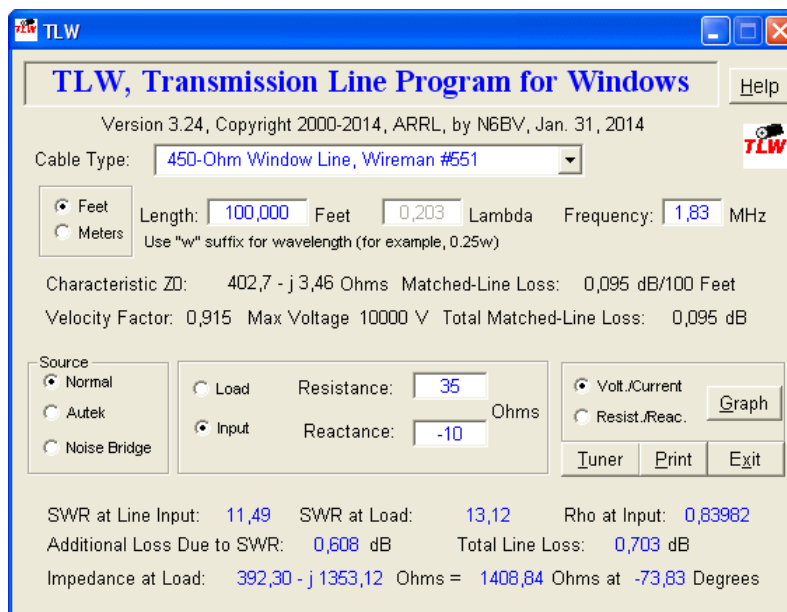


Abb. 7 – Ergebnis mit veränderten Eingabedaten

Und als Konsequenz ist der Gesamtverlust auf der Leitung nur 0,703 dB.

Es gibt Kombinationen von Eingangswiderstand und Blindwiderstand, die zu einem negativen Wert für den Widerstand am Lastende der Leitung führen. Diese Bedingung wird von TLW markiert, indem die berechnete Lastimpedanz Rot hervorgehoben wird. Während die Mathematik korrekt rechnet, ist dies ein ganz besonderer Umstand, und du solltest solche Ergebnisse vorsichtig interpretieren. Was TLW dir sagen will ist, dass du niemals eine solche Impedanz am Eingang einer echten Übertragungsleitung messen würdest! Siehe auch **Abb. 4**.

Verwenden des Analysers „Autek RF-1“ zur Berechnung der Eingangsimpedanz

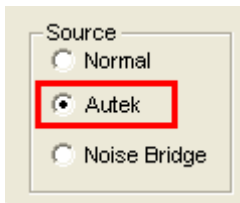
Du kannst einen Autek RF-1 Antennenanalysator verwenden, um die Größe der Impedanz und des SWR am Eingang einer Übertragungsleitung zu messen. Heute gibt es natürlich ganz andere Möglichkeiten den Real- und Blindanteil zu messen.



Dann kannst du TLW verwenden, um die komplexe Eingangsimpedanz und dann die Impedanz am Lastende der Leitung zu berechnen. Diese zwei skalaren Größen, die Impedanz und des SWR liefern genügend Information, um die Widerstands- und Blindanteile der Impedanz am Leitungseingang zu ermitteln. Aber man kann nicht direkt von ihnen das Vorzeichen der Reaktanz bestimmen. Du musst das Vorzeichen des Blindwiderstandes auf Grundlage deiner Erfahrung angeben, wenn du weißt, was auf der Leitung wirklich passiert. Beachte, dass bestimmte Längen einer Übertragungsleitung das Vorzeichen umkehren. Dies schließt ein ungerades Vielfaches einer Viertelwellenlänge der der Leitung ein.

Heutige Antennenanalysatoren können dir genau diese Blindanteile ganz gut anzeigen [+/-J], mit denen du dann rechnen lassen kannst. Das ist natürlich ein großer Vorteil.

Versuchen wir es mit einer anderen Leitung, einem Koaxialkabel RG-213, das bei 3,8 MHz 128 Fuß lang ist. Weiter nehmen wir an, dass die Last am Ende dieser Leitung ein bei 3,7 MHz resonanter 80-Meter-Dipol ist.



Klicke im linken Rahmen mit der Bezeichnung **Source** auf **Autek**.

Ein neues Formularfenster erscheint auf dem Bildschirm mit der Bezeichnung **Calculation of Impedance from Autek** [Berechnung der Impedanz mit Autek]. Nehmen wir an, dass der Autek RF-1 die Größe von Z auf 34 Ω mit einem SWR von 2,0 anzeigt. Gib diesen Wert ein und TLW berechnet, dass die komplexe Impedanz am Eingang der Linie $29,2 \pm j17,3 \Omega$ ist.

Du musst noch das Vorzeichen des Blindwiderstandes bestimmen.

In diesem Beispiel verwenden wir 128 Fuß RG-213, um einen 80-Meter-Dipol zu speisen, der bei 3,700 MHz resonant ist. Die elektrische Länge der Leitung liegt sehr nahe bei $\frac{3}{4} \lambda = 0.75 \times 984 / 3.8 \text{ MHz} \times 0.66$, wobei 0.66 der Verkürzungsfaktor ist. Die Speisepunkt-impedanz eines typischen 80-Meter-Dipols liegt irgendwo bei 60 Ω, ohne Reaktanz bei Resonanz.

Bei Frequenzen, die höher als die Resonanz sind, kann man einen induktiven Blindwiderstand am Speisepunkt des Dipols erwarten. Da das Koaxkabel ein Vielfaches von $\frac{1}{4} \lambda$ ist, wird das Vorzeichen des Blindwiderstands am Eingang umgekehrt, verglichen mit dem, was es an der Last ist. Dies bedeutet, dass wir einen kapazitiven [negativen] Blindwiderstand am Eingang dieser Leitung erwarten, nicht den wahren induktiven Blindwiderstand. Ja, es klingt kompliziert, aber du wirst den Dreh raus bekommen.

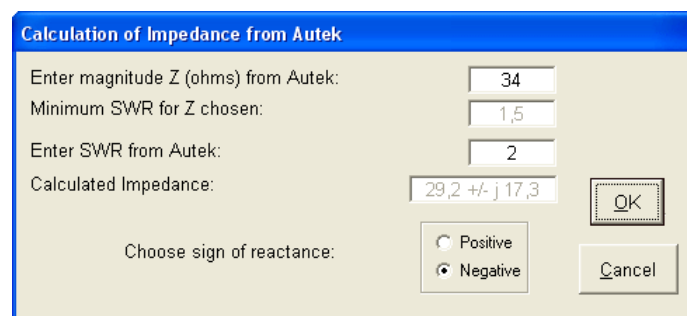


Abb. 8 - Eingabemöglichkeiten Autek [Analyser]

Klicke nun im unteren Rahmen mit der Bezeichnung **Choose sign of reactance** [Wähle das Vorzeichen des Blindwiderstands aus] auf die Option **Negativ**. Beachte, dass auf dem Formular eine weitere Information

angezeigt wird, die als *Minimum SWR for Z chosen* [mindest SWR für Z] ausgewählt ist. Dies zeigt, dass du einen SWR-Wert von mindestens 1,5 eingeben musst, damit TLW die Größe der Impedanz, die du bei 34Ω angegeben hast, richtig eingeschätzt werden kann. Für eine 50Ω Leitung wäre der SWR $50/34 = 1,47$, wenn kein Blindwiderstand vorhanden ist.

Klicke nun auf **OK**, um zum TLW-Hauptbildschirm zurückzukehren, wo du sehen kannst, dass die Impedanz an der Last [d.h. die Impedanz am Speisepunkt des Dipols] genau wie erwartet $64,72 + j41,67 \Omega$ beträgt.

Beachte auch, dass TLW automatisch auf die Option **Input** gesprungen ist, wobei die Option **Autek** von einer gepunkteten Box umgeben wird.

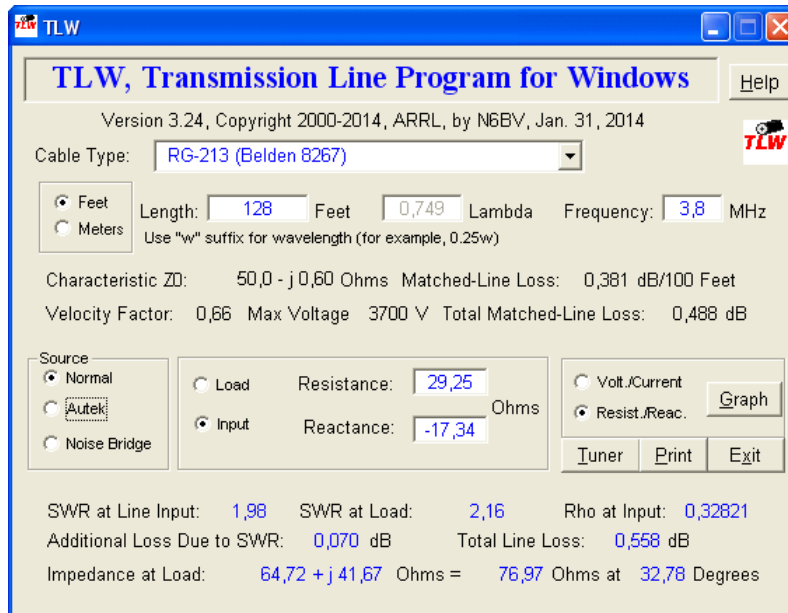


Abb. 9 – Ergebnis mit Autek-Eingabedaten

Du kannst sehen, dass es eine gute Idee ist, das Vorzeichen des Blindwiderstands am Eingang einer Übertragungsleitung zu überprüfen, indem du die erwarteten Werte für Wirk- und Blindwiderstand mit der Option **Load** manuell eingibst. Dann kannst du den Effekt sehen, den die Übertragungsleitung bei der Umwandlung dieser Lastimpedanz in eine andere Impedanz am Eingang der Leitung hat.

Lass uns mit diesem Beispiel fortfahren, aber mit 3,5 MHz eine Frequenz, die niedriger ist als die Resonanz des 80-Meter-Dipols. Bei dieser Frequenz können wir erwarten, dass der Dipol eine Einspeisepunktimpedanz in der Größenordnung von 40Ω mit einem kapazitiven Blindwiderstand von etwa -100Ω aufweist.

Angenommen, dein Autek RF-1 zeigt $Z = 10$ und $SWR = 5,1$ am Shack Leitungsende an. Siehe **Abb. 10**.

