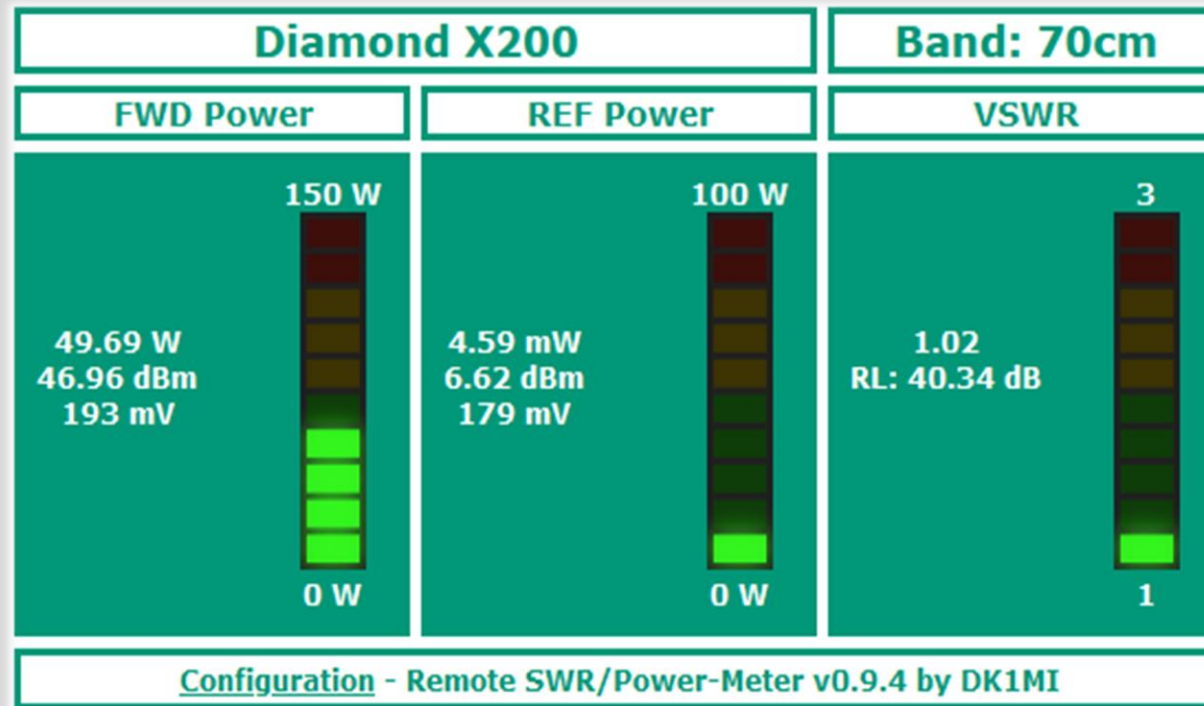


Remote VSWR & Power Meter



Agenda

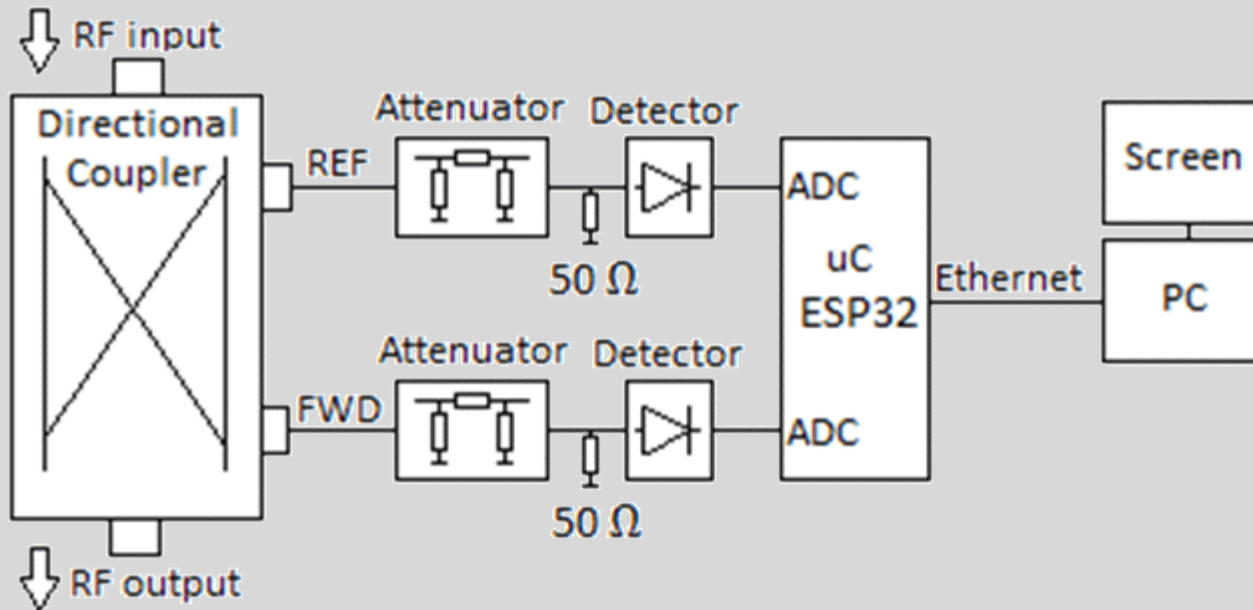
- Ziel des Projekts
- Konzept
- Hardware
- Software
- Aufbau-Beispiele

Ziel des Projekts

Entwicklung eines VSWR-/Powermeters für den Remote-Betrieb mit den folgenden Zielen:

- Betriebsmessgerät mit guter Genauigkeit aber nicht in Konkurrenz mit kommerziellen Präzisionsmessgeräten
- Messung von vorlaufender und reflektierter Leistung sowie des resultierenden VSWRs
- Flexibler Einsatz des Messgerätes z.B. Nahe an der Antenne
- Endgeräteunabhängigkeit -> Browser als einzige Voraussetzung
- Einfacher Aufbau -> Mikrocontroller statt SBC -> wartungsfrei
- Zuverlässig -> Ethernet statt WLAN (keine Beeinflussung der Detektoren durch WLAN/BT)
- Preisgünstig umsetzbar
- Gute Beschaffbarkeit aller Komponenten
- Möglichst klein und stromsparend -> Erweiterung bestehender Projekte

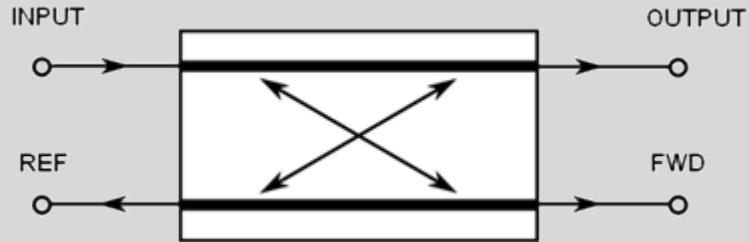
Konzept



Die aus dem Richtkoppler ausgekoppelten HF-Signale werden über Dämpfungsglieder auf Detektoren gegeben. Diese setzen die HF-Signale für Vorlauf FWD und Rücklauf REF in DC-Spannungen um, welche anschließend mittels AD-Wandler (ADCs) digitalisiert werden.

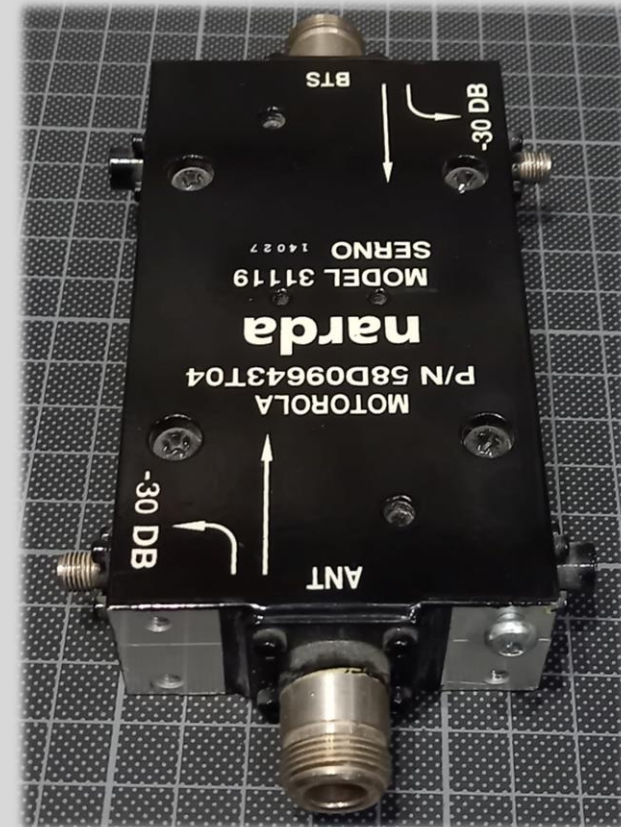
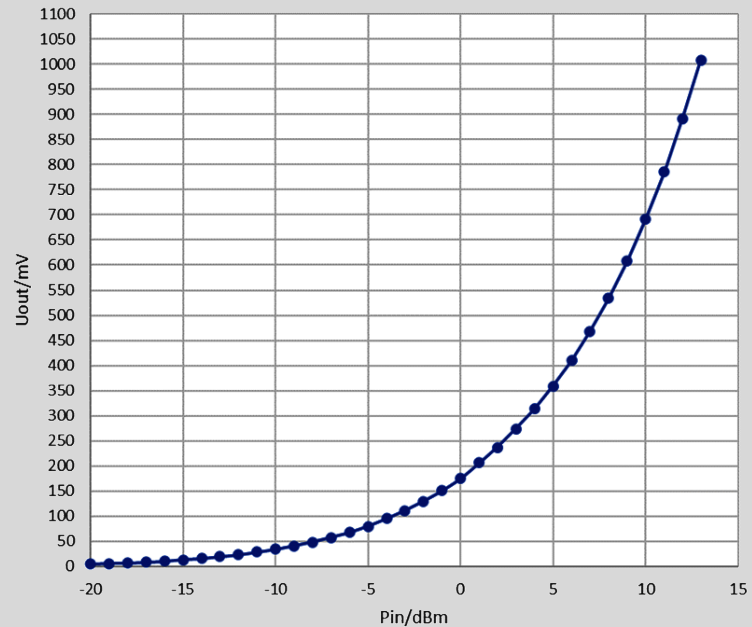
Hardware: HF-Teil 1/3

