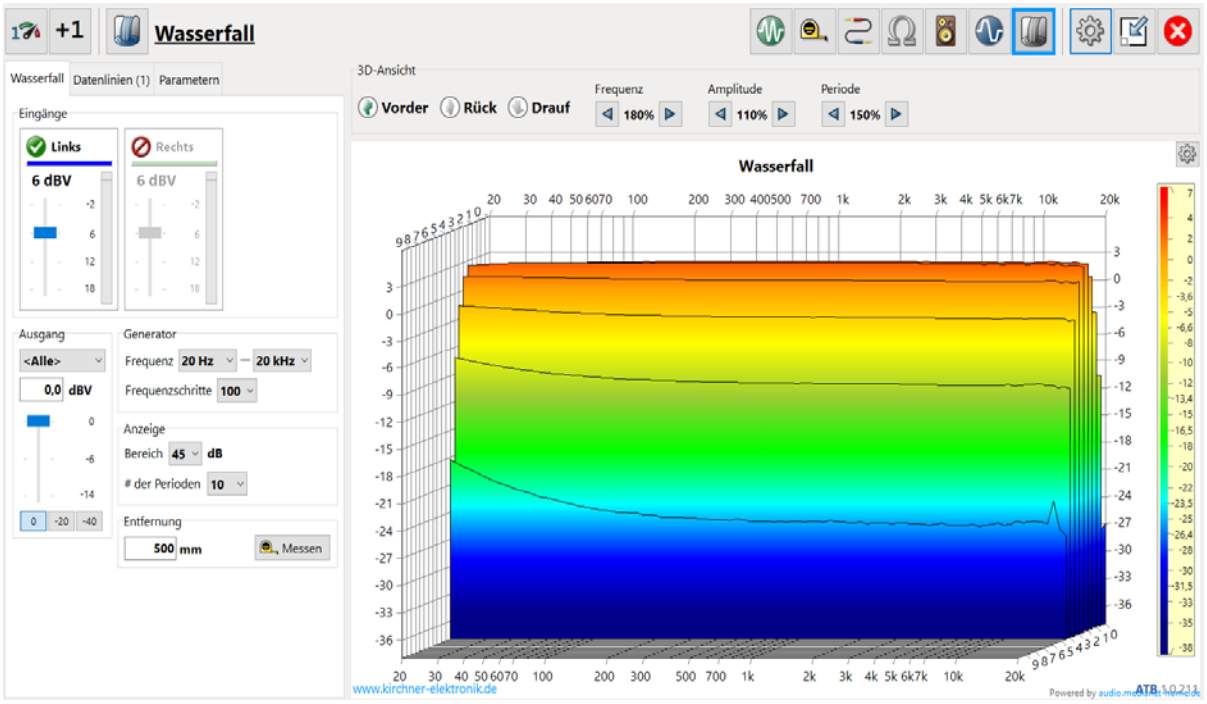
Kirchner elektronik

Kirchner elektronik, Brunnenweg 10, D - 38118 Braunschweig



ATB Audio Analyzer
HANDBUCH

H A N D B U C H

1. DAS MESSSYSTEM STELLT SICH VOR 4

2. DAS DEMOPROGRAMM 5

2.1 INSTALLATION DER SOFTWARE 5
2.2 PROGRAMMSTART 6
2.3 DIE PROFILE 8
2.4 WAHL DER SOUNDKARTE 8
2.3 DIE ERSTE DEMOMESSUNG 8

3. SETTING 10

3.1 PROFILE 10
3.2 KARTE ÜBER 11
3.3 KARTE AKUSTIK 12
3.4 KARTE ELEKTRONIK 14

4. VERWALTUNG 20

4.1 BESCHRIFTUNG 20
4.2 MESSUNGEN 21
4.3 MESSFUNKTIONEN 22

5. BEDIENELEMENTE 23

5.1 REGLER 23
5.2 EINGABEFENSTER 25
5.3 KURVENVERWALTUNG 26
5.4 DIAGRAMM VERWALTUNG 30
5.6 VOLTMETER 33
5.7 GENERATOR 33
5.8 DAS ATB SIGNAL 34

6. PHASENMESSUNG 36

6.1 GRUNDLAGEN 36
6.2 DIE PHASE BEIM LAUTSPRECHER 38
6.3 PHASEN DIAGRAMM 39
6.3 ELEKTRISCHE PHASENMESSUNG 40
6.4 AKUSTISCHE PHASENMESSUNG 41
6.5 IMPEDANZ PHASENMESSUNG 41

