

HF mWatt-Meter

Hardware ab Version 3.01

Firmware Version 3.xx

PC-Software Version 3.xx

(c) DL4JAL

19. Oktober 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Hardware ab Version 3.01	4
2.1	Grundgerät	4
2.1.1	IC1 LTC1050	5
2.1.2	IC2 LT1021S	5
2.1.3	IC3 LTC1050	5
2.1.4	IC4 LTC1050	5
2.1.5	IC5 Spannungsregler 10V/1A, 7810	5
2.1.6	IC6 Spannungsregler 5V/1A, 7805	5
2.1.7	IC7 Eeprom 24LC512P	6
2.1.8	IC8 PIC18F45K22/PIC18F46K80	6
2.1.9	IC9 Spannungsregler 3,3V/0,8A, LT1117	6
2.1.10	IC11 USB-Controller FT232RL	6
2.1.11	Display	6
2.1.12	Anschlüsse auf der Baugruppe	7
2.1.13	Schaltungsbeschreibung	13
2.2	Messköpfe	14
2.2.1	Kodierung der Messkopfnummer	15
2.2.2	Messkopf mit AD8362	16
2.2.3	Messkopf mit AD8307 mit Frequenzgangkorrektur	17
2.2.4	Messkopf mit AD8307 ohne Frequenzgangkorrektur	17
2.2.5	Messkopf AD8307 NF/Audio	17
2.2.6	Messkopf AD8361 linear	18
2.2.7	Messkopf AD8318	18
2.2.8	Messkopf Stecker NEU	18
2.2.9	Messutensilien	19
2.3	Kalibriergenerator	20
3	Firmware 3.xx	23
3.1	Version der Firmware	26
3.2	Normalbetrieb Grundfunktionen, Tasten und Drehgeber	27
3.2.1	Taste 1 Oben	27
3.2.2	Taste 1, lange gedrückt	27
3.2.3	Taste 2	27
3.2.4	Taste 2, lange gedrückt	28
3.2.5	Taste 3	28
3.2.6	Taste 3, lange gedrückt	28

3.2.7	Taste 4 Unten	28
3.2.8	Taste 4, lange gedrückt	28
3.2.9	Taste Drehgeber	28
3.2.10	Taste Drehgeber, lange gedrückt	29
3.2.11	Drehgeber	29
3.2.12	Tonausgabe	29
3.3	Menüfunktionen	30
3.3.1	Attenuator	30
3.3.2	Kalibrieren M-Kopf	30
3.3.3	Offset	33
3.3.4	Edit-Kalibr.M-Kopf	33
3.3.5	Relativ (dB)	34
3.3.6	Aendern MKopf#	34
3.3.7	Start Aufzeichnung	34
3.3.8	Stopp Aufzeichnung	35
3.3.9	View Aufz. auto	35
3.3.10	View Aufz. manuell	35
3.3.11	View Messkopfdaten	35
3.3.12	SETUP	35
3.3.13	Eeprom sichern	36
3.3.14	Eeprom restaur.	36
3.3.15	Kalib. Offset	37
3.3.16	View Kal.Offset	38
3.3.17	AD-Wert EIN/AUS	38
4	PC Software	39
4.1	Das Hauptfenster	39
4.1.1	Das Hauptfenster, Beschreibung	40
4.2	Das PC-Menü	41
4.2.1	Datei/Beenden	41
4.2.2	Option/Setup	41
4.2.3	Aufzeichnung	41
4.2.4	Attenuator / Offset, Offset Tabelle laden	42
4.2.5	Messkopf	44
5	Schlusswort	46

Kapitel 1

Vorwort

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau).

Kapitel 2

Hardware ab Version 3.01

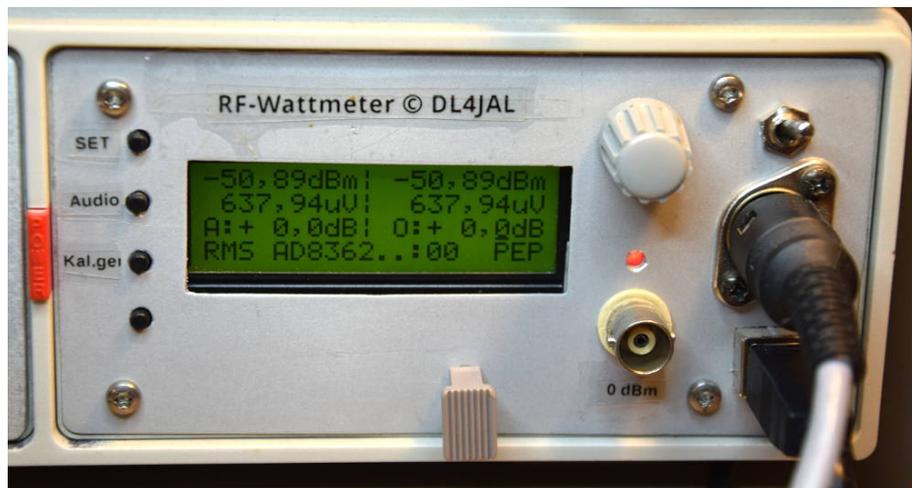
Für den Umbau von Hardware 2.xx zu Hardware 3.00 gibt es eine extra Beschreibung „mwatt_hw20_zu_hw30.pdf“.

2.1 Grundgerät

Ich habe inzwischen ein zweites mW-Meter aufgebaut. In ein „HAMEG Modulare System 8000“ habe ich mir in einen Leereinschub das mW-Meter eingebaut.



In einem leeren Einschub habe ich das mWattmeter eingebaut. Ich musste ein spezielles Display verwenden, was etwas kleiner ist, aber nur mit 3,3 Volt arbeitet.



Links sind die Tasten 1 bis 4. Den Kalibriergenerator 0,0dBm habe ich mit in den Einschub eingebaut. Mit der Taste 3 kann er EIN bzw. AUS geschaltet werden. An der 0,0dBm BMC-Buchse ist eine LED zur Anzeige. Rechts ist die Buchse für das Messkabel mit Messkopfeinschub und darunter ist der USB-Anschluss für die Verbindung mit dem PC.

2.1.1 IC1 LTC1050

Operationsverstärker für die Mittelwertbildung des Messsignales.

2.1.2 IC2 LT1021S

Precision Spannungsreferenz 5,0 Volt. Diese genaue Spannungsquelle habe ich am Ausgang auf 3,2 Volt reduziert. Diese Spannung ist die Referenz für den 10 Bit A/D Wandler im PIC18F45K22.

2.1.3 IC3 LTC1050

Operationsverstärker für die Spitzenwerte des Messsignales (PEP).

2.1.4 IC4 LTC1050

Operationsverstärker für die niederohmige Verteilung des Messsignales auf Mittelwertbildung und PEP-Auswertung.

2.1.5 IC5 Spannungsregler 10V/1A, 7810

Die Rohspannung von etwa 12 Volt wird mit diesem Spannungsregler konstant auf 10 Volt gehalten.

2.1.6 IC6 Spannungsregler 5V/1A, 7805

Je nach Verwendung des Displays wird dieser Spannungsregler bestückt. Wird ein Display mit 5 Volt U_b verwendet **entfällt der Spannungsregler IC9.**

2.1.7 IC7 Eeprom 24LC512P

Der externe Eeprom dient zur Aufnahme von automatischen Messreihen und zur Sicherung des PIC-Eeprom-Inhaltes.

2.1.8 IC8 PIC18F45K22/PIC18F46K80

Durch den Einsatz des Drehgebers wurde es notwendig einen neueren PIC18F45K22 einzusetzen. Beim PIC18F4520 ist es nicht möglich gezielt bestimmte PullUp-Widerstände zu deaktivieren. Beim PIC18F45K22 geht das.

Es gibt einen neueren PIC18F46K80 mit einer Wandlerbreite von 12 Bit im AD-Wandler. Das geht aber erst ab FW Version 3.05 mit einer speziellen FW-Variante.

```
--= HF mW-Meter ==  
- HW3.00 08.05.20 -  
- SW3.06 17.10.21 -  
- Var1 PIC18F46K80
```

In Zeile 4 steht für welchen PIC die FW ist.

2.1.9 IC9 Spannungsregler 3,3V/0,8A, LT1117

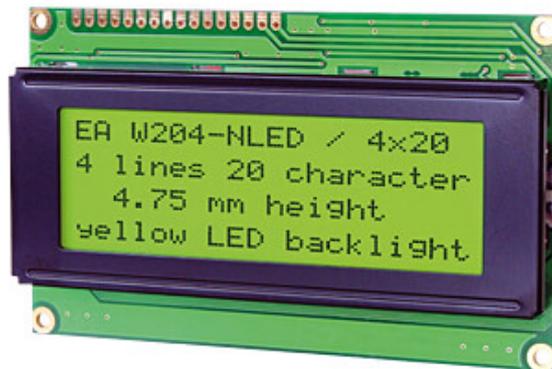
Je nach Verwendung des Displays wird dieser Spannungsregler bestückt. Wird ein Display mit 3,3 Volt Ub verwendet **entfällt der Spannungsregler IC6**.

2.1.10 IC11 USB-Controller FT232RL

Der USB-Controller stellt die Verbindung zwischen serieller Schnittstelle des PIC und dem USB-Anschluss des PC her. Das ist für mich die einfachste Lösung.

2.1.11 Display

Normalerweise verwenden wir ein einfaches Display 4x20 Zeichen.



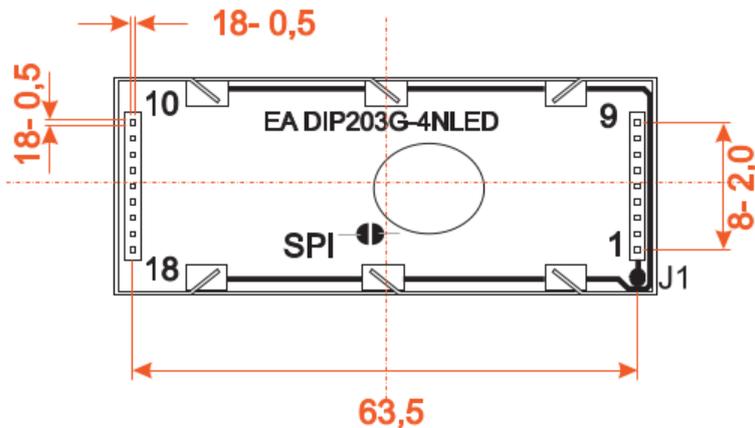
Im HAMEG-Einschub passt kein großes Display 4x20 hinein. Ich musste auf eine anderes Display ausweichen. Nach mehreren Versuchen ist die Auswahl auf das Display „EA DIP203G-4NLED“ gefallen.

LCD- MODUL 4x20 - 3,75mm Stand 1

INKL. KONTROLLER SSD1803



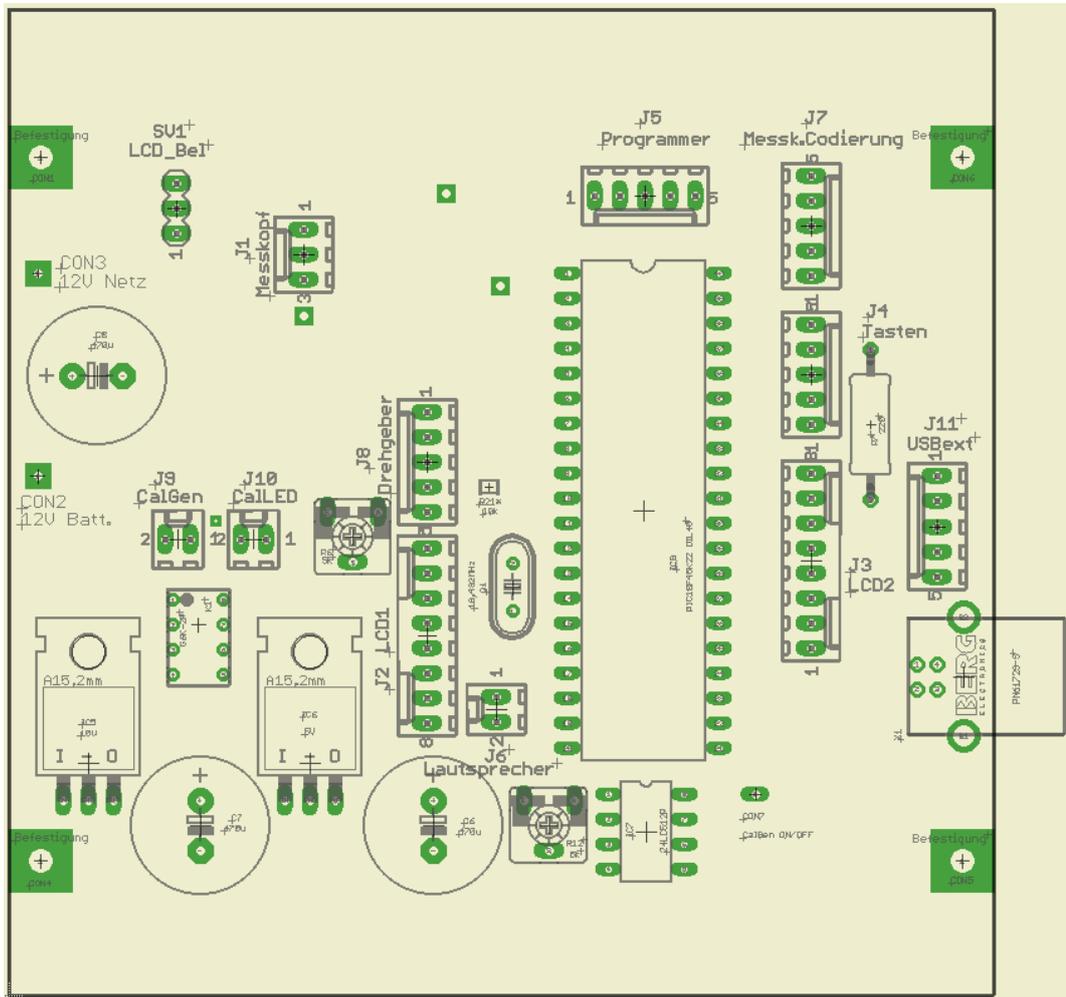
Nachteil dieses Displays ist die geringe Betriebsspannung von 3,3 Volt. Dafür habe ich auf der Leiterplatte einen zusätzlichen Spannungsregler 3,3 Volt in SMD-Ausführung vorgesehen. Der 5 Volt Regler wird in diesem Fall nicht montiert.



