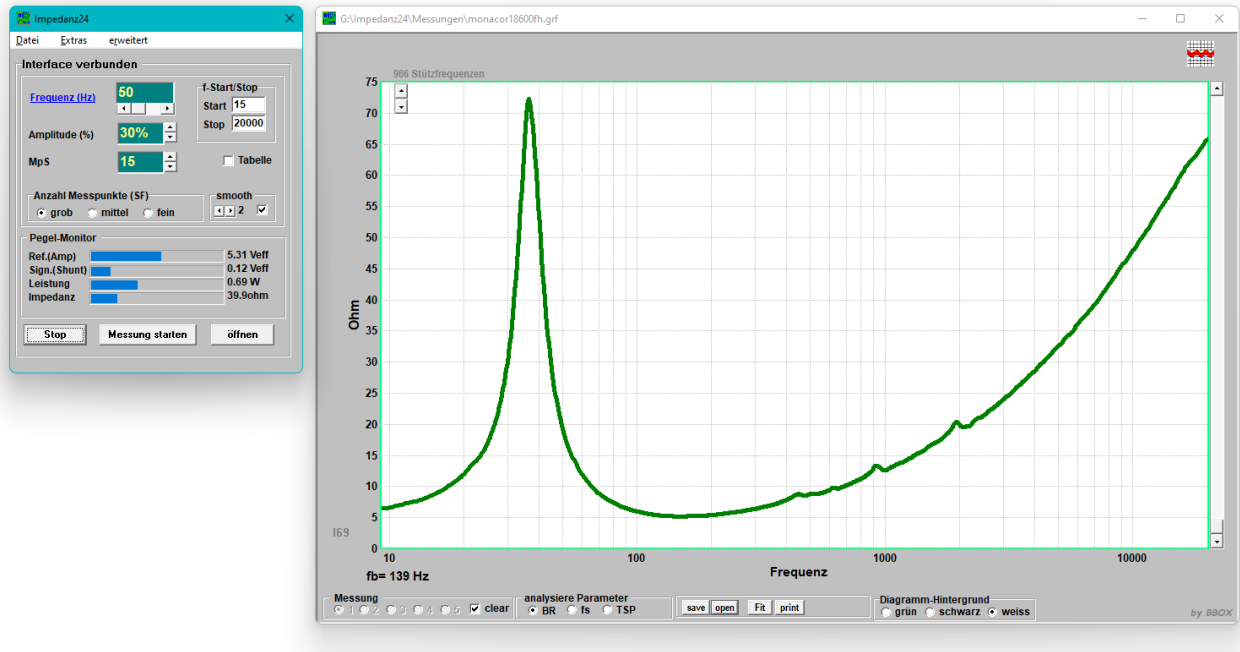


Impedanz-Messung (Impedanz24)



Funktionen:

Chassis

- Vermessung Chassis TSP
- Identifikation von Chassis Defekten
- Messung Chassis-Serienstreuung
- Identifikation von Störungen wie zB. 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 (RLC)

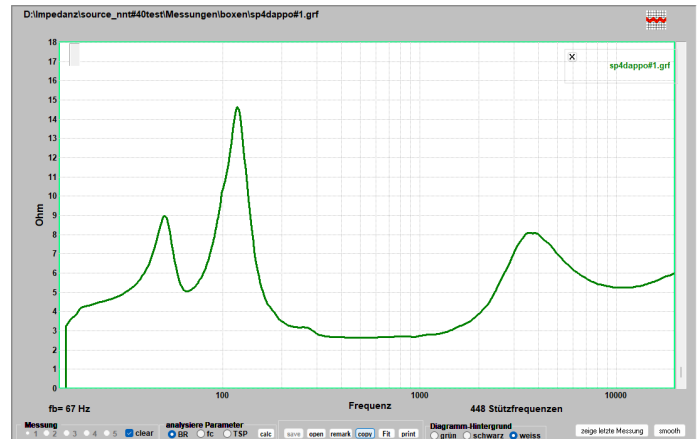
Sonstiges

- Passive Bauelemente zB. Spulen messen
- Messdaten Export (z.B. nach REW, Boxsim, EXCEL, ..)
- Speichern Chassis-Parameter(*.bbx) zur Weiterverarbeitung mit BBOX

Beispiele für Fehler-Analyse:

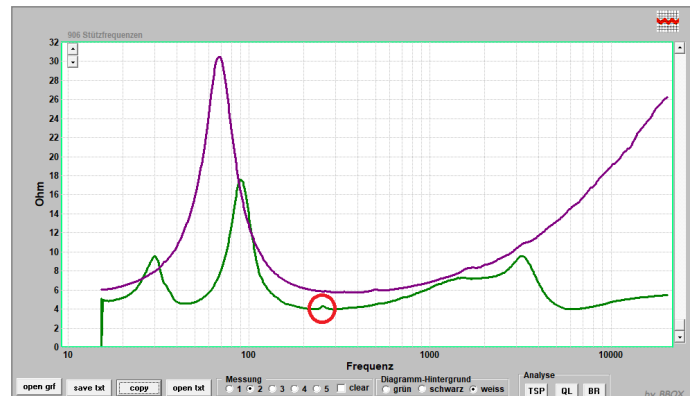
BR- Abstimmung: Die früher gebräuchliche „Kamelhöcker-Methode“, nach der beide Maxima gleich hoch sein sollen, ist heute vernachlässigbar, da ein glatter, möglichst tief reichender Frequenzgang das Ziel ist und deshalb die Abstimmung vom Kamelhöcker oft abweicht.

- 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 Leckage/ 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



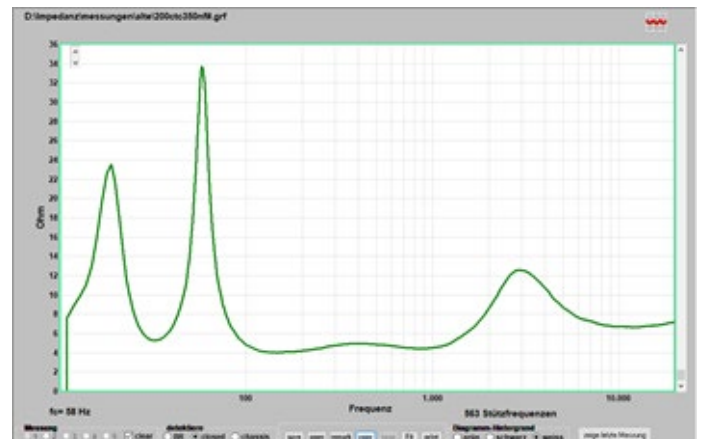
Der Vergleich Freiluftmessung zur Box lässt auch hier eine Störung bei 255Hz erkennen
Das Problem liegt hier nicht am Chassis, sondern an der Box