- Praktisch beliebige Richtkoppler können eingesetzt werden



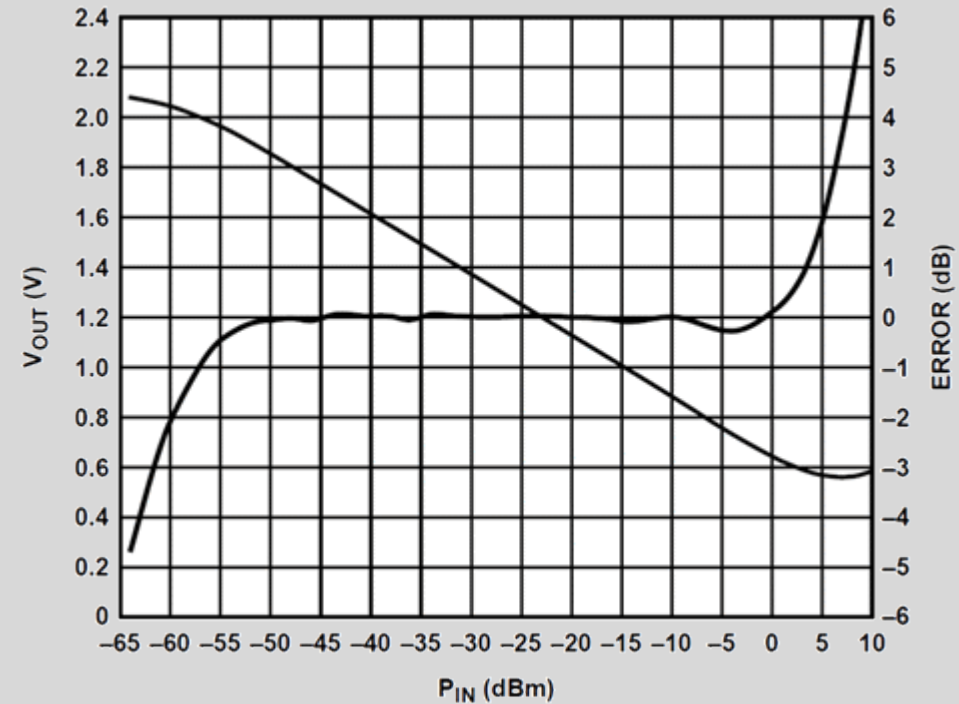
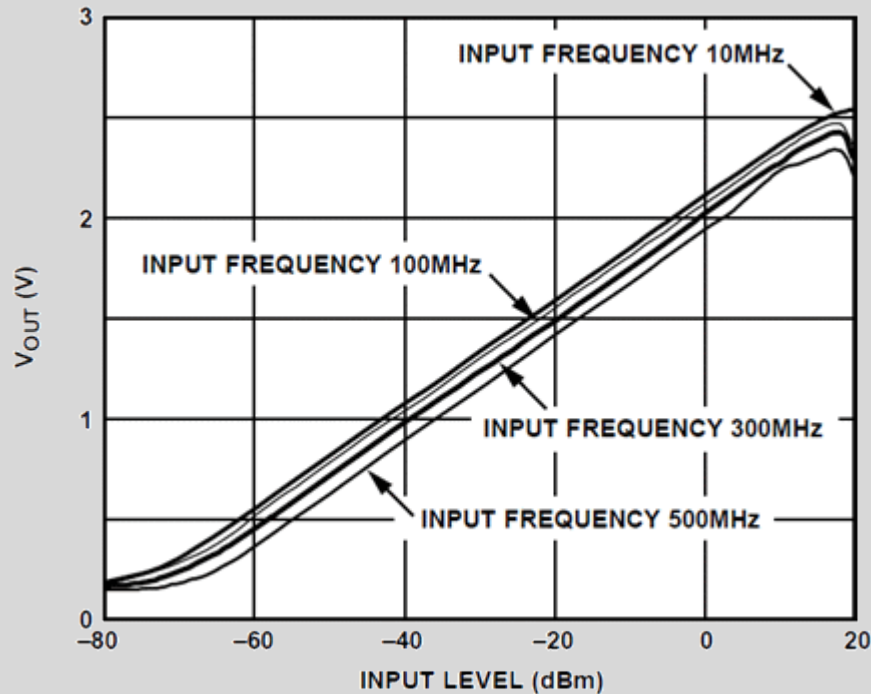
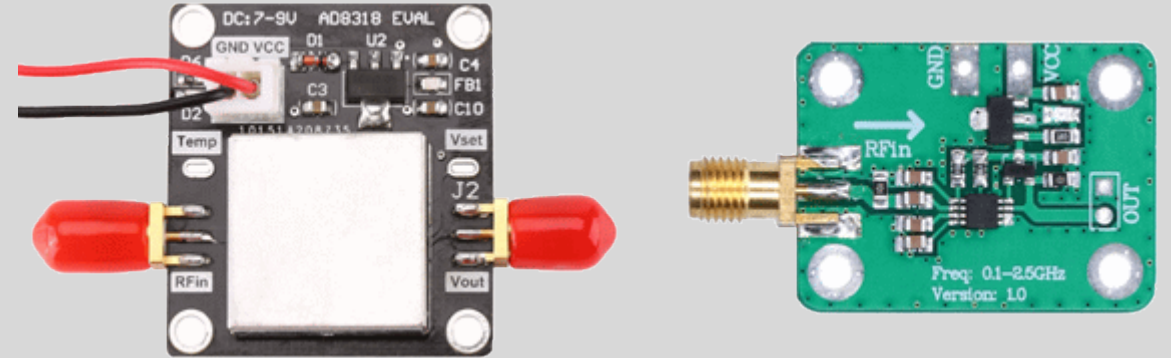
- Verschiedene Detektoren werden unterstützt:
a) Diodendetektoren mit positiver DC-Ausgangsspannung

Diodendetektor Beispiel



Hardware: HF-Teil 2/3

- Verschiedene Detektoren werden unterstützt:
b) Integrierte logarithmische Detektoren mit steigender oder fallender Ausgangskennlinie



Hardware: HF-Teil 3/3

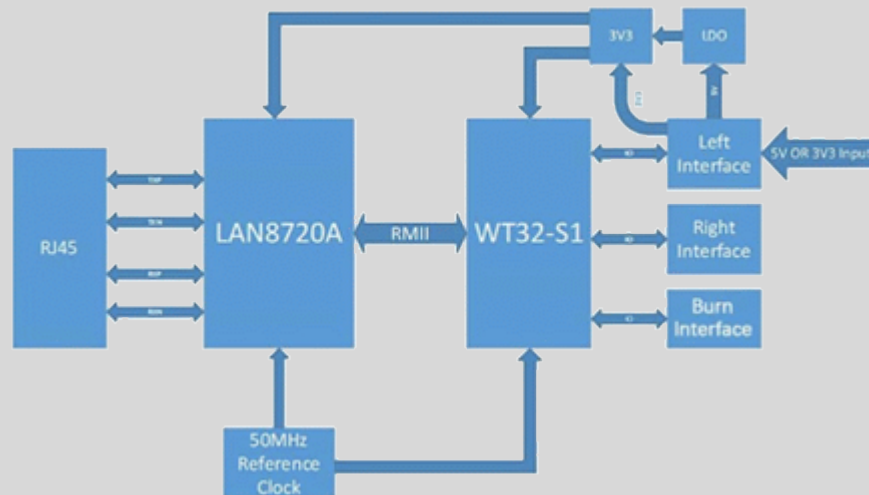
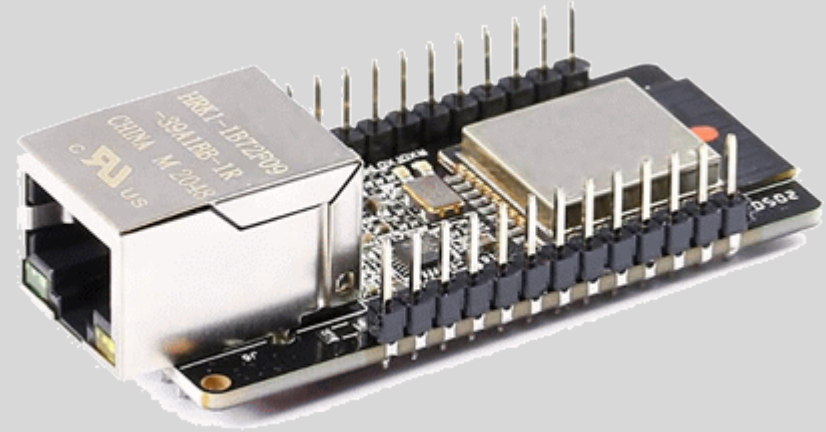


