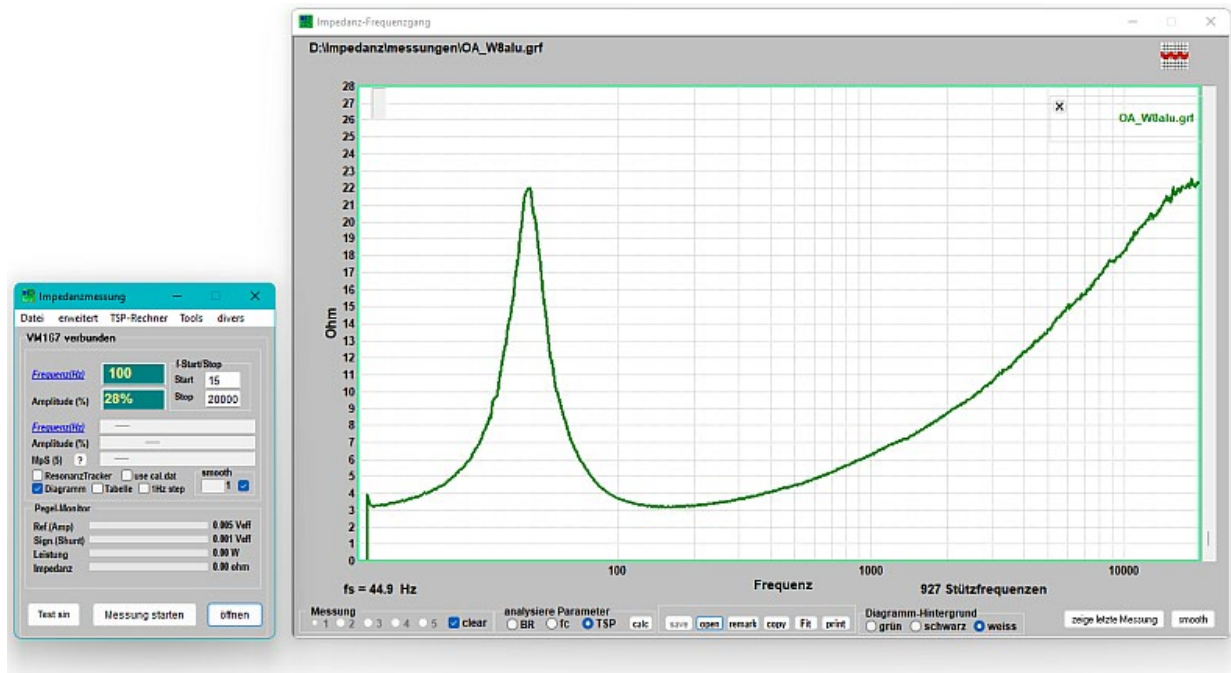


Impedanz-Messung



Funktionen:

Chassis

- Vermessung Chassis TSP
- Identifikation von Chassis Defekten
- Messung Chassis-Serienstreuung
- Identifikation von Störungen wie z.B. Membranresonanzen
- Impedanz-Linearisierung (RC)

Boxen

- Bassreflexabstimmung fb optimieren
- Vermessung fc
- Messung QL
- Erkennen von Schaltungsfehlern in der Weiche / kritische Impedanz Werte
- Identifikation von Gehäuseproblemen, wie Stehwellen o.ä.
- Impedanz-Linearisierung der Box für Röhren-Verstärker

Sonstiges

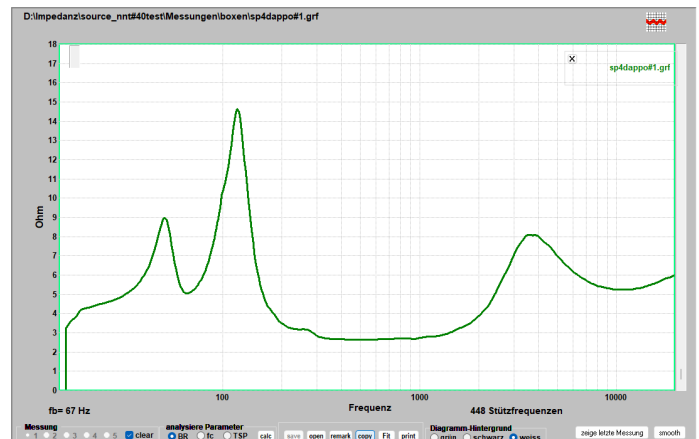
- Passive Bauelemente wie Ko's, Wid. und Spulen ausmessen
- Messdaten Export (z.B. nach REW, Boxsim, EXCEL, ..)
- Speichern Chassis-Parameter zur Weiterverarbeitung mit BBOX

Alle folgenden Screenshots und Kalibrieranweisungen beziehen sich auf das Programm „Impedanz 4.5“ (im Programmordner) Aktuell ist diese Version noch trotz dieser leidigen Trojaner-Falschmeldung mancher Schutzprogramme für die Impedanzmessung vorzuziehen. Skeptiker können gerne in der Firewall alle Onlinezugriffe für das Programm deaktivieren. In der aktuellen BBOX# Version werden die Kalibrierdaten momentan noch im Programm ermittelt und händisch in die bbx.ini eingetragen

Beispiele für Fehler-Analyse:

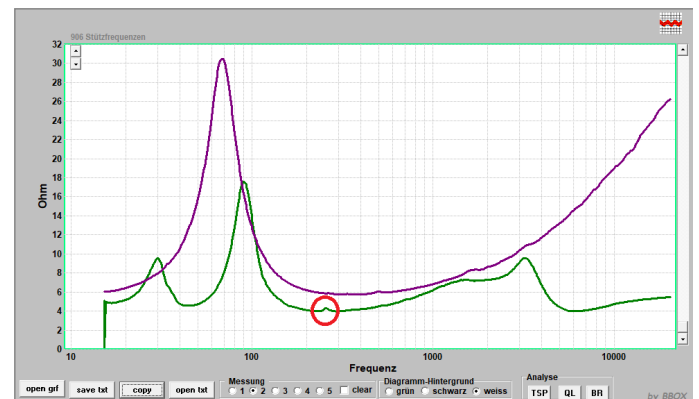
BR- Abstimmung: Die früher gebräuchliche „Kamelhöcker-Methode“, nach der beide Maxima gleich hoch sein sollen, ist heute vernachlässigbar, da ein glatter, möglichst tief reichender Frequenzgang das Ziel ist und deshalb die Abstimmung vom Kamelhöcker oft abweicht.

- Am Beispiel sehen wir gleich drei Probleme:
- 1 Stehwelle bei 280Hz. Zur Kontrolle: Frequenz zur Gehäusehöhe nachgerechnet – passt. Auch im Amplituden-Frequenzgang sichtbar
 - 2 BR zeigt eine Störung. (zu schwach ausgeprägtes Minimum bei fb). Mögliche Ursachen sind: zu kleiner Kanalquerschnitt, oder der Raum zw Chassis und Kanal ist verstopft oder Leakage/ schlechte Gehäuse-Performance. Z/fb sollte möglichst nah an Z/min heranreichen
 - 3 Die Weichenschaltung bringt die Impedanz zw. 0,3 und 1,5kHz unter 30hm. Die meisten Endstufen antworten darauf mit Überhitzung



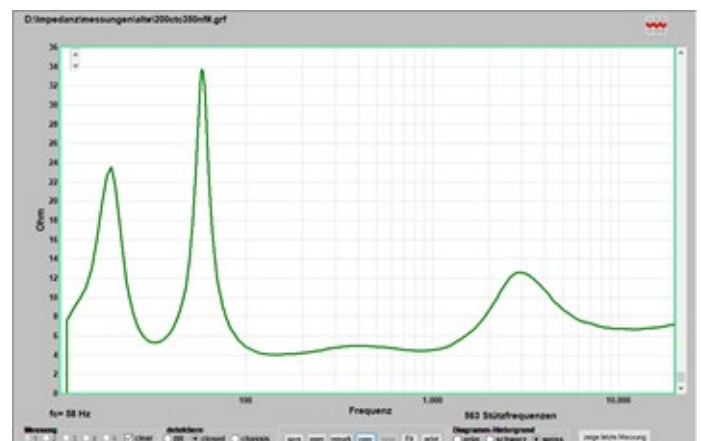
Der Vergleich Freiluftmessung zur Box lässt auch hier eine Störung bei 255Hz erkennen
Das Problem liegt hier also nicht am Chassis, sondern an der Box

Der Sinn liegt also darin, den Fehler einzukreisen

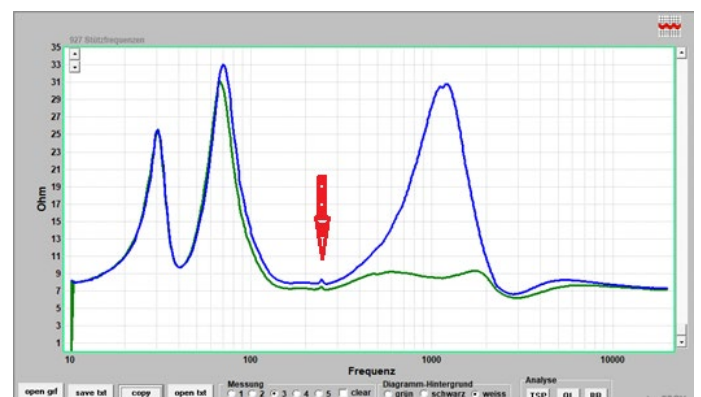


So wie´s sein soll:

Gut abgestimmte 2Wege Box,
ohne erkennbare Störungen.
Das Impedanz-Minimum ist >40hm
Gut ausgeprägtes Minimum bei fb



Hier ein Beispiel für eine **Impedanzkorrektur** mittels RLC zur Anpassung an einen Röhrenverstärker. Nach dem die Impedanzspitze bestimmt ist, wird das passende RLC berechnet welches vor die Weiche geschaltet wird
Auch hier ist eine kleine Störung (s. roter Pfeil, Membranresonanz) zu erkennen.