Der Sinn liegt also darin, Fehler einzukreisen



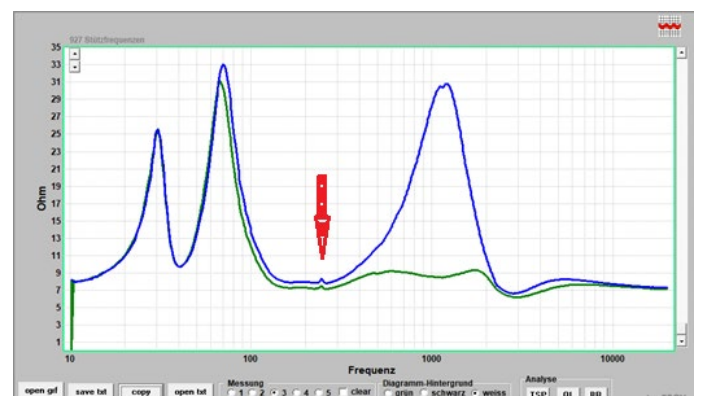
So wie´s sein soll:

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



Hier ein Beispiel einer **Impedanz Korrektur** mittels RLC zur Anpassung an einen Röhrenverstärker. Nach dem die Impedanz spitze bestimmt ist, wird das passende RLC berechnet welches vor die Weiche geschaltet wird

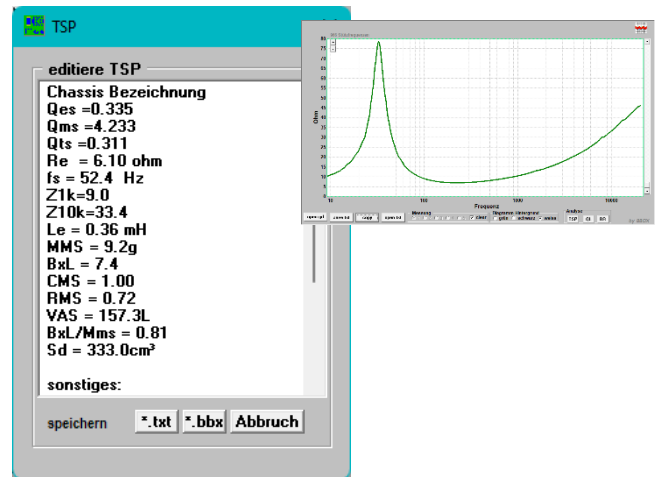
Auch hier ist eine kleine Störung (s. roter Pfeil, Membranresonanz) zu erkennen.



Chassis-TSP-Messung:

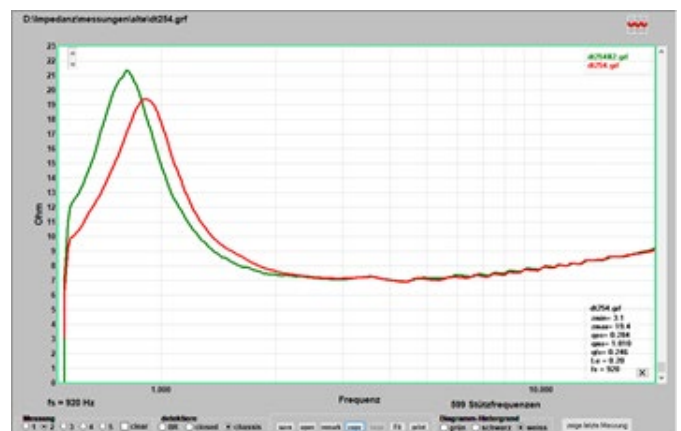
Beispiel TSP Messung:

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 (zB. Plastilin) auf die Membran legen und die Eintauchtiefe der Membran in mm messen. (ergibt C_{ms} in mm/N) Alles eingegeben, folgt die Ausgabe von: Q_{ts} , Q_{es} , Q_{ms} , L_e , M_{ms} , B_{xL} , R_{ms} , V_{as} , f_s , z_{1k} , z_{10k} ,



Serienstreuung Höchttöner

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

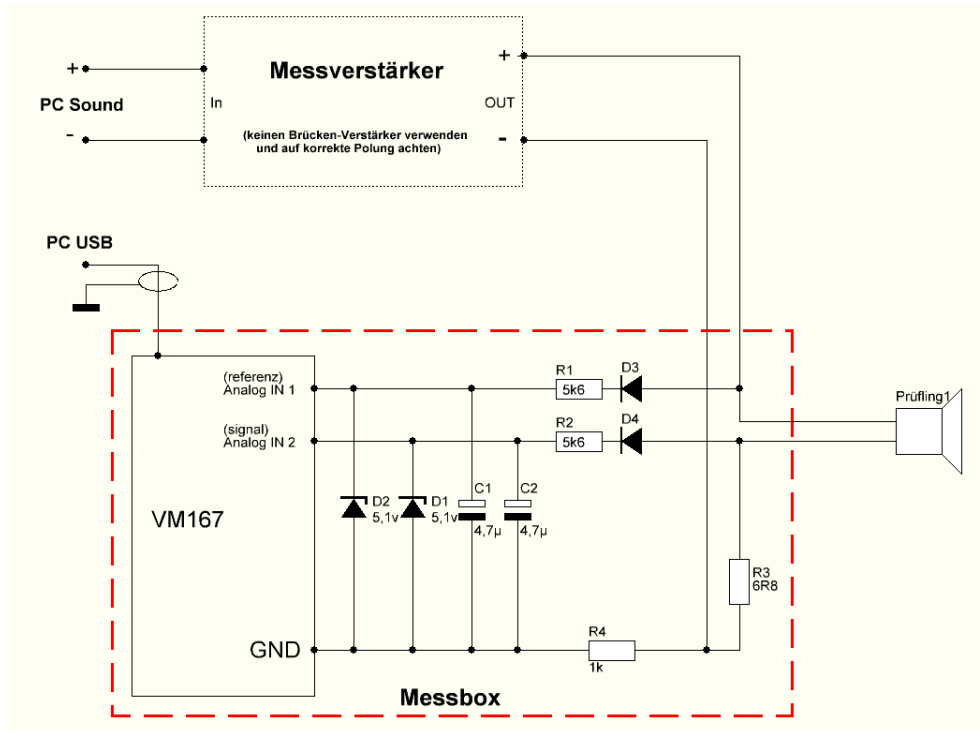
Da die Impedanz-Messung eine elektrische Messung ist, bedarf es einer Messbox

Bauplan „MESSBOX“

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

Einfach zwischen Lautsprecher und Messverstärker 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: ca40€)



