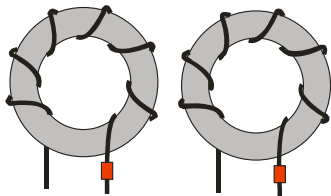


# 1 Aufbau des Kopplers

Der Koppler gehört in ein Abschirmgehäuse, im Muster Schubert-Gehäuse Nr. 5 (55x74x30 mm). Da passen die FT50-Ringkerne für kleine TX-Leistungen gut rein. Da das verwendete Antennenkabel ein (dicker) RG213-Typ ist, wurden SO239-Koaxbuchsen eingesetzt. Für QRP-Leistungen wäre BNC ausreichend.

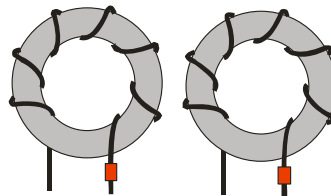
Der Anschluss der Koppler-Ringkerne muss phasenrichtig erfolgen, im Schaltbild mit Punkten (●) gekennzeichnet. Zwei Möglichkeiten des Anschlusses:

### Anschluss FWD rechts, REV links

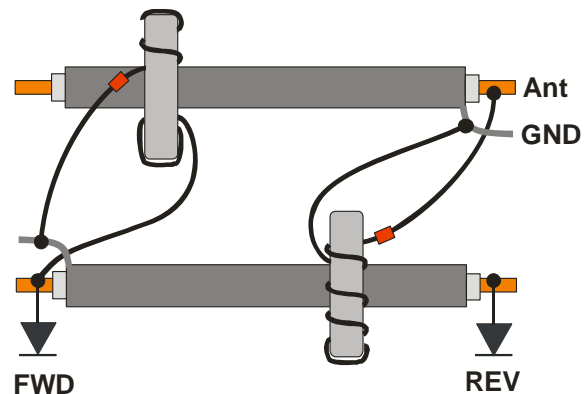
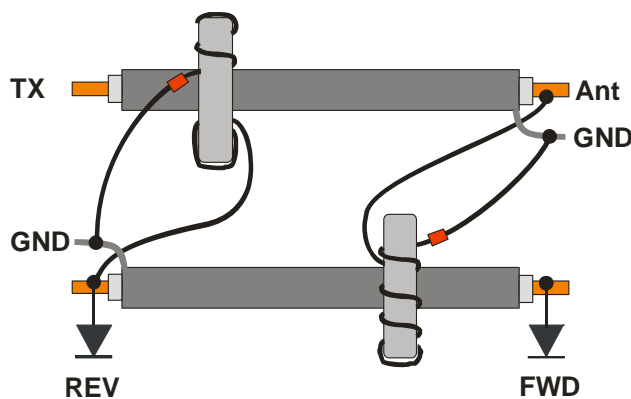


Die beiden Kerne identisch wickeln und auf gleiche Induktivitäten ausmessen.  
Die **rot** markierten Enden zeigen jeweils auf die Seite des Koax-Kabels mit abgeschnittener Abschirmung. Sie werden an die **Abschirmung** des jeweils anderen Koax-Kabels angelötet.  
**REV ist links, FWD ist rechts.**

### Anschluss FWD links, REV rechts (Mustergerät)



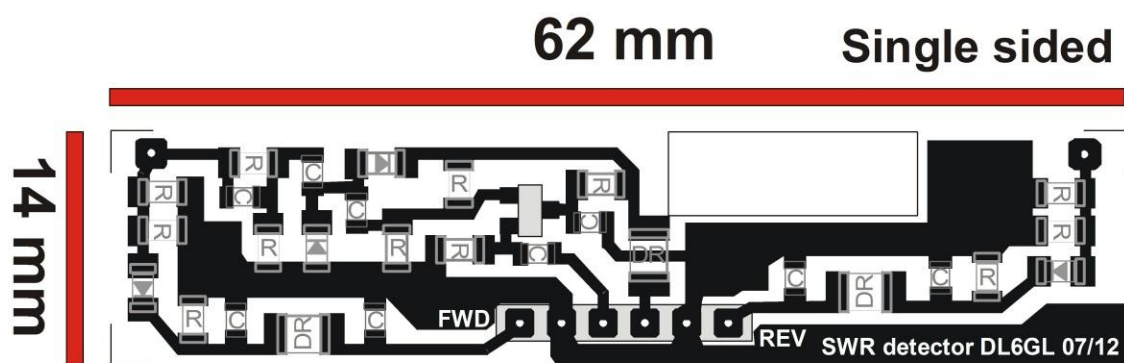
Die beiden Kerne identisch wickeln und auf gleiche Induktivitäten ausmessen.  
Die **rot** markierten Enden zeigen jeweils auf die Seite des Koax-Kabels mit abgeschnittener Abschirmung. Sie werden **vertauscht** an die Seelen des jeweils anderen Koax-Kabels angelötet, also  
(oberer) Stromwandler: rot an GND  
(unterer) Spannungswandler rot an die Seele  
**FWD ist links, REV ist rechts.**