Chassis-Messungen:

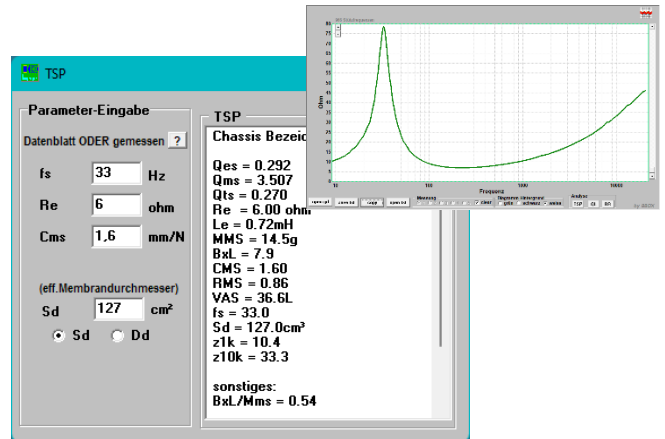
Beispiel TSP Messung:

Freiluft-Impedanzmessung durchführen. Button TSP drücken. f_s wird sofort in den TSP Rechner übertragen. R_e und S_d wird dem Datenblatt entnommen oder einfach händisch gemessen. Einzig C_{ms} **muss** noch gemessen werden. (C_{ms} **nicht** dem Datenblatt entnehmen!!)

Hierfür ein Gewicht mit möglichst genau 101gr

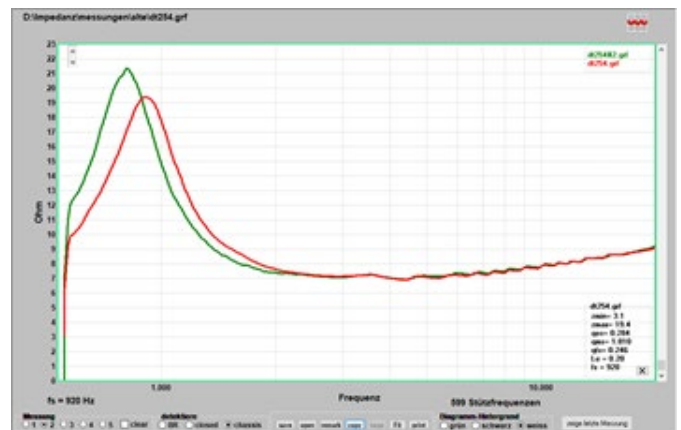
(z.B. Plastilin) auf die Membran legen und die Eintauchtiefe der Membran in mm messen. (ergibt C_{ms} in mm/N)
Alles eingegeben, folgt die Ausgabe vom:

Q_{ts} , Q_{es} , Q_{ms} , L_e , M_{ms} , B_{xL} , R_{ms} , V_{as} , f_s , z_{1k} , z_{10k} ,



Serienstreuung Höchtöner

WICHTIG: Für die Vermessung von Hochtönern bedarf es unbedingt der aktiven Variante der Messbox(s.u.), da mit sehr kleinen Pegeln gearbeitet wird und deshalb Signalverstärkung notwendig ist. Bitte außerdem unbedingt **vor der Messung** den Pegel und die Startfrequenz mit einem anderen Chassis prüfen. (sonst isser beleidigt)



Wie man sieht, die Analyse-Möglichkeiten sind vielfältig

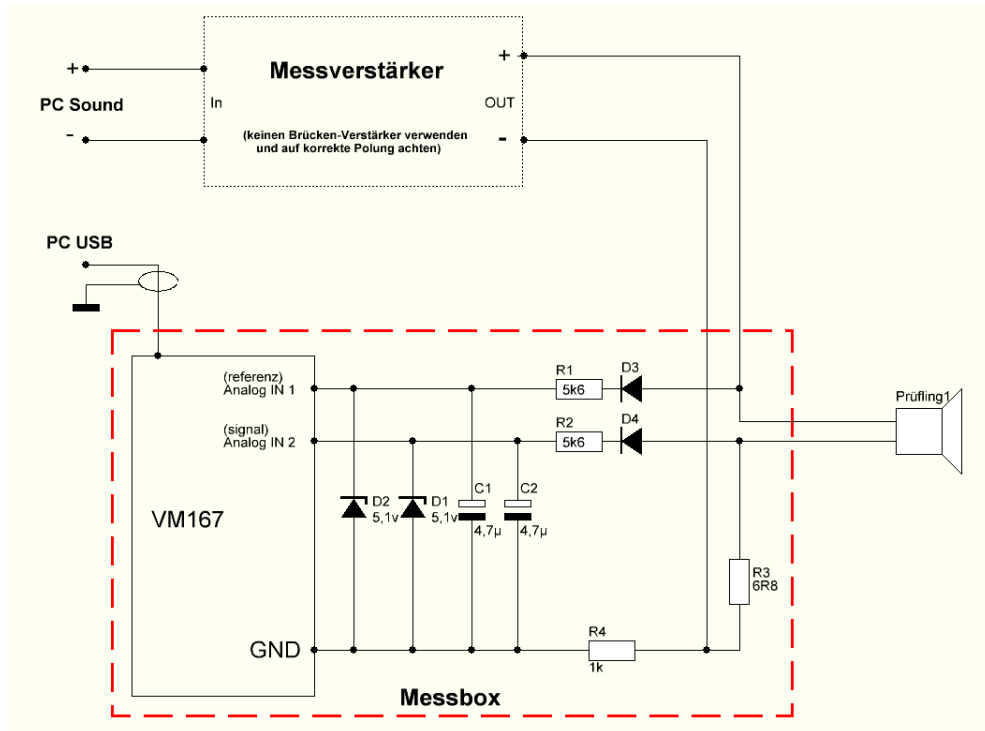
Da die Impedanz-Messung eine elektrische Messung ist, bedarf es einer Messbox

Bauplan „MESSBOX“

Die „passive“ Messbox (o.Signalverstärkung) ist schnell aufgebaut und supereinfach anzuwenden:

Einfach zwischen Lautsprecher und Verstärker gesteckt, USB-Verbindung zum PC, fertig.

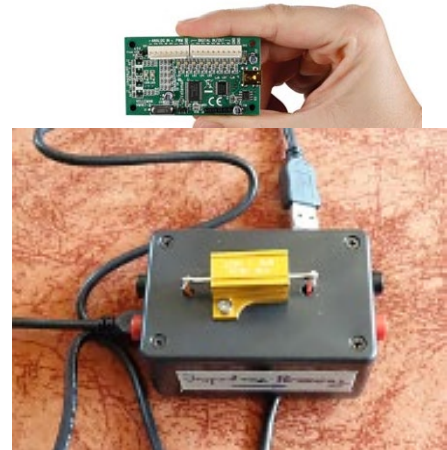
Hier nur wichtig: Keinen Brückenverstärker als Messverstärker verwenden und auf korrekte Polung achten



Stückliste :

- 1x USB Interface Board „Velleman VM167(jetzt WMI167)“ <https://www.velleman.eu/products/view/?id=461758>
- D1, D2 Zener-Diode 5,1V
- D3, D4 Kleinsignal-Schottky-Diode (z.B. BAT43, BAT60a, ..)
- C1, C2 Elko 4,7µF
- R1, R2 Widerstand 5k6
- R3 Widerstand(Shunt) 4.7-6.8Ohm/10Watt
- Lochrasterplatine 15x30mm
- Kleingehäuse