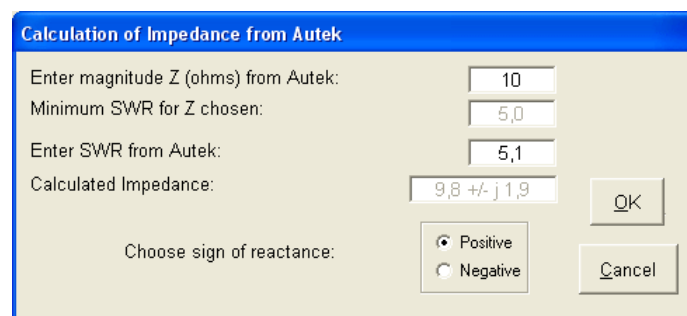


Abb. 10 - Eingabemöglichkeiten Autek [Analyser]

Wenn du diese Werte in TLW bei 3,5 MHz eingibst, berechnet TLW die Impedanz am Eingang der Leitung als $9,8 \pm j1,9 \Omega$. In diesem Fall würdest du „+“ wählen, da du wiederum das Vorzeichen des Blindwiderstands aufgrund der Impedanz-inversion dieser Leitungslänge umkehren musst, die nach TLW $0,690 \lambda$ lang ist. Nun berechnet TLW, dass die Last $38,15 - j100,31 \Omega$ an der Antenne ist, sehr nahe an dem, was wir erwartet hatten.

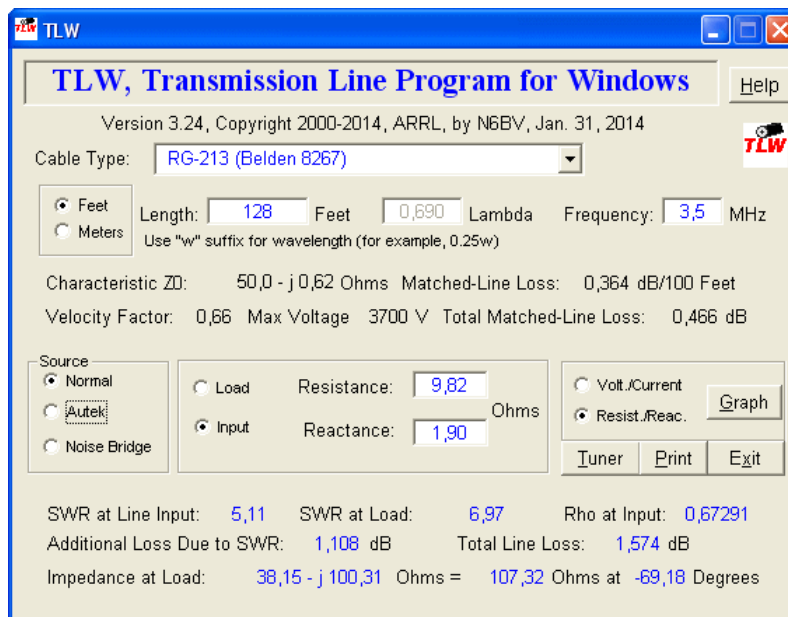
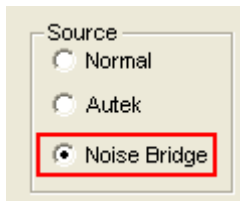


Abb. 11 – Ergebnis mit Autek-Eingabedaten

Du solltest sehen, dass die Anzahl der Dezimalpunkte, die TLW berechnet [zwei], nicht durch die Anzahl der Dezimalpunkte [einer] gerechtfertigt ist, die der Autek RF-1 bei der Anzeige von SWR oder Z berechnet. Computerprogramme sind wunderbar, aber sie sind nur so gut wie die ihnen zugeführten Daten!

Verwendung einer Rauschbrücke zur Bestimmung der Eingangsimpedanz

Wenn du auf Noise Bridge klickst, öffnet sich ein neues Formular mit dem Titel **Input from Parallel-Form Noise Bridge**



Bridge [parallel kalibrierte Rauschbrücke]. Du gibst Werte für den Shunt-Widerstand und dann die Shunt-Kapazität [in pF] ein, die du von der Rauschbrücke abgelesen hast. Wenn die Parallelkapazität negativ ist, was bedeutet, dass die unbekannte Impedanz induktiv ist, gib den Kapazitätswert mit einem vorangestellten Minuszeichen ein, da „negative PicoFarad“ die Induktivität bei diesen Brückenarten angibt. Ein kapazitiver Blindwiderstand muss nicht mit einem „+“ [Pluszeichen] vorangestellt werden, obwohl du

bei Bedarf eins eingeben kannst.

Nicht alle Rauschbrücken sind in Parallelwerten kalibriert. Zum Beispiel sind die Einheiten in späten Ausgaben des ARRL-Handbuchs mit einer Serienimpedanz bei 10 MHz kalibriert. Allerdings wurde die Rauschbrücken-Funktion in TLW eingebaut, weil das eigenes Homebrew Gerät Shunt-Werte verwendet.

Die Rauschbrückenroutine in TLW kann auch den Serienwiderstand kompensieren, den man manchmal verwenden muss, um die unbekannte Impedanz in den Bereich des Parallelkondensators der Rauschbrücke zu bringen, insbesondere auf den niedrigeren Frequenzen. Man muss oft einen 100 Ω Adapter auf 80 oder 40 Metern verwenden, wo der Bereich des kapazitiven Blindwiderstandes des variablen Kondensators in der Rauschbrücke klein ist.

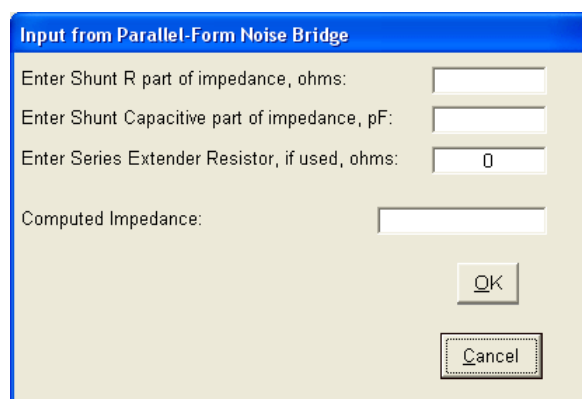


Abb. 12 - Eingabemöglichkeiten Noise Bridge

Einschränkungen

Ich muss dich an dieser Stelle warnen. TLW zeigt Ergebnisse auf zwei oder sogar drei Dezimalstellen an. Intern werden Berechnungen auf noch mehr Dezimalstellen ausgeführt. In der realen Welt ist der Verkürzungsfaktor der einzige Faktor, der in den tatsächlichen Übertragungsleitungen am stärksten variiert. Dies kann für typische Übertragungsleitungen leicht um plus oder minus 10% variieren. Tatsächlich kann der Verkürzungsfaktor sogar für zwei Kabelstücke, die von der gleichen Rolle geschnitten werden, leicht variieren! Zusammen mit dem Verkürzungsfaktor variiert auch der genaue Wert für die charakteristische Impedanz Z_0 .

TLW gibt dir einen guten Hinweis darauf, was du in der realen Welt erwarten kannst, aber nur plus oder minus des Verkürzungsfaktors und der tatsächlichen Impedanz am Antenneneinspeisepunkt! Bitte denke daran, TLW ist grundsätzlich ein pädagogisches Werkzeug. Es kann auch sehr effektiv als Design-Tool verwendet werden, vorausgesetzt, du kennst die genauen Parameter deiner Übertragungsleitungen und deiner Antennen.

Wenn TLW dir hilft, deine Augen betreffs Übertragungsleitungen und Antennentuner zu öffnen, insbesondere die damit verbundenen berechneten Verluste, dann habe ich mein Ziel erreicht, es zu programmieren.

TLW kann einen negativen Wert für SWR zeigen, wenn die Lastimpedanz sehr reaktiv und induktiv ist. Beispielsweise ergibt eine Last von $1,5 + j1800 \Omega$ auf einer 95 Fuß langen 450Ω Leitung bei 1,9 MHz ein berechnetes SWR von 600,16. Dies ist sicherlich nicht intuitiv, aber es ist richtig und es hat keine physikalische Bedeutung. Was passiert ist, dass TLW berechnet, dass der Reflexionskoeffizient größer als 1,0 ist, was den negativen Wert für SWR ergibt. TLW markiert eine negative SWR-Berechnung, indem sie rot angezeigt wird, um dich zu warnen, dass etwas Ungewöhnliches im Gange ist. Siehe dazu auch **Abb. 4**.

Bewertung von Konfigurationen eines Antennentuners

Tuner-Analyse

Die Analyse der Konfiguration von Antennentunern ist die Basis der für die Betrachtung von Netzwerken, die eine Impedanzanpassung zwischen einer benutzerdefinierten Lastimpedanz und entweder einer vorgegebenen oder auch einer benutzerdefinierten Quellenimpedanz ist. Am häufigsten beträgt die Quellenimpedanz $[R_{in}]$ 50Ω . Die Lastimpedanz wird jedoch fast immer komplex sein.

Zurück zu einer Frequenz von 1,83 MHz, mit 100 Fuß von # 551 450Ω Übertragungsleitung, abgeschlossen an einer Last von $4,5 - j1673 \Omega$. Wähle jetzt **Tuner** und TLW wird das **Tuner Selection, TLW**, Menü anzeigen. Du solltest dich immer daran erinnern, dass sich der Antennentuner von TLW im Shack befindet, am Eingang der Übertragungsleitung, welche die Last speist. Vermutlich ist die Last am Ende der Übertragungsleitung eine Antenne. Wenn man den Antennentuner an die Antenne anschließt, würde das zu einer trivialen Berechnung für TLW führen, da der Tuner die Z_0 der Übertragungsleitung, die zum Shack geht anpasst, was ein 1: 1 SWR ergibt!

Tuner Selection, TLW

Default Values

Unloaded Inductor Q:

Unloaded Capacitor Q:

Transmitter Power, W:

Tuner's Input Resistance:

Output Stray Capacitance, pF:

Output voltage phase, deg.:

Tuner Network Type

High-Pass L-Network

Low-Pass L-Network

Low-Pass Pi-Network

High-Pass Tee Network

Tee Network Series Capacitor, pF:

Abb. 13 - Settings für einen Antennentuner

Du kannst einen von vier verschiedenen **Tuner-Netzwerktypen** wählen:

- High-Pass L-Network *Hochpass-L-Netzwerk [Shunt-Induktivität, Reihenkapazität]*
- Low-Pass L-Network *Tiefpass L-Netzwerk [Shunt-Kapazität, Serieninduktivität]*
- Low-Pass Pi-Network *Tiefpass Pi-Netzwerk [Shunt-Kapazitäten, Serieninduktivität]*
- High-Pass Tee-Network *Hochpass T-Netzwerk [Reihenkapazitäten, Shunt-Induktivität]*

Wähle eine der Antennen-Tuner Konfigurationen. Für Hochpass- oder Tiefpass Netzwerke berechnet TLW sofort alle Werte, wobei die standardmäßig benutzte Güte von 200 für jede Induktivität und 1000 für jede Kapazität verwendet werden. Du kannst diese Werte ändern, wenn du möchtest. Die Induktivität ist normalerweise, aber nicht immer die verlustreichste Komponente in einem Antennentuner. Der Standardwert von $Q = 200$ ist ziemlich typisch für eine realistische Induktivität, wenn diese sich in einem Metallgehäuse befindet.

Das Modell für eine verlustbehaftete Induktivität ist ein verlustloser induktiver Blindwiderstand in Reihe mit einem Verlustwiderstand. Wenn zum Beispiel das unbelastete Q von 200 und der induktive Blindwiderstand bei der gewählten Frequenz $+400 \Omega$ ist, dann ergibt sich ein Verlustwiderstand von 2Ω in Reihe mit dem Blindwiderstand von $+400 \Omega$ [Q unbelastet = $200 = 400/2$].