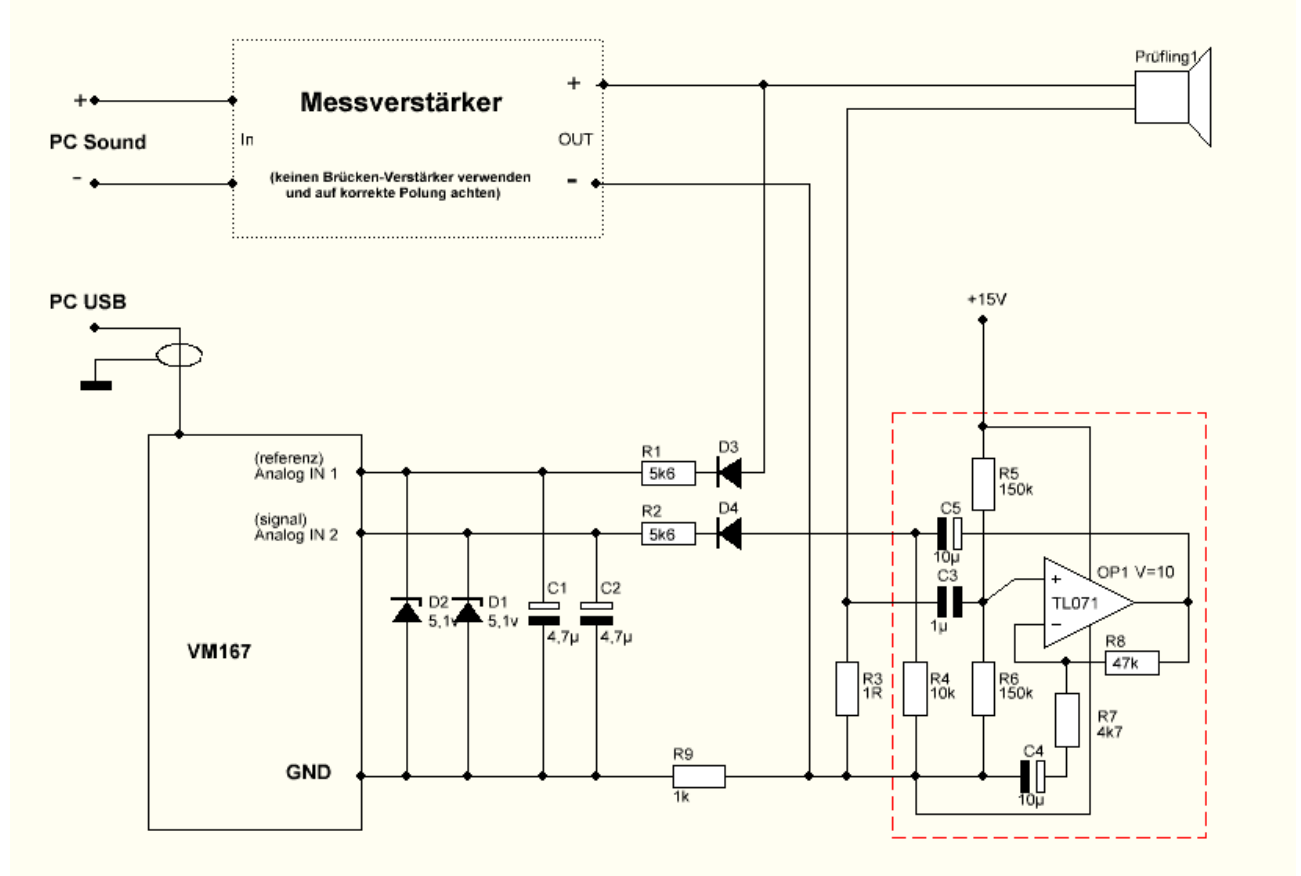
Als AD-Wandler wird -im Gegensatz zu anderen Lösungen- ein preisgünstiges USB-Interface von Velleman(~30€) mit 5 analogen 10Bit Eingängen verwendet. Der Hauptvorteil bei Verwendung dieses Multi-Interface liegt darin, dass die Empfindlichkeit der Messkarteneingänge unveränderbar/konstant ist und damit eine zuverlässige Kalibrierung der Spannungsmessung möglich ist, was die Voraussetzung für optimalen und reproduzierbaren Messpegel liefert. Das ist wichtig für die Aussagekraft der Messungen. Die Bit-Tiefe von 10bit ist dabei völlig ausreichend. Nebenbei gibt es eine Vielfalt an zusätzlichen Ein- und Ausgängen, welche viele Erweiterungsmöglichkeiten bieten. Die passive-Messbox ist ausreichend für alle Standard-Messungen wie fb, fc, fs, Impedanz-Minimum. Der bauliche Aufwand gegenüber der Standard-Messbox für den Mikrofoneingang der Soundkarte ist derselbe.

Aktiv Box mit Signalverstärkung

Mit etwas mehr Aufwand werden im Gegenzug auch mehr Details sichtbar, wie Resonanzen oder detaillierte Chassis-Parameter. Hier die verbesserte Version der Box mit -dank Signal-Verstärker- kleinerem Messwiderstand für ein detaillierteres Bild und unverfälschte Messergebnisse, da ein zu hoher Messwiderstand den „normalen“ Alltagsbetrieb nicht optimal abbildet.

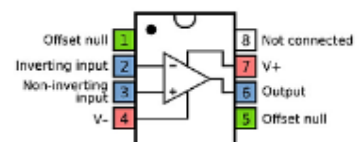
Ein weiterer Vorteil gegenüber der passiven Variante ist, das die aktive Box auf Grund des geringen Messwiderstandes auch für die Frequenzgangmessung einfach in der Leitung verbleiben darf.

Ich habe in meine Messbox gleich noch den Messverstärker mit integriert



Stückliste Aktiv-Messbox inkl. Messverstärker:

- 1x USB Interface Board „Velleman VM167(jetzt WMI167)“ <https://www.velleman.eu/products/view/?id=461758>
- NF-Verstärker (z.B. TDA2030)
- 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