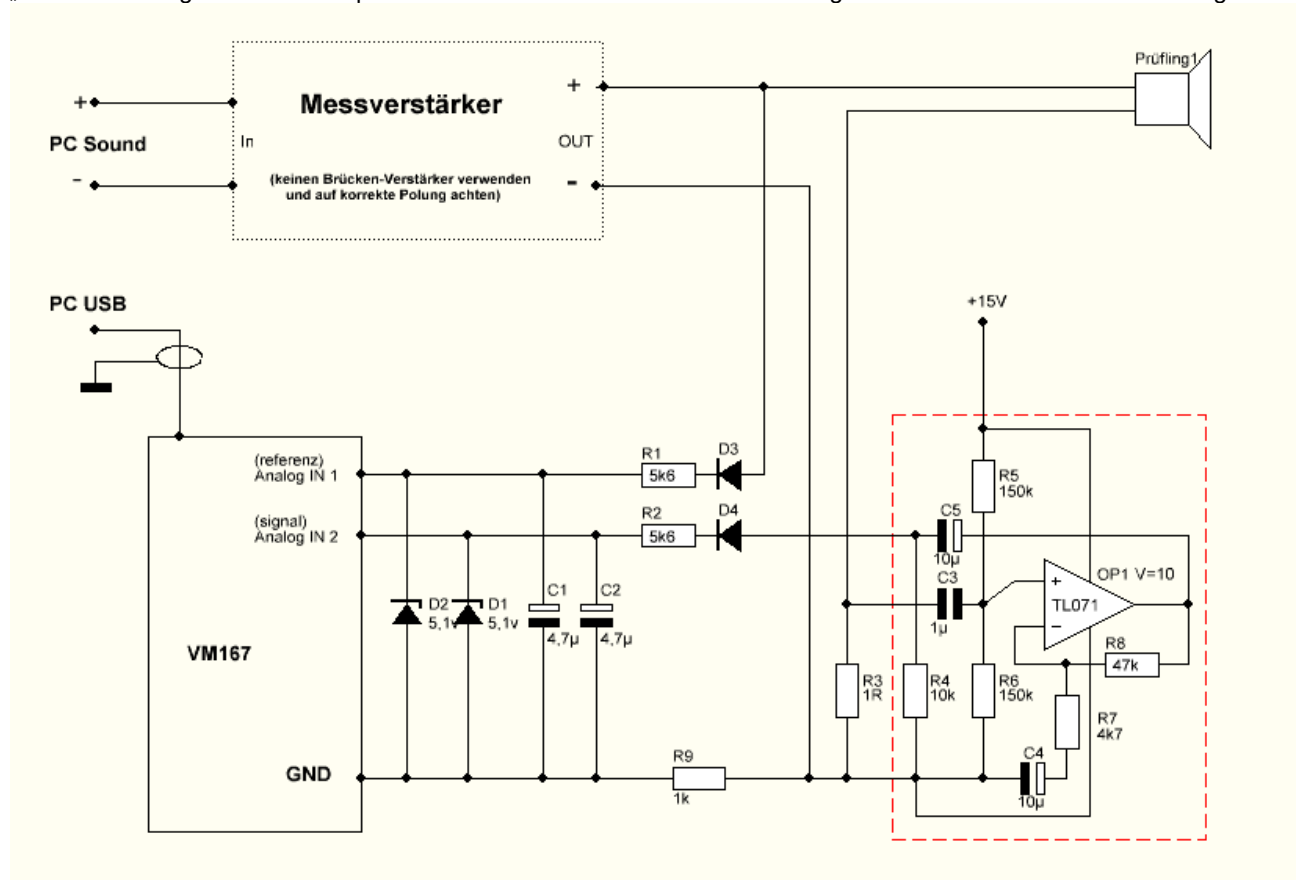
(Kosten: ca30€)



Als AD-Wandler wird -im Gegensatz zu anderen Systemen- ein preisgünstiges USB-Interface von Velleman(~30€) mit 5 analogen 10Bit Eingängen verwendet. Der Hauptvorteil dieses Multi-Interface ist vor allem eine zuverlässige Kalibrierung und nebenbei die Vielfalt an zusätzlichen Ein- und Ausgängen, welche viele Erweiterungsmöglichkeiten bieten. (s.unten)

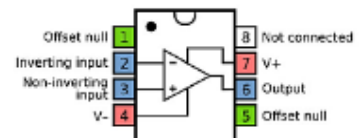
Aktiv Box mit Signalverstärkung

Für den, der's genauer wissen will: Eine verbesserte Version der Box mit -dank Signal-Verstärker- kleinerem Messwiderstand liefert ein detaillierteres Bild und unverfälschte Messergebnisse, da ein zu hoher Messwiderstand den „normalen“ Alltagsbetrieb nicht optimal abbildet. Ich habe in meine Messbox gleich noch den Messverstärker integriert



Stückliste Aktiv-Messbox:

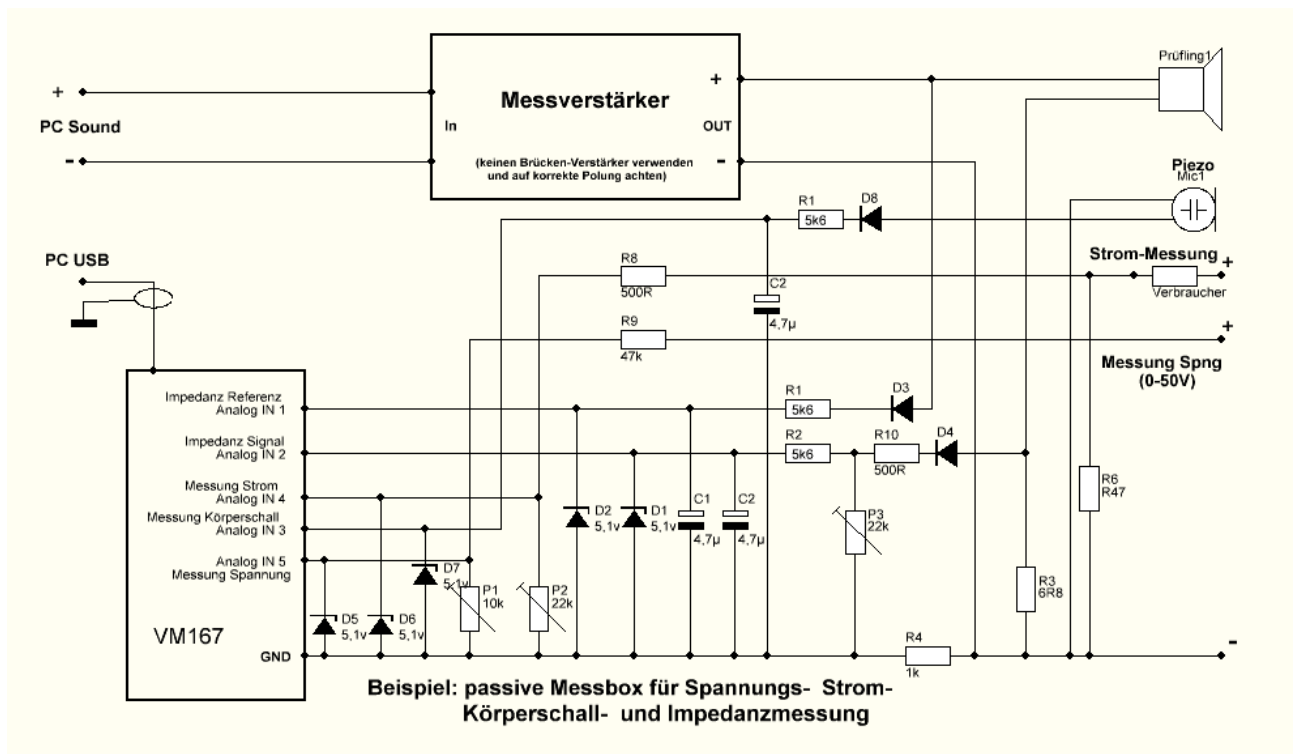
- 1x USB Interface Board „Velleman VM167(jetzt WMI167) “ <https://www.velleman.eu/products/view/?id=461758>
- NF-Verstärker (z.B. TDA7293)
- D1, D2 Zener-Diode 5,1V
- D3, D4 Kleinsignal-Schottky-Diode (z.B. BAT43, BAT60a, ..)
- C1, C2 Elko 4.7µF
- C4, C5 Elko 10µF
- C3 Folie 1µF
- IC1 1fach Operationsverstärker (z.B TL071, OPA604)
- R1, R2 Widerstand 5k6
- R4 Widerstand 10k
- R7 Widerstand 47k
- R8 Widerstand 4k7
- R5, R6 Widerstand 150k
- R3 Widerstand(Shunt) 0,68 - 1 Ohm/ 10Watt
- Lochrasterplatine 20x40mm