TLW nimmt für den Gütefaktor eines Kondensators den Standardwert von 1000 an, den du natürlich auch ändern kannst. Wiederum ist das Modell für einen verlustbehafteten Kondensator in TLW ein verlustloser kapazitiver Blindwiderstand in Reihe mit einem geringen Verlustwiderstand. Dies ist das Serienäquivalent einer Parallelkombination eines perfekten Kondensators und eines hohen Verlustwiderstandes. Einzelheiten zum Gütefaktor Q und Serien- bzw. Parallel Ersatzschaltungen findest du im ARRL-Handbuch. Der Standardwert des Gütefaktors von $Q = 1000$ ist typisch für Drehkondensatoren mit Schleiferkontakten.

Wenn du entweder das Pi-Netzwerk oder das T-Netzwerk wählst, wirst du aufgefordert, den Wert [*in pF*] des Ausgangskondensators im Netzwerk einzugeben. Für das Pi-Netzwerk beträgt der Standardwert 500 pF, und für die T-Netzwerkkonfiguration beträgt der Standardwert 100 pF. Diese Werte ergeben nicht unbedingt den effizientesten Tuner!

Klicke zunächst auf das **High-Pass Tee Network** mit den Standardwerten und klicke dann auf den Button **Draw Tuner**. Klicke auf **OK**, und TLW berechnet alle Komponentenwerte, die zum Transformieren der Impedanz am Antennentuner-Ausgang auf 50Ω [*oder zu einem beliebigen Wert des ausgewählten Widerstands*] benötigt werden, und wechselt zu einer schematischen Ansicht. Möglicherweise musst du das Fenster mit der Maus verschieben, um alle Teile davon abhängig von deiner Bildschirmauflösung zu sehen. Siehe **Abb. 14**.

Wenn die gewählte Netzwerkkonfiguration die gewünschte Umwandlung nicht ausführen kann, ertönt ein akustischer Alarm und TLW empfiehlt entweder ein anderes Netzwerk oder einen anderen Ausgangskondensatorwert auszuwählen.

Antennen Tuner in schematischer Darstellung

Untersuche den Antennentuner-Schaltplan sorgfältig. Dort werden viele Informationen angezeigt. Oben auf dem Bildschirm wird eine Zusammenfassung der gewählten Übertragungsleitungsparameter angezeigt.

Die erste Zeile informiert dich über die Art der Übertragungsleitung, die Länge der Leitung und die Frequenz.

Die nächste Zeile zeigt die Impedanz am Lastende der Leitung, sowohl in komplexer- als auch in Winkel Form, sowie das SWR am Lastende der Leitung. Dieses SWR wird normalerweise für einen Standardwert von 50Ω berechnet. Wenn du jedoch die Eingangsimpedanz am Eingang des Tuners änderst, sagen wir auf 200Ω , ändert sich das in dieser Zeile angezeigte SWR entsprechend.

Schau dir die Bildschirmdarstellung des von dir gewählten T-Netzwerks genau an. Die Impedanz an den Ausgangsanschlüssen des Tuners [*d.h. am Eingangsende der Übertragungsleitung*] ist auf der rechten Seite der Darstellung gezeigt. Dies ist eine Abweichung von früheren Versionen von TLA oder TL und wurde geändert, weil ich manchmal mit der alten Methode verwirrt wurde.

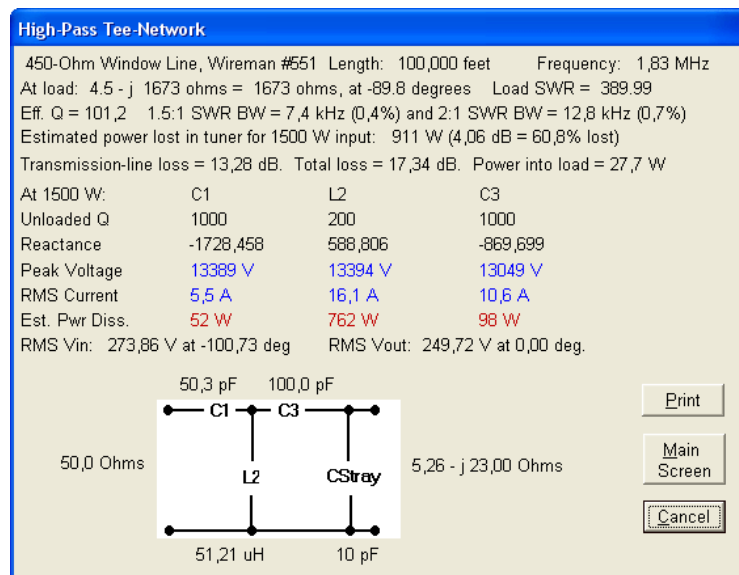


Abb. 14 - Antennenschema für die Tuner-Konfiguration aus Abb. 7

TLW zeigt etwas an, was als „Effective Q“ bezeichnet wird, auch häufig bekannt als „Gütefaktor“ eines Netzwerks. Der Gütefaktor Q im Netzwerk bei der spezifizierten Lastimpedanz ist ein Hinweis darauf, wie empfindlich die Abstimmung sein wird. Je höher der Gütefaktor Q ist, desto sorgfältiger musst du den bzw. die Drehkondensator/en und bzw. oder die variable Induktivität im Tuner abstimmen, um die gewünschte Transformation zu erreichen.

Dank eines von Frank Witt, AI1H entwickelten Algorithmus, werden von der Leitung auch die berechneten SWR-Bandbreiten 1,5:1 und 2:1 für das Tuning-Netzwerk selbst, kalibriert sowohl in KHz als auch in Prozent der eingestellten Frequenz angezeigt. Hier wird angenommen, dass die Last konstant ist, und die Frequenz intern verschoben wird, um die Bandbreiten zu berechnen. Wenn die berechnete Bandbreite größer als 30% der Mittenfrequenz ist, zeigt TLW „Large“ anstelle eines Werts in KHz an. Beachte, dass reale Antennen sehr oft schmalbandig sind, und die Antenne - nicht der Tuner - die Grenze dafür setzt, wie weit du die Frequenz ändern kannst, ohne den Antennentuner neu abstimmen zu müssen.

Der Verlust in einem Antennentuner hängt auch eng mit dem effektiven Netzwerk Q zusammen. Je höher das effektive Netzwerk Q, desto höher ist der Verlust. Effizienz in einem L-C-Netzwerk ist definiert als:

$$\text{Efficiency (\%)} = 100 \times (1 - (Q_L/Q_U))$$

Wobei Q_L die Betriebsgüte und Q_U das entladene Q der Netzwerkkomponenten ist. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in Kapitel 13 in den späten Ausgaben des ARRL-Handbuchs.

Für ein gegebenes Netzwerk, das mit Q beladen ist [„effektives Netzwerk Q“ in TLW], führen Komponenten mit höheren unbelasteten Q_s zu geringeren Tunerverlusten. Dies macht einen intuitiven Sinn, besonders wenn du dich daran erinnerst, dass „Q“ für „Quality Factor“ steht und höhere unbelastete Q_s höhere Qualität und weniger verlustbehaftete Komponenten bedeuten.

Ändern der Tuner-Standard Einstellungen

Sobald du die Standardwerte geändert hast, bleiben sie wirksam, bis du entweder TLW neu startest oder die Werte innerhalb von TLW neu festlegst. Nur zu deiner Information. Es wurde in TLW die maximale Leistung vom Sender auf 5 Megawatt begrenzt. Ich vermute, dass das Limit nicht zu viele von euch betreffen wird.

Die Möglichkeit, den am Tuner Eingangsanschluss angezeigten Widerstand zu bestimmen, wenn dieser abgestimmt ist, ermöglicht es dir, mit anderen Tuner Konfigurationen zu experimentieren. Du kannst zum Beispiel einen Breitbandimpedanztransformator wie einen 50:200 Ω -Balun am Eingang eines Tuners verwenden. Du greifst auf diese Funktion im **Tuner Selection**, TLW Menü auf das Feld **Tuners's Input Resistance** [Eingangswiderstand] des Tuners zu.

Du kannst feststellen, dass die physikalischen Komponentenwerte für verschiedene Lasten für eine andere Impedanz am Tunereingang praktischer sind als für 50 Ω , dem Standardwert. Eine weitere Verwendung wird nachstehend im Detail gegeben, um einen Pi-Netzwerk-Tankkreis in einem Sender auszuwerten.

Tuner Verluste, Details

Eine weitere Zeile in diesem Menü zeigt dir den geschätzten Leistungsverlust im Tuner. Der angezeigte Verlust wird für die von dir angegebenen Sendeleistung berechnet. Der Verlust wird in Watt, in dB, und als Prozentsatz der Leistung am Eingang ausgedrückt. Zum Beispiel könnte eine bestimmte Tuner-Konfiguration 114 W von 1500 W verlieren, was zu einem Verlust von 0,34 dB oder 7,6% der Eingangsleistung führt. Wenn am Tuner Eingang 100 W anstatt 1500 W anliegen, wäre der Verlust immer noch 0,34 dB oder 7,6% von 100 W = 7,6 W.

Die nächste Zeile auf dem Bildschirm fasst die Systemverluste zusammen.

Den Verlust in der Übertragungsleitung selbst und den Gesamtverlust in der Leitung und dem Antennentuner, beide ausgedrückt in dB. Der letzte Eintrag am Ende der Zeile ist, wieviel Watt tatsächlich zur Antenne ankommen. Das kann ernüchternd sein!

Tuner in Stresssituation

Prüfe nun sorgfältig die aufgelisteten Daten für die einzelnen Komponenten des Antennentuners. Die Blindwiderstände für jedes Element werden zuerst angezeigt, gefolgt von der Spitzenspannung, dem Effektivstrom [*RMS*] und dem Leistungsverlust. Jeder Wert wird für den Wert der von dir angegebenen Sendeleistung berechnet. *[Beachte, dass die Blindwiderstände auf drei Dezimalstellen angezeigt werden, damit die Puristen unter euch diese Zahlen nehmen und manuell überprüfen können, ob das Programm so funktioniert, wie es sollte. Auch ich habe diese Daten verwendet, um das Programm während der Entwicklung zu überprüfen]*

Beachte auch, dass die von TLW angezeigte Spannung die Spitzenspannung an jeder Komponente ist. Verzeihe das Wortspiel, aber das ist möglicherweise ein wenig verwirrend, vor allem, wenn es sich um ein Serienelement handelt. Was gezeigt wird, ist nicht die Spannung von dem Element zu „Masse“ [*der gemeinsame Anschluss*]; es ist die Spannung über das Bauteil selbst. Zusätzlich ist der Strom, der durch jede Komponente fließt, aber hier ist es der Effektiv [*RMS*], weil dies eine Komponente aufheizt.

Ein Überschreiten der Spitzenspannung über eine Komponente in einem Tuner führt wahrscheinlich zu einem Lichtbogen. Dies kann, muss aber nicht katastrophal sein, abhängig davon, ob die Lichtbogenkomponente eine permanente "Kohlenstoffspur" entwickelt oder nicht. Ein Überschreiten des Effektivstroms für eine Komponente führt häufig aufgrund der übermäßigen Energiemenge zu einer Rauchwolke, die in diesem Element verbraten wird. Die Induktivität in einem Tuner wird manchmal aufgrund von überschüssiger Verlustleistung schmelzen.