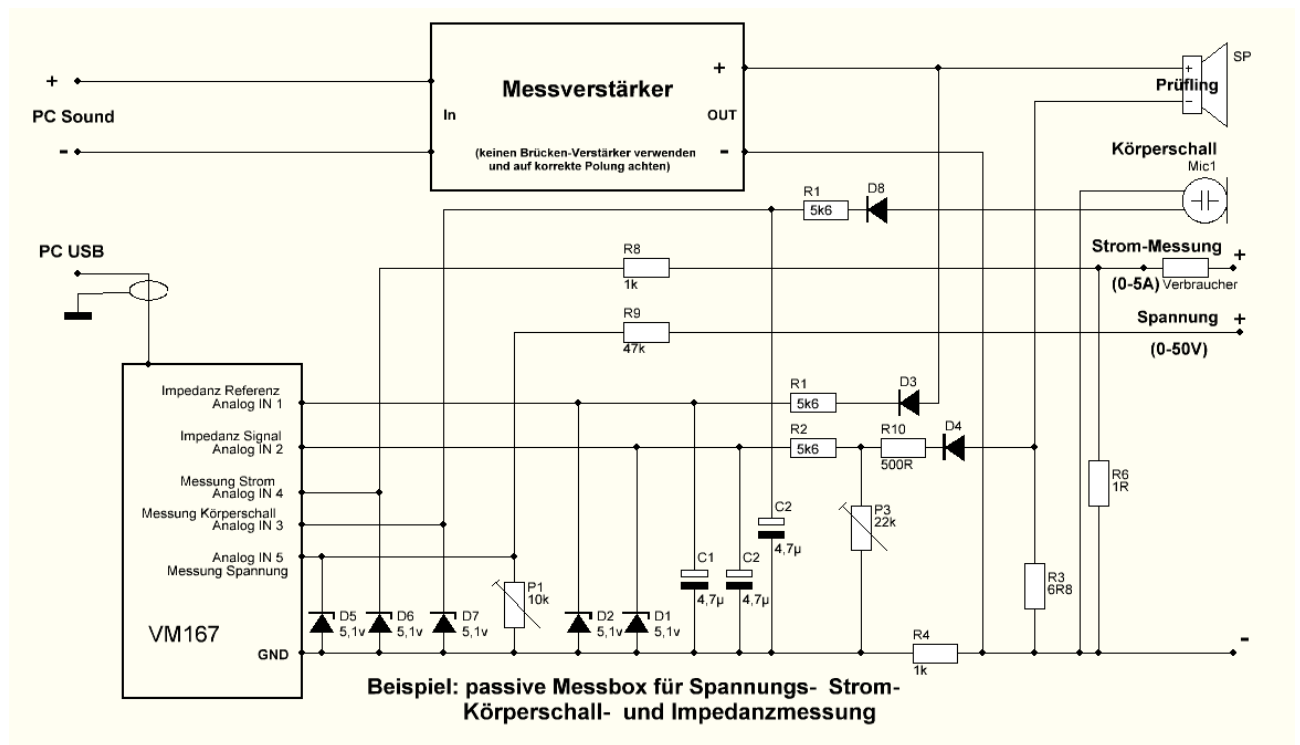


(Kosten: ca55€)

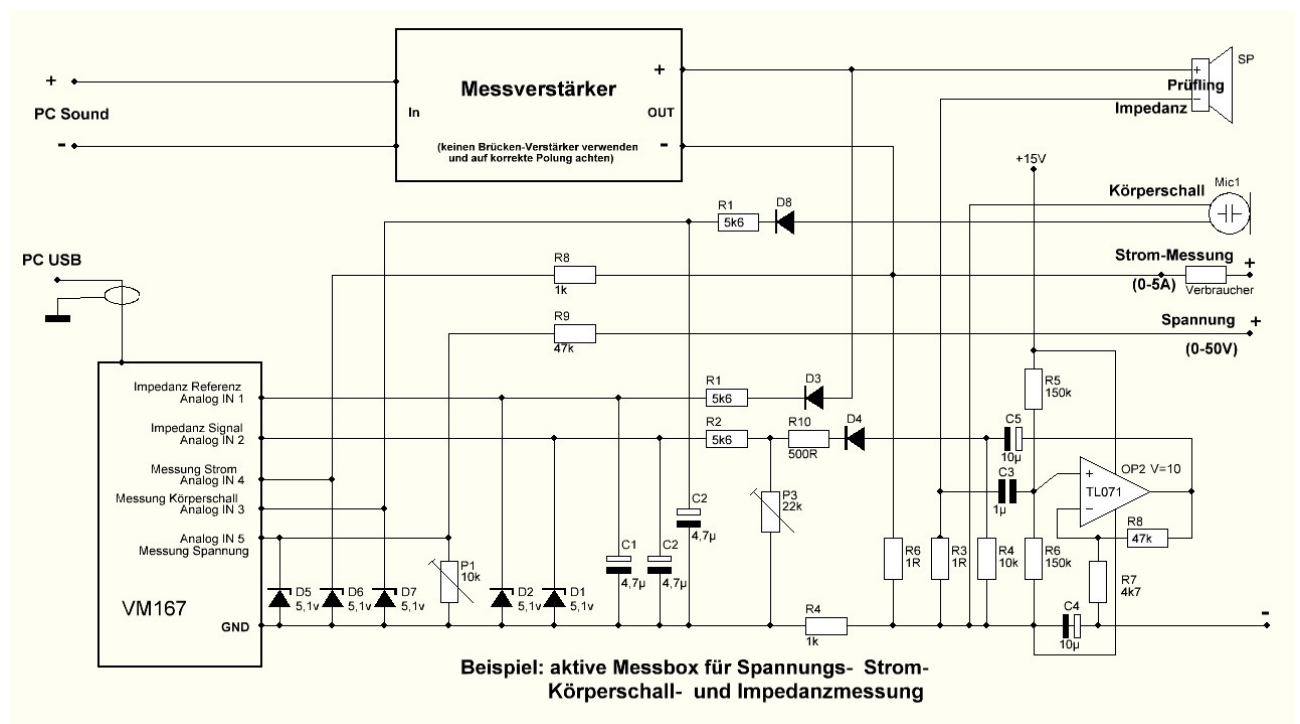
Eine weitere Steigerung würden anstelle der beiden Gleichrichterdioden Präzisionsgleichrichter bieten
<https://de.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A4zisionsgleichrichter>

Viele optionale Möglichkeiten:

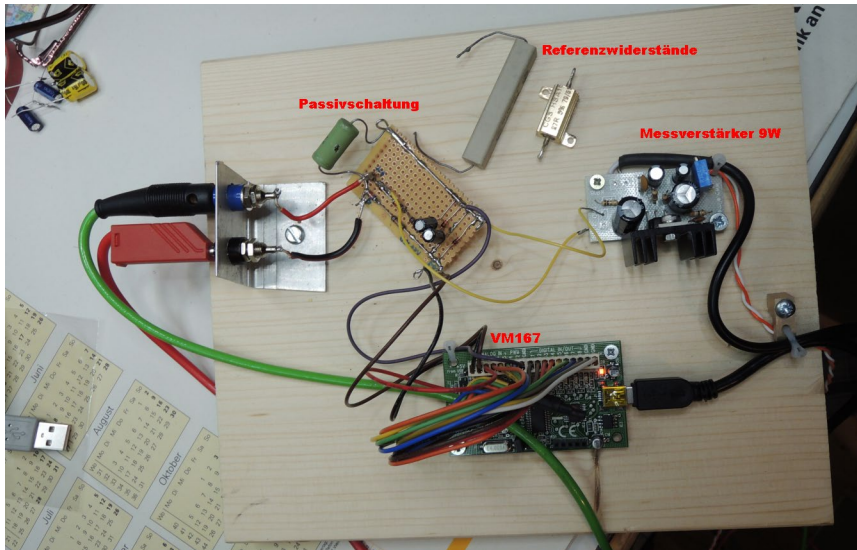
Hier ein Beispiel einer Passivbox als „Schweizer-Taschenmesser“ für Impedanz- Körperschall- Spannungs- und Strommessung



... selbstverständlich auch mit der aktiven Variante kombinierbar



Auch so kanns aussehen: Einfacher Tischaufbau auf Holzbrett. Im Bild rechts der Messverstärker 18W (TDA2030)
Aus der Messbox wird so ein Messbrett 😊



Inbetriebnahme

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

Treiber-Download <https://www.velleman.eu/support/downloads/?code=VM167&type=9>

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

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

Bei mittlerer Impedanz sollten die Pegel-Anzeigen Vref und Vsig (s. Pegel.Monitor) ungefähr gleichauf sein

⇒ R8 vergrößern ergibt mehr Verstärkung und umgekehrt. Der V-Faktor errechnet sich: $V = R8 / R7$.