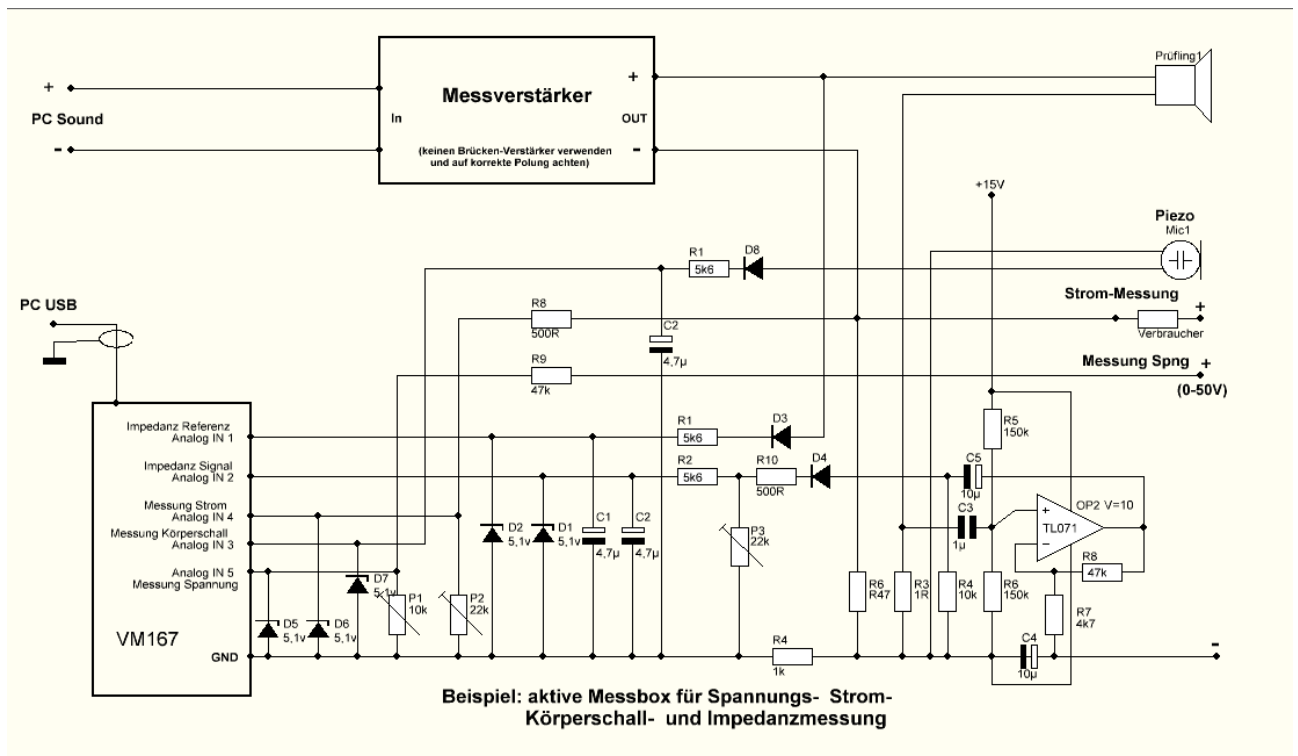
(Kosten: ca50€)

Eine weitere Steigerung würden anstelle der beiden Gleichrichterdioden Präzisionsgleichrichter bieten
<https://de.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A4zisionsgleichrichter>

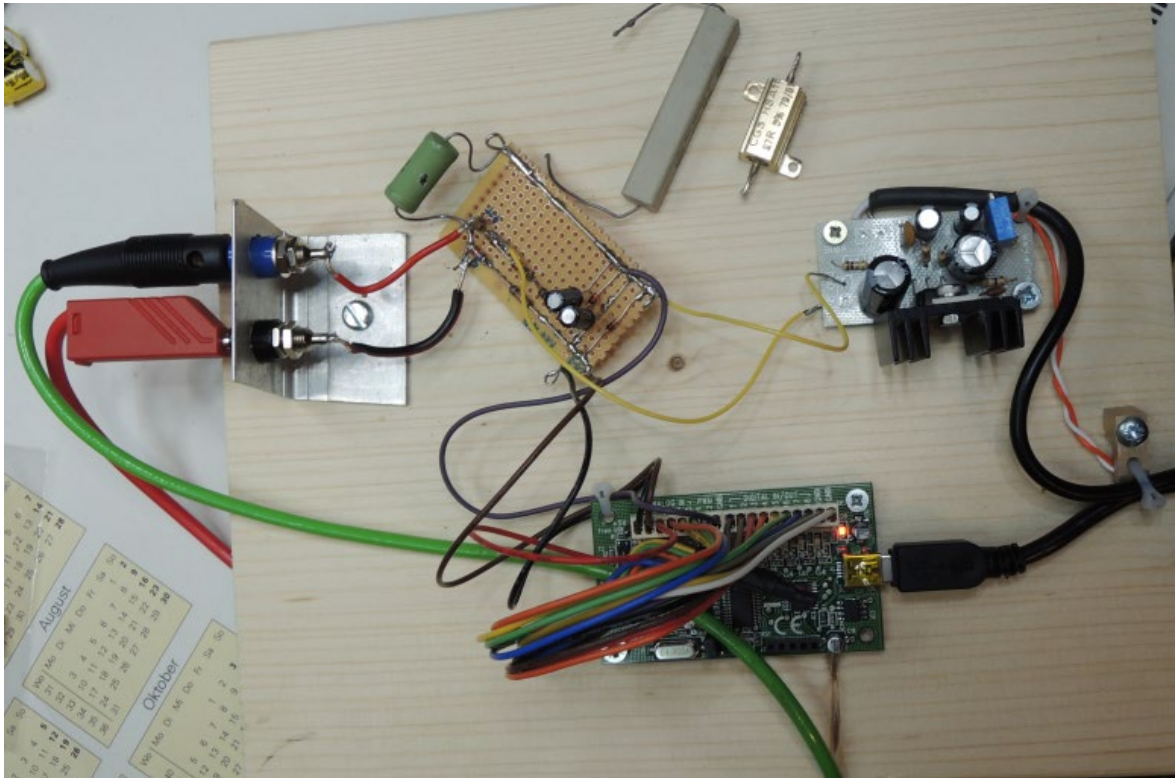
Hier ein Beispiel einer Passivbox als „Schweizer-Taschenmesser“ für Impedanz- Körperschall- Spannungs- und Strommessung



. (selbstverständlich auch mit der aktiven Variante kombinierbar)



Auch so kanns aussehen: Einfacher Tischaufbau auf Holzbrett. Im Bild rechts der Messverstärker (9W TDA...)



Inbetriebnahme

Als erstes wird nach bekannter Weise über den Gerätemanager der VM167 Treiber installiert

Optimale Signalverstärkung einstellen (bei der passiven Variante diesen Schritt überspringen)::

Es gilt die Faustregel: Je niedriger der Messwiderstand R3 (sinnvolle Werte 0.5-10Ohm), umso mehr Verstärkung ist notwendig - und umgekehrt! Zu diesem Zweck wird ein Lastwiderstand (~270Ohm) an Stelle des Prüflings angeschlossen.

Angestrebtes Ergebnis:

Bei mittlerer Impedanz sollten die Pegel-Anzeigen V_{ref} und V_{sig} (s. Pegel.Monitor) ungefähr gleichauf sein
⇒ R8 vergrößern ergibt mehr Verstärkung und umgekehrt. Der V-Faktor errechnet sich: $V = R8 / R7$.

Kalibrierung:

Eine ordentliche Kalibrierung ist das Wichtigste bei jeder Messanordnung. In der Datei impedanz.ini sind alle wichtigen Programm- und Hardware/Kalibrier-Einstellungen gespeichert (Detaillierte Erklärung s.unten). Bei der Kalibrierung ist es wichtig, die Reihenfolge der einzelnen Schritte einzuhalten. Ist die Hardware -genauer gesagt, die Werte für den Mess-Widerstand ([Parameter] "Rmess") und für die Signal-Verstärkung ([Parameter] "V") – korrekt eingestellt, (Editor: Datei => edit.ini) kann das System kalibriert werden.

Generell wichtig bei allen Messungen und vor allem Kalibrierungen:

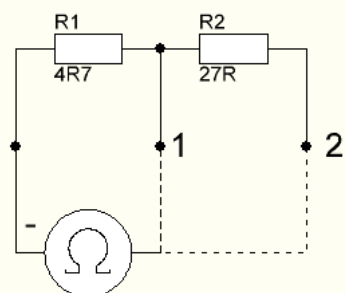
Schlecht sitzende Klemmen können den Übergangswiderstand erhöhen und verfälschen das Messergebnis.

Z.B. in eine Korrekturdatentabelle "eingebrannt" wird jede Messung mit falschen Korrekturwerten überlagert.