Im Mustergerät wurde die rechte Variante (FWD links) gewählt, um die kleine Platine mit den Diodengleichrichtern und dem Emitterfolger auf kürzestem Weg anschließen zu können.

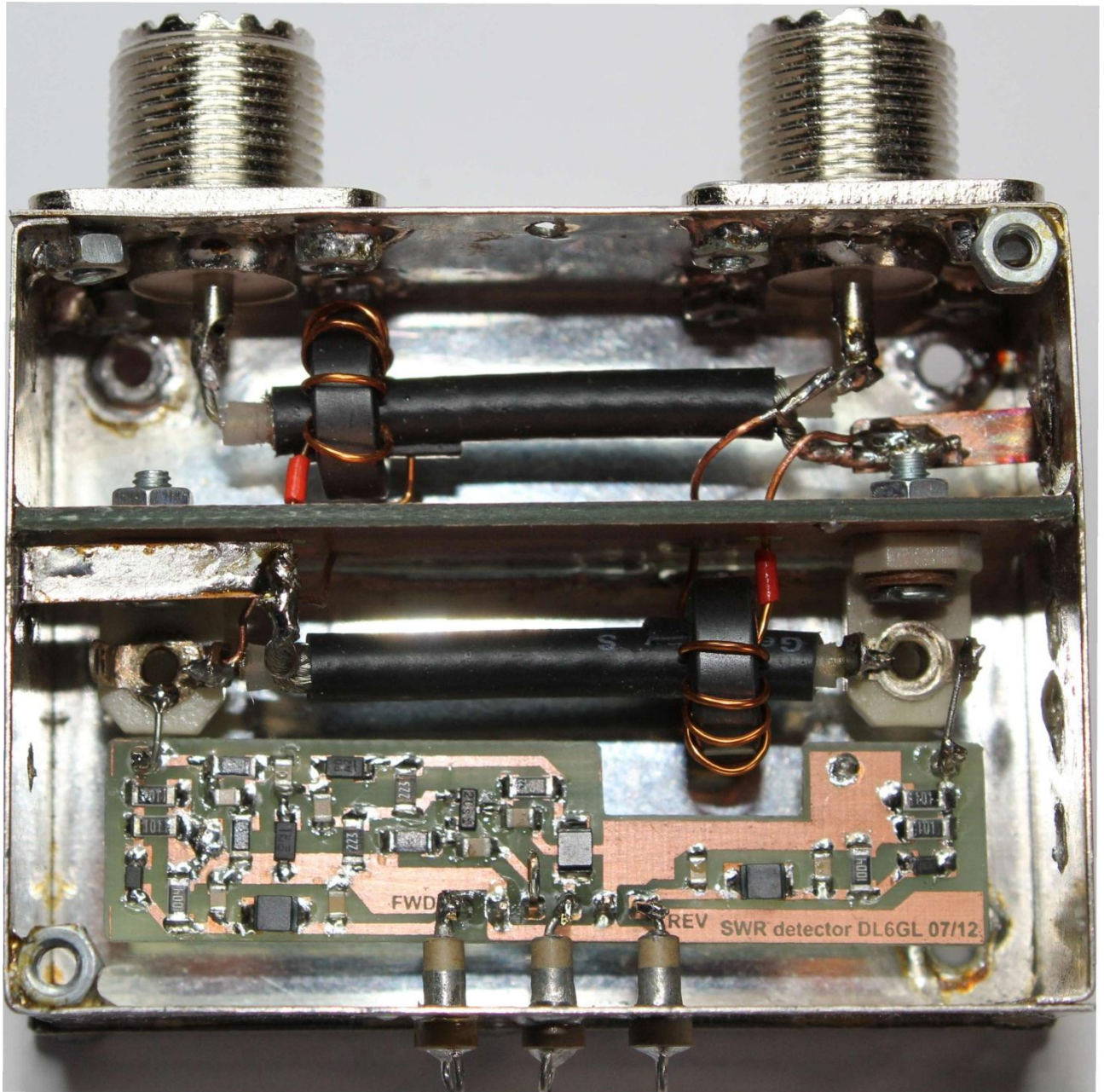
Die Abschirmungen der Koaxkabel werden jeweils nur an **einer Seite** mit Gehäuse-/Koax-Masse verbunden (elektrostatische Abschirmung der Kabelseele gegen die Ringkernwicklung).