Kalibrierung:

Benötigte Tools: 2 genau ausgemessene Referenz-Widerstände, Digital-Multimeter(DMM)

Eine ordentliche Kalibrierung ist das Wichtigste bei jeder Messanordnung. In der Datei „impedanz.ini“ sind alle wichtigen Programm-, Hardware und Kalibrier-Einstellungen gespeichert (Detaillierte Erklärung siehe weiter 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, (=> edit.ini) kann das System kalibriert werden.

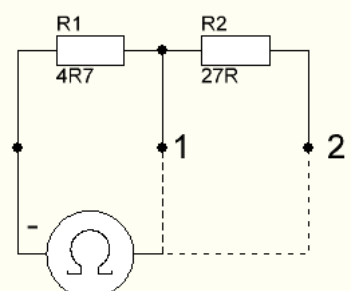
Generell wichtig bei allen Kalibrierungen – aber auch bei Messungen:
Schlecht sitzende Klemmen können den Übergangswiderstand erhöhen und verfälschen das Messergebnis.

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

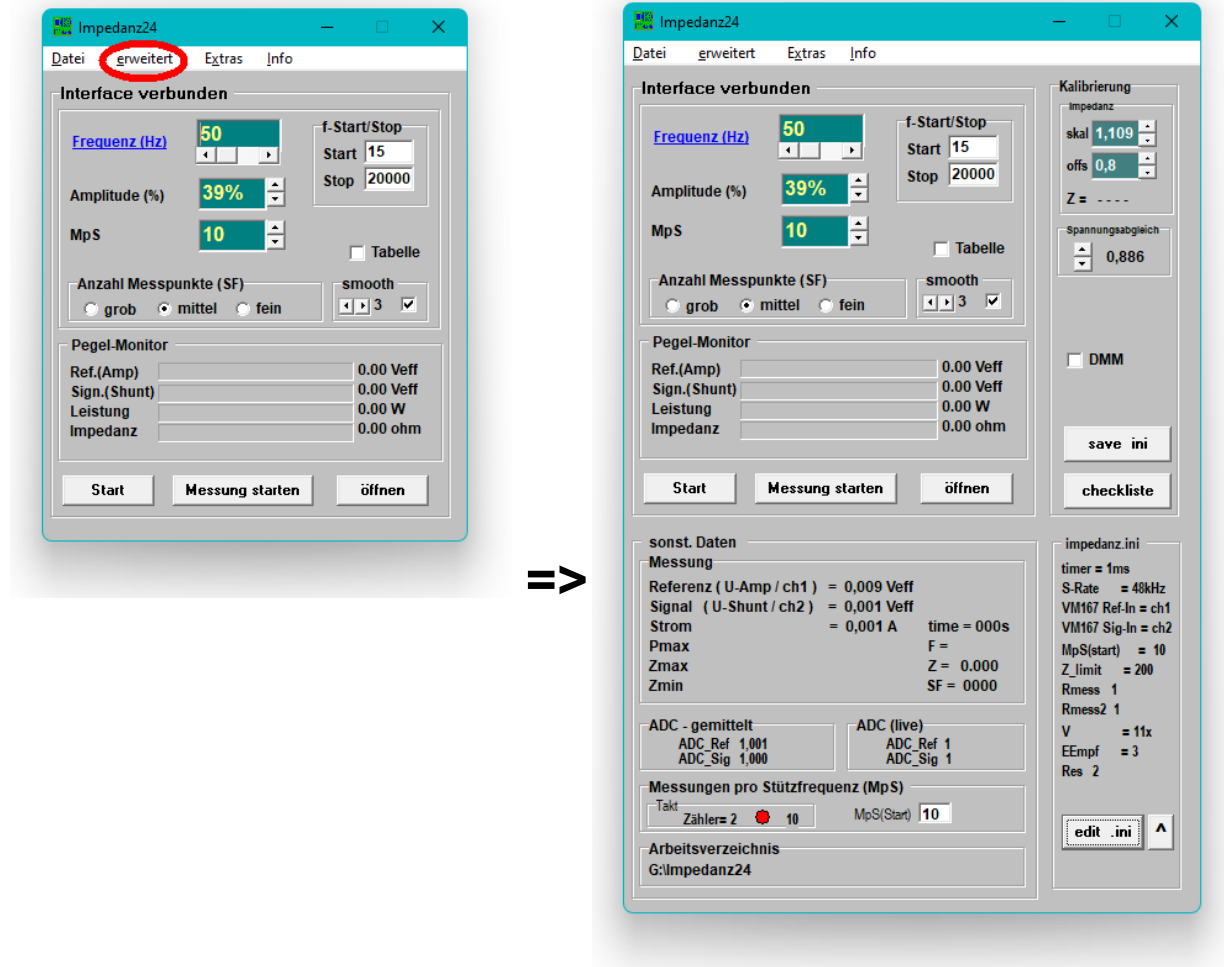
=> Deshalb immer unbedingt auf gute Kontaktierung achten!

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 gewechselt werden. Am Beispiel hier wären das 4.7 und 31.7 Ohm