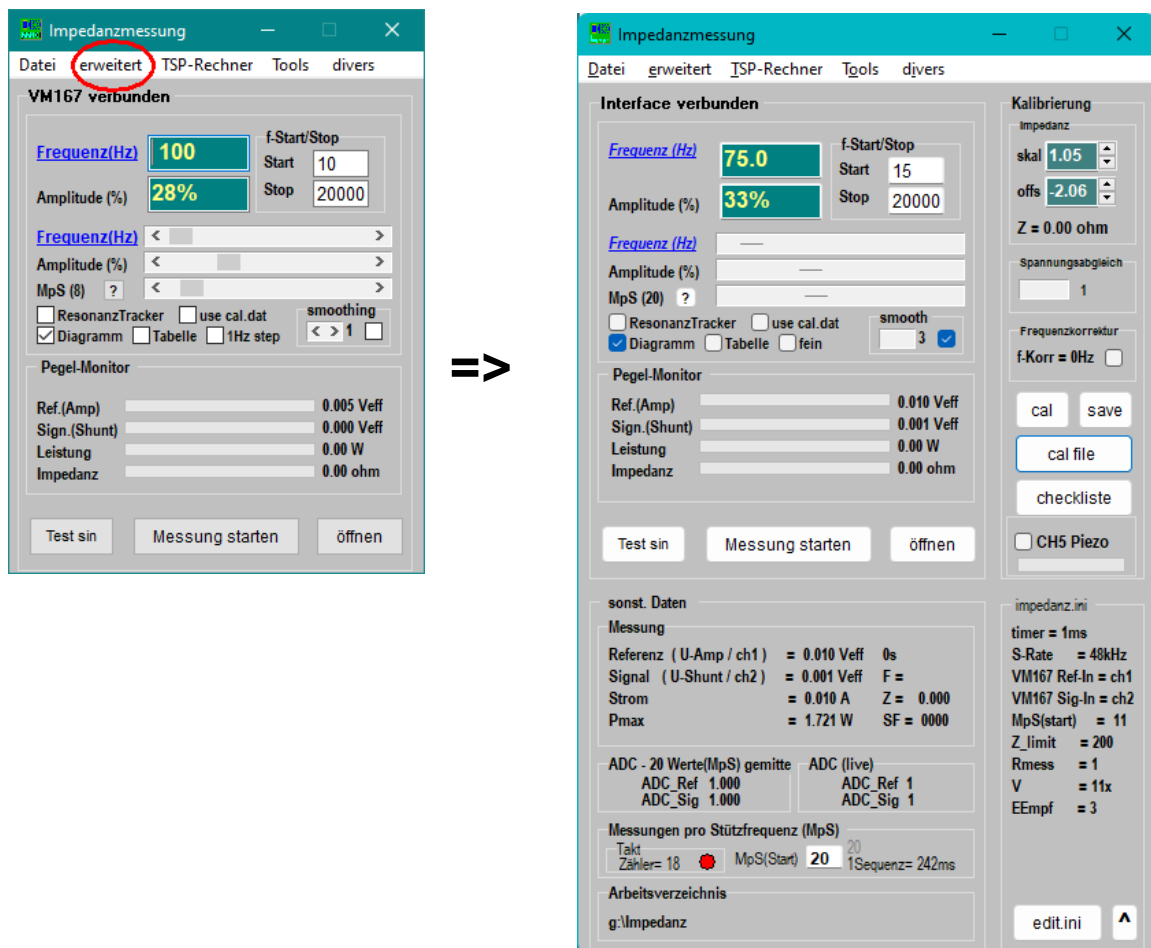
=> Bitte immer unbedingt auf gute Kontaktierung achten!

Es bietet sich an, zwei genau ausgemessene Widerstände zusammen zu löten, die dann nur für diesen Zweck dienen sollen. So kann dann einfach zw. Messpunkt 1+2 hin und her geschwitcht werden. Am Beispiel hier wären das 4.7 und 31.7 Ohm

Referenzwiderstand

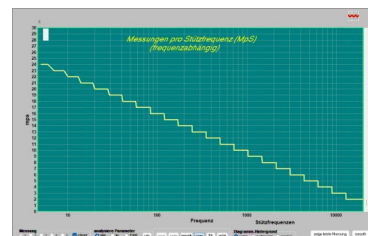


Um die Kalibrierung durchzuführen wechselt man zum erweiterten Menü

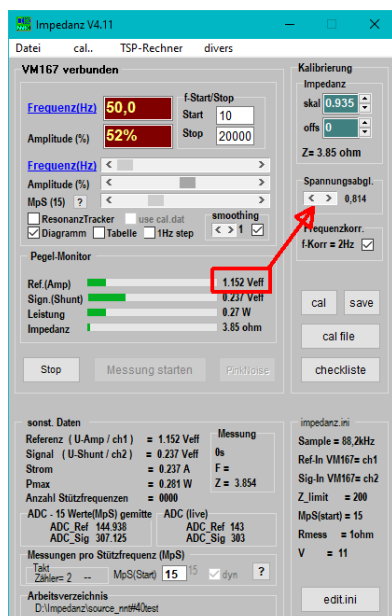


Optimierung „MpS“ (=Messungen pro Stützfrequenz)

Die Anzahl der Messungen pro Stützfrequenz ist frequenzabhängig und nimmt mit steigender Frequenz ab
Einstellung: Test Widerstand (zB 4,7Ohm) anschließen.
20Hz und "gesunden" Mess-Pegel einstellen –
Test-Mode ein. Danach den Schieber MpS so niedrig wie möglich und so hoch wie nötig einstellen (Ziel: Z= 1.Kommastelle stabil).
Als besten Kompromiss im Bezug auf Präzision und Geschwindigkeit haben sich 15MpS bewährt



Abgleich Spannungsanzeige



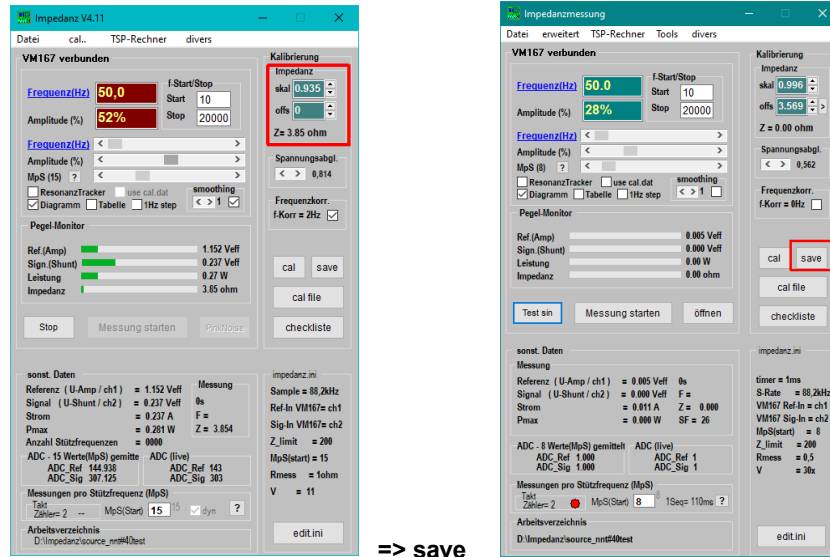
Für korrekte Berechnung und Anzeige von Strom und Leistung ist ein Spannungsabgleich notwendig

Hierfür wieder Test Widerstand (zB 4,7Ohm) und DMM am Ausgang des Messverstärkers anschließen.
Button "cal" drücken und Anzeige Veff (Ref(Amp)) auf DMM-Anzeige abgleichen

=> save

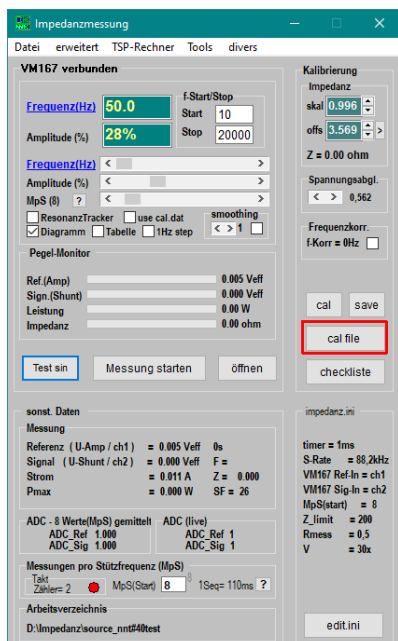
Kalibrierung Z:

Hierzu verwendet man 2 genau bekannte Widerstandswerte. Um beim Beispiel oben zu bleiben, z.B. 4.7- und 31.70hm, die nun im Wechsel angeklemmt werden. (Die Messleitungen sind so auch gleich mitberücksichtigt)
100Hz eingestellt - Button "cal" drücken und "gesunden" Mess-Pegel einstellen (Pegel Monitor beachten)
Skal und offs so einstellen, dass beide Widerstandswerte korrekt angezeigt werden.
Skalierung bedeutet hierbei nichts anderes, wie ein Feinabgleich der Signal-Verstärkung und der Shunt-Toleranz.
Mittels Offset lässt sich das gesamte Niveau im Bezug zum Nullpunkt verschieben.
Hier ganz besonders wichtig: Auf gute Kontaktierung achten



"save" speichert außer der Kalibrierung auch andere Starteinstellungen zB.:
Fenster-Startposition, MpS, Start/Stopp Frequenz, Amplitude, UKorr, Diagrammfarbe

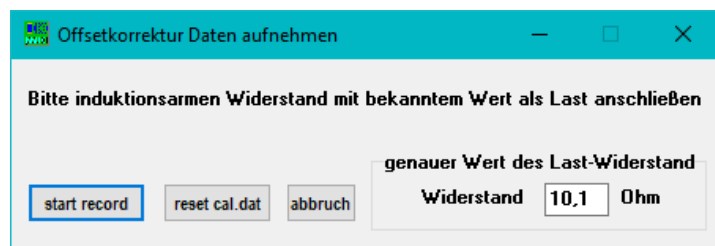
Offset-Korrekturtabelle einlernen (optional):



Den bereits weiter oben benutzten 4,7ohm Widerstand am Messverstärker anschließen. Auch hier wieder besonders auf gute Kontaktierung achten!!

"Create file" => neues Fenster öffnet sich. Zunächst den genauen Wert des Widerstands eingeben => "start record" und wenn fertig "save" klicken. Die Korrekturtabelle ist nun gespeichert

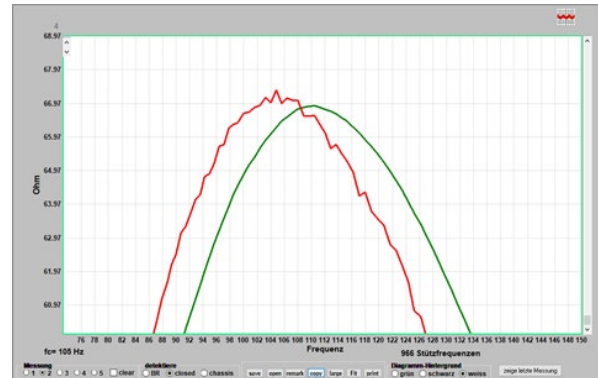
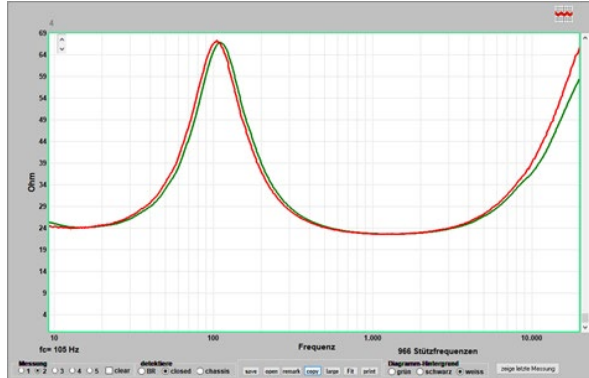
Mit "cal-laden" wird diese nach Programmstart ins Programm geladen. Bei Verwendung der Offsetkorrektur ist f-start auf 10Hz fest gesetzt



Frequenzverschiebung / Korrektur:

Vermisst man z.B. die Resonanzfrequenz f_s eines Chassis genau (s.u. Resonanztracker), stellt man beim schnellen Sweep (unter gleichen Umgebungsbedingungen!) eine nach oben verschobene f_s fest. (typisch, je nach Smooth-level 1-5Hz) Diese Frequenzverschiebung ist durch die Glättung verursacht, welche zudem die Kurve ab 6kHz etwas abflacht, was normalerweise(mich) nicht stört. Dem entgegen zu wirken gibt es 2 Möglichkeiten:

1. Glättung(Smoothing) aus.... oder
2. Kompensation durch den ini Parameter "fkorr"



Abgleich "fkorr" :

ini-Parameter "fkorr" auf null setzen => impedanz.ini / [Parameter] fkorr=0 (oder Haken entfernen)

1. mit "Test Sinus/Resonanztracker" Resonanz f_s genau bestimmen (Wert notieren)
2. mit gewünschter Glättung, MpS und Amplitude Messung durchführen.
3. Differenz „x“ in die impedanz.ini eintragen (impedanz.ini / [Parameter] fkorr=x)

Trigger-Schwelle „EEmpf“:

Die automatische Parameter-Erkennung funktioniert am besten bei glatten Kurven

Bei bes. ausgefranzten Kurven (Bsp. Rot oben) kann eine solche Spitze als Trendwende interpretiert werden und das Ergebnis verfälschen. Damit auch bei ausgefranzten Kurven alles funktioniert, muss die Trigger-Schwelle "EEmpf" richtig eingestellt werden (impedanz.ini)

(Werte 1-10)

EEmpf= 1 entspricht 0,03ohm und passt für glatte Kurven.

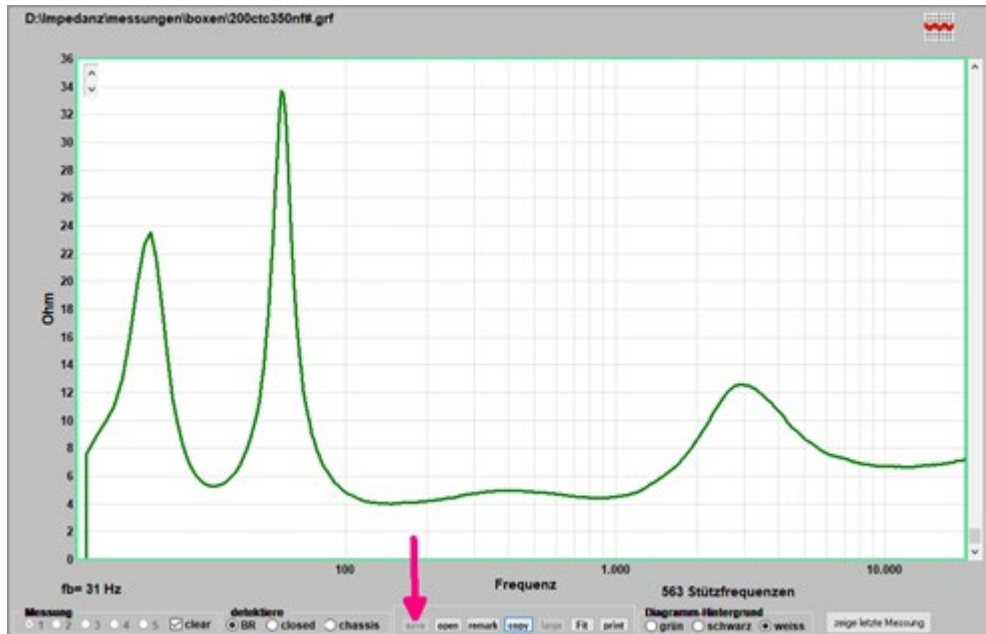
EEmpf= 5 entspricht 0,15ohm und passt für ausgefranzte Kurven (Nachteil: verschobene f_s , f_c , f_b ,...)

EEmpf=10 entspricht 0,30ohm und passt für extrem ausgefranzte Kurven (Nachteil: verschobene f_s , f_c , f_b ,...)

Messung:

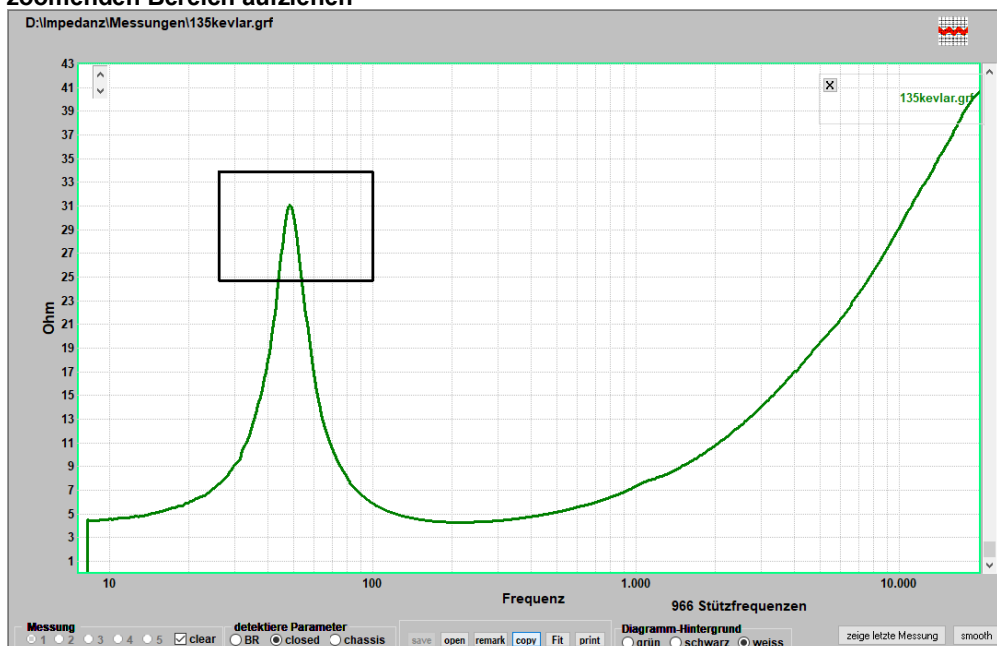
Die **Frequenzintervalle** sind logarithmisch eingeteilt.