Auf dem Display „EA DIP203G-4NLED“ muss die Brücke für SPI gebrückt werden. Das Display wird in dieser Variante seriell angesteuert.

2.1.12 Anschlüsse auf der Baugruppe

Es folgt die Beschreibung der Stecker auf der Grundbaugruppe.



Hier die Übersicht auf der Leiterplatte.

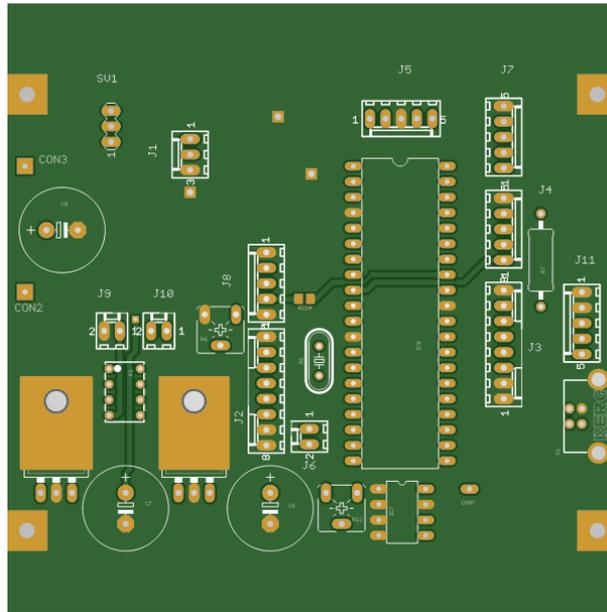


Bild erzeugt aus der Gerberdatei. Die Leiterplatte von Oben gesehen.

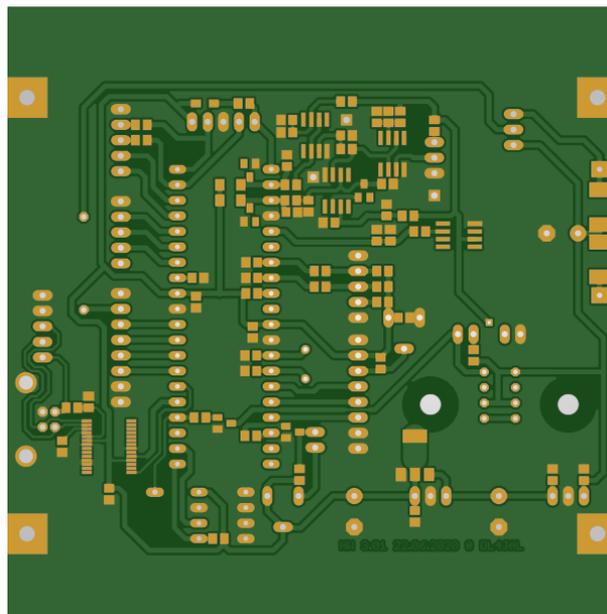


Bild erzeugt aus der Gerberdatei. Die Leiterplatte von Unten gesehen. Die Änderungen für HW3.01 sind schon eingearbeitet.

J1 Messkopf

An diesem Stecker wird die Stromversorgung 10 Volt, GND und die Messspannung des Messkopfes angeschlossen.

- 1 10V Betriebsspannung für den Messkopf. Im Messkopf befindet sich ein Spannungsregler, der die Betriebsspannung auf 5 Volt reduziert.

- 2 Messspannung vom Messkopf
- 3 GND Masse

J2 LCD1

Die Verbindung zum Display ist je nach Art des Displays unterschiedlich. Stecker 1 der LCD-Anzeige großes Display mit 5 Volt Ub.

- 1 GND LCD Pin 1
- 2 +5Volt LCD Pin 2
- 3 Kontrast LCD Pin 3
- 4 LCD Pin 4
- 5 LCD Pin 5
- 6 LCD Pin 6
- 7 LCD Pin 7
- 8 LCD Pin 8

Stecker 1 der **LCD-Anzeige Display „EA DIP203G-4NLED“** mit 3,3 Volt Ub. Eine Verbindungen bleibt frei.

- 1 GND LCD Pin 1
- 2 +3,3 Volt LCD Pin 2
- 3 Kontrast LCD Pin 3
- 4 LCD Pin 4 CS
- 5 LCD Pin 5 SID
- 6 LCD Pin 6 SCLK
- 7 LCD Pin 7 SOD
- 8 frei

J3 LCD2

Die Verbindung zum Display ist je nach Art des Displays unterschiedlich. Stecker 2 der LCD-Anzeige großes Display mit 5 Volt Ub.

- 1 LCD Pin 9
- 2 LCD Pin 10
- 3 LCD Pin 11
- 4 LCD Pin 12
- 5 LCD Pin 13

- 6 LCD Pin 14
- 7 LCD Pin 15 LED-Beleuchtung +
- 8 LCD Pin 16 LED-Beleuchtung -

Stecker 2 der **LCD-Anzeige Display „EA DIP203G-4NLED“** mit 3,3 Volt Ub. Es werden nur 2 Verbindungen benötigt für die Hintergrundbeleuchtung.

- 1 frei
- 2 frei
- 3 frei
- 4 frei
- 5 frei
- 6 frei
- 7 LCD Pin 17 LED-Beleuchtung +
- 8 LCD Pin 18 LED-Beleuchtung -

J4 Tasten

Stecker für die 4 Bedientasten.

- 1 Taste 4
- 2 Taste 3
- 3 Taste 2
- 4 Taste 1
- 5 GND

J5 Programmer

Stecker für Programmierung mit einem Programmiergerät. Der PIC kann gleich in der Baugruppe programmiert werden. Das hat Vorteile bei der SW-Entwicklung.

- 1 MLCR
- 2 RB6
- 3 GND
- 4 RB7
- 5 +5V

J6 Lautsprecher

Stecker für den Lautsprecheranschluss.

- Pol 1
- Pol 2

J7 Kodierung Messkopf

Stecker vom Messkopf für das Lesen der Kodierung der Messkopfnnummer.

- 1 Bit 2^0 offen ist 1, GND ist 0
- 2 Bit 2^1 offen ist 1, GND ist 0
- 3 Bit 2^2 offen ist 1, GND ist 0
- 4 Bit 2^3 offen ist 1, GND ist 0
- 5 GND

J8 Drehgeber

Diese Steckerbelegung ist bei der HW 3.01 neu. Hier wird der Drehgeber angeschlossen. Die Widerstands-Kondensator Kombination der Entprellung ist mit auf der Leiterplatte integriert. Somit kann der Drehgeber direkt angeschlossen werden.

- 1 GND
- 2 Taste im Drehgeber
- 3 Drehgeber Dir, Drehrichtung
- 4 Drehgeber Impulse
- 5 GND

J9 CalGen

Wird ein Kalibriergenerator 0,0 dBm mit in das mW-Meter eingebaut, wird das an Stecker J9 mit der Stromversorgung angeschlossen. Mit der Taste 3 kann dann der Kalibriergenerator EIN/AUS geschaltet werden. Die Betriebsspannung wird mit einem kleinen Relais geschaltet.

- 1 Ub+ Kalibriergenerator
- 2 GND Kalibriergenerator

J10 CalLED

Wird ein Kalibriergenerator mit in das mW-Meter eingebaut, wird das an Stecker J10 die Kontroll-LED für die Frontplatte angeschlossen.

- 1 LED Kathode
- 2 LED Anode

J11 USBext

Der Stecker J11 ist für eine externe USB-Buchse vorgesehen. Möchte man zum Beispiel die USB-Buchse mit in die Frontplatte einbauen, wird die USB-Buchse hier angesteckt.

CON3 12V Netzteil

vom Netzteil die 12V. Mit Hintergrundbeleuchtung.

CON2 12V Batt

von der Batterie die 12V. Ohne Hintergrundbeleuchtung oder mit Brücke an SV1 (1,2) auch ständig aktiviert.

CON7 Calgen ON/OFF

Ich habe den Pin für die Aktivierung des Kalibriergenerators extra noch einmal direkt an CON7 heraus geführt. CON7 ist direkt mit PIN 26 (PORTC,5) des PIC18F45K22 verbunden. CON7 kann also nicht direkt benutzt werden. Es muss eine Schaltung zur Ansteuerung eines Relais installiert werden.

SV1 LCD_Bel

Die Auswahl der Spannungsversorgung für die Hintergrundbeleuchtung wird hier getroffen.

- **Brücke 1,2** Hintergrundbeleuchtung immer aktiv.
- **Brücke 3,2** Hintergrundbeleuchtung nur mit Netzteil 12V aktiv.

2.1.13 Schaltungsbeschreibung

Als zentrale Recheneinheit verwende ich wieder einen PIC 18F45K22. Dieser MC hat 40 PINs und ist mehr als ausreichend für unsere Zwecke. Als Anzeige verwende ich eine LCD-Anzeige mit 4 x 20 Zeichen pro Zeile. Zur Bedienung dienen 4 Tasten auf der linken Seite des Displays senkrecht angeordnet werden. Die Tasten werden am besten so angeordnet dass die Taste 1 der ersten Zeile im LCD-Display zugeordnet, Taste 2 der zweiten Zeile usw.. Ein mechanischer Drehgeber dient der Eingabe von Zahlenwerten. Der Zahlenbereich wird entsprechend der Funktion vorgegeben.

Beginnen wir mit der Stromversorgung. Auf der Platine befinden sich zwei 12V-Punkte für den Anschluss der Betriebsspannung die mit 2 1A Dioden entkoppelt sind. Einmal die 12V von einem Netzteil. Der andere 12V-Anschluss ist für den Batteriebetrieb gedacht. Die Hintergrundbeleuchtung kann auch im Batteriebetrieb aktiviert werden. Dazu dient die 3-polige Steckbrücke. Als nächstes kommt der 10V Spannungsregler. Dieser stellt die Rohspannung für den Messkopf und den OPVs und Spannungsreferenz-IC bereit. Die Messspannung vom Messkopf wird mit einem OVP gepuffert (IC4) und auf 2 Messstrecken verteilt. Eine Messstrecke ist für die Mittelwertbildung (IC1) und die andere Messstrecke erfasst die Spitzenwerte der HF-Hüllkurve (IC3). Für beide Messstrecken sind getrennte ADC-Eingänge am PIC18F45K22 vorgesehen. Anschließend kommt der Spannungsregler 5V oder 3,3V für den PIC, LCD und ext. Eeprom. Die Referenzspannung des A/D Wandler wird von einem speziellen Referenzspannungs-IC 5V erzeugt. Mit den Präzisions-OVPs und Referenz-IC

wird die Grundlage für geringe Toleranzen und eine möglichst hohe Messgenauigkeit gelegt. Die stabile Ausgangsspannung wird mit einer Widerstandskombination auf etwa 3,2 Volt herab gesetzt und dem Referenzeingang des A/D Wandlers im PIC18F45K22 zugeführt.