Die Platine in der Aufsicht:



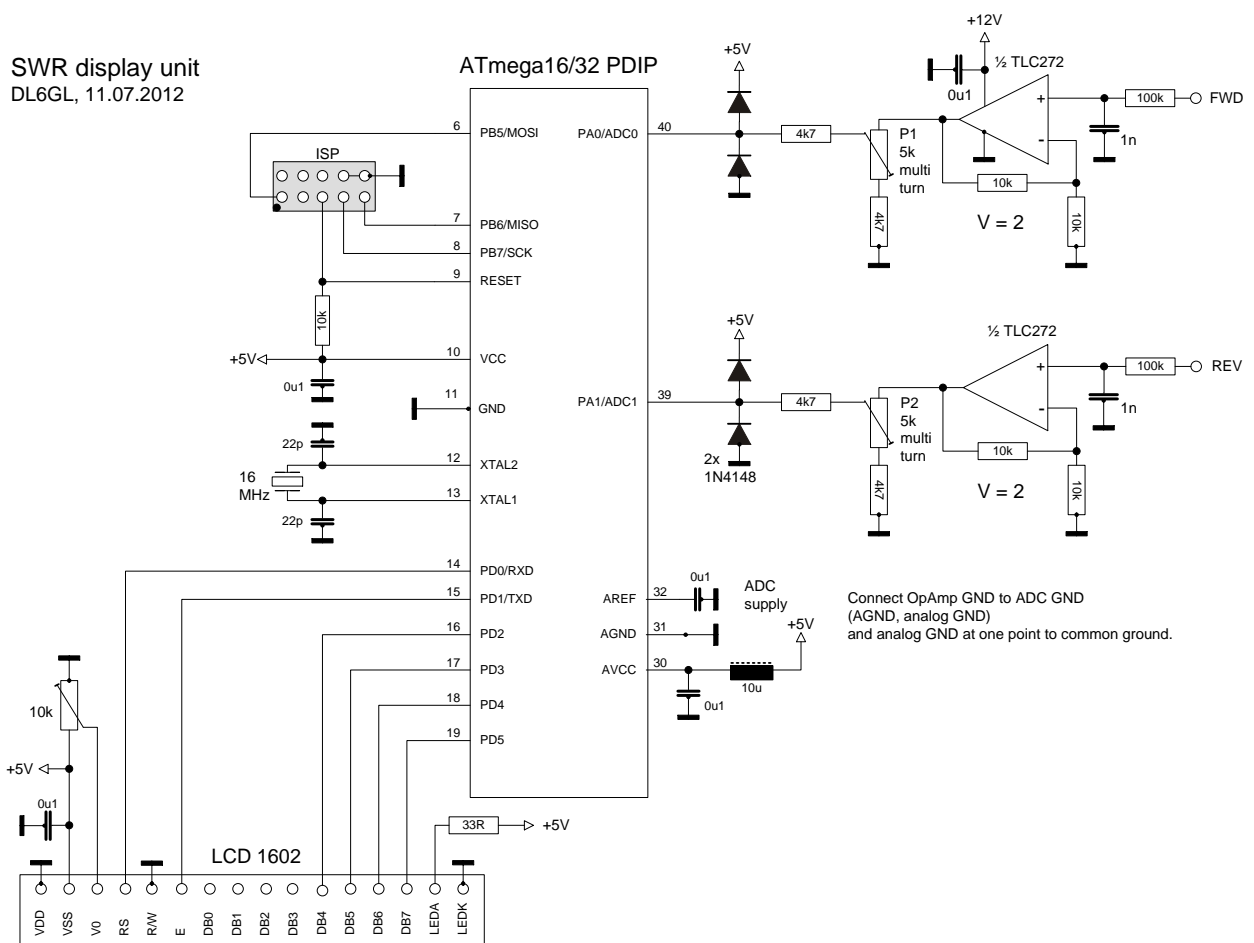
SWR detector DL6GL 02.07.2012

So sieht die Platine eingebaut in das Gehäuse aus:



Hier, beim ersten Prototyp, sind die Ringkerne schlampig gewickelt. Die Wicklungen müssen eng am Kern anliegen.