Pegel: Für aussagekräftige und vergleichbare Messergebnisse spielt u.A. der Pegel eine wichtige Rolle. Eine zu niedrige- oder zu hohe Amplitude/Auslenkung verfälscht das Messergebnis und lässt die Resonanz f_s schwanken. Es empfiehlt sich daher immer mit angemessenem/ausreichend hohem Pegel zu messen (1Watt max.) da die gemessene Impedanz eines dynamischen Systems bei extremen Pegeln seine Aussagekraft verliert. Hier ist es hilfreich Pmax(erweiterte Ansicht) im Auge zu behalten.

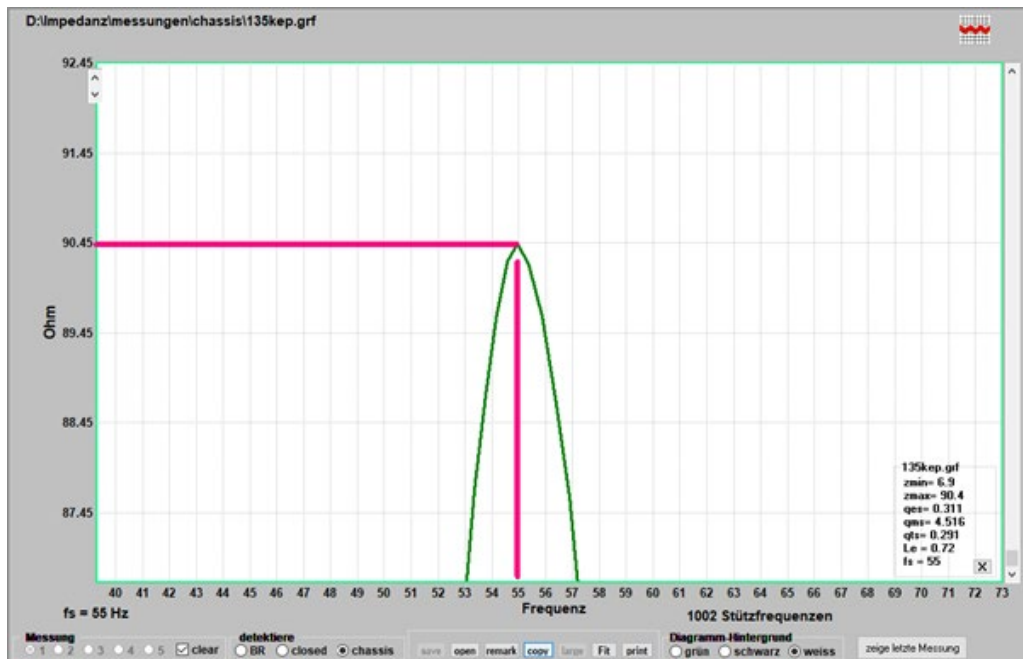


Auswertung

Durch die ZoomIn-ZoomOut Funktion wird eine beliebige Stelle punktgenau vermessen. Hierfür mit gedrückter linker Maustaste einen Rahmen (von links oben nach rechts unten) um den zu zoomenden Bereich aufziehen

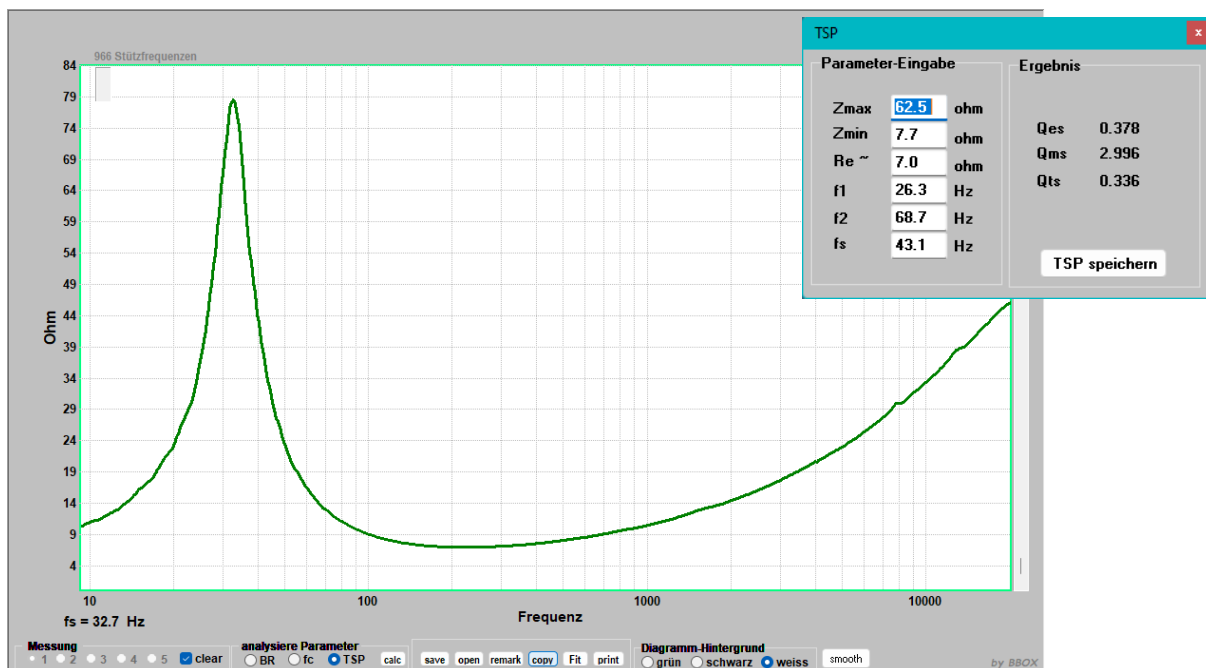


.. der gewählte Bereich wird automatisch gezoomt



.. und mit gedrückter rechter Maustaste das ganze Diagramm zum Ablesen an den Achsen verschieben
Für Zoom-out gedrückte linke Maustaste von rechts nach links

Automatische Vermessung der LSP Parameter durch Auswahl unter „detektiere Parameter“ => „TSP“



Nach der Messung:

Komplette Messung speichern : „save“ - Messung kann immer wieder geladen werden, um zB. mit anderen Messungen zu vergleichen, ausdrucken, exportieren ...

Der „copy“ Button kopiert den Fensterinhalt in die Zwischenablage (copy&paste)

Button Print öffnet den Druck Dialog

QL_Messung

- * QL-Tool öffnen
- * TSP eingeben (=> **fs unbedingt selbst messen !!**)
- * Impedanz Messung an BR-Box ohne Frequenzzweiche durchführen. (analysiere Parameter/BR... bis kurz nach dem 2.Höcker genügt (Mess.stop). Nach beendeter Messung werden Daten automatisch an das QL-Tool übertragen
- fertig

Anstelle Punkt 2 "Messung durchführen" funktioniert das Ganze auch beim Laden alter Messungen (sofern eine gemessene fs vorliegt Sicherheitshalber empfiehlt es sich die an den QL-Rechner übertragenen Daten mit dem Diagramm abzugleichen und ggf. zu korrigieren