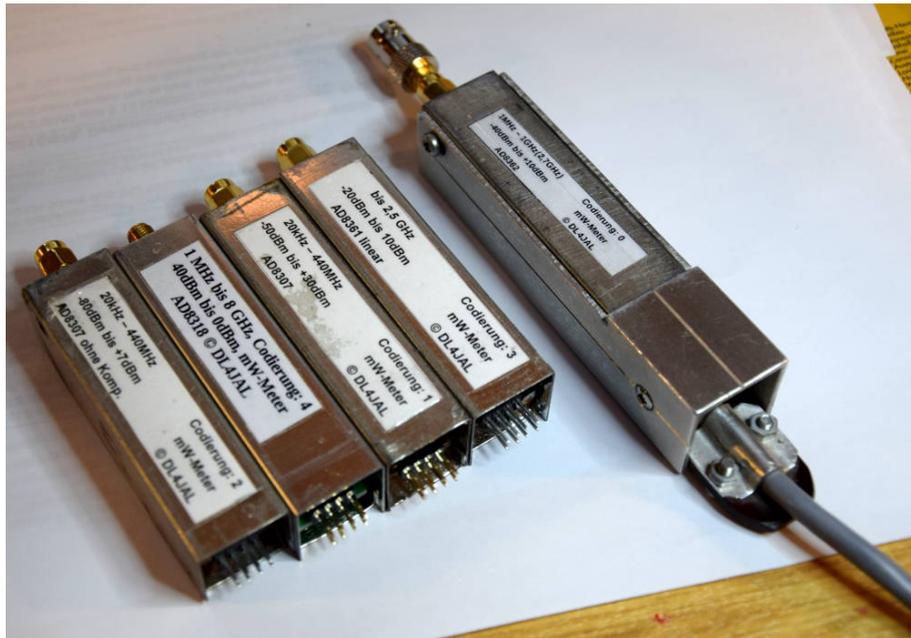
Für den Anschluss an einen PC verwende ich einen USB-Anschluss mit dem IC FT232RL. Da ich alles in Assembler programmiere ist dieses IC am einfachsten für die Ankopplung. Ich brauche nur die Baudrate einstellen und los geht's.

Als akustische Tonausgabe habe ich einen kleinen Lautsprecher vorgesehen, der von einem SMD-Mosfet getrieben wird.

Als großer externer Datenspeicher ist ein Eeprom 24L512 mit 512kBit angeschlossen. In diesem Eeprom können bis zu 64kByte Daten abgelegt werden.

2.2 Messköpfe

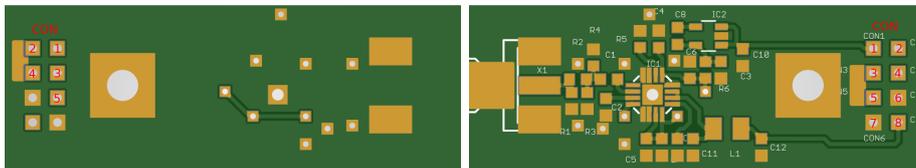
Am Grundgerät können verschiedene Messköpfe angeschlossen werden. Es funktionieren im Prinzip alle Messköpfe mit einer linearen oder logarithmischen Funktion. Zur Zeit habe ich 6 verschiedenen Messköpfe.



Hier 5 Messköpfe. Der Audio,NF Messkopf ist nicht mit auf dem Bild. Rechts ist das Messkabel mit dem Einschubschacht. Das Messkabel hat eine Länge von 1,60 m.



2.2.1 Kodierung der Messkopfnnummer



Als Beispiel die Leiterplatte meines neusten Messkopfes von oben und von unten, mit dem AD8318. Ich habe an den Pins der Kodierung kleine Masseflächen angeordnet. Mit Lötbrücken gegen GND kann die Kopfnummer eingestellt werden.

Hier die Messkopfnnummer in einer Tabelle aufgelistet. GND bedeutet Binär = 0 und Offen bedeutet Binär = 1.

Hier die Tabelle der möglichen Kopfnummer.

Nummer	CON2 2 ⁰	CON3 2 ¹	CON4 2 ²	CON5 2 ³
0	GND	GND	GND	GND
1	Offen	GND	GND	GND
2	GND	Offen	GND	GND
3	Offen	Offen	GND	GND
4	GND	GND	Offen	GND
5	Offen	GND	Offen	GND
6	GND	Offen	Offen	GND
7	Offen	Offen	Offen	GND
8	GND	GND	GND	Offen
9	Offen	GND	GND	Offen
10	GND	Offen	GND	Offen
11	Offen	Offen	GND	Offen
12	GND	GND	Offen	Offen
13	Offen	GND	Offen	Offen
14	GND	Offen	Offen	Offen

2.2.2 Messkopf mit AD8362

Die Daten zum AD8362 sind in [2] zu finden. Dieser Messkopf liefert genaue Messergebnisse. Der genaue Anzeigebereich beträgt etwa -40dBm bis +5dBm. Beachtlich ist der grosse Frequenzbereich dieses ICs. In der vorliegenden Beschaltung werden genaue Pegel von 1MHz bis etwa 1000MHz angezeigt. Die Angaben im Datenblatt geben an, dass der AD8362 bis 2,7GHz noch gut funktioniert. Ich kann das aber nicht überprüfen. Ich kann nur dazu sagen, dass ich das Wattmeter zum optimalen Ausrichten meines Fernseh-Satellitenspiegel verwendet habe. Aus dem LNB kommen Frequenzen von 950MHz bis 2150MHz. Ich habe mir ein Koax-Zwischenkabel angefertigt, mit einem Abzweig für das mW-Meter (1nF). Mit der weiter hinten beschriebenen Tonausgabe am mWatt-Meter war das Ausrichten des Spiegels ein „Kinderspiel“.



Hier noch die alte Ausführung mit Kodierschalter und Stecker vom Type „MICROMATCH-8“.

Ich habe bei fast allen Messköpfen die Kopfnummerkodierung fest mit Lötbrücken eingestellt. Beim ersten Messkopf mit dem AD8362 sollten alle 4 Kodierpins an Masse gelegt werden. Das ist die Kopfnummer 0. Ich habe in der HEX-Datei des PICs mehrere Kalibrierungen vorab gespeichert. An der Speicherstelle des Kopfes 0 sind die Daten des Messkopfes mit dem AD8362. An der Speicherstelle des Kopfes 1 befinden sich die Kalibrierdaten des Messkopfes mit dem AD8307. So kann jeder auch ohne vorherige Kalibrierung mit dem Messen beginnen. Wenn auch mit verminderter Genauigkeit.

2.2.3 Messkopf mit AD8307 mit Frequenzgangkorrektur

Die Daten zum AD8307 sind in [2] zu finden. Dieser Messkopf hat am Eingang ein Dämpfungsglied und eine kleine Frequenzgangkorrektur. Das ist notwendig, da der zu messende Pegel beim AD8307 nach höheren Frequenzen abfällt. Mit dieser Beschaltung wird der Pegelabfall etwas kompensiert. Die Eingangsbeschaltung bewirkt einen Messbereich von -50dBm bis +30dBm (1Watt). Das ist beachtlich! Eine genaue Anzeige ist im Frequenzbereich 1MHz bis 440MHz (mit Abstrichen) zu erwarten. Aber im Kurzwellenbereich lässt sich dieser Messkopf auch gut einsetzen. Positiv ist sind die +30dBm. In Verbindung mit meinem Leistungsdämpfungsglied (40dB), lassen sich Werte bis +70dBm (10kW) darstellen. Das ist nur Theorie mein Leistungsdämpfungsglied geht nur bis 200W HI.



Die alte Ausführung, ohne Kodierschalter mit Lötbrücken und Stecker vom Type „MICROMATCH-8“. Links unten ist die kleine Induktivität zur Frequenzgangkorrektur zu sehen.

2.2.4 Messkopf mit AD8307 ohne Frequenzgangkorrektur

Die Daten zum AD8307 sind in [2] zu finden. Dieser Messkopf hat kein Frequenzgangkorrektur. Die Eingangsbeschaltung ist auf maximale Empfindlichkeit ausgelegt mit einen Messbereich von -80dBm bis +10dBm. Eine genaue Anzeige ist im Frequenzbereich 1MHz bis 15MHz zu erwarten. Aber im Kurzwellenbereich lässt sich dieser Messkopf auch gut einsetzen. Die Messwerte fallen gegen 30MHz um etwa 1dB ab. Diesen Messkopf verwende ich auch für meinen NWT01 als Messkopf für den 2. Kanal. In der neuen PC-Software kann man eine „Offsettabelle“ laden. In der Tabelle stehen die Abweichungen in „dB“, bei den angegebenen Frequenzen. Die „dBm-Anzeige“ wird dann mit diesen Offsetwerten korrigiert.

2.2.5 Messkopf AD8307 NF/Audio

Der AD8307 funktioniert laut Datenblatt [2] bis in den NF-Bereich. Dafür ist aber eine andere Beschaltung notwendig. Die ist in diesem Messkopf realisiert. Die Eingangsimpedanz ist auch nicht 50Ohm sondern etwa 2kOhm. Deshalb muss beim Kalibrieren anders vorgegangen werden. Dazu später noch Ausführungen. Im ersten Punkt beim Kalibrieren muss die Auswahl „NF/Audio Log.“ getroffen werden. Wurde dieser Typ gewählt, sind die Pegelangaben nicht dBm sondern dBV. Beim Anstecken des Messkopfes wird dieser Messkopftyp erkannt und die Berechnungen des Eingangspegel erfolgen nach dBV. 0,0 dBV sind hierbei genau 1V effektiv. Zusätzlich werden noch „Volt“ errechnet in Zeile 2. Beim Kalibrieren müssen wir auch aufpassen, da dBV etwas anderes ist als dBm. Dazu mache ich im Kapitel „Kalibrieren“ noch nähere Angaben. Mit der

Taste 4 kann die Anzeige in Zeile 2 des LCD-Displays umgeschaltet werden. Einmal in Volt oder in dBm oder in Volt Vss. Diese Varianten sind möglich.



Links die Anzeige in Zeile 2 mit dBm als Vergleich. Rechts die Spannungsanzeige in Vss Zeile2. In Zeile 4 wird die Masseinheit ergänzt „Vss“.

2.2.6 Messkopf AD8361 linear

Der AD8361 ist kein logarithmisches Mess-IC. Die Ausgangsgleichspannung steigt linear mit der angelegten HF-Spannung an. Dadurch ist der dynamische Messbereich ist nicht sehr groß. Etwa 20dB Dynamik ist erreichbar. Der Vorteil dieses Messkopfes liegt aber in der großen Messauflösung im Bereich der maximalen Aussteuerung. Mit der neuen Software ist es möglich die lineare Messfunktion in dBm-Werte umzurechnen. Dazu wird die Logarithmus-Funktion der Gleitpunktarithmetik verwendet. Beim Kalibrieren dieses Messkopfes sind die beiden Kalibrierpegel (0dBm und -6dBm) fest vorgegeben.

2.2.7 Messkopf AD8318

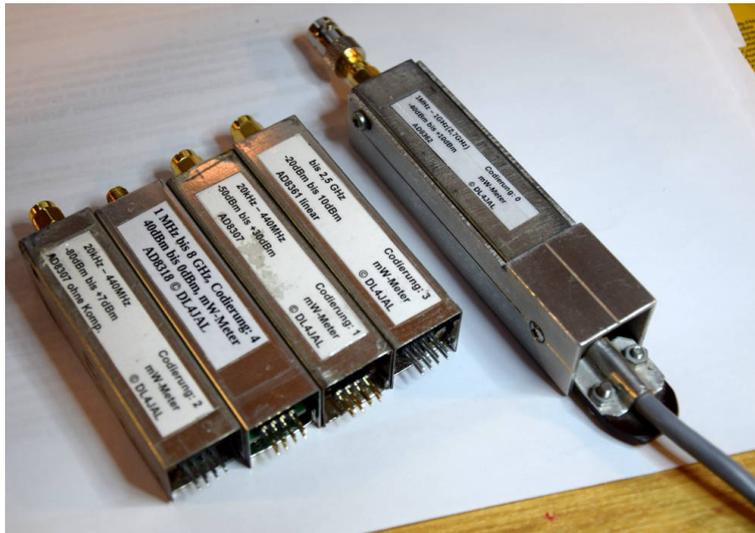
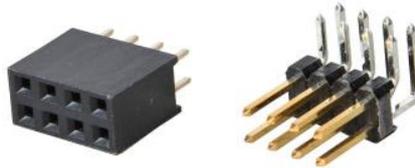
Diesen Messkopf habe ich dieses Jahr neu aufgebaut. Der Frequenzbereich ist sehr groß, von 1 MHz bis 8 GHz. Kontrolliert habe ich nur bis 3,2 GHz. Über die Offseteinstellung kann ich die dBm-Messwerte je nach Frequenz korrigieren. Den Frequenzgang des Messkopfes habe ich mit dem Trackinggenerator meines SIGLENT 3032 ermittelt.