Induktivitätsschäden treten am häufigsten bei niederohmigen Lasten mit oder ohne eine hohe Blindkomponente auf. Du kannst z. B. eine Belastungssituation simulieren, indem du für den Tuner eine Lastimpedanz von $3 + j0 \Omega$ bei 3,5 MHz [*Hinweis: eine Länge von 0 Fuß für die Übertragungsleitung*] für eine Hochpass T-Netzwerkconfiguration mit einem 100 pF Ausgangskondensator angibst. Für den vollen legalen Leistungsbedarf von 1500 W muss die Isolierung der Shunt-Induktivität nicht nur fast 10.000 V Spitzenleistung aushalten, noch schlimmer, sie muss fast 700 W Leistung bei mehr als 20 A zirkulierendem Strom ableiten. Diese Stromstärke wird die Spule toasten, wenn sie nicht bereits durch einen Lichtbogen zerstört wurde.

Wir sind immer noch bei **Abb. 14**.

Als nächstes auf dem Bildschirm siehst du eine Zeile, die die Spannungen am Eingang und Ausgang des gewählten Tuning Netzwerks zeigt. Die effektive [*RMS*] Eingangsspannung wird durch die am Tuner am Eingangswiderstand des Tuners [*üblicherweise 50 Ω*] eingespeiste Leistung bestimmt. Der Phasenwinkel der Ausgangsspannung wird als Null Grad angenommen, obwohl du ihn ändern kannst, wenn du möchtest. Die Größe und Phase der effektiven [*RMS*] Ausgangsspannung sind rechts dargestellt. Die Größe und der Phasenwinkel der Ausgangsspannung sind besonders interessant für Leute, die Netzwerke für phasengesteuerte Antennengruppen entwerfen.

TLW ermöglicht es dir, mit verschiedenen Impedanzen, unbelasteten Qs und verschiedenen Netzwerkconfigurationen herumzuspielen, ohne den Rauch und die Lichtbogenbildung aushalten zu müssen, die bei vielen Tunern auftreten, sogar bei solchen, die angeblich für eine „volle Gallone“ HF ausgelegt sind.

Nur, zum Spaß. Erhöhe die Größe des Ausgangskondensators im T-Netzwerk und/oder erhöhe das unbelastete Q der Induktivität, um den belasteten Antennentuner im obigen Beispiel zu entlasten. Oder wechsle zu einer verlustärmeren Konfiguration als das T-Netzwerk.

Lasst uns etwas wirklich Außergewöhnliches versuchen. Bei einer Frequenz von 3,5 MHz für eine Übertragungsleitungslänge von 0 Fuß gibst du für den ohmschen Teil der Last einen Wert von 0,001 Ω mit einer

Reaktanz von 0Ω ein. Wähle dann das T-Netzwerk mit einem Ausgangskondensator von 100 pF . Der Tuner nimmt alle 1500 W der Eingangsleistung auf, d.h. er stellt sich bei einem Kurzschluss am Ausgang völlig auf sich selbst ein!

Im Allgemeinen weisen L-Netzwerke den geringsten Verlust unter den verschiedenen Netzwerkkonfigurationen auf, aber sie erfordern oft umständliche Werte für die Induktivität und Kapazität. Die T-Netzwerk Konfiguration wird oft verwendet, weil sie einen breiteren Bereich von Impedanzen mit praktischen Werten von Drehkondensatoren und Induktivitäten aufnehmen kann, wenn auch mit manchmal katastrophalen internen Verlusten. Die Pi-Netzwerkkonfiguration ist flexibel, erfordert aber auch oft sehr große Werte für die Kondensatoren.

TLW und Senderausgang als Pi-Netzwerke

TLW ermöglicht es dir auch, die Verluste in einem Pi-Netzwerk zu bewerten, das am Ausgang einer Röhren-PA verwendet wird. Du kannst den Standardeingangswiderstand, der am Eingang des Netzwerks zu sehen ist, von den am häufigsten für einen Antennentuner verwendeten 50Ω bis zum gewünschten für eine Röhre oder einen Transistor erforderlichen Widerstand ändern.

Zum Beispiel möchte die Röhre 8877 eine Last von etwa 2200Ω bei einer Plattenspannung von 3100 V sehen. Du würdest den Standardwert von 50 auf 2200Ω in TLW ändern.

Nach den Empfehlungen des ARRL-Handbuchs möchtest du nun ein effektives Netzwerk Q zwischen 12 und 15 erreichen, um eine angemessene Unterdrückung von Oberschwingungen sicherzustellen. Bei einer Frequenz von sagen wir $29,7 \text{ MHz}$, mit einer Last von 50Ω am Ausgang des Pi-Netzwerks sagt TLW, dass ein Ausgangskondensator von 500 pF [der Standardwert] ein effektives Netzwerk Q von $33,1$ ergibt. Dies führt zu einer guten Oberwellenunterdrückung, aber es führt auch zu übermäßigen Verlusten, wodurch von den 1500 W etwa 290 W im Tankkreis verbraten werden. Es ist offensichtlich, dass wir irgendwie das Netzwerk Q absenken müssen.

Eine Ausgangskapazität von 200 pF bei $29,7 \text{ MHz}$ senkt das Netzwerk Q auf $15,2$, jetzt beträgt der erforderliche Wert der Kapazität am Eingang des Pi-Netzwerks nur noch $32,6 \text{ pF}$. Die Plattenkapazität der 8877 beträgt ungefähr 15 pF , und es wird unvermeidlich eine Streukapazität von mindestens 10 pF geben. Dies bedeutet, dass der Mindestwert des Abstimmkondensators weniger als $7,6 \text{ pF}$ betragen muss, um die gewünschte Gesamtkapazität von $32,6 \text{ pF}$ zu erreichen. Dies ist eine schwierige Anforderung, insbesondere für einen Drehkondensator, der auf 80 oder sogar 160 Metern verwendet wird. Weitere Versuche mit TLW werden zu einem Kompromiss führen, obwohl du es immer noch für notwendig hältst, einen teuren Vakuum Drehkondensator zu verwenden, um einen niedrigen Minimalwert zu erreichen.

Siehe **Abb. 12**, die wiederum ein Null-Längen-Kabel verwendet, um nur das Abstimmnetzwerk selbst zu simulieren. Die Last am Ausgang des Pi-Netzwerks beträgt in diesem Fall 50Ω .

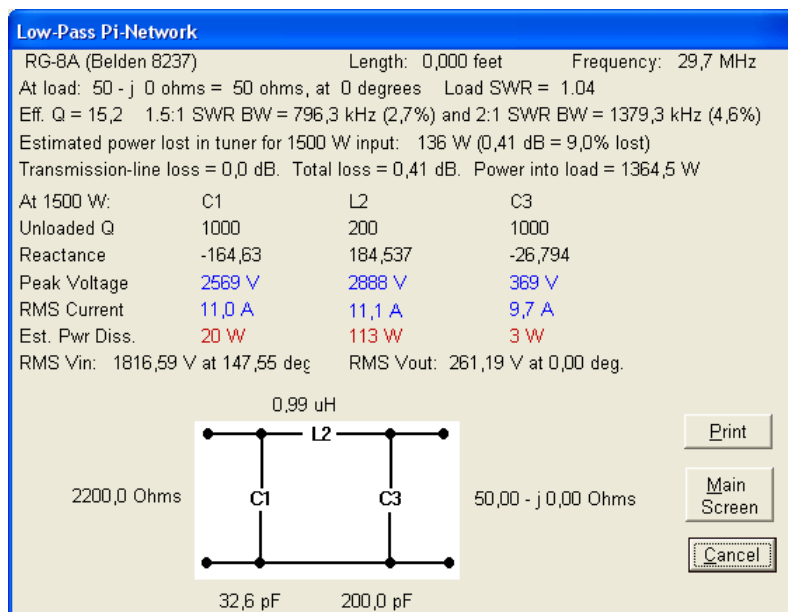


Abb. 15 - Ein Pi-Netzwerk für einen Röhrensender

Ausdruck eines Graphen oder Bildschirms

Wenn du einen bestimmten Graphen oder den TLW-Bildschirm drucken möchtest, wähle einfach die Schaltfläche **Print** [*Drucken*], während das Diagramm oder das Bildschirmfenster auf dem Bildschirm angezeigt wird. Beachte, dass beim Versuch, eine Vollbildgrafik zu drucken, Teile davon an den Rändern des Ausdrucks abgeschnitten werden. Ändere die Größe der Grafik, um sie vollständig auf deinem Drucker ausgeben zu können. Du kannst auch den gesamten Bildschirm mit der Drucktaste in die Windows Zwischenablage oder die Kombination verwenden, um nur das aktive Fenster in die Windows Zwischenablage zu kopieren. Sobald sich eine Grafik in der Zwischenablage befindet, kannst du sie in andere Windows Programme importieren.

Feedback, Bitte

Ich stehe zu TLW. In einem sehr komplexen Programm wie diesem. bin ich mir sicher, dass du Fehler finden wirst. Ich würde es sehr schätzen, wenn du ein detailliertes Feedback zu gefundenen Problemen abgeben würdest.

Meine E-Mail-Adresse bei ARRL HQ ist n6bv@arrl.net.

R. Dean Stroh, N6BV

Senior Assistent Technischer Redakteur, ARRL [im Ruhestand]

225 Main Street

Newington, CT 06111

E-Mail: n6bv@arrl.net

07. Februar 2014

Anhang A - Verluste auf der Übertragungsleitung

Vor einigen Jahren schrieb ich Sidebars zu zwei QST "New Ham Companion" Artikeln von Steve Ford, WB8IMY. Diese befassten sich mit den Beanspruchungen von Übertragungsleitungen, die bei Mehrband-Dipolen verwendet werden. Die berechneten Verluste, sowohl für RG-213 Koaxialkabel als auch für Freileitungen, sorgten für einige Unannehmlichkeiten und einige Nackenhaare. Einige Leute waren erstaunt, wie hoch die Übertragungsverluste sein könnten, wenn ein extrem hohes SWR beteiligt war, etwa wenn ein 80-Meter-Dipol auf 160 Metern verwendet wurde, eine Oktave tiefer als seine Resonanzfrequenz.

Nach vielen Debatten und Korrespondenzen habe ich den Verlustalgorithmus in mehreren Versionen des älteren TL Programms überarbeitet. Im Oktober 1995 lieferten mir Frank Witt, A11H, und Scott Townley, NX7U, freundlicherweise mehr Informationen über die wahre Natur der komplexen charakteristischen Impedanz. Dies wurde in TL, TLA und jetzt TLW aufgenommen. Nach all den Änderungen liegen die Verluste für schwere SWR-Fälle nahe bei dem, was der ursprüngliche TL berechnet hat, aber sie sind dennoch genauer.