QL Werte kleiner 10 deuten auf ein labiles und/oder undichtes Gehäuse hin

Resonanz-Tracker

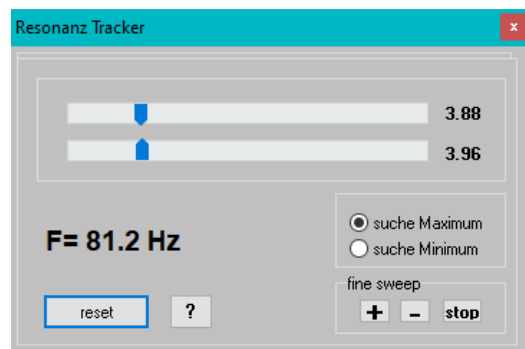
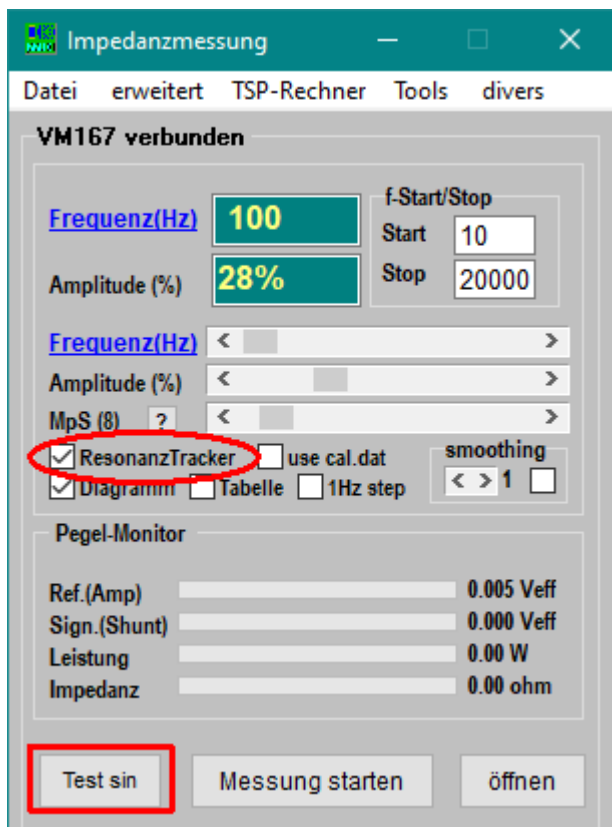
Ab Version4 ist ein „Resonanz-Tracker“ eingebaut, mit dessen Hilfe es möglich ist, z.B. die Ch-Resonanzfrequenz fs oder BR-Frequenz fb genau zu vermessen.

Falls die Frequenz von Hand durchgestimmt wird, am besten den Frequenzbereich(Start/Stop) eingrenzen damit der Frequenzschieber besser bedienbar ist, ansonsten „fine-sweep“ im Tracker verwenden.

Hierfür Haken „Resonanz Tracker“ setzen, Test Modus starten(Test sin), die zu vermessende Resonanz grob „anfahren“ und dann den Schleppzeiger nullen. Anschließend die Frequenz manuell in 0,1Hz Schritten durchstimmen, oder für mehr Präzision die Funktion „fine sweep“ im Tracker-Fenster verwenden.

Beim fine sweep ist sweep Geschwindigkeit und Präzision maßgeblich von der MpS Einstellung abhängig.

Der Schleppzeiger hält je nach Wunsch die max.- oder min. Impedanz und das Text-Label unten die Frequenz fest



Speichern:

Die Grafik wird aus dem Datei Menü, oder Button „save“ im Grafikfenster als *.grf gespeichert

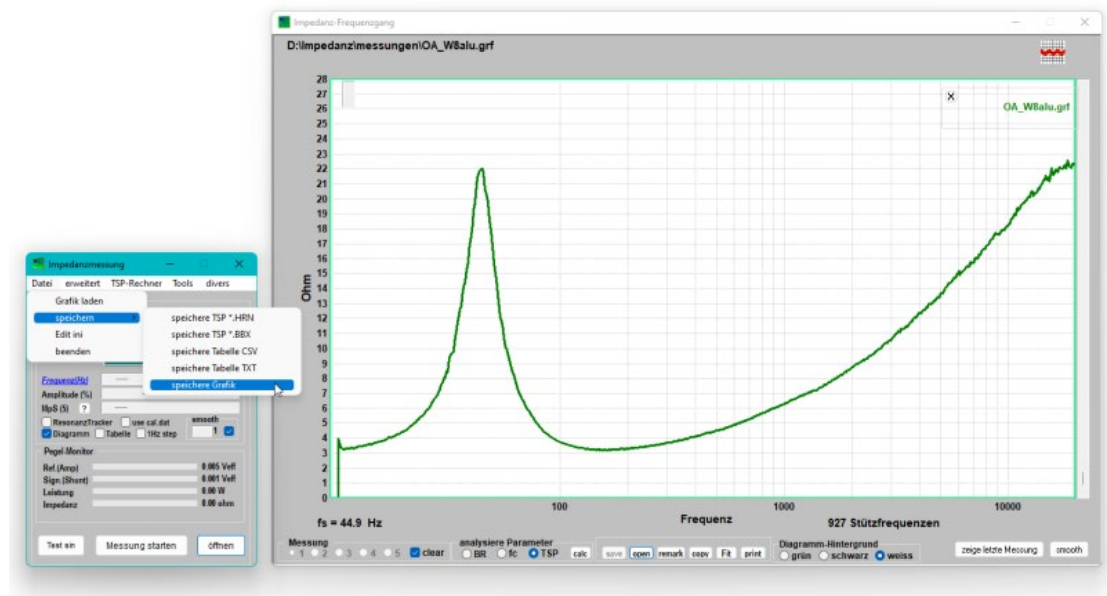


Tabelle:

The screenshot shows the 'Tabelle' window with a list of Frequency (Hz) and Magnitude (ohms) data. The data is as follows:

Frequency(Hz)	Magnitude(ohms)
8.217	4.523
8.419	4.465
8.620	4.475
8.821	4.464
9.022	4.462
9.224	4.495
9.425	4.516
9.626	4.539
9.827	4.553
10.029	4.559
10.230	4.554
10.431	4.592
10.632	4.613
10.834	4.639
11.035	4.672
11.236	4.681
11.437	4.691
11.639	4.699
11.840	4.701
12.041	4.728
12.242	4.744
12.444	4.793
12.645	4.809
12.846	4.786
13.048	4.810
13.249	4.803

At the bottom of the window, there are buttons for 'txt speichern' and 'CSV speichern'.

Die Tabelle wird aus dem Datei Menü, oder dem Tabellenfenster direkt wahlweise als *.txt oder als *.csv gespeichert
Das txt Format eignet sich zB. für den Import nach REW

Außerdem besteht die Möglichkeit ermittelte Parametersätze zur direkten Weiterverarbeitung mit BBOX(*.bbx) oder *.hrn zu speichern

The screenshot shows the 'TSP' window with two main sections: 'Parameter-Eingabe' and 'editiere TSP'.

Parameter-Eingabe:

Parameter	Value	Unit
Zmax	83.1	ohm
Zmin	6.7	ohm
Re ~	6.1	ohm
f1	32.6	Hz
f2	76.0	Hz
fs	52.4	Hz

editiere TSP:

Chassis Bezeichnung

Qes = 0.335
Qms = 4.233
Qts = 0.311
Re = 6.10 ohm
fs = 52.4 Hz
Z1k = 9.0
Z10k = 33.4
Le = 0.36 mH
MMS = 33.0g

Buttons: speichern, *.bbx, *.txt, *.hrn, Abbruch

Beschreibung Impedanz.ini

[parameter]

-- HW-Einstellungen

chsig = VM167 Eingang für "Signal" (1-5)
chref= VM167 Eingang für "Referenz" (1-5)
skal= Skalierung (wird bei Kalibrierung eingestellt - default =1)
offs= Offset (wird bei Kalibrierung eingestellt - default =0)
Rmess= Messwiderstand (in Ohm)
v= Verstärkungsfaktor des Operationsverstärker (kein OP: V= 1)
UalertMin Warnung Amplitude niedrig (in digits 1 – 1024 – default=5)
UalertMax Warnung Amplitude zu hoch (in digits 1 – 1024 – default=955)
Ukorr Korrekturfaktor Spannungsanzeige (default =1)

-- TimerSpeed/ms ,1-5 /default=1

timerspeed=1 Wert in ms (default =1)

-- Startwert

start= Startfrequenz Messung (min=10Hz)
stop= Stopfrequenz Messung (max=20000Hz)
defsamplerate= samplerate(kHz) 44100; 48000; 88200; 96000; (Default = 48000)
Amplitude= Amplitude Startwert in %
cal= Offsetkorrektur (cal.dat) automatisch laden 0/1 (1=> f-start immer 10Hz)
EEmpf= Trigger-Empfindlichkeit (1-10 , def=3)

-- Averaging

mps= Anzahl Messungen pro Stützfrequenz(5-max.100), sinnvolle werte: 10-40
Glaettung= Smoothing (ein=1 , aus =0)
GltStaerke= Smoothing Stärke (1-9)

-- Grafik

Zmax= y-Achse Maximum
large= Grafikfenster groß=1 /klein=0
col= Diagramm Hintergrundfarbe (1-3)
grafik= Schriftgröße (Windows Anzeigeeinstellung in %) 100 oder 125
fKorr=5 Diagramm Korrektur