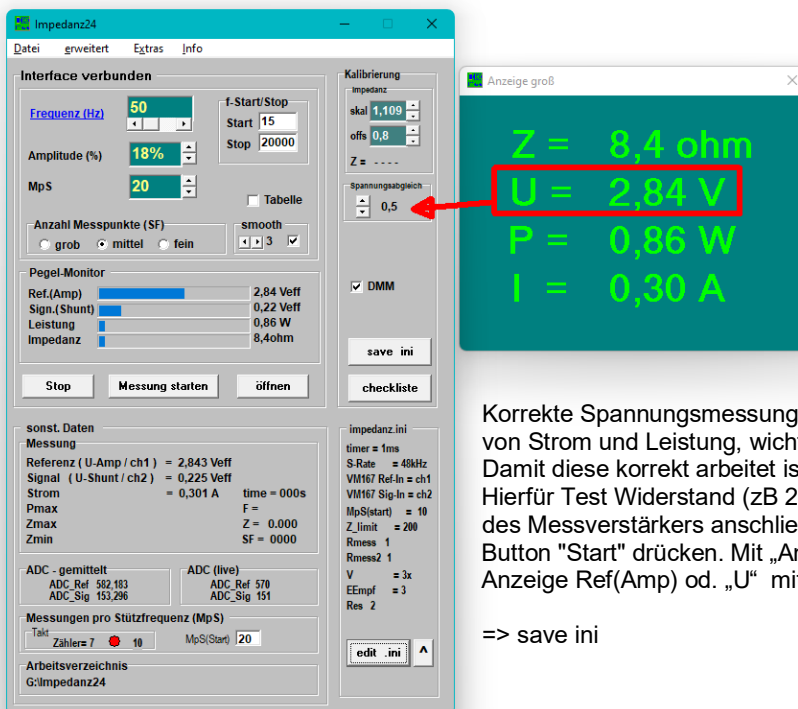
Referenzwiderstand



Um die Kalibrierung durchzuführen wechselt man zum erweiterten Menü



Abgleich Spannungsanzeige

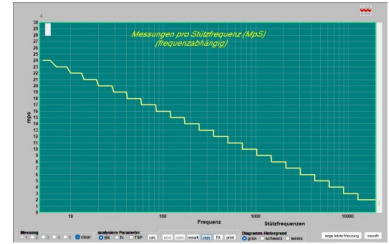


Korrekte Spannungsmessung ist die Basis für die Berechnung und Anzeige von Strom und Leistung, wichtige Indikatoren für den richtigen Messpegel. Damit diese korrekt arbeitet ist ein Abgleich notwendig. Hierfür Test Widerstand (zB 270ohm) und DMM parallel am Ausgang des Messverstärkers anschließen. Button "Start" drücken. Mit „Amplitude“ 2.8V am DMM einstellen und Anzeige Ref(Amp) od. „U“ mit Steller im Programm auf 2.8V abgleichen

=> save ini

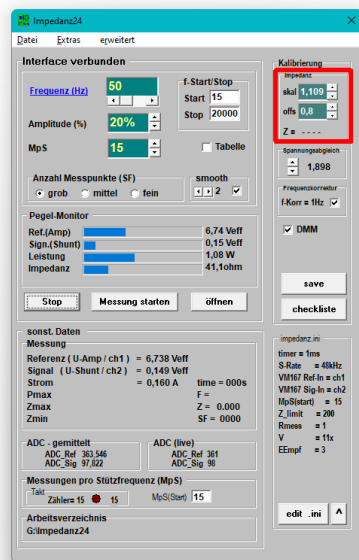
Optimierung Anzahl der Messungen pro Stützfrequenz (MpS)

Die Anzahl der „Messungen pro Stützfrequenz“ (hier MpS) ist frequenzabhängig und nimmt mit steigender Frequenz ab. Eingestellt wird hier die Start-Sequenz. Einstellung: Test Widerstand (zB 4,70hm) anschließen, $f=20\text{Hz}$ und Mess-Pegel/Amplitude einstellen – Generator „Start“.
Anschließend MpS so niedrig wie möglich und so hoch wie nötig einstellen
 \Rightarrow Ziel: $Z = +0,10\text{hm}$ stabil (in der Regel 15MpS). Ein Präzisions-Sweep braucht seine Zeit, gleichzeitig soll die Messung aber nicht zu lange dauern.
Zielsetzung: Ein voller Sweep sollte am Ende 60sek nicht groß überschreiten, ohne große Einbußen an Präzision. 15MpS bei mittlerer Rasterung ist das Ergebnis aus vielen Versuchen mit dem Ziel einer zeitoptimierten Messung(60sek). Ein „Quick-Sweep“ (grobe Rasterung, 10MpS) dauert 30sek

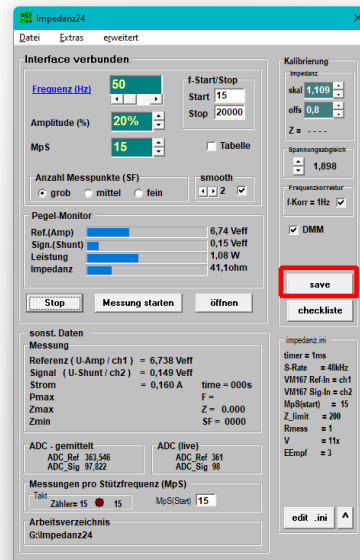


Kalibrierung Z:

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 "Start" 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



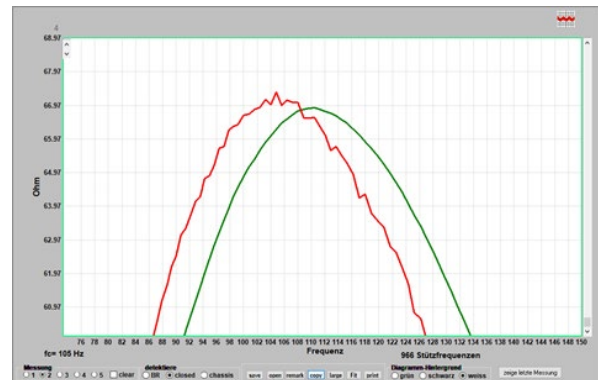
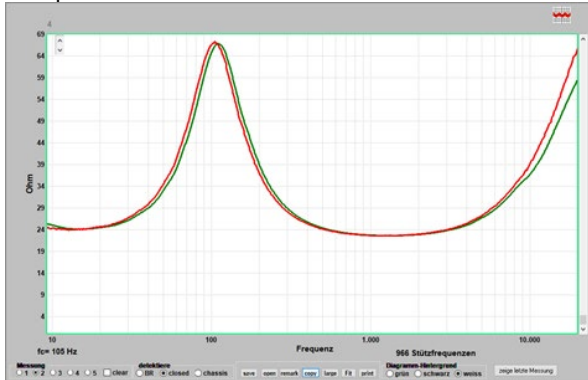
\Rightarrow save



Frequenzverschiebung / Korrektur:

Vermisst man z.B. die Resonanzfrequenz f_s eines Chassis genau, 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 "fkor"



Abgleich "fkor" :

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

1. mit "Test Sinus" 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] fkor=x)

Trigger-Schwelle „EEmpf“:

Die automatische Parameter-Erkennung funktioniert am besten bei glatten Kurven

Bei 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 => EEmpf)

(Werte 1-10)

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

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

EEmpf=10 entspricht 0,30ohm und passt für stark ausgefranzte Kurven (Nachteil: verschobener Anzeigewert f_s , f_b ,...)

Eine tolerantere Erkennung bringt leider auch Einbußen bei der Präzision mit sich

"save" speichert außer der Kalibrierung auch andere Starteinstellungen zB.:

Fenster-Startposition, MpS, Start/Stopp Frequenz, Amplitude, UKorr, Diagrammfarbe

Messung:

Die **Frequenzintervalle** sind logarithmisch eingeteilt.