Beispiel Dimensionierung der Dämpfungsglieder:

- Verwendete AD8318 haben einen linearen Aussteuerbereich von $-57\text{dBm} \dots +3\text{dBm}$
Eingesetzter Koppler hat eine Koppeldämpfung von 38dB
=> Maximale messbare Leistung: $3\text{dBm} + 38\text{dB} = 41\text{dBm}$ ($12,5\text{W}$)
- Schaltet man vor den Detektor ein 10dB Dämpfungsglied:
=> Maximale messbare Leistung: $3\text{dBm} + 38\text{dB} + 10\text{dB} = 51\text{dBm}$ (125W)
=> Minimal messbare Leistung: $-57\text{dBm} + 38\text{dB} + 10\text{dB} = -9\text{dBm}$ (125uW)
- Der Eingang des Dämpfungsglieds sieht eine maximale Leistung von $51\text{dBm} - 38\text{dB} = 13\text{dBm}$ (20mW)
=> Das vertragen selbst die kleinsten Dämpfungsglieder problemlos
- Richtkoppler hat eine Richtschärfe von 30dB und man möchte diese Ausnutzen:
=> Minimal nötige Eingangsleistung: $-57\text{dBm} + 38\text{dB} + 10\text{dB} + 30\text{dB} = +21\text{dBm}$ (125mW)

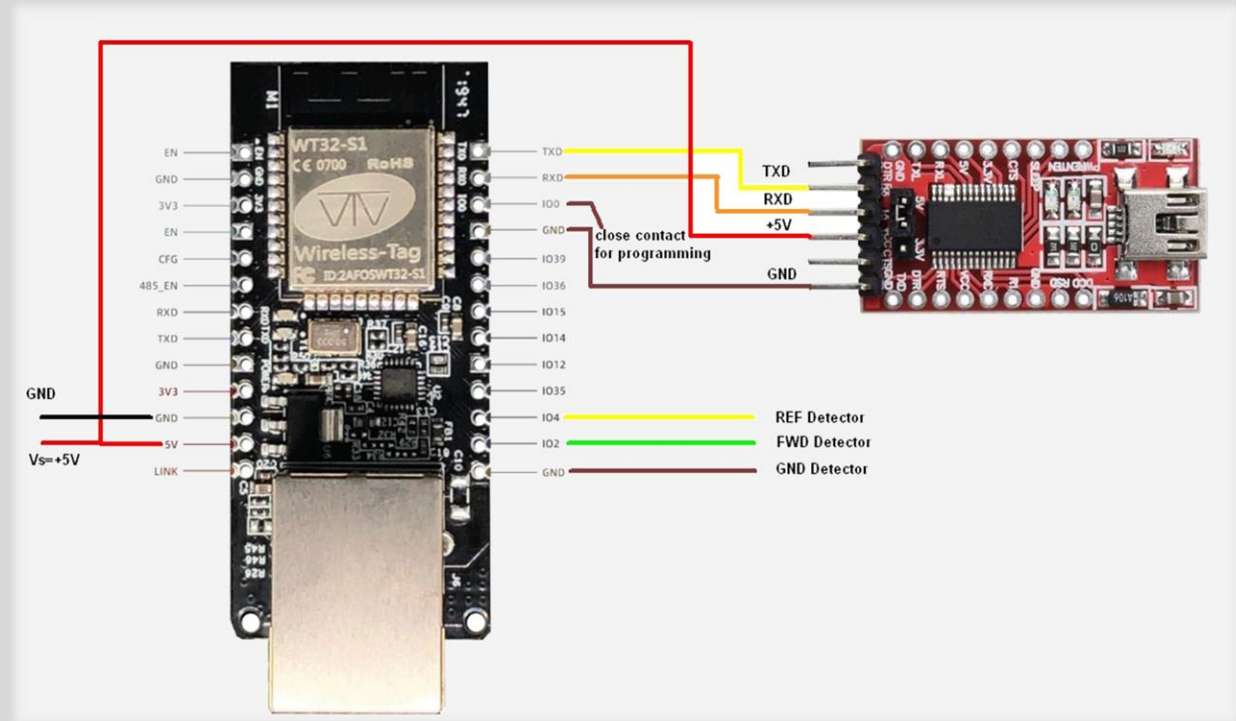
Hardware: Mikrocontroller

- WT32-ETH01 Entwicklungsboard
- ESP32 basierend
- WiFi, BT, UART, I2C, Ethernet
- 32 Mbit Flash Memory
- Zwei 12-bit ADCs (0 bis 3.3 V)
- Betriebsspannung: 5 V oder 3,3 V
- Stromverbrauch: ~80 mA
- Kosten: ~13 € aus China, ~21 € aus DL



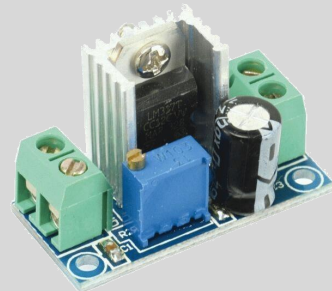
Hardware: Konnektivität

- Erstmalige Programmierung über einen USB-to-Serial Adapter
- Zugriff auf das Webinterface via Ethernet im Normalbetrieb
- Anschluss des Richtkopplers über die zwei analogen Eingänge IO2 und IO4
- 5V Stromversorgung

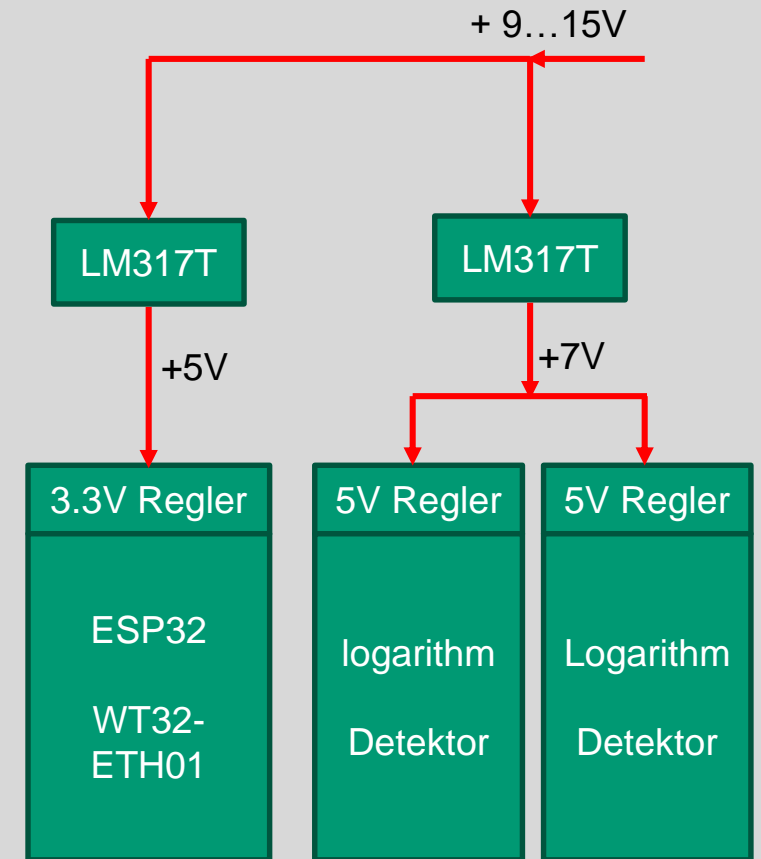


Hardware: Spannungsversorgung

- Das ESP32 basierte WT32-ETH01 Entwicklungsboard besitzt einen 3.3V Spannungsregler, kann also mit einer DC-Versorgungsspannung von 5V betrieben werden
- Die Detektorboards besitzen alle einen 5V Spannungsregler, benötigen also eine DC-Versorgungsspannung von $\geq 7V$
- Daher werden in den Aufbauten mit den logarithmischen Detektoren 2 Boards jeweils basierend auf einem LM317T Linearregler eingesetzt