Nun stimmen die Verlustberechnungen sehr gut mit den berechneten Beispielen für wirklich schwerwiegende Fehlanpassungen in dem von Howard W. Sams und Co. veröffentlichten Buch Referenzdaten für Funkingenieure überein. Die Beispiele auf Seite 22-11 der Fünften Ausgabe waren für RG-218, alter Typ RG-17, abgeschlossen bei 2,0 MHz mit $0,4 -j2000 \Omega$ Last. Es geht darum, wie eine entladene mobile Vertikalantenne ohne bodenbedingte Verluste aussehen würde. Eine 124 Fuß lange RG-17-Leitung hätte bei dieser Last mehr als 35 dB Verlust, und ein 24 Fuß langes Stück würde fast 20 dB ableiten.

Anhang B - einige Daten zum Ausprobieren von TLW

Im Folgenden findest du einige Beispiele mit Impedanz Daten, die du verwenden kannst, um dich mit TLW vertraut zu machen.

Einspeisepunktimpedanzen für einen 100 Fuß langen, mittig gespeisten Dipol, 50 Fuß über Grund mit Dielektrizitätskonstante [*relative Permeabilität*] von 13, Leitfähigkeit von 5 mS/m. Berechnet wurde es mit NEC2 für Flat-Top-Konfiguration.

<u>Frequenz / MHz</u>	<u>Feed-Point / Impedanz</u>
1.83 MHz	4.5 $-j$ 1673 Ω
3.80 MHz	39 $-j$ 362 Ω
7.10 MHz	481 $+j$ 964 Ω
10.10 MHz	2584 $-j$ 3292 Ω
14.10 MHz	85 $-j$ 123 Ω
18.10 MHz	2097 $+j$ 1552 Ω
21.10 MHz	345 $-j$ 1073 Ω
24.90 MHz	202 $+j$ 367 Ω
28.40 MHz	2493 $-j$ 1375 Ω

Einspeisepunktimpedanzen für einen 66 Fuß langen, mittig gespeisten invertierten V-Dipol, Scheitelpunkt bei 50 Fuß Höhe über Grund mit einer Dielektrizitätskonstante von 13, Leitfähigkeit von 5 mS/m.

<u>Frequenz / MHz</u>	<u>Feed-Point / Impedanz</u>
1.83 MHz	1.6 $-j$ 2257 Ω
3.80 MHz	10.3 $-j$ 879 Ω
7.10 MHz	64.8 $-j$ 40.6 Ω
10.10 MHz	21.6 $+j$ 648 Ω
14.10 MHz	5287 $-j$ 1310 Ω
18.10 MHz	198 $-j$ 820 Ω
21.10 MHz	103 $-j$ 181 Ω
24.90 MHz	269 $+j$ 570 Ω
28.40 MHz	3089 $+j$ 774 Ω

Schlussbemerkung:

Anmerkung des Übersetzers:

Für die Richtigkeit wird keine Garantie gegeben. Es wird auch keine Haftung für Schäden beim Experimentieren übernommen. Für konstruktive Hinweise bin ich dankbar.

Viel Erfolg und Spaß bei der Anwendung und Interpretation der Ergebnisse.

Diese freie Übersetzung ist für OM's gedacht, die sich mit dem Programm TLW vertraut machen möchten. Eine kommerzielle Nutzung dieser Übersetzung untersage ich hiermit ausdrücklich!

HAVE FUN

und

Viel Erfolg!

von Uli, DL2LTO

Kurzerklärungen zu den Eingaben und Buttons:

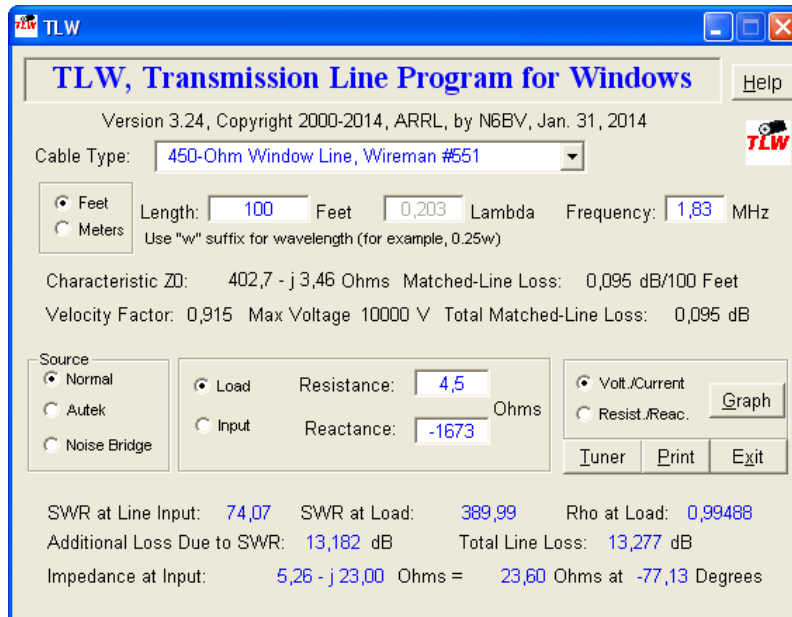


Abb. 16 – Menü zur Kurzerklärungen den Eingaben und Buttons

<i>Cable Type</i>	- Kabel Type auswählen
<i>Feet / Meters</i>	- Maßeinheit in Fuß oder Meter auswählen
<i>Length</i>	- Längen Eingabe der ausgewählten Übertragungsleitung
<i>Lambda</i>	- Wellenlänge in Lambda
<i>Frequency</i>	- Eingabe der zu analysierenden Frequenz
<i>Characteristic Z0</i>	- Wellenwiderstand
<i>Matched-Line Loss</i>	- Kabelverluste in dB/100ft
<i>Velocity Factor</i>	- Verkürzungsfaktor der Leitung
<i>Max Voltage</i>	- Spitzenspannung
<i>Total Matched-Line Loss</i>	- Kabelverluste bezogen auf die konkrete Kabellänge in dB
<i>Normal / Autek / Noise Bridge</i>	- Eingabewerte aus Programm, von Analyser, von Rauschbrücke
<i>Load / Input</i>	- Quellenauswahl
<i>Resistance</i>	- Wirkwiderstand
<i>Reactance</i>	- komplexer Blindwiderstand [+j / -j]
<i>Volt / Current</i>	- Volt / Strom Betrachtung auf der Leitung
<i>Resist. / Reac.</i>	- Wirk- / Blindwiderstands Betrachtung auf der Leitung
<i>SWR at Line Input</i>	- SWR am Leitungseingang
<i>SWR at Load</i>	- SWR am Antennenfußpunkt
<i>Rho at Load</i>	- Reflexionskoeffizient
<i>Additional Loass Due to SWR</i>	- Zusätzlicher Verlust aufgrund des SWR
<i>Total Line Loss</i>	- Gesamte Leitungsverluste
<i>Impedance at Input</i>	- komplexer Widerstand am Eingang
<i>= xx Ohms at yy Degrees</i>	- umgerechnet in Ohm und Phasenwinkel
<i>Graph</i>	- Grafik Menü
<i>Tuner</i>	- Tuner Menü
<i>Print</i>	- TLW Daten drucken
<i>Exit</i>	- TLW verlassen

Ich weiß, was in meinem Shack passiert. Was passiert aber am anderen Ende meiner Übertragungsleitung?

Wenn du es herausfinden willst, hier ist ein einfacher Weg mit TLW.

Das kann für interessierte Ömer, die den Einfluss von Übertragungsverlusten auf die Effektivität ihres Antennensystems bestimmen wollen interessant sein.

Welchen Unterschied kann ich sehen, wenn ich einen Tuner direkt an die Antenne anschließe anstatt den eingebauten Tuner zu nehmen?

Ich messe ein SWR von 2,5:1 am Sender Ende eines 135 ft langen RG-8X Koaxkabels. Der Auto-Tuner meines Transceivers stimmt auf 1:1 ab, aber wie kann ich die Verluste herausfinden?

TLW bietet einen sehr einfach zu bedienenden Mechanismus an, um alles zu bestimmen, was ich normalerweise wissen muss, was auf einer Übertragungsleitung passiert.

Hier ein schneller Überblick über die TLW Eingaben:

Cable Type [*Kabel Typ*]

Hier wählst du den gewünschten Kabeltyp aus, den du analysieren willst. Dazu steht dir das Dropdown Menü mit 39 Einträgen der meist genutzten Kabeltypen von Koax bis Wireman zur Auswahl.

Ein zusätzlicher Eintrag ist für eine benutzerdefinierte Übertragungsleitung vorgesehen, die durch den Verkürzungsfaktor und die Dämpfungswerte spezifiziert werden kann. Dazu brauchst du aber genaue Angaben zur Übertragungsleitung!

Length [*Länge*]

Längenangabe des Kabels, Du kannst zwischen der Fuß- oder Meter Eingabe wählen.

Frequency [*Frequenz*]

Die Frequenzeingabe in MHz ist ein sehr wichtiger Eingabeparameter, wenn du mit Übertragungsleitungen experimentierst.

Source [*Ursprungsdaten*]

Hier definierst du die Widerstände der Eingabedaten. Normalerweise kannst du „Normal“ nehmen.

Autek nimmst du, wenn mit einem vektoriiellen Analyser die Werte gemessen werden.

Noise Bridge nimmst du, wenn du mit einer Rauschbrücke die Werte ermittelt hast.

Impedance [*Widerstand*]

Hier trägst du die gemessenen Impedanz-Werte richtig ein. Resistance ist der Wirkwiderstand.

Reactance ist der Blindwiderstand. – [*Minus*] bedeutet kapazitiver und + [*Plus*] bedeutet induktiver Blindwiderstand. Mit einem Antennenanalyser kannst du die komplexen Werte an jedem Ende der Übertragungsleitung messen.

Wenn du nur das SWR kennst aber nicht die tatsächliche Impedanz, gibt es einen Weg, die Impedance berechnen zu lassen, Dazu in einem späteren Beispiel mehr.

SWR [*Stehwellenverhältnis*]

Das SWR tritt an jedem Kabelende auf. Das kann sehr unterschiedlich sein, was viele Ömer nicht wissen.

Wird ein moderates SWR senderseitig angezeigt, ist oft das SWR an der Antenne aufgrund des Kabelverlusts viel höher. Mit TLW kennst du das SWR an beiden Enden und den Verlust im Kabel selbst.

Rho at Load [*Reflexionskoeffizient*]

Ein Bruchteil der Leistung wird von der Last zurück reflektiert.

Additional Loss Due to SWR [*Zusätzlicher Verlust aufgrund des SWR*]

Total Loss [*Gesamtverlust*]

Gesamtverlust in der Übertragungsleitung, einschließlich der Verluste durch Fehlanpassung.

Was ist, wenn ich nur das SWR messen kann, aber nicht die tatsächliche Impedanz?