2.2.8 Messkopf Stecker NEU

Ich habe die Leiterplatten der Messköpfe noch einmal überarbeitet. Die Stecker vom Type „MICROMATCH-8“ sind eine wackelige Angelegenheit. Deshalb verwende ich ganz einfache „Stiftleisten 2,54mm“ abgewinkelt für den Messkopf und

das Gegenstück „Buchsenleiste 2,54mm“. Die sind bedeutet robuster. Die Belegung ist identisch. In der Aufnahme habe ich eine Buchsenleiste 2x4 und an den Messköpfen gewinkelte Stiftleisten 2x4. Das funktioniert bedeutend besser.



Ich habe mir einen Adapterkabel gebaut. Am Grundgerät befindet sich eine 8-polige DIN-Diodenbuchse und am Adapterkabel ein Diodenstecker 8-polig. Am anderen Ende des Adapterkabels habe ich aus Quadratischen Aluminiumprofil 20x20mm und 100mm lang einen Aufnahmeschacht für die Messköpfe gebaut. Dieses Adapterkabel hat eine Länge von 2m und kann auch für meinen NWT01 als zweiter Messkopf verwendet werden. Diese Lösung ist eleganter als die Messköpfe direkt in das Messgerät zu stecken.

2.2.9 Messutensilien

Ich habe in einem Etui, was für eine Digitale-Schiebelehre war, meine Messutensilien untergebracht. Es passt alles rein, was ich so für das mW-Meter brauche. Die Messköpfe, die verschiedenen Dämpfungsglieder, der Kalibriergenerator und ein Powersplitter/combiner mit Widerständen. Den Powersplitter benutze ich für die Verzweigung des Messsignals (mW-Meter und z.B.: Spektrumanalyser). Das nur als kleine Anregung für Euch.



Zusätzlich werden aber noch jede Menge Adapterstecker benötigt. Diese habe ich in einer größeren Metallschachtel.



2.3 Kalibriergenerator

Zum Kalibrieren der Messköpfe wird eine HF-Generator mit genau bekannten Pegel benötigt. Hier ist mir eine Schaltung von Thomas Molière, DL7AV (Siehe [1]) in die Hände gefallen. Dieser Generator eignet sich zum Kalibrieren aller HF-Messköpfe. Leider ist die Frequenz für die Kalibrierung des NF-Messkopfes zu hoch.



Der Musteraufbau mit SMD Bauteilen.

Ich habe die Schaltung etwas abgewandelt und auf SMD-Bauteile umgestellt. Der konstante HF-Pegel wird durch den Vergleich der Sinusspannung mit einer Gleichspannung erreicht. Als Regelbaustein habe ich einen OPV mit hoher Genauigkeit verwendet. Der Ausgang der Regelschleife verändert die Gatespannung des HEX-Mosfets, so das der Ausgangspegel von 0,0 dBm stabil bleibt. Das HF-Signal wird von einem CMOS-Oszillator erzeugt und geht anschließend auf den HEX-Mosfet. Die Ausgangs-HF wird in einem TP von den Oberwellen befreit und mit einem Dämpfungsglied auf 0,0 dBm gebracht.

Kapitel 3

Firmware 3.xx

Die Hauptarbeit des Projektes steckt in der Entwicklung der Software. Ich habe alles mit Assembler geschrieben und Kompiliert. Die ADC- Eingänge haben eine Wandlerbreite von 10Bit. Das sind 1023 Abstufungen in einem Spannungsbe- reich von 0V bis 5V. Da der AD8362 im ungünstigsten Fall laut Datenblatt eine Ausgangsspannung von etwa 0,48V bis 3,44V liefert bei 60dB Dynamik, kann man mit dem ADC-Eingang des PIC die kleinsten messbaren dB Schritte mit etwa 0,1dB ansetzen. Der ADC-Eingang des PIC ist also um den Faktor 5 besser als die Genauigkeit des AD8362. Die wird mit +/-0,5dB bei Frequenz kleiner 2,7GHz im Datenblatt [2] angegeben. Das sind schon mal gute Voraussetzun- gen für die Genauigkeit des gesamten Messgerätes. Ich nehme an im Kurzwel- lenbereich ist die Messungenauigkeit geringer als die angegebenen 0,5dB. Ich habe die Genauigkeit der AD-Wandlung noch einmal erhöht, indem ich 32 AD- Wandlungen zu einem Messergebnis zusammenfasse.

Die Analyse der Messgenauigkeit ist die eine Sache. Ein anderer Punkt sind die Messungenauigkeiten durch die Bauelementtoleranzen Ich habe durch den Einsatz von guten ICs versucht das zu minimieren, aber ein Rest bleibt. Die beste Lösung ist eine Kalibrierroutine für jeden Messkopf. Damit würden alle Bauelementstreuungen mit in den Kalibriervorgang eingerechnet.

Wie die Kalibrierroutine gestaltet werden muss, hängt von der Funktion der Messköpfe ab. Betrachten wir die Wirkungsweise des AD8362 stellen wir fest, dass mit steigender HF-Leistung in dBm (logarithmischer Anstieg), die an den Eingang gelegt wird, sich proportional die Messausgangsspannung des AD8362 ändert. Das ist beim AD8307 ähnlich, nur in einem anderen dB-Bereich. Der Logarithmus der Eingangsleistung verhält sich also genau linear zur Ausgangs- spannung (Messspannung) des ICs. Das ist schon mal eine wichtige Feststellung. Es handelt sich also um eine lineare Funktion zwischen der Ausgangsspannung und dem logarithmischen Eingangspegel der HF. Logischerweise verwenden wir als Maßeinheit dBm. Um den Verlauf einer linearen Funktion zu errechnen, braucht man nur 2 Messpunkte. Der erste Messpunkt wären idealerweise 0,0 dBm (1mW an 50Ohm). Dazu brauchen wir einen Generator der genau 0,0 dBm liefert. Diesen Generator beschreibe ich in einem späteren Kapitel. Den 2 Messpunkt erhalten wir durch vorschalten eines genauen Dämpfungsgliedes (mindestens 20dB) vor die 0,0 dBm Quelle. Diese Dämpfungsglieder sind meis- tens Vorhanden. Wenn nicht sind sie beschaffbar siehe [3].

Nun zur Mathematik der Kalibrierung. Den Verlauf einer linearen Funktion

kann man mit zwei Konstanten genau beschreiben. Diese Konstanten müssen wir beim Kalibrieren errechnen. Ich habe 2 Formeln dazu entwickelt.

Im Vorfeld eine Erklärung der verwendeten Bezeichnungen in den Formeln:

Bezeichner	Erklärung
dBmpunkt1	Messpunkt1 in dBm
dBmpunkt2	Messpunkt2 in dBm
adcpunkt1	Werte des AD Wandlers im PIC am Messpunkt1
adcpunkt2	Werte des AD Wandlers im PIC am Messpunkt2
mkx	Wert X der linearen Funktion
mky	Wert Y der linearen Funktion

$$\text{Formel1: } mkx = \frac{dbmpunkt1 - dbmpunkt2}{adcpunkt1 - adcpunkt2}$$

$$\text{Formel2: } mky = (adcpunkt1 * mkx * -1) + dbmpunkt1$$

Angenommen wir Messen beim Messpunkt1 (0,0 dBm) 26174 (Summe der 32 ADC Wandlung). Messpunkt2 (-40,0 dBm) hat den Wert 5730. Wir setzen alles in die Formeln ein.

$$mkx = \frac{0 - -40}{26174 - 5730} = 0,00195656427$$

$$mky = 0,00195656427 * 26174 * -1 + 0,0 = -51,2111132$$

Jetzt können wir aus jedem ADC-Wert den passenden Pegel errechnen. Nehmen wir mal an der ADC-Wert ist 17000.

$$17000 * 0,00195656427 + -51,2111132 = -17,949dBm$$

Oder der ADC-Wert 10000 müsste einen dBm-Wert kleiner -18 ergeben.

$$10000 * 0,00195656427 + -51,2111132 = -31,645dBm$$

Das passt! Die 4 Werte: Pegel1, ADC1, Pegel2 und ADC2 der Kalibrierung werden im Eeprom des PIC abgespeichert und stehen immer zur Verfügung wenn dieser Messkopf angeschlossen wird. Die Software erkennt die Nummer der Codierung und lädt die 4 Werte und errechnet daraus **mkx** und **mky**.

Mit dieser Kalibrierung ist es möglich die verschiedensten Messköpfe an das Grundgerät anzuschließen. Die Messfunktion linear oder logarithmisch wird beim Kalibrieren ausgewählt. Mit der neuen Firmware ist auch der lineare Messkopf mit dem IC AD8361 einsetzbar. Hier werden allerdings in der Kalibrieroutine 2 Kalibrierpegel fest vorgelegt. Einmal 0,0 dBm und der zweite Pegel beträgt -6,0 dBm. Diese beiden Kalibrierpegel entsprechen der geringeren Messdynamik des Messkopfes.

Es folgen noch Bilder der Kalibrierfunktion.

```
== Kalibr.Messkopf =
IC: NF/Audio Log.
<-Weiter
<-Abbruch
```

```
== Kalibr.Messkopf =
IC: HF Linear
<-Weiter
<-Abbruch
```

```
== Kalibr.Messkopf =  
IC: HF Logarithmisch  
<-Weiter  
<-Abbruch
```

Zuerst die Auswahl des Types des Messkopfes. Mit dem Drehgeber wird der entsprechende Typ eingestellt. In den Bildern sehen wir alle 3 Typen die einstellbar sind. In unserem Beispiel wählen wir „IC: HF Logarithmisch“.

```
== Kalibr.Messkopf =  
Name: AD8362..  
<-Weiter  
<-Abbruch
```

Neu ist die Vergabe eines Namens. Der Cursor steht unter dem „A“. Mit dem Drehgeber wird der Buchstabe eingestellt. Mit der Taste im Drehgeber wird der Cursor weiter geschaltet. Der Name des Messkopfes kann aus bis zu 8 Zeichen bestehen.

<pre>== Kalibr.Messkopf = Pegel1(dBm):+ 0,0 <-Weiter <-Abbruch</pre>	<pre>== Kalibr.Messkopf = Kal P1(ADC):26174 <-Weiter <-Abbruch</pre>
----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Im linken Bild wird der Pegel 1 mit dem Drehgeber eingestellt und im rechten Bild sehen wird den ADC-Wert bei diesem Pegel.

<pre>== Kalibr.Messkopf = Pegel2(dBm):-40,0 <-Weiter <-Abbruch</pre>	<pre>== Kalibr.Messkopf = Kal P2(ADC): 5730 <-Weiter <-Abbruch</pre>
----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Im linken Bild wird der Pegel 2 mit dem Drehgeber eingestellt und im rechten Bild sehen wird den ADC-Wert bei diesem Pegel.

```
== Kalibr.Messkopf =  
maximal(dBm):+10,0  
<-Weiter  
<-Abbruch
```

Mit dem Drehgeber wird der maximale Pegel, den der Messkopf noch verarbeiten kann, eingestellt. Wird bei einer Messung der Pegel überschritten, kommt eine Alarmton.

```
= Messkopfdaten ====  
x:+1,9565642732e-3  
y:-5,1211113296e+1  
<-Speichern
```

Am Ende der Kalibrierfunktion werden aus Pegel 1, Pegel 2, ADC-Wert 1 und ADC-Wert 2 die Konstanten **mkx** und **mky** berechnet. Die errechneten Werte **mkx** und **mky** werden im Display angezeigt. Mit der Taste 4 wird alles gespeichert. Alle anderen Tasten brechen die Kalibrierfunktion ab.

3.1 Version der Firmware

Diese Beschreibung bezieht sich auf die Versionen 3.xx ab Juni 2020. Je nach Verwendung des Displays gibt es verschiedene Varianten der Firmware. Das herkömmliche Display mit 5 Volt Betriebsspannung wird parallel im 4 BIT-Betrieb angesteuert. Beim Display mit 3,3 Volt Betriebsspannung wird die SPI-Schnittstelle benutzt. Dazu ist die Brücke „SPI“ auf dem Display zu brücken.



Zeile 1 links Der Effektivwert der Messung in der Maßeinheit dBm

Zeile 1 rechts Der PEP Spitzenwert der Messung in der Maßeinheit dBm

Zeile 2 links Der Effektivwert der Messung in der Maßeinheit Volt. Mit der Taste 4 kann die Anzeige in Zeile 2 verändert werden. Zum Beispiel in Watt.