- Die gemeinsame Versorgungsspannung ist nominell +12V (+9...15V)
- Insgesamt werden also 5 Spannungsregler eingesetzt und damit ist die Entkopplung der verschiedenen Baugruppen recht optimal



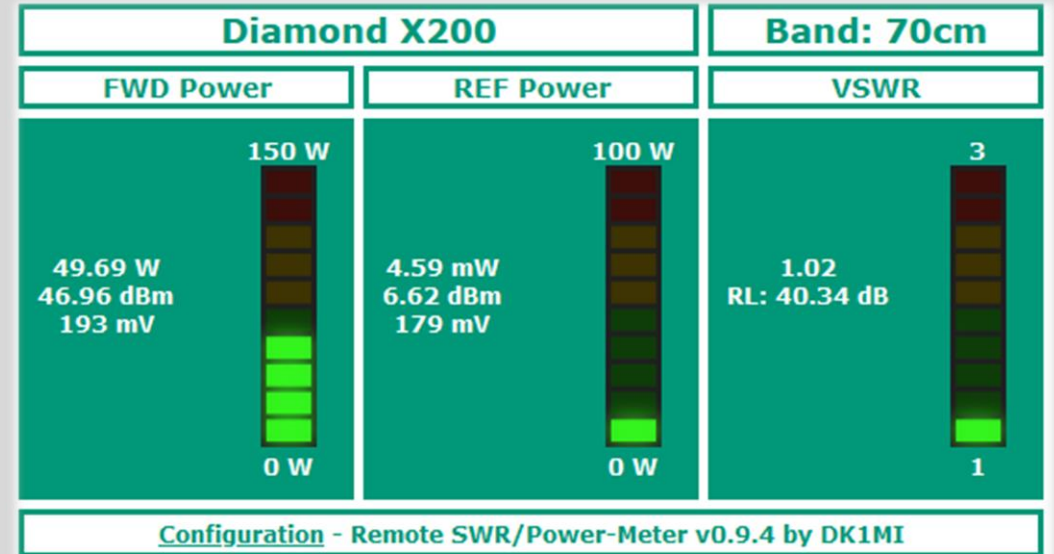
Software: Allgemeines

- **Projektname der Software:** wt32powermeter
- **Art der Anwendung:** Web-Applikation -> browserbasierte Anwendung
- **Programmiersprachen:** Arduino (C++ Variante), JavaScript (und HTML + CSS)
- **Entwicklungsumgebung:** Arduino IDE
- **Lines of Code:** ~1300
- **Lizenz:** GNU General Public License 3 (Open Source)
- **Code und Anleitung:** <https://dk1mi.radio/remote-power-meter>

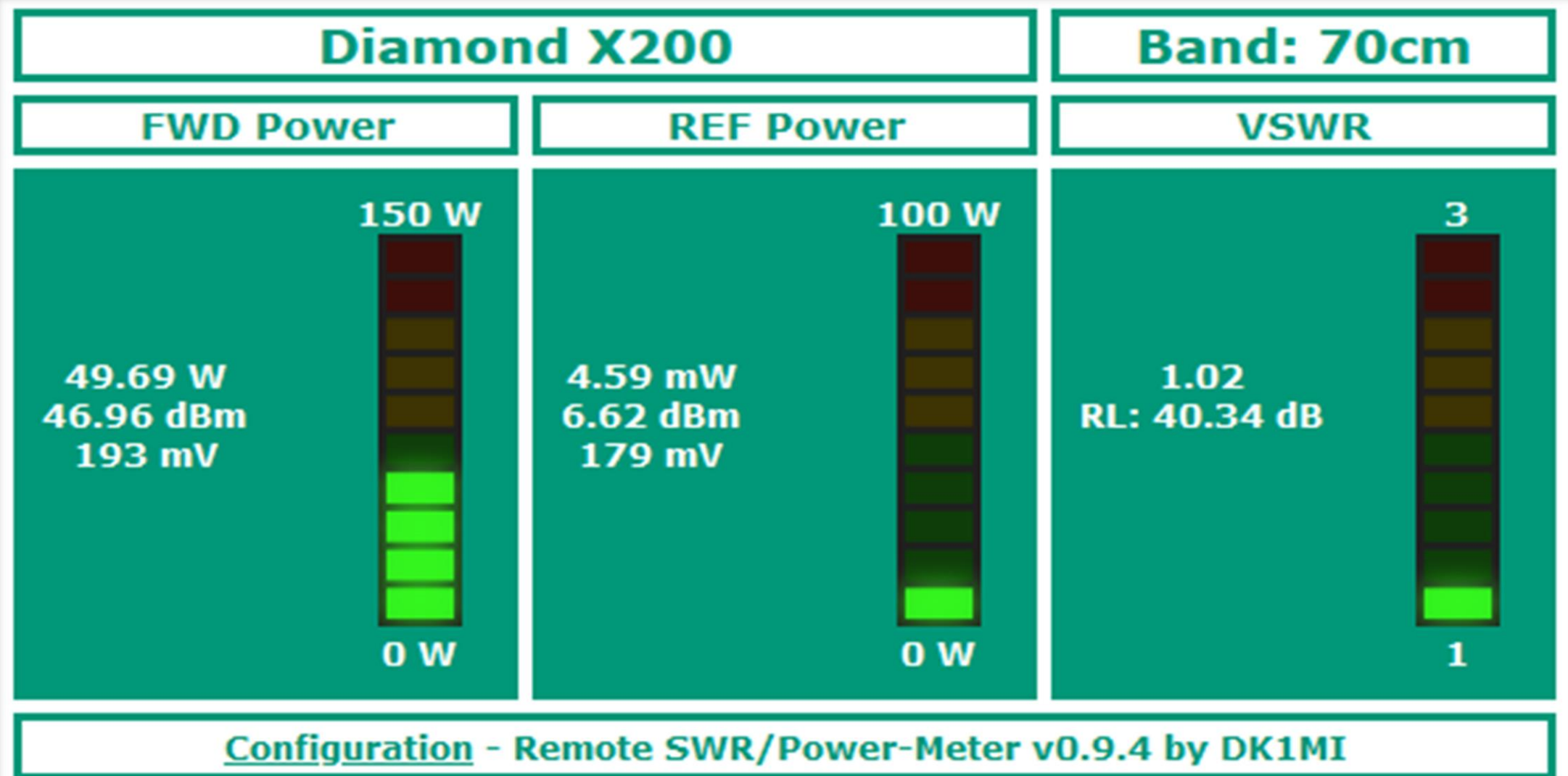


Software: Features

- Features der Version 1.0:
 - Unterstützung mehrerer Frequenzbänder bzw. Antennen
 - Anzeige FWD, REF und VSWR
 - Konfigurierbarkeit der anzuzeigenden Werte
 - LED VU-Meter Anzeige der Leistungen und des VSWR
 - optische / akustische Warnung bei hohem VSWR
 - Berücksichtigung von Kabelverlusten
 - webbasierte Konfiguration
 - persistente Speicherung der Konfigurationsparameter



Software: Dashboard



Software: Konfiguration

- Eingabe der Kalibrierungsdaten
- Customizing des Dashboards, z.B.
 - Benennung der Antenne
 - Ein-/Ausblenden von Informationen
 - Konfiguration der Schwellwerte
 - Konfiguration der darzustellenden Messbereiche
 - Definition der Kabelverluste
 - ...

Configuration Band: 70cm

Translation Detector Voltage / mV to RF-Power level / dBm

70cm FWD (mV:dBm)	70cm REF (mV:dBm)
70:50.20000	60:1.00000
590:49.20000	70:3.20000
640:42.20000	590:5.20000
760:42.20000	640:6.20000
880:42.20000	760:7.20000
1000:42.20000	880:7.70000
1130:42.20000	1000:8.20000
1250:42.20000	1130:9.20000
1380:42.20000	1250:12.20000
1500:42.20000	1380:14.20000
1610:2.20000	1500:2.20000
1730:16.20000	1610:2.20000
1850:11.20000	1730:1.20000
1970:6.20000	1850:1.20000
2000:4.20000	1970:6.20000
2040:1.20000	2000:4.20000
2300:1.20000	2040:1.20000
2500:1.00000	2041:1.22000
2600:0.89656	
2700:0.70000	

Save Calibration Data

General Configuration Items

Show voltage in mV (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show power level in dBm (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show power in Watt (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
VSWR threshold that triggers a warning (e.g. 3)	<input type="text" value="2"/>
Beep if VSWR threshold is exceeded (yes/no)	<input type="checkbox"/>
Name of the antenna	<input type="text" value="Diamond X200"/>
Max. FWD power displayed by LED bar graph in W (e.g. 100)	<input type="text" value="150"/>
Max. REF power displayed by LED bar graph in W (e.g. 100)	<input type="text" value="100"/>
Max. VSWR displayed by LED bar graph (e.g. 3)	<input type="text" value="3"/>
Show LED graph for FWD power (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show LED graph for REF power (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show LED graph for VSWR (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Cable loss in db (e.g. 3)	<input type="text" value="3"/>