Neu ist die Möglichkeit die Anzahl der Messpunkte (oder Stützfrequenzen „SF“) – man könnte auch Rasterung dazu sagen- einzustellen. Für einen vollen Sweep von 15-20000Hz sind das



„grob“ = 301 Stützfrequenzen(SF)
„mittel“ = 450 Stützfrequenzen(SF)
„fein“ = 897 Stützfrequenzen(SF)

Natürlich beeinflusst das auch die Zeit die für einen vollen Sweep nötig ist. Bei 15MpS sind das

fein = 111sek
mittel = 40sek
grob = 41sek

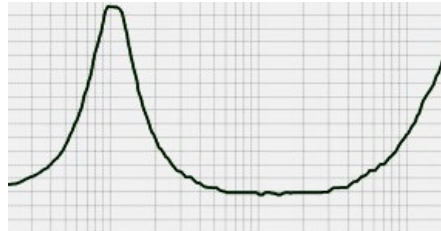
Messpegel:

Für aussagekräftige, vergleichbare und korrekte Messergebnisse spielt u.A. der Signalpegel eine wichtige Rolle. Eine zu niedrige- oder zu hohe Amplitude/Auslenkung verfälscht das Messergebnis. Es empfiehlt sich daher immer mit angemessenem- ausreichend hohem Pegel zu messen. Die bereits oben bei der Kalibrierung genannten 2.8V sind dabei für 8Ohm Boxen ein guter Richtwert. Bei 4Ohm sind es entsprechend 2V. Pmax sollte am Ende der Messung ca. 1Watt betragen. Bei extrem niedrigem Pegel tut sich zudem die Messkarte schwer das Signal abzutasten, was sich wie in Abb2 dargestellt auswirkt:

Abb1. Pegel in Ordnung



Abb2. Pegel zu niedrig. Stufen im Diagramm entstehen



Anzumerken ist hier noch, dass dieser „Treppeneffekt“ bei der Passivbox früher eintritt als bei der Messbox mit Signalverstärkung

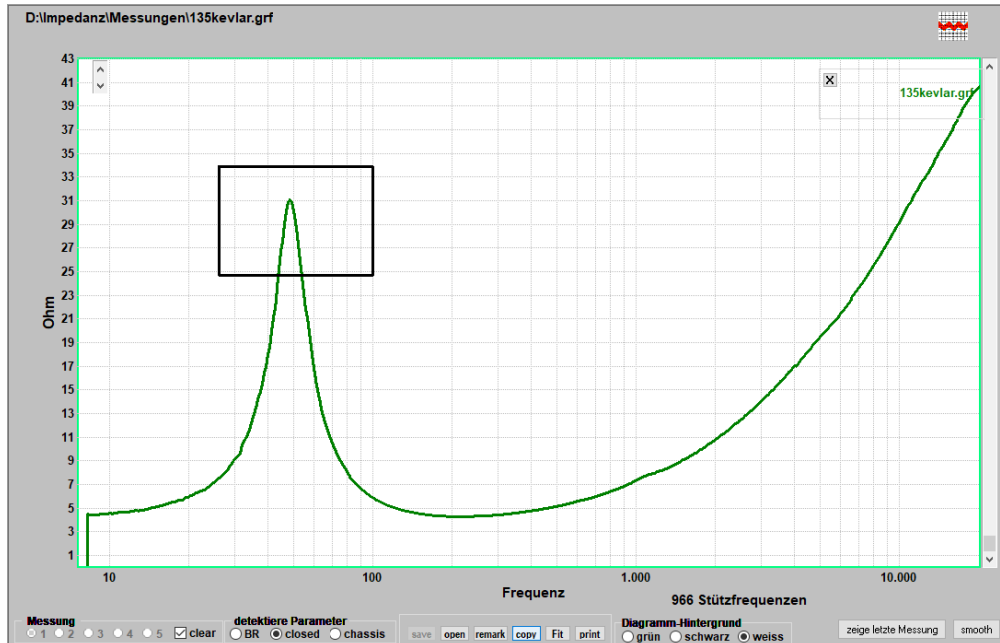
QL_Messung

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

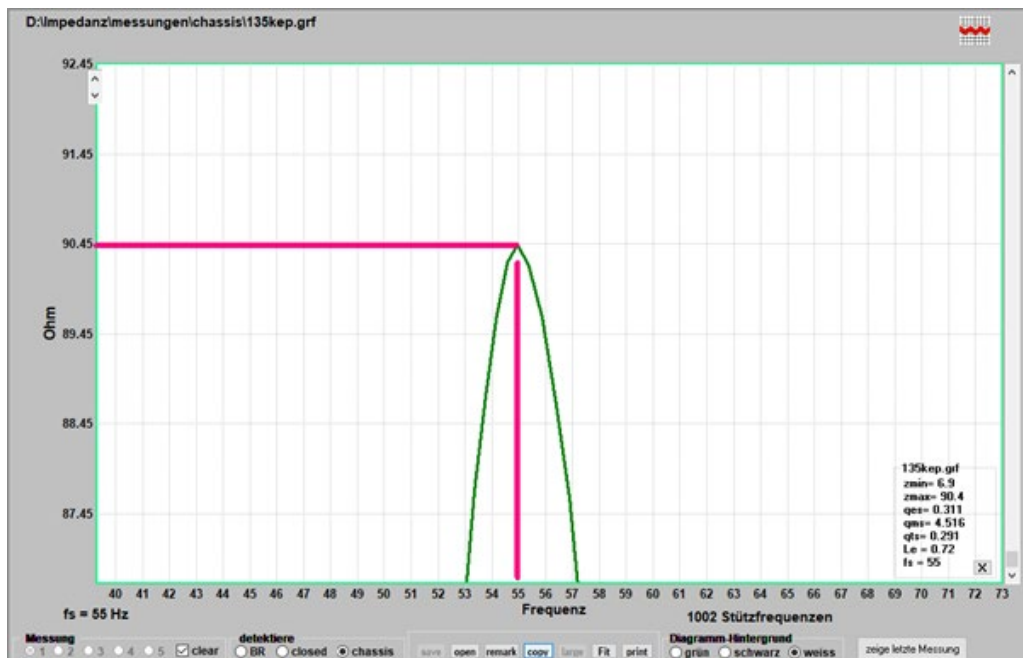
QL-Werte kleiner 10 deuten auf ein labiles und/oder undichtes Gehäuse hin

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

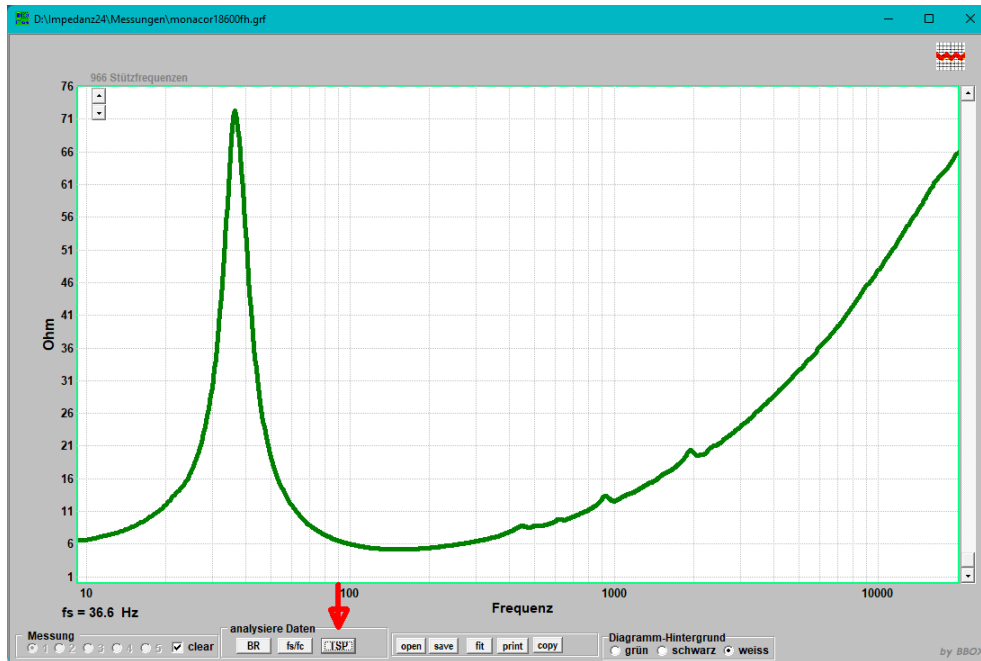


.. der gewählte Bereich wird automatisch gezoomt



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

Vermessung der LSP Parameter: „analysiere Daten“ => „TSP“



Daten ergänzen:

Re und Sd aus Datenblatt entnehmen, oder messen (Dd = Durchmesser Sickenmitte-Sickenmitte)

Einzig Cms **muss** gemessen werden. Hierfür ein Gewicht mit möglichst genau 101gr(zB Plastilin) auf die Membran legen, die Eintauchtiefe messen und den gemessenen Wert in mm eintragen.

Klick auf „weiter“ liefert die Parameter

The figure shows two screenshots of the TSP software interface. The left window is titled 'TSP' and contains a 'Daten ergänzen:' section with input fields for 'Cms[mm/N] messen!' (0.3), 'Re [Datenbl. od. messen]' (4.7), and 'Sd[cm²-Dbl oder messen]' (1140). There are radio buttons for 'Sd' and 'Dd', and a 'weiter =>' button. The right window is titled 'TSP' and contains an 'editiere TSP' section with a list of parameters: Chassis Bezeichnung, Qes = 0.360, Qms = 5.178, Qts = 0.337, Re = 4.70 ohm, fs = 36.6 Hz, Z1k = 12.6, Z10k = 47.9, Le = 1.17 mH, MMS = 63.0g, BxL = 13.8, CMS = 0.30, RMS = 2.80, VAS = 552.9L, BxL/Mms = 0.22, Sd = 1140.0cm². At the bottom, there is a 'sonstiges:' section with 'speichern', '*.txt', '*.bbx', and 'Abbruch' buttons.

.. die dann als *.txt oder *.bbx gespeichert werden können

Speichern:

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

Button „save“ im Grafikfenster speichert die Messung als *.grf

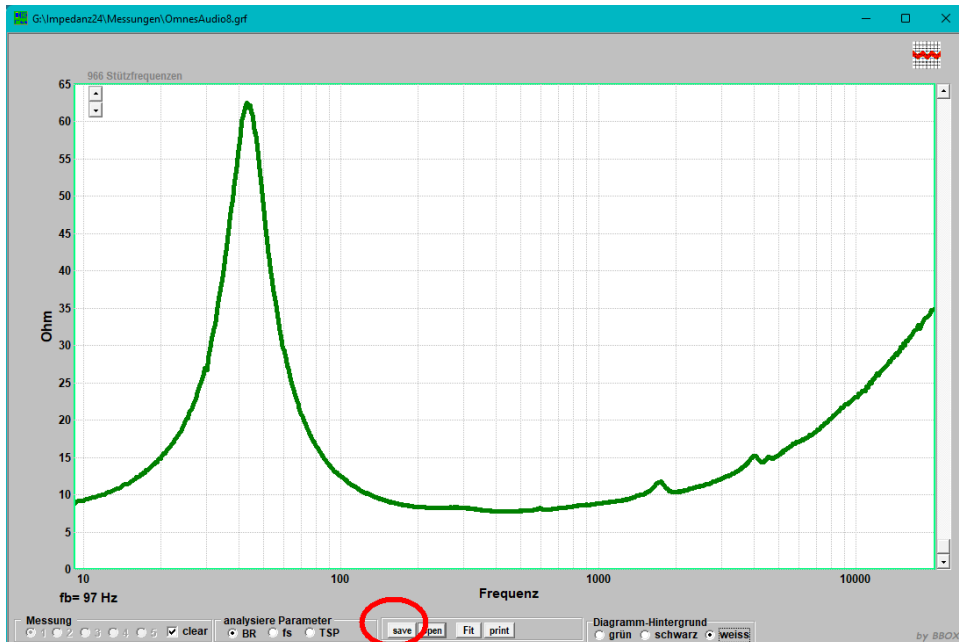


Tabelle:

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

txt speichern

CSV speichern

Die Tabelle wird für die weitere Verwendung in Excel, REW oder Boxsim aus dem Tabellenfenster direkt wahlweise als *.txt oder als *.csv gespeichert

Es besteht zudem die Möglichkeit ermittelte Parametersätze zur direkten Weiterverarbeitung mit BBOX (*.bbx) zu speichern

editiere TSP

Chassis Bezeichnung

Qes = 0.360

Qms = 5.178

Qts = 0.337

Re = 4.70 ohm

fs = 36.6 Hz

Z1k = 12.6

Z10k = 47.9

Le = 1.17 mH

MMS = 63.0g

BxL = 13.8

CMS = 0.30

RMS = 2.80

VAS = 552.9L

BxL/Mms = 0.22

Sd = 1140.0cm³

sonstiges:

speichern *.txt *.bbx Abbruch

Beschreibung Impedanz.ini

[parameter]

-- Kalibrierung

start: Startfrequenz Messung (min=10Hz)
stop: Stoppfrequenz 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 Schwelle 1-10 1=sehr empfindlich 5=grob 10=sehr grob
Ukorr: Korrekturfaktor Spannungsanzeige (default =1)
skal: Skalierung (wird bei Kalibrierung eingestellt - default =1)
offs: Offset (wird bei Kalibrierung eingestellt - default =0)
fKorr: Korrektur-f
res: Auflösung (Messpunkte oder Stützfrequenzen 1-3 =grob-mittel-fein)
-- Averaging
mps: Anzahl Messungen pro Stützfrequenz(10-max.100), ideal: 15
Glaettung: Smoothing (ein=1 , aus =0)
GltStaerke: Smoothing Stärke (1-9)

-- HW-Einstellungen

chsig: VM167 Eingang für "Signal" (default= 2)
chref: VM167 Eingang für "Referenz" (default=1)
chKs: VM167 Eingang für Körperschall Messung(default= 3)
chl: VM167 Eingang für Strom Messung(default= 4)
chV: VM167 Eingang für Spannungs Messung(default= 5)
Rmess: Messwiderstand Impedanz Messung (in Ohm)
Rmess2: Messwiderstand Strom Messung(in Ohm)
v: Verstärkungsfaktor des Operationsverstärker am Shunt (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)
timerspeed: Wert in ms - Möglichkeit das Programm zu bremsen (default =1)

-- Grafik

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

[Fenster]

xpos= Startposition
ypos=