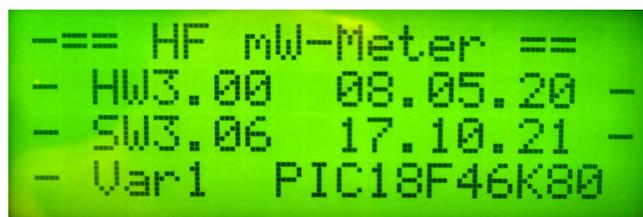
Zeile 2 rechts Der PEP Spitzenwert der Messung in der Maßeinheit Volt

Zeile 3 links Der dB-Wert eines externen Dämpfungsgliedes. Der dB-Wert wird mit in die Anzeige Zeile 1,2 eingerechnet.

Zeile 3 rechts Der dB-Offsetwert. Die Messköpfe arbeiten nicht Frequenzlinear. Deshalb habe ich die Möglichkeit geschaffen einen Offsetwert einzustellen. Die dB-Abweichung muss natürlich bekannt sein. Mit dem Drehgeber kann der Offsetwert eingestellt werden.

Zeile 4 Links ist eine Kurzbezeichnung des Messmodus der linken Hälfte des Displays. In der Mitte steht der Name des Messkopfes, den wir beim Kalibrieren vergeben haben, gefolgt von der Kopfnummer. In unserem Bild die Kopfnummer 0. Rechts steht der Messmodus für die rechte Hälfte des Displays.

Eine weiter Differenzierung ist der PIC-Typ. Es kann der PIC18F45K22 / PIC18F46K22 oder der neue PIC18F46K80 eingesetzt werden. Bei gleicher FW-Version ist aber je nach PIC eine andere FW-Variante in den PIC zu programmieren.



Nach Power-ON sehen wir welcher PIC eingesetzt wurde.

3.2 Normalbetrieb Grundfunktionen, Tasten und Drehgeber

3.2.1 Taste 1 Oben

Taste 1 ist der Eingang in die Menüfunktionen. Mit der untersten Taste 4 verlassen wir das Menü. Mit dem Drehgeber oder weiteres drücken der Taste 1 schaltet das Menü weiter. Das Menü hat 7 LCD-Fenster.

<pre>== Menue 1 ===== <-Attenuator <-Kalibrieren M-Kopf <-Abbruch</pre>	<pre>== Menue 2 ===== <-Offset <-Edit-Kalibr.M-Kopf <-Abbruch</pre>
<pre>== Menue 3 ===== <-Relativ (dB) <-Ändern MKopf# <-Abbruch</pre>	<pre>== Menue 4 ===== <-Start Aufzeichnung <-Stop Aufzeichnung <-Abbruch</pre>
<pre>== Menue 5 ===== <-View Aufz. auto <-View Aufz. manuell <-Abbruch</pre>	<pre>== Menue 6 ===== <-View Messkopfdaten <-SETUP <-Abbruch</pre>
<pre>== Menue 7 ===== <-Eeprom sichern <-Eeprom restaur. <-Abbruch</pre>	

3.2.2 Taste 1, lange gedrückt

Wurde im **SETUP** der Punkt **MK# Auto/Manuell** auf **MK#-manuell** eingestellt (Siehe Kapitel 3.3.12), ist dieser Tastendruck für die Umstellung der Messkopfnummer, ohne automatische Erkennung, zuständig. Diese Funktion habe ich zusätzlich mit aufgenommen. Wenn Messköpfe mit einem Kabel mit nur 3 Adern angeschlossen werden ohne automatische Erkennung der Messkopfnummer, muss die Messkopfnummer mit dem Drehgeber ausgewählt werden. Steht im **SETUP** der Punkt **MK# Auto/Manuell** auf **MK#-Automatik** ist dieser Tastendruck ohne Funktion. Das ist der Normalzustand. Für die automatische Erkennung der Messkopfnummer ist der Stecker *J7 Kodierung Messkopf* zuständig. Die Funktion **MK# Manuell** ist auch im Menü enthalten. Siehe Kapitel 3.3.6 auf Seite 34.

3.2.3 Taste 2

Mit der Taste 2 wird die Tonausgabe über den kleinen Lautsprecher aktiviert. Je nach HF-Eingangspegel ändert sich die Tonhöhe. Ich habe die Tonberechnung so gestaltet, dass ein Delta von 0,1dB gut zu hören ist. Je höher der Pegel um so höher der Ton. Die Taste 3 dient in dieser Funktion als Tonhöhen-Reset auf etwa 400 Hz, egal was für ein HF-Pegel anliegt. Mit der Taste 4 verlassen wir die Tonausgabe. Im Kapitel 3.2.12 auf Seite 29 wird die Tonausgabe noch einmal erläutert.

3.2.4 Taste 2, lange gedrückt

Wird die **Taste 2** lange gedrückt, bis eine doppelter Quittungston kommt, schaltet die Anzeige in die Funktion **Relativ-Anzeige in dB** um. Diese Funktion wird im Kapitel [3.3.5](#) auf Seite [34](#) erläutert.

3.2.5 Taste 3

Die Taste 3 schaltet den Kalibriergenerator EIN/AUS. Voraussetzung es ist, ein „0,0 dBm Kalibriergenerator“ wurde im mWatt-Meter eingebaut. Ab HW Version 3.01 ist ein Stecker für die Stromversorgung des Kalibriergenerators mit auf der Platine vorgesehen.

3.2.6 Taste 3, lange gedrückt

Wird die **Taste 3** lange gedrückt, bis eine doppelter Quittungston kommt, kommen wir sofort in die Funktion **Attenuator**. Die Funktionsbeschreibung ist im Kapitel [3.3.1](#) auf Seite [30](#) zu lesen.

3.2.7 Taste 4 Unten

Die Taste 4 schaltet je nach Messkopftyp die Anzeige in der LCD-Zeile 2 um. Folgende Anzeigevarianten gibt es.

HF-Messkopf

1. In Zeile 2 wird die Leistung in Watt angezeigt.
2. In Zeile 2 wird die Spannung in Volt angezeigt.

NF/Audio-Messkopf

1. In Zeile 2 wird die Spannung V_{eff} angezeigt.
2. In Zeile 2 wird die Leistung zusätzlich in dBm angezeigt. Bezogen auf 50 Ohm Abschluss.
3. In Zeile 2 wird die Spannung V_{ss} angezeigt.

Die Anzeigevarianten werden mit einem **kurzen Tastendruck** umgeschaltet.

3.2.8 Taste 4, lange gedrückt

Wird die **Taste 4** lange gedrückt, bis eine doppelter Quittungston kommt, kommen wir sofort in die Funktion **Kalibrieren 0,00 dBm**. Die Funktionsbeschreibung ist im Kapitel [3.3.15](#) auf Seite [37](#) zu lesen.

3.2.9 Taste Drehgeber

keine Funktion.

3.2.10 Taste Drehgeber, lange gedrückt

Funktion *AD-Wert EIN/AUS*. Es wird der Wert des AD-Wandlers *RMS-Eingang* auf Zeile 1 rechte Seite ein/aus geblendet.

Ausführliche Beschreibung im Kapitel 3.3.17 auf Seite 38.

3.2.11 Drehgeber

Der Drehgeber hat im Normalbetrieb die Funktion „**Offseteinstellung**“. Diese Funktion ist neu in der Firmware 3.xx. Der Cursor befindet sich normalerweise unter der Zehntel-Einstellung. Mit dem Taster im Drehgeber wechseln wir zur Einer-Einstellung. Mit der Offset-Einstellung kann man eine bekannte Messabweichungen korrigieren.

Sobald der Offsetwert verstellt wird startet intern ein Timer von 2 Sekunden, dass „o:“ mit einem kleinen Buchstabe dargestellt wird. Sind die 2 Sekunden verstrichen wird der neue Offsetwert im Eeprom des PIC abgespeichert. Im Display wird der Buchstabe wieder in Groß dargestellt „O:“. Die Offset-Einstellung bleibt somit nach „PowerOFF“ erhalten.

3.2.12 Tonausgabe

Wie schon oben erwähnt, gibt es die Möglichkeit den dBm-Messwert mit einer Tonausgabe zu koppeln. Diese Funktion wird mit der **Taste 2** aktiviert.

```
==== Tonausgabe ====
Tonauswahl
      PEP --> Ton
<-Weiter
```

Auswahl, Tonkopplung mit dem PEP-Messwert.

```
==== Tonausgabe ====
Tonauswahl
      RMS/AVG --> Ton
<-Weiter
```

Auswahl, Tonkopplung mit dem Mess-Mittelwert. Die Auswahl erfolgt mit dem Drehgeber.

```
==== Tonausgabe ====
RMS Ton: 400Hz
<- Ton Reset 400Hz
<-Abbruch
```

Mit der **Taste 3** wird die Tonhöhe auf 400 Hz zurück gesetzt. Bei dieser Tonhöhe hört man die kleinste Abweichung. 1 Digit entsprechen etwa 4 Hz. Das ist schon gut hörbar.

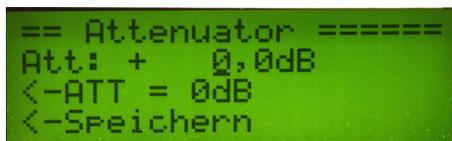
Mit der **Taste 4** brechen wir die Tonausgabe ab. Mir hat diese Tonausgabe beim Ausrichten meines Satellitenspiegels gute Dienste geleistet. Ein kurzes Zwischenkabel mit 2x F-Stecker und einen Abzweig mit 1nF zum mWatt-Meter reicht für die Messung aus.

3.3 Menüfunktionen

Mit der **Taste 1** kommen wir in den „Menübereich“. Ein weiterer druck auf Taste 1 schaltet das Menü weiter. Die zweite Möglichkeit ist die Weiterschaltung mit dem Drehgeber. Es folgt die Beschreibung der einzelnen Menüpunkte.

3.3.1 Attenuator

In dieser Funktion wird für die richtige Berechnung und Anzeige der Pegel mit der Nutzung eines Leistungsdämpfungsgliedes gebraucht. Ich habe eine Dummyload mit -40,0 dB Messausgang. Der Wert 40,0 dB kann im mW-Meter eingestellt werden, wenn ich das Leistungsdämpfungsglied vor das Wattmeter stecke.



```
== Attenuator =====  
Att: + 0,0dB  
<-ATT = 0dB  
<-Speichern
```

Mit dem Drehgeber wird der Dämpfungswert eingestellt. Mit dem Taster im Drehgeber wandert der Cursor unter die Zehntel-Einstellung.

Mit der „Taste 3“ wird der Attenuator auf 0 dB gestellt und die Funktion beendet. Die „Attenuator-Funktion“ kann auch mit der „Taste 3, lang gedrückt“ gestartet werden. Es ertönt ein doppelter Quittungston und man befindet sich sofort in dieser Funktion.



```
+54,67dBm | +54,67dBm  
293,04W | 293,04W  
A:+50,0dB | 0:+ 0,0dB  
RMS AD8362...:00 PEP
```

In diesem Beispiel habe ich an meiner 1,5 kW-Dummyload (MFJ-264) einen Messkoppler(-40dB) [4] angeschlossen und noch ein 10dB Dämpfungsglied. Ich habe die LDMOS-PA bis etwa 300 Watt angesteuert. Am mWatt-Meter kann ich die genaue Leistung ablesen. Der Wert der externen Dämpfungsglieder wird mit in die Anzeige eingerechnet.

Nähere Angabe zum Messkoppler sind in [4] zu finden.

3.3.2 Kalibrieren M-Kopf

Diese Funktion ist für das genaue Kalibrieren des Messkopfes. Das Kalibrieren ist unbedingt durchzuführen. Da im Messgerät hochwertige Bauteile verwendet wurden, reicht es die Kalibrierung nur in größeren Zeitabständen durchzuführen. Bei gleichbleibender Temperatur eventuell sogar nur einmalig.