Save Configuration

[Back to Dashboard](#) - Version: 0.9.4

Software: Konfiguration

Configuration		Band: 70cm ▾	
Translation Detector Voltage /mV to RF-Power level /dBm			
70cm FWD (mV:dBm)		70cm REF (mV:dBm)	
70:50.20000		60:1.00000	
590:49.20000		70:3.20000	
640:42.20000		590:5.20000	
760:42.20000		640:6.20000	
880:42.20000		760:7.20000	
1000:42.20000		880:7.70000	
1130:42.20000		1000:8.20000	
1250:42.20000		1130:9.20000	
1380:42.20000		1250:12.20000	
1500:42.20000		1380:14.20000	
1610:2.20000		1500:2.20000	
1730:16.20000		1610:2.20000	
1850:11.20000		1730:1.20000	
1970:6.20000		1850:1.20000	
2000:4.20000		1970:6.20000	
2040:1.20000		2000:4.20000	
2300:1.20000		2040:1.20000	
2500:1.00000		2041:1.22000	
2600:0.89656			
2700:0.70000			

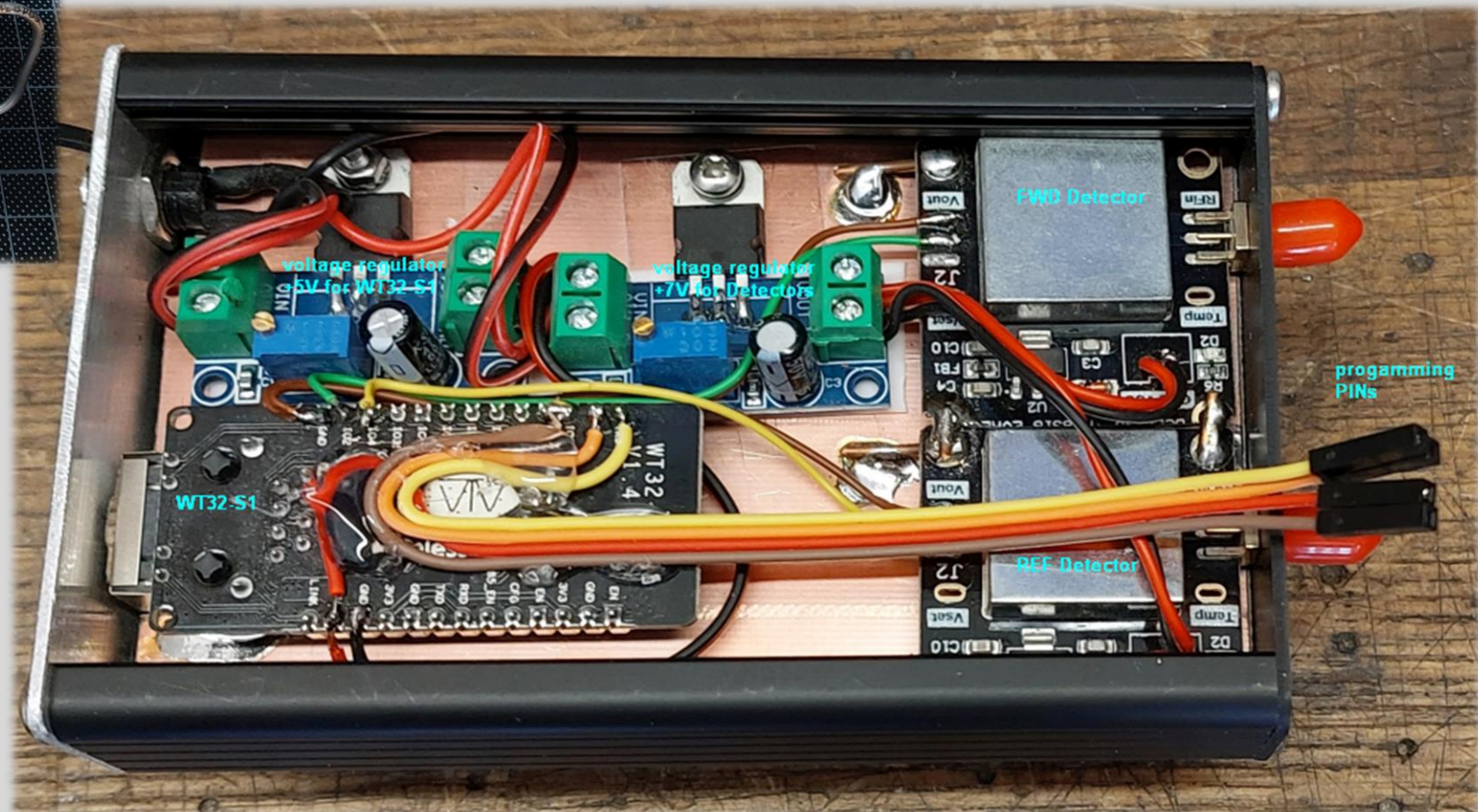
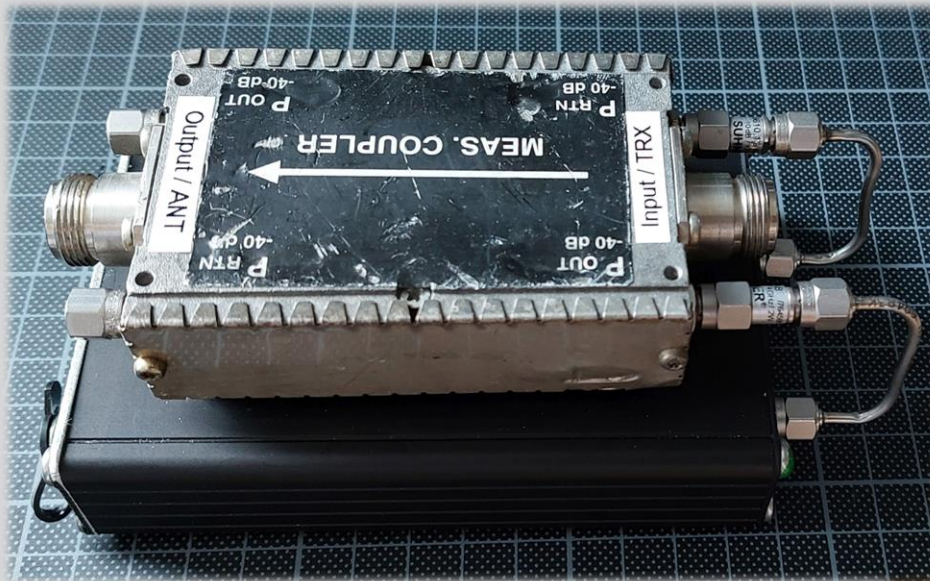
Save Calibration Data

Software: Konfiguration

General Configuration Items	
Show voltage in mV (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show power level in dBm (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show power in Watt (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
VSWR threshold that triggers a warning (e.g. 3)	<input type="text" value="2"/>
Beep if VSWR threshold is exceeded (yes/no)	<input type="checkbox"/>
Name of the antenna	<input type="text" value="Diamond X200"/>
Max. FWD power displayed by LED bar graph in W (e.g. 100)	<input type="text" value="150"/>
Max. REF power displayed by LED bar graph in W (e.g. 100)	<input type="text" value="100"/>
Max. VSWR displayed by LED bar graph (e.g. 3)	<input type="text" value="3"/>
Show LED graph for FWD power (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show LED graph for REF power (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Show LED graph for VSWR (yes/no)	<input checked="" type="checkbox"/>
Cable loss in db (e.g. 3)	<input type="text" value="3"/>
<input type="button" value="Save Configuration"/>	
Back to Dashboard - Version: 0.9.4	