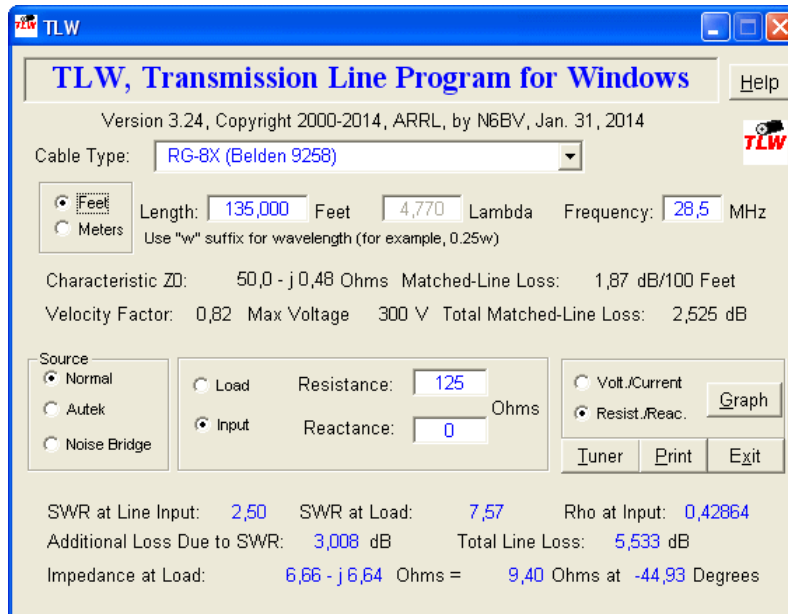


Abb. 17 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Oft kannst du nur das SWR am senderseitigen Ende des Koaxkabels messen. Da die Verluste eine Funktion des SWR sind, nicht aber die spezielle Impedanz, kannst du einfach eine beliebige Impedanz mit dem gleichen SWR eingeben und auf den Input Button klicken. Eine einfache beliebige Impedanz zu verwenden ist nur das SWR mal die Z_0 des Kabels, normalerweise 50 Ω .

Zum Beispiel kannst du einen Widerstand von 125 Ω verwenden, um ein SWR von 2,5:1 darzustellen. Dies habe ich in der obenstehenden Abbildung gemacht. [135 ft, Belden RG-8X]

Die Ergebnisse sind interessant. Beachte, dass das SWR von 2,5:1 bei 28,5 MHz, von einem SWR 7,57:1 an der Antenne stammt. Vielleicht wird dir jetzt vieles klarer! Beachte, dass der Verlust von 5,5 dB, mehr als die Hälfte oder 3 dB, auf die Fehlanpassung zurückzuführen ist.

Beachte aber, dass, wenn du etwas anderes als die tatsächlich gemessene Impedanz verwendest, die von TLW bereitgestellten Impedanzdaten nicht verwendet werden können. Wir können die SWR- und Verlustdaten jedoch verwenden, aber das ist es ja gerade, was wir herausfinden wollen.

Du kannst jetzt einfach "was wäre wenn" machen.

Schau dir mal an, wie viel Verluste auf anderen Bändern ausgewiesen werden, indem du nur die Frequenz änderst.

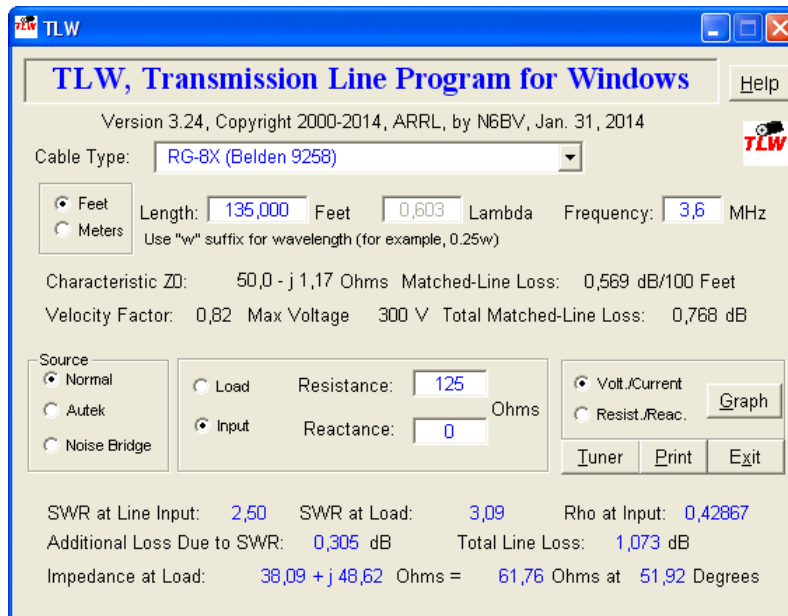


Abb. 18 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Zum Beispiel auf 80 Metern. Mit dem gleichen SWR von 2,5:1 am Senderende ist das SWR an der Antenne etwa 3,1:1 und der Verlust ist etwas mehr als 1 dB.

Wir könnten auch eine am Antennenende berechnete Impedanz annehmen und sehen, welchen Unterschied andere Kabeltypen machen würden. Zum Beispiel, mit dem gleichen SWR von 7,59 bei 28,5 MHz an der Antenne und 135 ft von ½ Zoll Andrew Heliax, ergibt sich ein Gesamtverlust von 1,47 dB bei 28,5 MHz.

Beachte, dass das unten angezeigte SWR jetzt 5,5:1 ist und der Auto-Tuner deines TRX möglicherweise nicht in der Lage ist, die neue Last anzupassen.

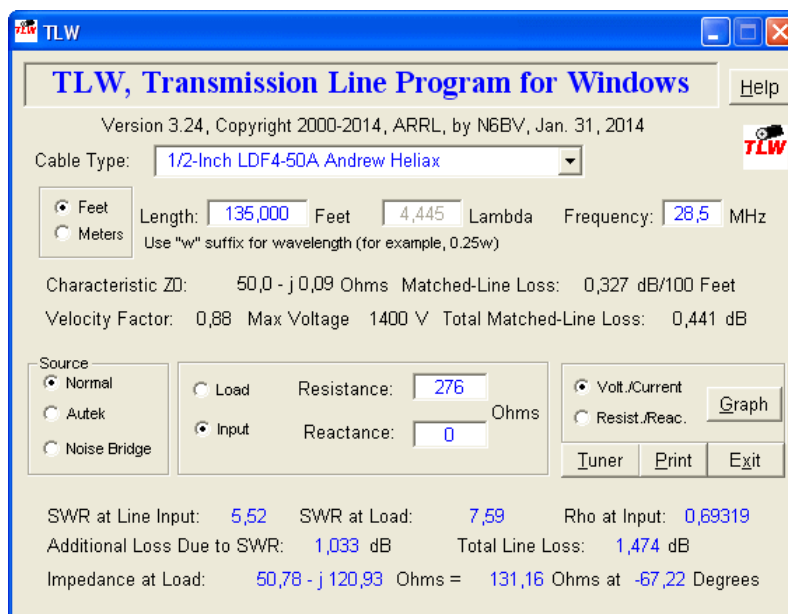


Abb. 19 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Aber warte, es gibt noch mehr!

Du kannst auch auf den Grafik-Button klicken und eine Kurve von Spannung und Strom oder Wirkwiderstand und Blindwiderstand entlang des Kabels werden angezeigt. Beachte, dass dies aber nur nützlich ist, wenn du mit der tatsächlichen Impedanz gerechnet hast, statt mit dem SWR zu beginnen.

Wenn du auf den Tuner Button klickst, wirst du aufgefordert, einige Spezifikationen für dein Tuner Equipment auszuwählen. TLW entwirft effektiv einen Tuner des Typs, den du am Kabelende im Shack einsetzen kannst. Es

wird auch die im Tuner verlorene Leistung berechnet und zeigt dir eine Zusammenfassung der übertragenen und verlorenen Leistung in Watt, so dass du es nicht selbst berechnen musst!

Wenn du fertig bist, achte darauf, den Exit Button zu klicken, und schließe nicht nur das Fenster. Andernfalls startet TLW möglicherweise das nächste Mal nicht richtig.

Bestimmen der Eingangsimpedanz einer nicht angepassten Übertragungsleitung

Die Eingangsimpedanz einer Übertragungsleitung beliebiger Länge mit einer beliebigen Abschlussimpedanz kann auf verschiedene Arten bestimmt werden. Meine bevorzugte Methode, um die Eingangsimpedanz, das SWR sowie den Leitungsverlust zu bestimmen ist TLW.

Der Hauptbildschirm zeigt eine Analyse einer Antenne mit einer komplexen Lastimpedanz, die durch 100 ft Koaxialkabel gespeist wird.

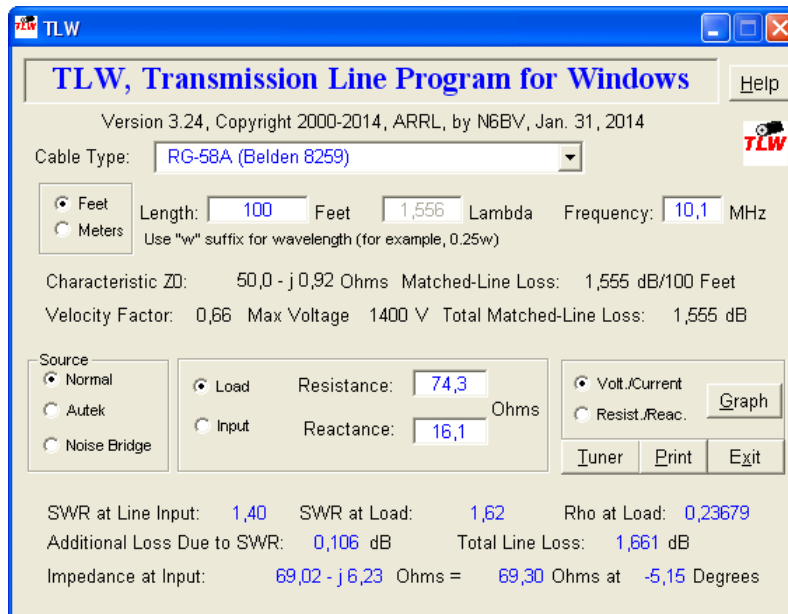


Abb. 20 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Der gemessene Fußpunktwiderstand wird unter Load in die beiden Eingabefelder eingegeben. Das sind *Resistance* für den Wirkwiderstand mit $74,3 \Omega$ und *Reactance* für den komplexen Blindwiderstand mit $+j16,1 \Omega$.

Der komplexe Blindwiderstand mit $+j16,1 \Omega$ steht für einen induktiven Blindwiderstand bei der gewünschten Frequenz von 10,1 MHz. Ein kapazitiver komplexer Blindwiderstand wird mit einem Wert $-j$, also ein negatives Vorzeichen, ausgedrückt.