## 2 Anschluss des AVR



## 3 Die Software

Die Software zur Berechnung und Anzeige von SWR und Leistung ist als Grundbaustein für eigene Anwendungen gedacht. Bei mir ist sie Bestandteil der Steuerung eines halbautomatischen Antennentuners geworden. Sie wurde auf einem einfachen Testboard entwickelt und ist noch ohne jeglichen Komfort wie interaktive Eingabe von Betriebsparametern.

Die vorliegende Grundversion, entwickelt auf einem ATmega16, belegt 5.978 Bytes Flash memory (BASCOM-AVR 2.0.7.3), passt also auch in einen ATmega8. Aber meist kommt es später anders, als man denkt, und der Controller ist mit ein paar kleinen Erweiterungen bis an die Hutkrempe voll. Also lieber gleich etwas großzügiger planen. Macht auch mehr Spaß, mit etwas Luft nach oben zu programmieren.

Die einzustellenden Fuse-Bits, z.B. mit PonyProg, sind im oberen Codeblock erklärt.

Das LCD kann natürlich auch auf andere Ports gelegt werden mit entsprechender Anpassung des Config im Code.

Der Quarz, hier 16 MHz, ist hier unkritisch. Als Bestandteil weiterer Anwendungen, z.B. des ATU mit Frequenzmesser und RS485-Kommunikation, sind nur noch bestimmte Taktfrequenzen nutzbar. 16MHz ist eine mögliche Taktfrequenz.

Die ATmega16/32 haben am Port A (PA0 ... PA7) insgesamt 8 nutzbare ADC-Eingänge. Hier wurden PA0 (vorlaufendes Signal) und PA1 (rücklaufendes Signal) gewählt. Die ADC-Spannungsversorgung erfolgt über die Anschlüsse 30 bis 32 (AVCC, ADC-GND, AREF), AVCC und AREF gut abblocken! Die analoge Masseführung (in der Abbildung rechts vom AVR) sollte

getrennt von der digitalen Masse ausgeführt werden und nur an einem Punkt (ADC-GND, Pin 31) verbunden werden.

Für den OpAmp sollte der TLC272 oder ein vergleichbarer JFET/CMOS-Typ eingesetzt werden. Der TLC272 ist für unsymmetrische Spannungsversorgung geeignet und hat einen minimalen Input-Offset, gibt also 0 Volt bei 0 Volt am Eingang aus. Bei +12V Versorgungsspannung kann der Ausgang bei meinem Exemplar bis zu +5,5V ausgesteuert werden, also ausreichend für den ADC. Ein TL082 kann das z.B. nicht.

Mit der über den invertierenden Eingang eingestellten Spannungsverstärkung von 2 und den Trimmern am Ausgang lässt sich die angezeigte Leistung sauber kalibrieren. Als Trimmer sollten Mehrgang-Typen verwendet werden. Die Klammerdioden (1N4148 o.ä.) am Ausgang schützen die ADC-Eingänge vor Überspannungen.

Die Kalibrierung erfolgt zunächst mit P1, dem Trimmer für das vorlaufende Signal. PA und Dummy Load sind mit der Messbrücke verbunden. Ein Scope ist mit 10:1-Tastkopf am PA-Anschluss der Messbrücke angeschlossen. Einstellung PA: z.B. 10 MHz, Leistung etwas unterhalb der Maximalauslegung der Messbrücke, so dass auf den Scope eine gut abzulesende Spitzenspannung  $U_{ss}$  zu sehen ist.

Die effektive HF-Leistung ist  $P_{eff} (W) = \frac{U_{ss}^2}{8 * Z}$

Im vorliegenden Fall, 10W-PA eingestellt auf 9W, zeigt 60 V<sub>ss</sub> am Scope (Z = 50Ω).