Beispiel #1

Surplus Richtkoppler ERICSSON
Logarithmische Detektoren AD8318

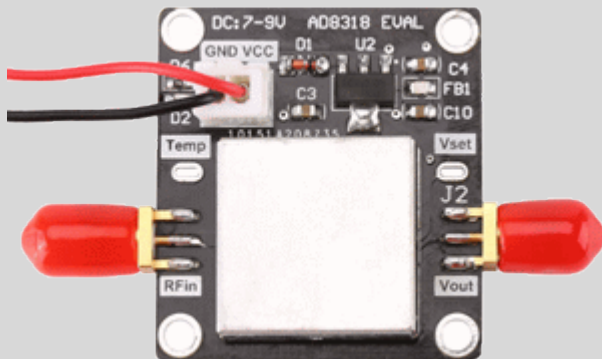


Beispiel #1

Richtkoppler ERICSSON

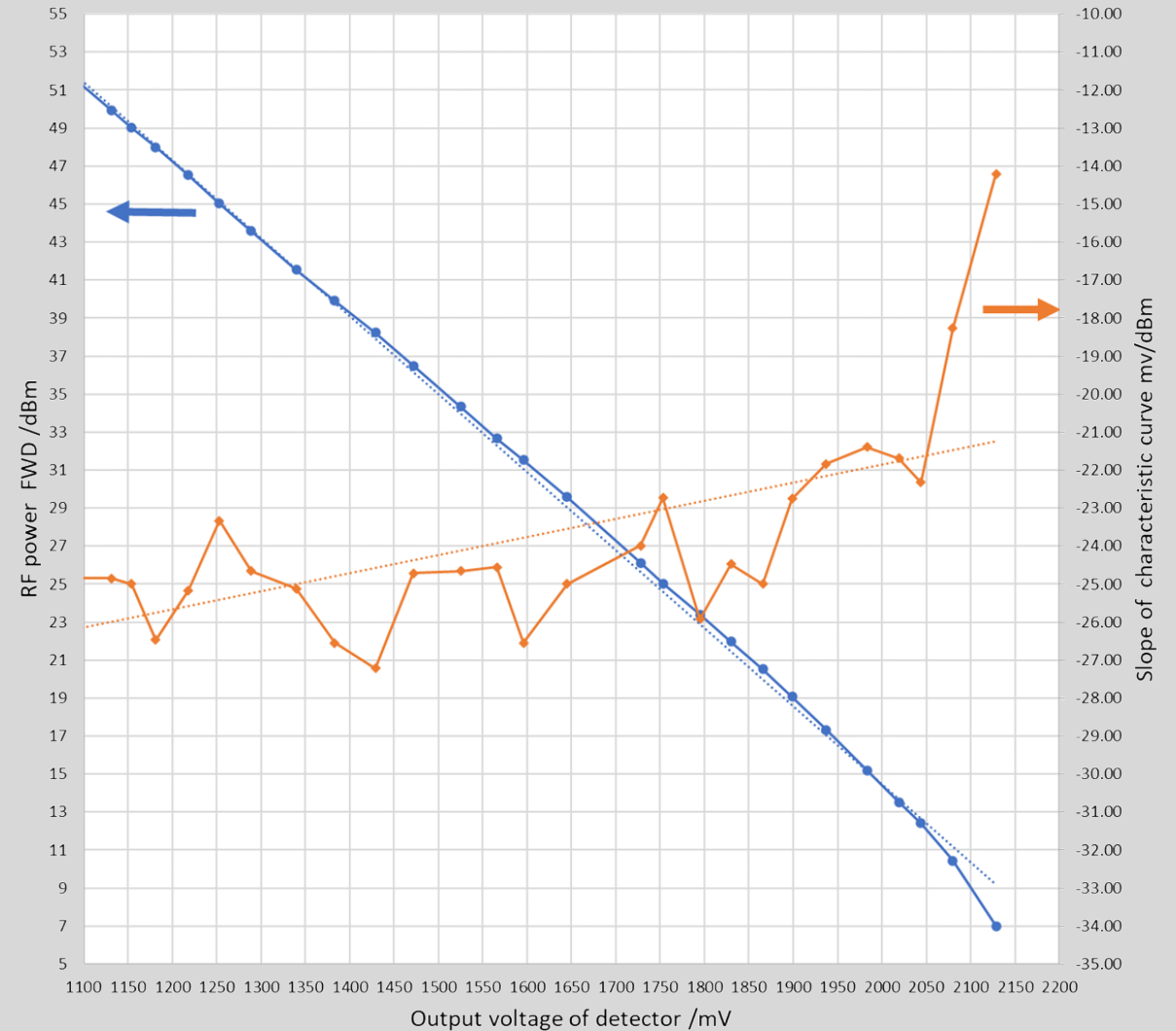


Logarithmische Detektoren AD8318



1MHz-8GHz
60dB

Kosten: ~8€ ungeschirmt, ~15€ geschirmt (aus China)

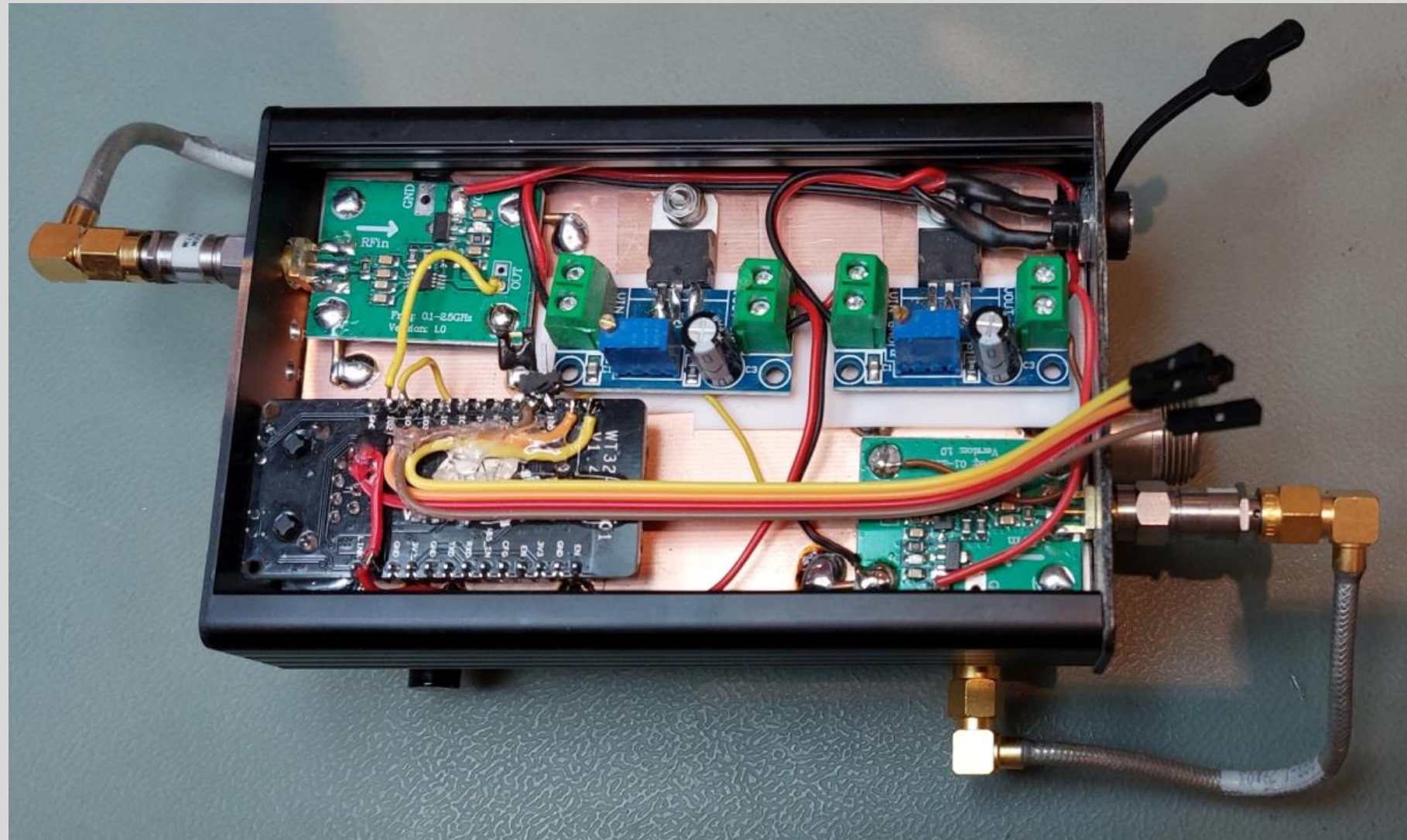


Beispiel für die Kennlinie des Aufbaus gemessen bei 145 MHz. Die maximale Leistung von 50 dBm (100 W) war durch die Ausgangsleistung des verwendeten Senders begrenzt.