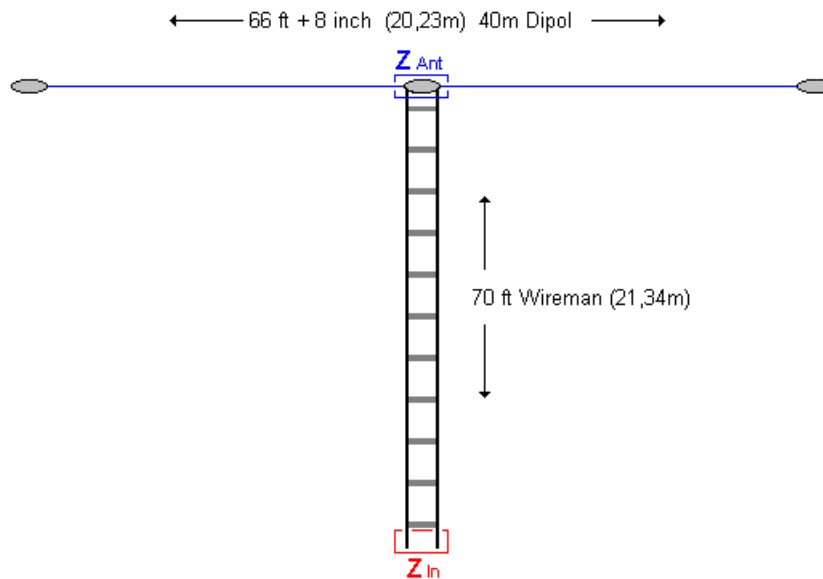
Der Ausgangswiderstand für die 100 ft RG-58A Koaxkabel wird in der untersten Zeile mit $69,02 -j6,23 \Omega$ als komplexer Widerstand und als Koordinate mit $69,3 \Omega$ bei $-5,15^\circ$ angezeigt. In der dritten Zeile von unten siehst du das SWR am Leitungsausgang von 1,40:1 und das berechnete SWR am Antennenfußpunkt von 1,62:1.

Weiterhin wird dir der Gesamtverlust von 1,66 dB angezeigt, der sich aus dem Leitungsverlust von 1,55 dB und dem zusätzlichen Verlust aufgrund des SWR von 0,106 dB zusammen setzt.

Das ist so Alles, was du von der hier im Beispiel dimensionierten Übertragungsleitung mit RG-58A wissen musst.

40-Meter-Dipol als Beispiel für die Bestimmung eines speziellen Anpassnetzwerks

Die folgende Skizze soll als Grundlage für ein Beispiel dienen.



Die betrachtete Antenne ist ein Dipol, der für das untere Ende des 40-Meter-Bandes zugeschnitten wurde. Anstatt den Dipol direkt mit Koaxkabel zu speisen, was wahrscheinlich kein spezielles Netzwerk erfordern würde, wurde ein 70 Fuß Wireman mit nominal 450Ω verwendet, so dass effizient auf mehreren Bändern gespeist werden kann.

Um es auf 40 Metern zu verwenden, stellen wir fest, dass die Impedanz in der Mitte und an jedem Ende des Bands am Antennenspeisepunkt wie folgt gezeigt ist.

Tab 1: Impedanz wird an der Antenne [Z_{Ant}] vorhergesagt

Frequenz in MHz	Wirkwiderstand in Ω	Blindwiderstand in Ω	50 Ω SWR
7.0	82.3	-j 34.0	2.0
7.15	88.0	-j 0.37	1.8
7.3	94.1	+j 33.1	2.2

TLW wurde benutzt, um die Impedanz an der Unterseite [Z_{In}] der nicht abgestimmten Übertragungsleitung zu bestimmen.

Tab 2: Impedanzvorhersage am unteren Ende der 70-ft-Übertragungsleitung [Z_{In}]

Frequenz in MHz	Wirkwiderstand in Ω	Blindwiderstand in Ω	50 Ω SWR
7.0	87.7	+j 82.9	4.9
7.15	103.3	+j 148.6	4.6
7.3	236.5	+j 229.7	4.3

Man hätte auch mit anderen Antennenanalyseprogrammen, die mit Übertragungsleitungsmodellen ausgestattet sind, die Werte direkt bestimmen können. Da wir aber TLW für den nächsten Schritt benötigen, war das kein zusätzlicher Aufwand.

- **Versuche nun ein Netzwerk zu berechnen, das die Antennenimpedanz auf die gewünschte Impedanz des Transceivers oder der Übertragungsleitung anpasst.**

Es gibt viele Techniken, die verwendet werden könnten, um ein passendes Netzwerk zu entwerfen, das zu jeder Impedanz in der vorigen Tabelle mit unserem gewünschten 50 Ω Transceiver passt.

Am einfachsten ist es aber, einfach auf den Tuner Button des TLW Anfangsbildschirm zu klicken.

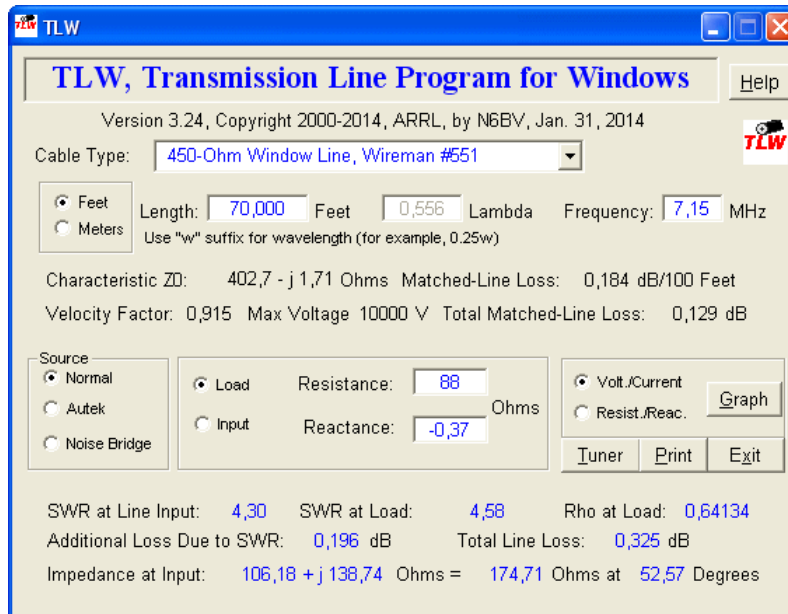


Abb. 21 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Der neue Bildschirm wird angezeigt und bietet die Möglichkeit, einige allgemeine Parameter einzugeben, einschließlich der Sendeleistung und der physikalischen Komponenteneigenschaften.

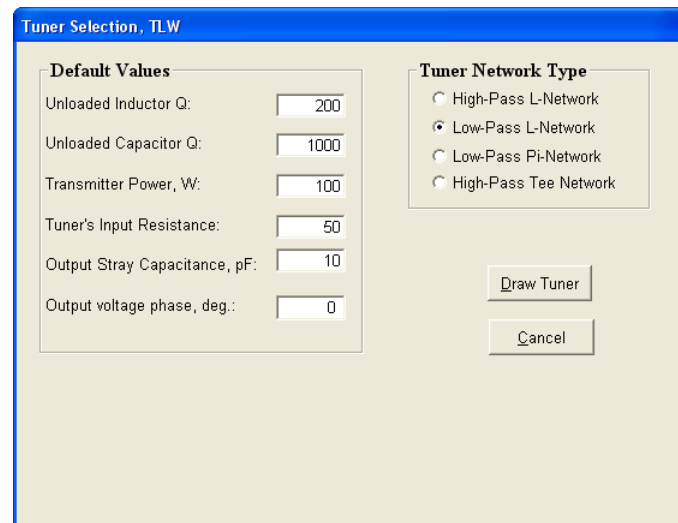


Abb. 22 – Tuner Auswahl Menü

Während die Übertragungsleistung ein direkter Parameter ist, sind es einige der anderen Parameter möglicherweise nicht.

Die Güte [Q] der Induktivität und des Kondensators bezieht sich auf die Verluste in den Komponenten. Typischerweise ist der größte Verlust in einem HF-Tuner, insbesondere mit einem oder mehreren dielektrischen Luftkondensatoren, auf den Widerstand der Induktivität [Spulendraht] zurückzuführen. Wenn du eine Spule kaufst, wird die Güte [Q] oft mit angegeben.

Werte um die Hundert sind typisch, und die gute Nachricht ist, dass die Programmresultate nicht sehr empfindlich auf den Wert von Q reagieren. Eine 100% Änderung von Q in unserem Beispiel führt zu einer Änderung von weniger als 0,5% des Q Wertes. Die spezifizierte Induktivität und der Kondensator, kleiner als die übliche

Komponententoleranz, kann mit einer Güte [Q] von 200 spezifizieren werden und das resultierende Design sollte für die meisten realen Induktivitäten in Ordnung sein.

Der Ausgangs-Streukapazitätswert [*Output Stray Capacitance*] repräsentiert die Kapazität durch die Verdrahtung und Komponenten auf der Ausgangsseite zum Chassis.

Nun zum Tuner-Netzwerktyp [*Tuner Network Type*]

Dazu gibt es wirklich nicht viel zu sagen. Wähle den Typ der dir am besten gefällt, oder noch besser, probiere alle aus. In unserem Beispiel wähle ich den Tiefpass als L-Netzwerk, weil es nur zwei Komponenten aufweist und Oberwellen dämpft. Es hat auch nur eine Einstellung für jede korrekte Anpassung, mehr dazu später.

Wähle einfach irgendeinen aus. Du wirst wahrscheinlich alle mal ausprobieren, um herauszufinden, welche Komponenten in der Bastelkiste verfügbar oder am einfachsten zu erhalten sind.

Wenn du neben dem L-Netzwerk eine Konfiguration auswählst, wirst du nach einem Wert gefragt, der für den Kondensator auf der Ausgangsseite / zur Antenne verwendet werden kann. Es wird versucht, einen Tuner für jeden Wert zu entwerfen, den du auswählst. Wenn ein Tuner nicht mit deinem Wert arbeiten kann, wird empfohlen, ihn größer oder kleiner zu machen. Notiere dir den Leistungsverlust und versuche verschiedene Werte des Ausgangskondensators, bis du ein Design mit akzeptablen Verlusten und einigermaßen großen Komponenten erreicht hast. Dies spiegelt auch die Tatsache wieder, dass die drei Element Tuner [Pi- und T-Netzwerk], mehr als einen Satz von Einstellungen aufweisen, die eine zufriedenstellende Anpassung an den TRX ergeben.

Unglücklicherweise werden einige, obwohl sie für den TRX gut aussehen, mehr Verluste als andere haben.

- **Klicke auf Draw Tuner.**

Ein neues Fenster sollte erscheinen, wenn du Details für den ausgewählten Tiefpass L-Netzwerk Tuner angeben hast.

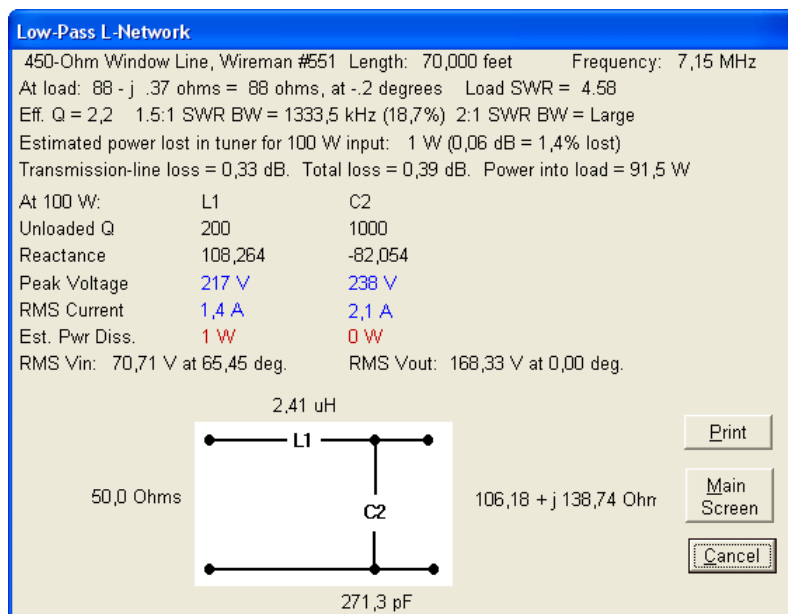


Abb. 23 – Ergebnisansicht für ein Beispiel

Beachte das Tuner-Schema mit den angezeigten Teilen. Zusätzlich zu den Komponentenwerten, die zur Bereitstellung der Übereinstimmung benötigt werden, enthält die Tabelle über dem Schaltplan Informationen zum Belastungsgrad der beiden Komponenten und weitere interessante Eckdaten.