Mit dem Trimmer P1 (FWD) wird nun 9,0 W auf dem Display eingestellt. Fehlt noch die Kalibrierung des Rücklaufzweigs. Hierzu werden die FWD- und REV-Zuleitungen von den OpAmp-Eingängen entfernt. Ein 10k-Mehrgangtrimmer wird zwischen +5V und GND angeschlossen, Schleifer an beide OpAmp-Eingänge. Diesen Trimmer auf einen mittleren Wert so um die 2,5 bis 3 V einstellen. Wenn

- "Err: FWD < REV" angezeigt wird, mit dem Trimmer P2 (REV) die REV-Spannung so weit reduzieren, bis auf dem Display die Anzeige "Err: FWD < REV" soeben verschwindet und gleiche Werte für "F" (forward) und "R" (reverse) angezeigt werden,
- oder wenn auf dem Display verschiedene Werte für "F" (forward) und "R" (reverse) angezeigt werden, wobei "R" kleiner als "F" ist, den Trimmer P2 (REV) so weit verstellen, bis gerade die Anzeige "Err: FWD < REV" erscheint. Dann P2 behutsam zurück drehen, so dass gleiche Werte für "F" (forward) und "R" (reverse) angezeigt werden.

Damit haben beide OpAmps die identische Verstärkung.

## Die Software

Die Programmierung erfolgt über den 10-poligen ISP-Stecker.

Die ADC- und SWR/Power-Kalibrierungsdaten sind als Const festgelegt:

```
Const sngVoltRef = 4.925           'ADC supply/reference voltage AVCC
Const bytADCRep = 5               'Repetitive ADC runs for mean value
Const sngSWRMax = 5              'Max SWR for bargraph
Const sngImp = 50                 'TX-/Antenna impedance
Const sngTurns = 9                'Power calibration factor
```

- sngVoltRef** ist die an AVCC (Pin 30 des ATmega16) anliegende ADC-Versorgungsspannung (nachmessen!).
- Mit **bytADCRep** wird festgelegt, aus wie vielen Einzelmessungen die Vor-/Rücklaufspannungen ermittelt werden sollen.

- ❑ Mit **sngSWRMax** = 5 wird das maximal als Balken anzuzeigende SWR festgelegt. Jenseits von 5 verlängert sich der angezeigte Balken nicht mehr. Der SWR-Wert wird aber immer rechts im Display bis zu einem Maximalwert von 9,99 gezeigt.
- ❑ **sngImp** ist die Systemimpedanz, in der Regel 50 Ohm
- ❑ Mit **sngTurns** wird der (grobe) Kalibrierungsfaktor für die Leistungsberechnung bestimmt. Die Größe entspricht dem Windungsverhältnis der Strom-/Spannungstransformatoren, hier 1:9. Das Feintuning erfolgt mit den o.a. Trimmern P1, P2 an den OpAmps.

Für die hier in der Messbrücke verwendeten Schottky-Dioden BAT43 sind die Parameter der Best-Fit-Funktion für die Diodenkennlinie im Code festgelegt:

```
'Best fit for Schottky diode correction function
'CF = a * DC^b + c
'DC = measured rectified DC voltage
'HF = CF * DC, best fit for the "real" HF voltage
'Best fit parameters for Schottky BAT43:
Const sngDiodeA = 0.251607      'Parameter "a"
Const sngDiodeB = -0.857977    'Parameter "b"
Const sngDiodeC = 1            'Parameter "c"
Const sngDiodeLow = 0.05      'lower Diode detection limit
```

Wer eine halbwegs genaue Leistungsanzeige wünscht, sollte die Fitparameter für die verbaute Diode im Vorlaufzweig ausmessen. Bei Verwendung anderer Dioden als der BAT43 müssen die Fit-Parameter auf alle Fälle neu bestimmt werden. Dazu gibt es eine Excel-Mappe, in die lediglich die Messwerte einzutragen sind. Excel fittet mit der Funktion RKP die Messdaten an die o.g. Funktion. Gebraucht dazu werden ein Frequenzgenerator ausreichender Amplitude (bis ca. 5-6 Vss an 50 Ω, z.B. FA-NWT mit Nachbrenner), ein Scope zur einmaligen Messung der maximalen HF-Spannung und ein Stufenabschwächer. In der Excel-Mappe ist die Messschaltung mit angegeben.

**sngDiodeLow** legt die untere Grenze (Volt) einer sinnvollen SWR-/Power-Messung fest. Dieser Wert ist aus den o.a. Diodenmessungen zu ermitteln.