Beispiel #2

Richtkoppler NARDA 31119

Logarithmische Detektoren AD8313

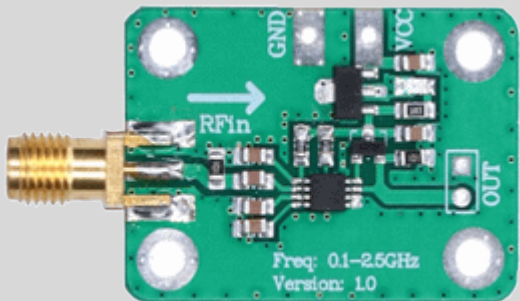


Beispiel #2

Richtkoppler NARDA 31119

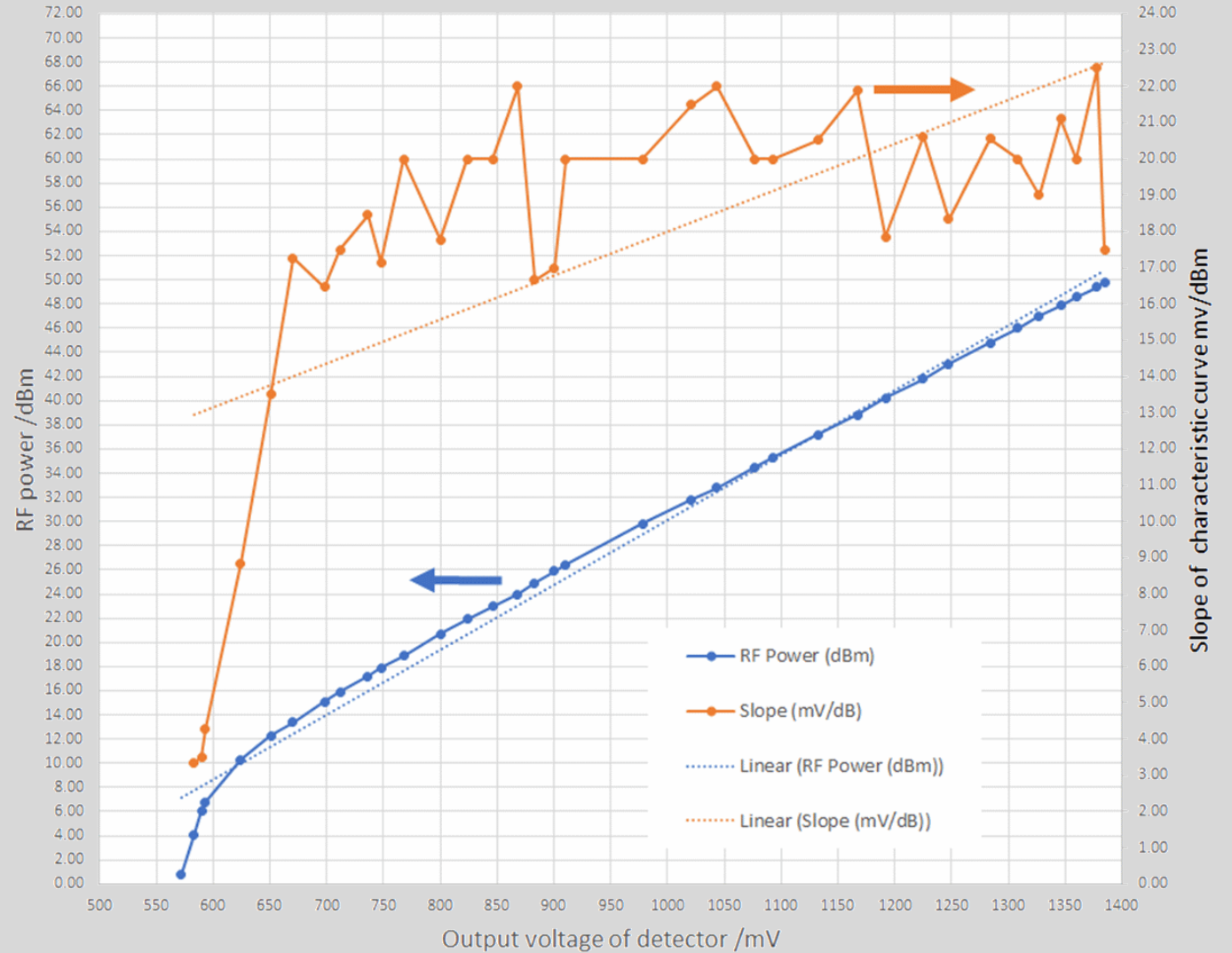


Logarithmische Detektoren
AD8313



100MHz-2.5GHz
70dB

Kosten: ~12€ aus China

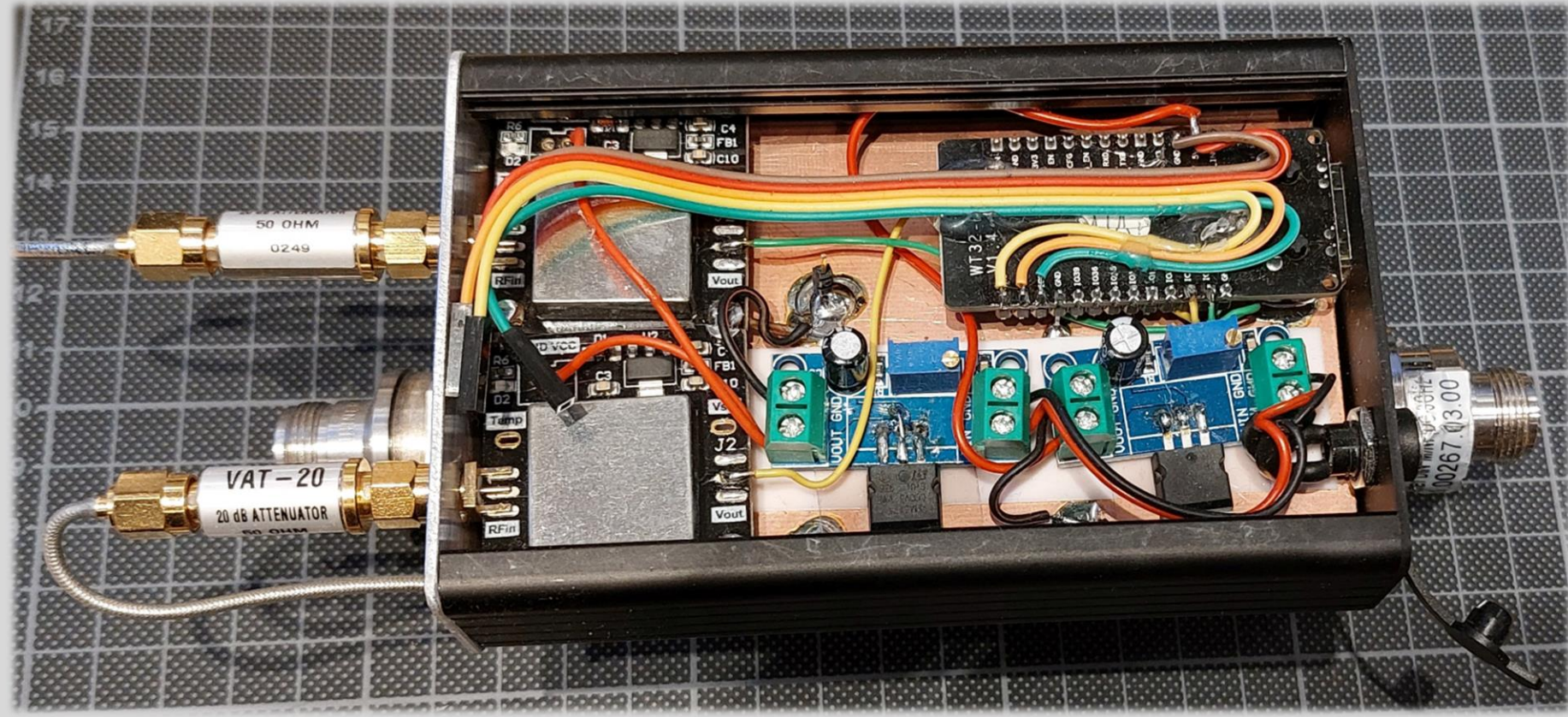
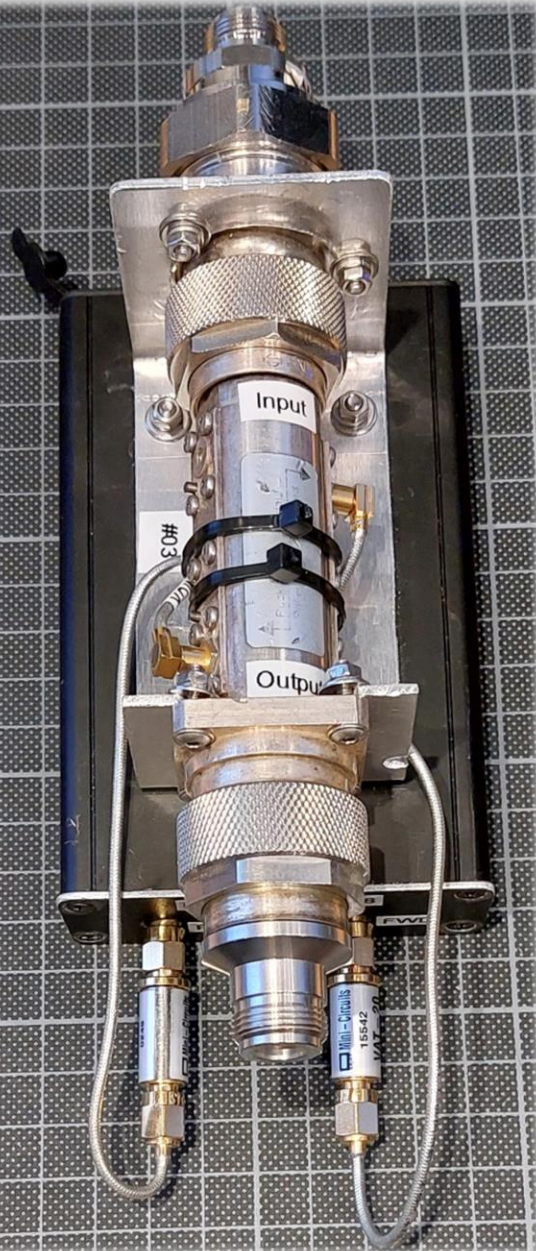


Beispiel für die Kennlinie des Aufbaus gemessen bei 145 MHz. Die maximale Leistung von 50 dBm (100 W) war durch die Ausgangsleistung des verwendeten Senders begrenzt.