Ich habe die Kalibrierung in zwei Kapitel aufgegliedert. Meistens werden wir die HF-Messköpfe benutzen. Wie der NF-Messkopf kalibriert werden kann beschreibe ich weiter unten. Für die HF-Messköpfe kommt unser „Eigenbau Kalibriergenerator“ zum Einsatz. Er liefert exakt 0dBm. Für den NF-Messkopf wird ein Generator im NF-Bereich benötigt. Eventuell würde auch eine 50Hz Wechselspannung aus einem Trafo gehen. Das habe ich noch nicht ausprobiert. **Achtung mehr als $2V_{eff}$ verträgt der AD8307 nicht!!!**

Kalibrieren HF Messköpfe, logarithmisch und linear

Bei den HF-Messköpfen wird die Maßeinheit „dBm“ verwendet. „dBm“ ist eine logarithmische Maßeinheit. 0,0 dBm ist der Bezugspunkt. 0,0 dBm ist genau 1 mW an einer Impedanz von 50 Ohm. Diesen Pegel liefert unserer „Kalibrier-generator“. Die Berechnungsformel für „dBm“ aus „Leistung“ und umgekehrt lautet:

Watt in dBm $dBm = \log(Watt * 1000) * 10$

dBm in Watt $Watt = \frac{10^{\frac{dBm}{10}}}{1000}$

Nachdem ein neuer Messkopf aufgebaut wurde, wird mit diesem Menüpunkt „Kalibrieren M-Kopf“ die mathematische Funktion des Messkopfes kalibriert. Erst nach dieser Prozedur werden die richtigen dBm-Werte im Display angezeigt. Im Kapitel 3 auf Seite 23 wurden die mathematischen Zusammenhänge erklärt. In diesem Abschnitt erkläre ich die Bedienung des Wattmeters beim Kalibrieren. Hier noch einmal die Schritte im Einzelnen.

1. Zuerst folgt die Angabe des verwendeten IC-Typ im Messkopf. Folgende Auswahl kann mit dem Drehgeber getroffen werden.
 - (a) HF Logarithmisch
 - (b) HF Linear
 - (c) NF/Audio Log.

Die Auswahl des Messkopftyps entscheidet über die Art der weiteren Kalibrier-Schritte.

2. Jedem Messkopf kann eine Name, bestehend aus 8 Zeichen gegeben werden. Das ist erst durch den Einsatz eines Drehgebers möglich geworden.
3. In diesem Schritt wird der HF-Pegel „Pegel 1:“ eingestellt. Dieser Pegel wird in den meisten Fällen 0,0 dBm betragen.

Wurde ein linearer Messkopf (AD8361) gewählt, liegen die beiden Kalibrierpegel fest. Beim Pegel 1 muss 0,0 dBm und Pegel 2 muss -6,0 dBm betragen. **Diese Werte sind für den linearen Messkopf vorgegeben.**
4. Taste „Weiter“. Warten wir auf das Beruhigen der Anzeige „Pegel1(ADC):“. Angezeigt wird eine Zahl die aus der Addition von 32 ADC-Messungen besteht.
5. Taste „Weiter“. Ein bekanntes Dämpfungsglied einschleifen und diese Pegel als Pegel 2 mit dem Drehgeber einstellen.
6. Taste „Weiter“. Warten wir auf das Beruhigen der Anzeige „Pegel2(ADC):“. Angezeigt wird eine Zahl die wieder aus der Addition von 32 ADC-Messungen besteht. Wurde ein linearer Messkopf (AD8361) ausgewählt, liegen die beiden Kalibrierpegel fest. Beim Pegel 1 muss 0,0 dBm und beim Pegel 2 muss -6,0 dBm an den Messkopf angelegt werden. **Diese Werte sind für den linearen Typ AD8361 vorgegeben.**

7. Taste „Weiter“. „maximal(dBm):“ Es wird der maximale Pegel angegeben, welcher vom Messkopf noch vertragen wird. Ein höherer Pegel würde das IC zerstören oder zu Messungenauigkeiten führen. Man kann mit dieser Einstellung eine dBm-Grenze setzen. Wird bei einer Messung dieser Pegel überschritten ertönt aus dem Tonausgabelautsprecher ein Warnton. Auch bei der Verwendung eines Leistungsdämpfungsgliedes mit einer Attenuatoreinstellung wird dieser max. Pegel überwacht.
8. Taste „Weiter“. Es erscheinen auf der Anzeige die beiden errechneten Konstanten, und es wird zum „Speichern“ aufgefordert. Die Taste 4 Speichert die Angaben in den Eeprom ab. Alle anderen Tasten bedeuten „Abbruch“.
9. Taste „Speichern“. Es werden alle Angaben noch einmal gezeigt und gespeichert.

Der Abstand der beiden Pegelpunkte für die Kalibrierung sollte mindestens 20dB sein oder auch größer. Aber die Dynamik des Messkopfes spielt auch eine Rolle. Ich würde zum Beispiel beim AD8362 den Abstand nicht größer als 30dB wählen. Wurde im ersten Kalibrierschritt der lineare Typ (AD8361) ausgewählt, liegt der Abstand der beiden Kalibrierpegel fest und kann nicht verstellt werden. Eine Zusammenfassung aller Kalibrierschritte sehen wir mit Bildern auf Seite [23](#) im Kapitel [3](#).

Kalibrieren NF Messköpfe

Wie schon erwähnt ist die Maßeinheit bei allen HF Messungen dBm. Der Pegel von 0,0 dBm ist genau 1 mW bei einer Impedanz von 50 Ohm. Auch beim Kalibrieren der NF-Messköpfe nutzen wird die dBm-Darstellung. Beachten muss man den Impedanzabschluss mit 50 Ohm. Die dBm-Darstellung ist für uns einfacher.

Bei den Audiomessköpfen wird der Pegel auch logarithmisch angezeigt, aber die Maßeinheit ist dBV. Der Bezugspunkt 0,0 dBV ist genau $1V_{eff}$. Die Eingangsimpedanz des NF-Messkopfes ist hochohmig, so etwa 1,5kOhm. Ist ein NF-Generator im Shack vorhanden können wir den NF-Messkopf kalibrieren. Für die Ermittlung der Pegel gibt es verschiedene Wege. Ich besitze einen kalibrierten Oszi „OWON DS8102“. Damit wäre es möglich den Pegel des NF Generators zu ermitteln. Ein gutes Multimeter eignet sich aber auch. Kontrollieren wir mit dem Oszi ist V_{ss} bei 0,0 dBm 0,632 V_{ss} . Also Volt Spitze Spitze.

Was benötigen wir zum Kalibrieren des NF-Messkopfes:

1. NF/HF-Generator mit einer Frequenz im Messbereich des Messkopfes eventuell 1kHz bis 100kHz Sinus.
2. Zwei BNC T-Stücke und zwei BNC Verbindungskabel.
3. Einen BNC Abschlusswiderstand 50Ohm
4. Ein Messgerät für den Pegel. Eventuell ein Oszi. Ich habe noch ein Multimeter HM8012. Das zeigt auch sehr genau V_{eff} an.
5. ein Dämpfungsglied 20dB oder auch einen größeren Wert.

Jetzt verkabeln wir das ganze.

1. ein BNC T-Stück stecken wir an den Messkopf und ein BNC T-Stück an den Oszi
2. jetzt Verbinden wir mit einem BNC Kabel den Generator mit dem Messkopf und mit einem weiteren Kabel den Messkopf mit dem Oszi.
3. am Oszi wird am BNC T-Stück der Abschlusswiderstand 50 Ohm angesteckt. Der NF-Messkopf ist ja hochohmig und wir wollen unser 20dB Dämpfungsglied für den Pegel 2 verwenden. Das Dämpfungsglied hat nur die richtigen Dämpfungswerte bei einer Impedanz von 50 Ohm. Deshalb ist dieser Abschlusswiderstand für eine richtige Kalibrierung notwendig.

Der Ablauf des Kalibriervorganges ist genau wie bei den anderen Messköpfen. Beim Einstellen der Pegel wird zusätzlich noch der Pegel in dBV angezeigt.

```
=Edit-Kalibr.M-Kopf=
P1 (dBm/50Ohm):+ 0,0
<-Weiter   dBV:-13,0
<-Abbruch
```

Neu ist jetzt, der Pegel wird in **dBm** eingestellt. Die Umrechnung in **dBV** erfolgt automatisch und wird immer parallel mit angezeigt.

Die Verwendung von „dBm“ als Kalibrier-Masseinheit vereinfacht das Kalibrieren der NF/Audio Messköpfe. Der einzige Haken ist ein genauer NF-Generator. Die maximale Messfrequenz diese NF-Messkopfes liegt etwa bei 200 kHz.

Wichtig ist, den Messkopf immer mit 50 Ohm abzuschließen. Sonst stimmt die ganze Kalibrierung nicht!

3.3.3 Offset

Die Funktion „Offset-Einstellung“ ist die Gleiche wie auf Seite 29 im Kapitel 3.2.11 beschrieben. Ich habe nur der Vollständigkeit halber diese Funktion zusätzlich mit in das Menü aufgenommen.

3.3.4 Edit-Kalibr.M-Kopf

Diese Funktion ist in dieser Firmware-Version zusätzlich. Alle Werte die während der Kalibrierung eingestellt wurden oder gemessen wurden, können hier nachträglich verändert/eingestellt werden. Somit ist es möglich, wenn Pegel 1, Pegel 2, ADC-Wert 1 und ADC-Wert 2 bekannt ist und notiert wurde, die Kalibrierung nur mathematisch ohne HF-Generator durchzuführen.

```
=Edit-Kalibr.M-Kopf=
IC: HF Logarithmisch
<-Weiter
<-Abbruch
```

```
=Edit-Kalibr.M-Kopf=
Name: BD8362..
<-Weiter
<-Abbruch
```

```
=Edit-Kalibr.M-Kopf=
Pegel1(dBm):+ 0,0
<-Weiter
<-Abbruch
```

```
=Edit-Kalibr.M-Kopf=
Pegel1(ADC):26174
<-Weiter
<-Abbruch
```

<pre>=Edit-Kalibr.M-Kopf= Pegel2(dBm):-40,0 <-Weiter <-Abbruch</pre>	<pre>=Edit-Kalibr.M-Kopf= Pegel2(ADC): 5730 <-Weiter <-Abbruch</pre>
<pre>=Edit-Kalibr.M-Kopf= maximal(dBm):+10,0 <-Weiter <-Abbruch</pre>	<pre>= Messkopfdaten ==== x:+1,9565642732e-3 y:-5,1211113296e+1 <-Speichern</pre>

Hier der Ablauf der gesamten Funktion.

Sind sind alle Werte richtig eingetragen, kann mit der Taste 4 abgespeichert werden. Alle anderen Tasten führen zum Abbruch der Funktion. Die alten Werte werden wieder zurück geladen.

3.3.5 Relativ (dB)

Manchmal ist es notwendig nicht den Absoluten Messwert in dBm oder dBV anzuzeigen, sondern nur die Abweichung. Wird die Funktion „Relativ (db)“ aktiviert, merkt sich die Firmware im Hintergrund den gerade gemessenen Wert. War die Precision auf eine Stelle nach dem Komma, werden zwei Stellen nach dem Komma aktiviert. Der neue Messwert wird mit dem gemerkten Messwert verglichen und die Abweichung in „dB“ im LCD-Display angezeigt. Die gleiche Funktion kann mit der „Taste 2, lang gedrückt“ aktiviert/deaktiviert werden.

3.3.6 Aendern MKopf#

Steht diese Funktion in Klammern „(<-Aendern MKopf#)“, ist ein manuelles Verstellen der Messkopfnnummer nicht möglich. Die Einstellung der Messkopfnnummer muss erst im SETUP aktiviert werden. Normalerweise wird die Messkopfnnummer mit der Kodierung am Stecker „J7 Kodierung Messkopf“ ermittelt. Im „SETUP“ kann ich die manuelle Einstellung der Kopfnnummer aktivieren. Siehe Kapitel 3.3.12 auf Seite 36. Dann verschwinden die Klammern und ich kann die Kopfnnummer mit dem Drehgeber einstellen. Funktion „Taste 1, lange gedrückt“.

3.3.7 Start Aufzeichnung

Im externen Eeprom können bis zu 16000 Messdatensätze aufgezeichnet werden. Diese Menüpunkt startet die Aufzeichnung. Als Eingabe mit dem Poti folgt die Angabe des Sekundenabstandes zwischen jedem Datensatz (Bereich 1Sekunde bis 20Sekunden). Anschließend beginnt die Aufzeichnung bis manuell gestoppt wird oder die Datensatzanzahl 16000 überschritten ist. Sinnvoll ist diese Funktion für die Verwendung des Wattmeters als abgesetztes Feldstärkemessgerät. Zum Beispiel bei Test von verschiedenen Tunern oder Antennen. Die Aufzeichnung bleibt gespeichert. Auch nach dem Ausschalten ist alles noch vorhanden. Eine Löschfunktion gibt es nicht. Mit dem Start einer neuen Aufzeichnung werden die alten Werte überschrieben.

```

= Speicherabstand == -15,98dBm -11,24dBm
Abstand: 5 Sekunden 35,52mV 61,30mV
<-OK 25,234uW 75,161uW
<-Abbruch D: 0 3 0:00:05

= Aufzeichnung STOP
Datensätze: 2
Dauer: 0:00:15

```

LCD Bilder vom Aufzeichnen der Daten. „Start“ der Aufzeichnung, die Aufzeichnung und „Stopp“ der Aufzeichnung.