Die **Tabelle 3** zeigt das resultierende Design für die Mitte und beide Enden des 40-Meter-Bandes. Dieser Entwurf kann als Ausgangspunkt für ein einzelnes Frequenz-, Einzellast-, Anpassungsnetzwerk verwendet werden. Ich sage bewusst Ausgangspunkt, denn selbst bei sorgfältiger Analyse gibt es einige Variablen, die nicht genau bekannt sind, einschließlich der tatsächlichen Komponentenwerte. Typische Toleranzen sind beispielsweise +/- 10%. Dies wird oft berücksichtigt, indem eine oder beide Komponenten variabel gemacht werden oder es mit leicht unterschiedliche Komponentenwerte versucht wird, bis man das gewünschte Ergebnis akzeptieren kann.

Wenn alternativ die Abdeckung des gesamten Bandes gewünscht wird, können die Komponenten über die gezeigten Bereiche variabel gemacht werden. Es ist auch möglich, dass die Werte für die Mitte des Bandes eine zufriedenstellende Anpassung über mindestens einen Teil eines Bandes liefern, ohne dass Veränderungen erforderlich sind. Dies kann durch Versuch und Irrtum bestimmt werden oder in einem Antennenanalyseprogramm unter Verwendung von modellierten konzentrierten "Lasten" am unteren Ende der Übertragungsleitung simuliert werden.

- **Erstelle und teste das Netzwerk**

Der beste Weg, das Netzwerk zu testen, besteht darin, einen Antennenanalysator zu bemühen. Wenn das Netzwerk an der richtigen Stelle der Übertragungsleitung angeschlossen ist, sollte die Impedanz bei der Entwurfsmittelfrequenz nahe bei 50Ω liegen. Wobble über den angestrebten Frequenzbereich und notiere die Impedanz und das SWR alle 25 oder 50 KHz. Wenn du die gemessenen Werte in einem Diagramm aufzeichnest, solltest du eine gute Vorstellung davon erhalten, was das Netzwerk leisten kann und ob es über den gesamten Bereich funktioniert. Wenn es nicht ganz stimmt, ändere einen Wert und wobble erneut über den Bereich.

Zu guter Letzt schließe deinen Transceiver an, stimme auf eine freie Frequenz ab, und notiere das SWR des Transceivers. Es sollte nahe dem des Analysers sein.

Schalte den Sender aus und prüfe, ob Tuner Komponenten heiß geworden sind. Das sollten sie natürlich nicht.

Tab 3: Komponenten für ein 100 Watt Low-Pass L-Netzwerk zum Anpassen von Z an 50Ω

Frequenz [MHz]	Induktivität [μ H]	Spule Ap	Kapazität [pF]	Kondensator Vp	Effektivität %
7.0	1.72	1.4	339.4	181	96.1
7.15	2.55	1.4	264.7	250	95.7
7.3	3.28	1.4	205.2	317	95.4

Weiteres Beispiel

Schauen wir uns mal eine gut abgestimmte 160 Meter Inverted-L an und sehen, was mit einem HF-Signal in der Übertragungsleitung passiert. Die Impedanz an der Antenne ist mit $54.9 -j15.9 \Omega$ fast ideal. Unter der Annahme einer 100 Fuß langen Zuleitung von RG-8 haben wir alles, was benötigt wird, um den Übertragungsverlust in TLW berechnen zu können.

Durch Eingabe der Frequenz, des Kabeltyps, der Kabellänge und des Wirk- und Blindwiderstands, schätzt TLW das SWR am Transceiver, an der Antennenbasis und den Gesamtleitungsverlust.

In diesem Fall ist der Gesamtleitungsverlust vernachlässigbar bei 0,232 dB, als eine Folge des geringen vorhandenen Leitungsverlusts, der guten Lastanpassung und der Tatsache, dass der Leitungsverlust dazu tendiert, bei den längeren Wellenlängen weniger zu werden.

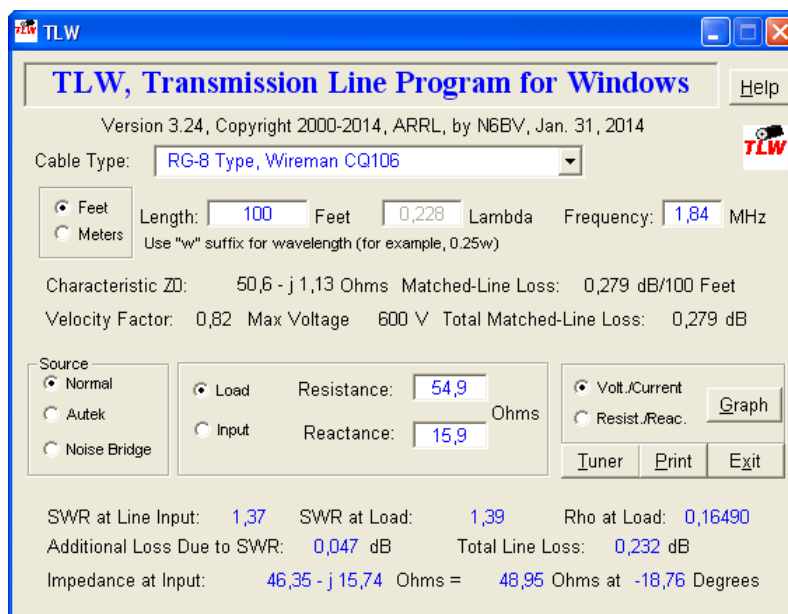


Abb. 24 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Nehmen wir nun die gleiche Antenne und lassen diese bei einer Frequenz im 80 Meter Band berechnen. Die jetzige Halbwellenantenne hat eine Impedanz von $2969 - j2561 \Omega$. Wenn diese Werte in TLW eingegeben werden, kann man sehen, dass der Gesamtleitungsverlust 7,8 dB beträgt.

Das heißt, wenn man QRP mit ca. 5W oder weniger sendet, gehen fast 25% des an die Antenne gesendeten Signals nach dem Anlegen des Tuners in der Übertragungsleitung verloren.

Obwohl der Antennentuner also in der Lage sein könnte, mit der Fehlanpassung umzugehen und den TRX glücklich und sicher zu machen, ist nicht Alles zufriedenstellend.

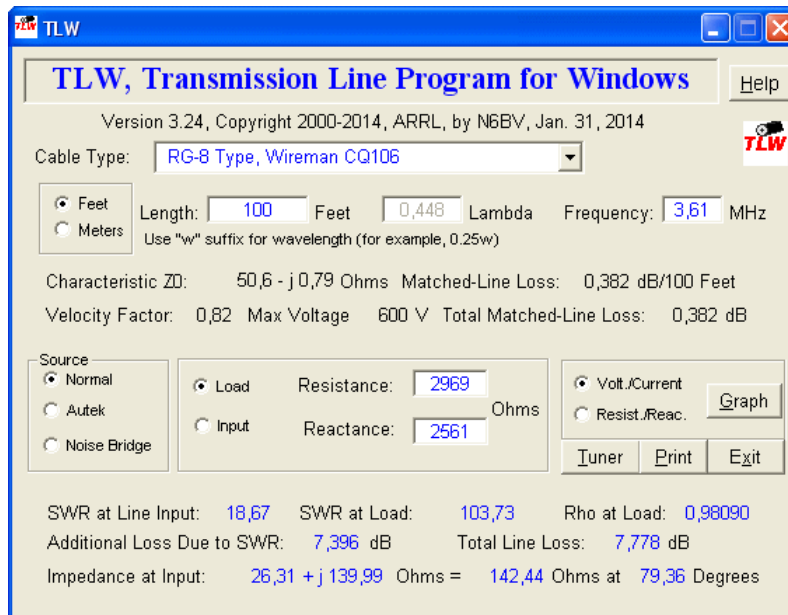


Abb. 25 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

Dies erklärt auch, warum eine 450 Ohm Wireman-Leitung im Falle von schwerwiegenden Sender/Last-Fehlanpassungen, die ja unter bestimmten Umständen auftreten, so wertvoll sein kann. Da die Wireman-Leitung grundsätzlich eine symmetrische Leitung ist, sind die Verluste in der Regel geringer als bei unsymmetrischen Kabeln. Folglich kann man sehen, dass bei 80 Meter der gesamte Leitungsverlust auf etwa 0,63 dB reduziert wird, wenn das Koaxkabel durch eine Wireman-Leitung ersetzt wird. Aber wenn die Wireman-Leitung eine Antenne knapp oberhalb des Erdbodens speist, können Faktoren, wie beispielsweise Verluste aufgrund der Erdbodennähe und anderer Einflüsse von TLW nicht genügend berücksichtigt werden.

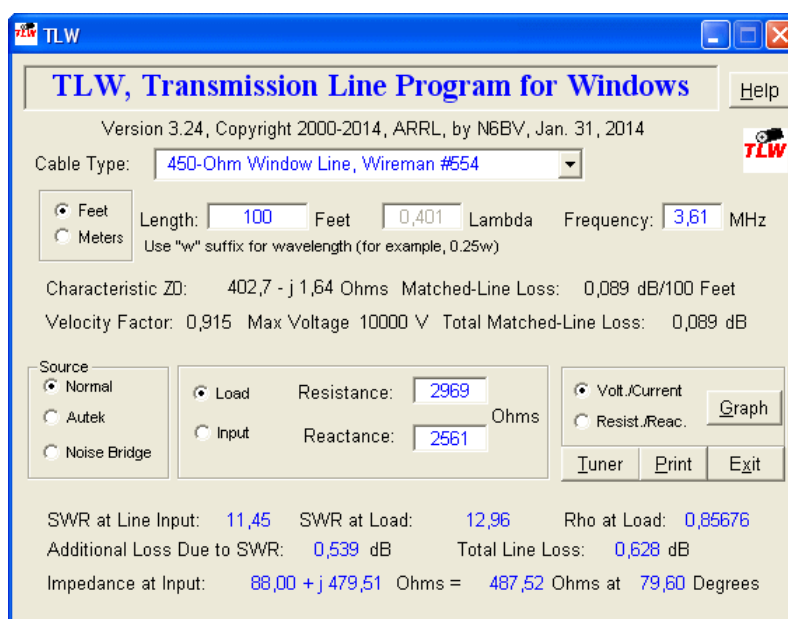


Abb. 26 – Eingabe- und Ergebnisansicht für das Beispiel