Beispiel #3

Richtkoppler Kathrein

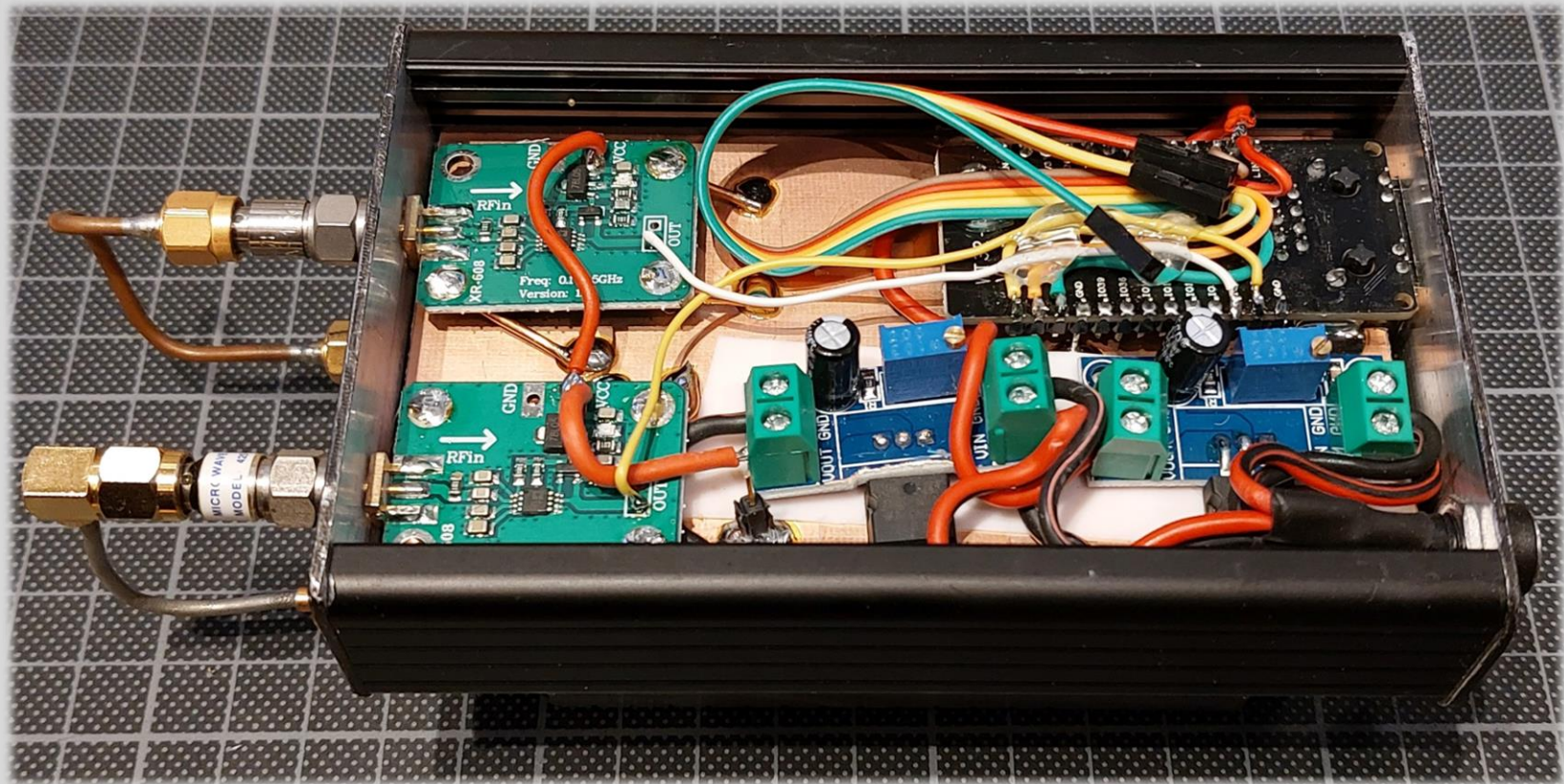
Logarithmische Detektoren AD8318



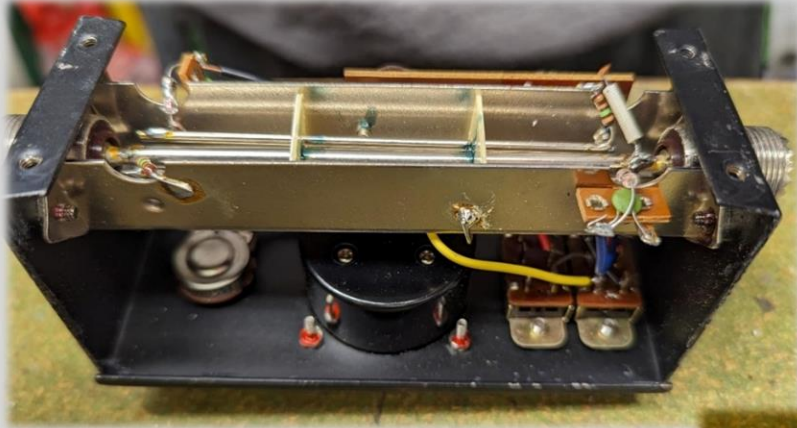
Beispiel #4

Richtkoppler Ericsson

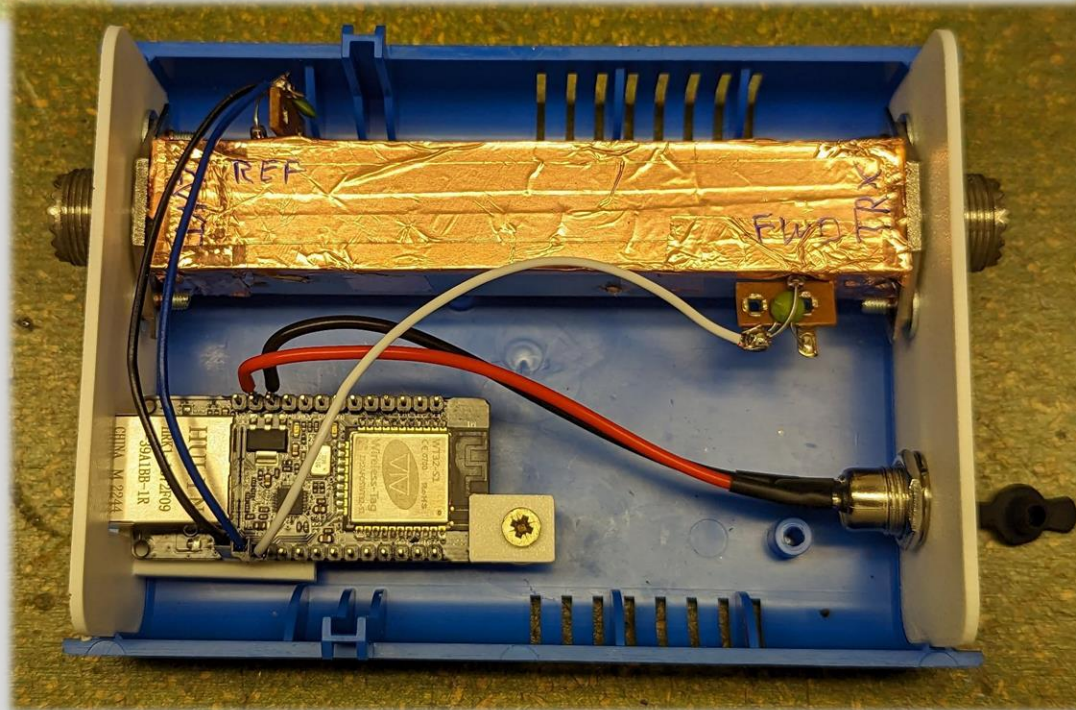
Logarithmische Detektoren AD8313



Beispiel #5



Richtkoppler aus KW-SWR-Meter
Integrierte Diodendetektoren

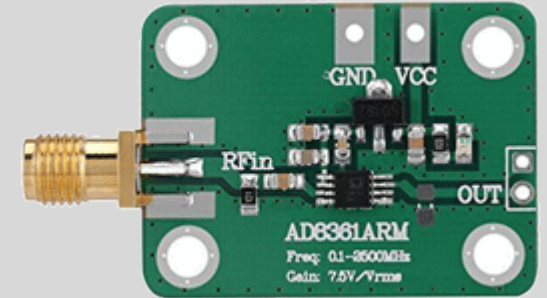


Ausblick

Hardware:

Test von Effektivwertdetektoren (True RMS) wie Analog Devices AD8361

- Problem ist der geringe Dynamikumfang (max. 30dB)
- Interessant für Messung von Signalen mit hohem Crest-Faktor z.B. DVB-S2



Software:

Mögliche Erweiterungen in zukünftigen Versionen:

- Spitzenwertmessungen PEP (peak-envelope-power)
- API -> Schnittstelle für Maschine-zu-Maschine Kommunikation

Wir freuen uns über die Einsendung von Patches, Pull Requests, Bug Reports und Anregungen!