Die genauen dBm Werte im Gleitpunktformat werden in 2 Byte Integerzahlen umgewandelt. Nur so konnte ich die Kompatibilität der Datensätze zur alten SW beibehalten. Die dBm Werte multipliziere ich mit 100 und wandle anschließend in Integer. Somit habe ich den dBm Wert mit 2 Stellen nach dem Komma in einem Integer-Format. Ein Beispiel:

-23,567 dBm ergeben -2357 als Integer.

3.3.8 Stopp Aufzeichnung

Die Aufzeichnung wird beendet.

3.3.9 View Aufz. auto

Die Datensätze werden im gleichen Sekundenabstand, wie bei der Aufzeichnung im Display angezeigt.

3.3.10 View Aufz. manuell

Die Datensätze werden werden angezeigt. Weiterschalten mit Taste 3 „vor“ und Taste 2 „zurueck“. Taste 4 ist „Abbruch“.

3.3.11 View Messkopfdaten

Die Messkopfdaten werden angezeigt. Es werden der Reihe nach alle Werte des Messkopfes angezeigt.

3.3.12 SETUP

Zugang zum SETUP.

dBm Praezision

Standardeinstellung ist eine Stelle nach dem Komma. Das entspricht etwa der erreichbaren Genauigkeit des Messgerätes. Es können aber auch die Hundertstel dBm dargestellt werden, wenn man mal diese braucht. Der dBm-Wert wird immer als Gleitpunktzahl berechnet und hat viele Stellen nach dem Komma. Nur bei der Darstellung auf der LCD-Anzeige hat die Präzision einen Einfluss.

Die Genauigkeit der Berechnungen von Leistung und Spannung wird durch die „dBm Praezision“ nicht beeinflusst.

PEP Haengezeit

Die Hängezeit für PEP ist die Anzeigedauer des höchsten Wertes beim Messen. Jeder höhere Wert startet die Zeit neu. Damit wird der höchste Werte gehalten und die Anzeige bleibt ruhig.

Mk# Auto/Manuell

Das ist der Punkt für die Freigabe der manuellen Einstellung der Messkopfnummer in der oben genannten Funktion. Ich verwende nur die automatische Ermittlung der Messkopfnummer.

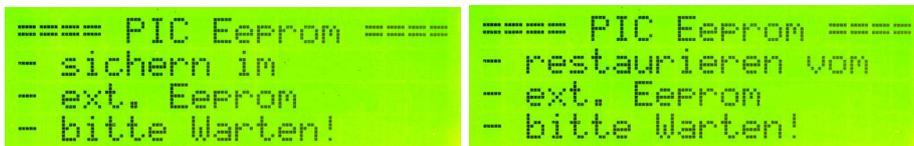
Kursor Einstellung

Dieser Punkt ist auch neu. Es können 3 verschiedene Kursortypen eingestellt werden.

1. Kursor besteht aus einem blinkenden Zeichen.
2. Kursor besteht aus einem nicht blinkenden Unterstrich.
3. Kursor besteht aus einem nicht blinkenden Unterstrich und das Zeichen blinkt zusätzlich.

3.3.13 Eeprom sichern

Der Inhalt des PIC-Eeproms wird in einem separaten Adressbereich des externen Eeproms gespeichert. Sinnvoll ist das, wenn der PIC neu programmiert werden muss und alle Kalibrierdaten im PIC-Eeprom würden gelöscht werden. So sichert man sich einfach den gesamten Inhalt des PIC-Eeproms in den externen Eeprom. Nach dem auf den PIC die neue FW gebrannt wurde, holt man sich mit der Funktion Restaurieren den gesamten Inhalt zurück. Alle Kalibrierdaten sind wieder da. Das funktioniert aber nur in der gleichen Hauptversion. Also nur innerhalb 3.xx.



LCD Bilder vom Sichern und Restaurieren der PIC-Eepromdaten

3.3.14 Eeprom restaur.

Der gesicherte Dateninhalt wird wieder zurück in den PIC-Eeprom gespielt. Damit sind alle alten Kalibrierdaten wieder vorhanden.

3.3.15 Kalib. Offset

Mit der Funktion „Kalibrieren M-Kopf“ habe wir die Messsteilheit des Messkopfes berechnet. Diese Daten ändern sich kaum. Was sich aber ändert, je nach Temperatur der Umgebung ändert sich der genaue 0,00 dBm Punkt. Damit nicht immer neu Kalibriert werden muss, habe ich diese Funktion in die Firmware programmiert. Die Ausführung der Funktion ist einfach und läuft automatisch ab.

- Den Messkopf verbinden wir mit einer Referenz-Pegelquelle. Entweder unser „Eigenbau 0,0 dBm-Generator“ oder eine andere genaue Referenz (z.B.: HP Power Meter 437B „Power Ref: 50 MHz 1,00 mW“).
- Die Funktion „Kalib. Offset“ starten. Entweder über *Menü[8]* oder *Taste 4 langer Tastendruck*
- Im Display Zeile 3 und Zeile 4 kommt ein Hinweis das der 0,00 dBm Punkt kalibriert wird. Das dauert 10 Sekunden und geht automatisch.
- Es folgt die Anzeige der beiden Offsetwerte.

<pre>+0,030dBm +0,023dBm 1,0071mW 1,0054mW A:+ 0,0dBI O:+ 0,0dB RMS AD8361..-03 PEP</pre>	<pre>+0,030dBm +0,023dBm 1,0069mW 1,0053mW = Auto Kalibrieren = -- Pegel 0,00 dBm --</pre>
<pre>-- Kalib. Offset --- RMS:+3,0028797676e-2 PEP:+2,2531323302e-2 <-Weiter</pre>	<pre>+0,000dBm +0,001dBm 1000,0uW 1,0005mW A:+ 0,0dBI O:+ 0,0dB RMS AD8361..-03 PEP</pre>

Zu beachten ist: Es erfolgt nur eine Berechnung des Offsets, wenn die Abweichung zum 0,00 dBm Punkt kleiner 1 dB ist. Diese Tatsache nutzen wir zu Löschen des Offset-Wertes:

- Den Messkopf offen lassen.
- Die Funktion „Kalib. Offset“ starten. Entweder über *Menü[8]* oder *Taste 4 langer Tastendruck*
- Im Display Zeile 3 und Zeile 4 kommt ein Hinweis das der 0,00 dBm Punkt kalibriert wird. Das dauert 10 Sekunden und geht automatisch.
- Es folgt die Anzeige der beiden Kalibrier-Offsetwerte (RMS, PEP) = 0,00 dB.

<pre>< -20 dBm < -20 dBm 117,56nW 120,87nW A:+ 0,0dBI O:+ 0,0dB RMS AD8361..-03 PEP</pre>	<pre>-- Kalib. Offset --- RMS:+0,0000000000e+0 PEP:+0,0000000000e+0 <-Weiter</pre>
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Der Kalibrier-Offset wurde wieder gelöscht.

Wichtig: Nach Power-OFF ist der Kalibrier-Offsetwert wieder auf 0,00 dB. Es wird nichts gespeichert.

3.3.16 View Kal.Offset

Mit dieser Funktion kann man sich die beiden Offset-Werte RMS und PEP anzeigen lassen.

3.3.17 AD-Wert EIN/AUS

Alternativ habe ich ab FW Version 3.06 eine weitere Funktion implementiert, mit der die Genauigkeit der Kalibrierung des Messkopfes verbessert werden kann.

Diese Funktion kann auch ganz schnell mit *Tastendruck lang Drehgeber-Taste* ausgelöst werden.



The screenshot shows a green monochrome display with the following text:

```
+0,028dBm|Acal:18293  
1,0043mW| 1,0028mW  
A:+ 0,0dB| O:+ 0,0dB  
RMS AD8361..-03 PEP
```

Ich habe 0,00 dBm am Messkopf anliegen. Rechts in Zeile 1 steht der Messwert des AD-Wandlers *RMS-Eingang* bei 0,00 dBm. Für den linearen Messkopf müsste ich jetzt noch den AD-Wert bei -6 dBm ermitteln und dann in Funktion *Edit-Kalibr.M-Kopf* eintragen.

Diese Funktion blendet im Display Zeile 1 rechts den Messwert des AD-Wandlers ein. Wir können damit den genauen AD-Wandler-Messwert ermitteln für die zwei Pegel der Kalibrierrouinen. Wissen wir die beiden Werte, können wir in der Funktion „*Edit-Kalibr.M-Kopf*“, siehe Kapitel 3.3.4, diese beiden Werte eintragen und die Grundkalibrierung verbessern.

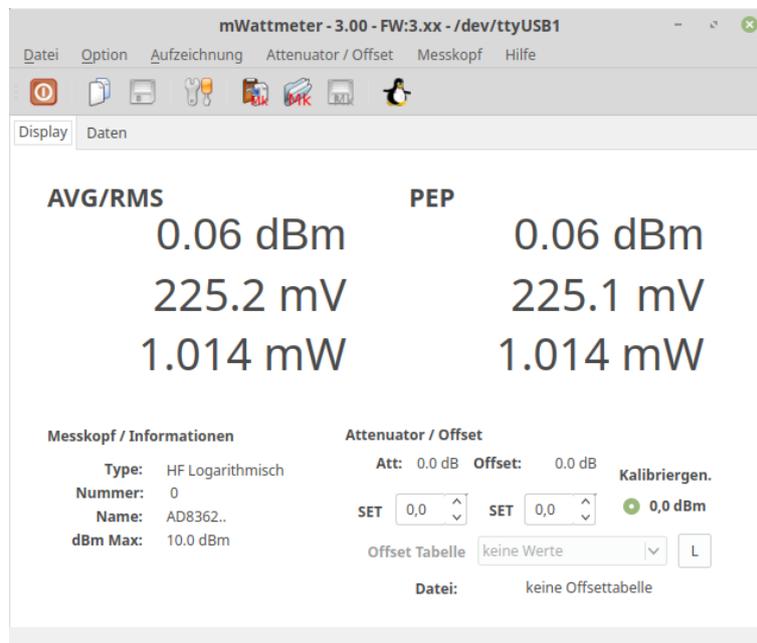
Diese neue Berechnung wird abgespeichert und steht beim erneuten Power-ON zur Verfügung.

Kapitel 4

PC Software

Die neue FW 3.xx brachte eine Änderung in der PC-Software mit sich. Die Software wurde erheblich erweitert. Für die Verbindung zum PC ist eine USB-Schnittstelle vorgesehen. Ich habe wieder Software unter Linux entwickelt. Auch für Windows habe ich eine Variante bereitgestellt. Die USB-Schnittstelle wird automatisch gesucht. Es findet ein kurzer Datenaustausch statt, ob auch die richtige HW gefunden wurde. Also muss man vor dem Start der PC-Software unbedingt das mWattmeter einschalten und mit USB verbinden.

4.1 Das Hauptfenster



Nach dem Start des Programmes wird die Hardware an den USB-Schnittstellen gesucht. Im Kopf des Fensters sehen wir, dass die Hardware an „/dev/ttyUSB1“ gefunden wurde.

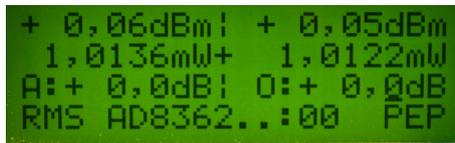
Schritt 1 Lässt sich die Schnittstelle öffnen? Wenn ja weiter mit **Schritt 2**

Schritt 2 Der PC sendet den Befehl „#v;“ (Version) und wartet auf die Antwort der Hardware.

Schritt 3 Die Hardware antwortet mit „M“ gefolgt von Hexadezimal „0x1E“ (Zahl 30). Bedeutet: „mWatt-Meter Version 3.0“. Wenn ja weiter mit **Schritt 4**

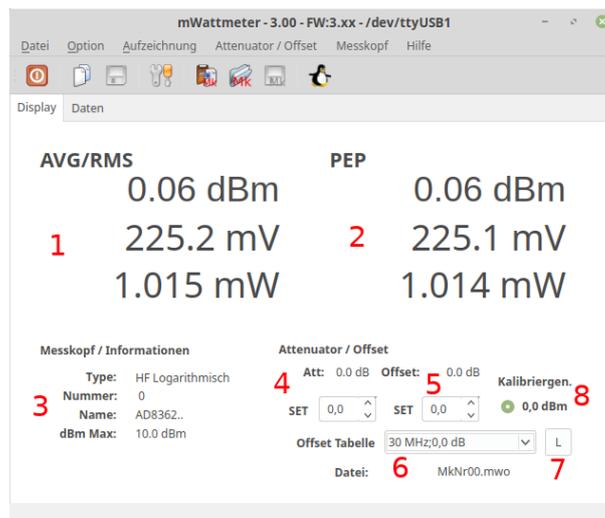
Schritt 4 Der PC sendet den Befehl „#o;“ (Open). Die Schnittstelle wird in der Hardware geöffnet und beginnt die Messwerte zu senden.