Je nach Wahl des Text-LCD (16x2 oder 20x2) können die Displaydaten festgelegt werden, hier für ein 16x2-LCD:

```
'LCD bargraph calibration -----
'1 character = 5 dots
'4 characters at right end for SWR (x.xx)
'16 char display: (16-4) * 5 = 60 vertical dots
Const bytChar = 16      'Number of display characters
Const bytDisp = 12     '-4 char's for SWR value
Const bytDots = 60     'bar dots for 16 char display
'20 char display: (20-4) * 5 = 80 vertical dots
'Const bytChar = 20    'Number of display characters
'Const bytDisp = 16   '-4 char's for SWR value
'Const bytDots = 80   'bar dots for 20 char display
Const bytRowPwr = 1    'Row for power display
Const bytRowSWR = 2   'Row for SWR display
```

Die Balkenanzeige nutzt alle 5 Dots je Zeichen zur besseren Auflösung. Die 1- bis 5-fach Balken sind als Sonderzeichen festgelegt:

```
'Define display bars
Deflcdchar 0 , 16 , 16 , 16 , 16 , 16 , 16 , 16 , 32 'chr(0): 1 bar
Deflcdchar 1 , 24 , 24 , 24 , 24 , 24 , 24 , 24 , 32 'chr(1): 2 bars
Deflcdchar 2 , 28 , 28 , 28 , 28 , 28 , 28 , 28 , 32 'chr(2): 3 bars
Deflcdchar 3 , 30 , 30 , 30 , 30 , 30 , 30 , 30 , 32 'chr(3): 4 bars
```

```
Deflcdchar 4 , 31 , 31 , 31 , 31 , 31 , 31 , 31 , 32 'chr(4): 5 bars
```

Messung und Anzeige von SWR und Power erfolgen in der endlosen Do...Loop.

- ❑ Mit der ADC-Zählvariablen "bytADCRun" werden die ADC-Messwerte so lange für eine Mittelwertbildung aufsummiert, bis "bytADCRep" erreicht ist.
- ❑ Mit "If intADCfwdNew > 5" wird abgefragt, ob überhaupt eine Vorlaufspannung anliegt, also der TX sendet. Die "5" entspricht dem fünffachen Wert der ADC-Auflösung von 5V/1024, also ca. 25 mV. Falls nicht, wird "TX is off" angezeigt. Falls ja, geht es weiter...
- ❑ Mit " If sngTmp0 > 2 Or sngTmp1 > 2 Then" wird abgefragt, ob sich seit der letzten Messung Änderungen ergeben haben. Dabei sind sngTmp0/sngTmp1 die Absolutbeträge der Signaländerungen. Nur bei "Ja" werden die neuen Daten ausgewertet.
- ❑ " sngFWDold > sngREVold" prüft ab, ob die Messbrücke richtig angeschlossen ist. Einen Vorlauf kleiner als der Rücklauf lehnt das Programm mit "Err: FWD < REV" als ungeheuerlich ab.
- ❑ Nach Umrechnung der ADC-Ausgabe (0...1023) in die Diodenspannungen wird mit "If sngFWD > sngDiodeLow" geprüft, ob die Messspannungen ausreichend für eine Auswertung sind. Falls nein, wird "Err: Signal low" angezeigt, falls ja, geht es weiter...
- ❑ Mit der Dioden-Korrekturfunktion "DiodeResponse" wird aus der gemessenen Gleichspannung der beste Schätzwert für die tatsächlich anliegende HF-Spitzenspannung ermittelt. Daraus wird das SWR berechnet. Eine Kalibrierung mit " sngTurns " ist noch nicht erforderlich, da sich dieser Faktor rauskürzt. Die numerische SWR-Anzeige wird auf 9,99 begrenzt.
- ❑ Die SWR-Balkenanzeige richtet sich nach den o.a. Festlegungen des LCD (16 oder 20 Zeichen). Solange der angezeigte SWR-Balken kurz genug ist, also mit einer ordentlich abgestimmten Antenne, wird links von der numerischen Anzeige "SWR" angezeigt.
- ❑ Vorlaufende und rücklaufende Leistung werden nach Umrechnung der gemessenen Spitzenspannungen in effektive Spannungen, Kalibrierung der Spannungen mit "sngTurns" und Umrechnung in effektive Leistung über die Systemimpedanz als ("F", forward) und ("R", reverse) angezeigt.