Im Display der Hardware sehen wir in Zeile 2 in der Mitte das Zeichen „+“.



Die Schnittstelle ist geöffnet. Das **Plus** erscheint in der Mitte Zeile 2.

4.1.1 Das Hauptfenster, Beschreibung



1. Anzeigebereich „AVG/RMS“. Die Mittelwerte (Effektiv) werden angezeigt.
2. Anzeigebereich „PEP“. Die Spitzenwerte werden angezeigt. Zum Beispiel die Summe eines 2-Tonsignales.
3. Die wichtigsten Daten des benutzten Messkopfes
4. Der Dämpfungswert des Attenuator wird hier eingestellt und sofort zum mWatt-Meter übertragen.
5. Der Offset-dB Wert kann hier manuell eingestellt werden.
6. Der Offsetwert der geladenen Offsetdatei wird hier ausgewählt.

7. Der Dialog zum Laden der Offsetdatei wird geöffnet.
8. Ist der Kalibriergenerator mit integriert, kann der Generator EIN/AUS geschaltet werden

4.2 Das PC-Menü

4.2.1 Datei/Beenden

Dieser Menüpunkt beendet das Programm. Vorher wird „#c;“ (Close) gesendet. Die Schnittstelle wird geschlossen. Das „Plus-Zeichen“ im Display Zeile 2 verschwindet wieder.

4.2.2 Option/Setup

Im „Setup“ sind zwei Punkte die aktiviert werden können.



Beide Punkte betreffen das Nachladen der Offsettingabelle, entsprechend der Messkopfnummer.

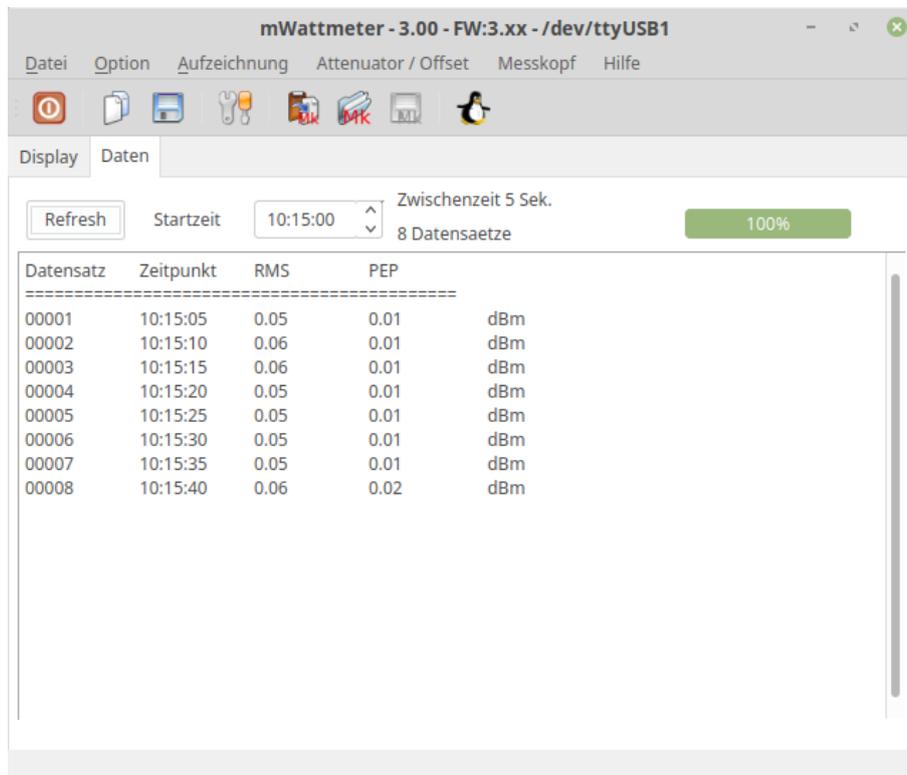
Nachladen Nach dem Wechsel eines Messkopfes wird die passende Offset-Datei gesucht. Ist der Punkt aktiv wird die Datei angeboten zu Laden.

Automatisch Die passende Offset-Datei wird automatisch geladen, ohne Nachfrage.

4.2.3 Aufzeichnung

Lesen

Wurden im mWatt-Meter Aufzeichnungen gemacht, liest dieser Menüpunkt die Daten aus.



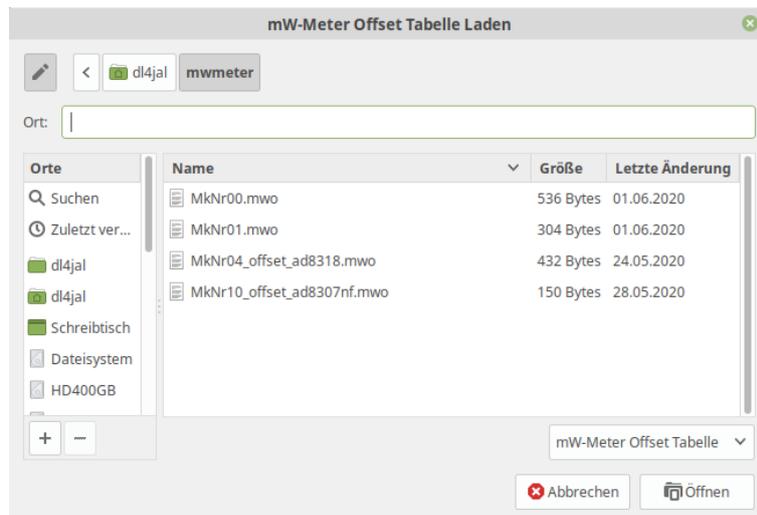
Die aufgezeichneten Daten werden übertragen und in einer Tabelle aufgelistet. Tragen wir die echte Startzeit ein kann mit **Refresh** die Startzeit in die Tabelle übernommen werden.

Speichern

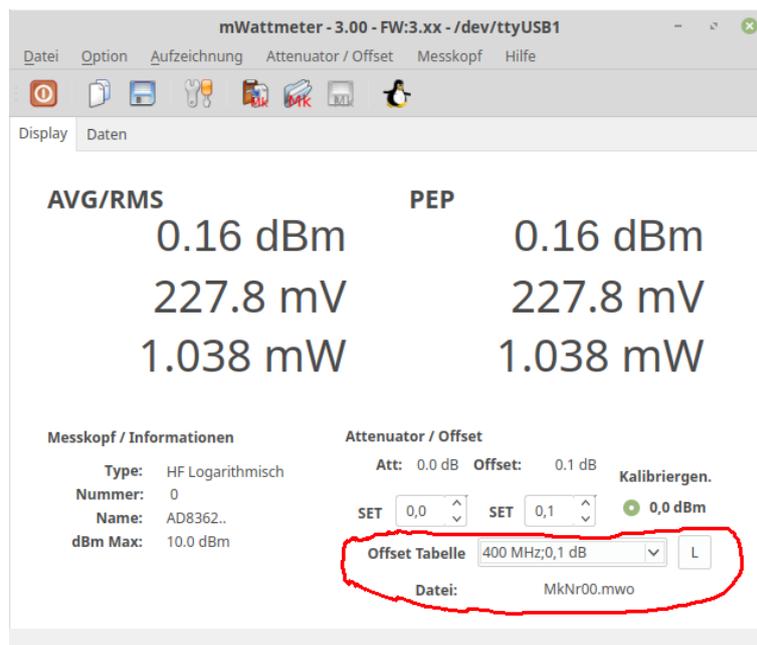
Die Tabelle wird im **CSV-Format** als Datei gespeichert. Die Datei kann in Excel importiert werden.

4.2.4 Attenuator / Offset, Offset Tabelle laden

Mit „Offset Tabelle laden“ werden die Offset-Einstellungen für den entsprechenden Messkopf geladen. Die Dateien müssen den Suffix „*.mwo“ haben. Im Prefix muss die Messkopfnummer stehen.



Wichtig ist das die Messkopfnr mit im Dateinamen enthalten ist. Dieses Format ist einzuhalten, wenn im SETUP das automatische Nachladen aktiviert wurde.



Ich habe die Offset-Tabelle für den Messkopf-Nummer 00 geladen und den Offset für die Frequenz 400 MHz ausgewählt. Der Offsetwert wird sofort zum mW-Meter übertragen. Im Display sehen wird die Einstellung von „+0,1 dB“. Ganz recht mit dem Button „L“ kann auch die Tabelle nachgeladen werden.

Der Inhalt der Offsetdatei sieht folgendermaßen aus:

```

700 k;0,2 dB
800 k;0,1 dB
900 k;0,1 dB
1 MHz;0,1 dB
5 MHz;0,1 dB
10 MHz;0,0 dB
30 MHz;0,0 dB
50 MHz;-0,1 dB
100 MHz;-0,1 dB
150 MHz;0,2 dB
200 MHz;0,4 dB
300 MHz;0,7 dB
400 MHz;0,1 dB
500 MHz;-0,2 dB
600 MHz;-0,4 dB
700 MHz;-0,9 dB
800 MHz;-1,7 dB
900 MHz;-2,6 dB
1000 MHz;-3,8 dB
1200 MHz;-7,7 dB
1400 MHz;4,8 dB
1600 MHz;4,1 dB

```

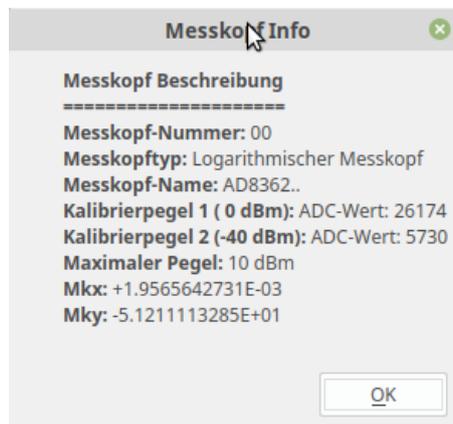
Links steht die Frequenz und rechts der Offsetwert in dB. Beide Felder sind durch ein Semikolon getrennt.

Ich habe die Offsetdateien mit „LibreOffice Calc“ in eine Tabelle geschrieben und als „CSV“ abgespeichert. Das ging ganz einfach. Mit Excel müsste das genau so gehen.

4.2.5 Messkopf

Messkopfdaten anfordern HW -- > PC

Die Daten des aktiven Messkopfes werden geholt und anschließend in einem kleinen Dialogfenster angezeigt.



Speichern Messkopfdaten

Die Messkopfdaten werden in eine Datei abgespeichert. Der Dateiname wird vorgegeben. Der Suffix ist „*.mwk“. Mit Messkopfdaten anfordern und Speichern kann man sich alle Daten auf dem PC sichern. Die Messkopfdaten hat folgenden Inhalt.

```
ADCWert1=26174
ADCWert2=10754
MesskopfTyp=0
Messkopfname=AD8362..
MkNummer=0
dBmMaximal=10
dBmPegel1=0
dBmPegel2=-30
mkx=1.945525291828794E-03
mky=-5.092217898832685E+01
```

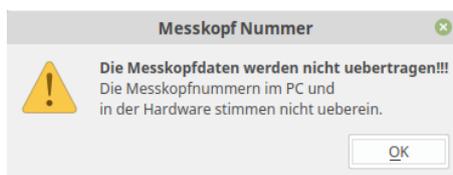
Hier der Inhalt der Datei „MkNr00.mwk“.

Laden Messkopfdaten

Die Messkopfdaten werden geladen und angezeigt. Stimmt die Messkopfnnummer mit der aktiven Messkopfnnummer überein, lassen sich die Daten wieder zurück zur mWatt-Meter HW-Übertragen.

Messkopfdaten uebertragen PC -- > HW

Nur wenn die Messkopfnnummer mit der Messkopfnnummer in der HW übereinstimmt, ist das möglich. Ansonsten kommt ein Warnhinweis.



Die Uebertragung wird abgelehnt.

Kapitel 5

Schlusswort

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau). Ich wünsche viel Spaß beim Basteln.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de

Literaturverzeichnis

- [1] CQDL (6/99ff)
- [2] <http://www.analog.com>
- [3] Online-Shop-Funkamateure. <http://www.box73.de>
- [4] Messkoppler DL4JAL. https://www.box73.de/file_dl/zeitschriften/FA_2012-07.pdf oder <https://www.dg0obu.de/40db-messkoppler.html>