7. OSZILLOSKOP 43

7.1 GENERATOR 43
7.2 VOLTMETER 44
7.3 MESSUNGEN 44
7.4 SPRUNGANTWORT, STEP 46
7.5 DYNAMIC MEASUREMENT 48

8. ENTFERNUNGSMESSER 50

8.1 AUFRUF DER MESSUNG 50
8.2 LATENZZEIT 54

9. MAGNITUDE 57

9.1 FREQUENZGANG 57
9.2 PHASE 58

10. IMPEDANZMESSER 60

11. THIELE-SMALL PARAMETER 62

12. SCHALLPEGELMESSER, SPL 63

12.1 FREQUENZGANGMESSUNG 64
12.3 ANECHOIC MEASUREMENT 68
12.3 SUMME, KOMBINIEREN, IMPEDANZ 69
12.4 GLÄTTUNG 71
12.5 PHASENMESSUNG 72
12.6 LAUTSPRECHERMESSTECHNIK 72
12.7 MESSUNGEN IM AUTO 74
12.8 REALTIME ANALYZER 74
12.9 SPEKTRUM ANALYZER 75

13. TOTAL HARMONIC DISTORTION, THD 78

14. WATERFALL, ZERFALLSPEKTRUM 80

14.1 GRUNDLAGEN 80
14.2 MESSUNG 84

15. ANHANG 88

15.1 MESSUNGEN MIT CD IM AUTO 88
15.2 RAUMKORREKTUR 88
15.3 NAHFELDMESSUNG 89
15.4 EINMESSEN DER SURROUND ANLAGE MIT DVD 90
15.5 EINMESSEN DER HIFI STEREOANLAGE 99
14.6 DIGITALMESSUNGEN 103

1. DAS MESSSYSTEM STELLT SICH VOR

Das ATB Audio Analyzer Messprogramm bildet mit PC und Soundkarte einen genauen und umfangreichen 2-Kanal Audio Analyzer. Die Soundkarte kann eine im PC interne oder externe USB Soundkarte sein.
Das ATB Audio Analyzer Programm bildet zusammen mit dem USB Gerät ATB 807 den günstigsten Standart für die professionelle akustische Messtechnik.
Einzigartig ist die Genauigkeit der von der Zeit abhängigen Messungen wie Oszilloskop, Wasserfall und elektrische oder akustische Phasenmessung. Damit dies mit der Windows Software und der USB Soundkarten Hartware möglich ist, wurde die Messung Time Calibration entwickelt.
Für die Frequenz- und Phasengang Messung sind beide gebräuchlichen Messverfahren der Audio Messtechnik vorhanden. Als Messsignal wird ein Rauschsignal, hier ATB, oder der Sinus-Sweep verwendet. Messungen mit Rauschsignal sind bekannt von den Messsystemen mit LMS, MLSSA, Clio und ATB Messsignal. Der Sinus-Sweep wird beim Klippel Messsystem verwendet. Die THD Messung benutzt das Sinus Signal.

Für das Zerfallspektrum, auch Wasserfall genannt, ist die Messung mit dem Cos-Burst von Vorteil. Die Messung zeigt neben dem Ausschwingverhalten auch den Einschwingvorgang. Durch die Skalierung der Zeitachse in Perioden kann der Frequenzbereich von 5Hz – 24kHz abgebildet und beurteilt werden.
Durch umfangreiche automatische Kalibrierung der Soundkarte entsteht ein sehr genaues Messsystem. Ein- und Ausgangsspannungen zeigen die echten Werte. Hierbei ist entsprechend der Soundkarte eine 24bit Genauigkeit mit 192kHz möglich.
Für die Einstellungen einer Surround Anlage werden die Signale für die einzelnen Kanäle erzeugt.

SPL, Schallpegelmessung mit Amplitude und Phase
SPL mit anechoic, quasi Raumunaghängiger Messung,
Magnitude, elektrische Frequenzgangmessung mit Phase
RTA, Realtime Analyzer
Impedanzmessung, Impedanzfrequenzgang mit Phase
Spektrumanalyzer
Thiele-Small Parameter, Berechnung mit externen Programm
2-Kanal Oszilloskop, Einzel- und Dauermessung, Speicherfunktion
THD, Klirrfaktormessung über den Frequenzgang
Distance, Abstands und Delay Messung
Zerfallspektrum, Wasserfall, mit Cos-Burst gemessen
Voltmeter
Generator mit Bluetooth und Surround Signalen
Frequenzgangmessungen mit Auto-Test CD oder Surround-Test DVD

Das ATB Audio Analyzer Messprogramm ist wie modernste Messtechnik so einfach wie ein Analyzer zu bedienen. So ist das Messsystem auch für den interessierten Laien zu verwenden.
Die Oberfläche des ATB Audio Analyzer Messprogramms ist für den Tablet Betrieb mit Touchscreen optimiert. Die besondere Messtechnik ermöglicht die Frequenzgangmessung auch mit einer CD oder USB Stick im Auto oder einer DVD für die Surroundanlage. Die DVD wird einfach im DVD, Blueray abgespielt. Sie enthält auch Signale zum gehörmäßigen Check der Surround Wiedergabe.
Der Audio Analyzer dient bei der Entwicklung von Lautsprechern, der Optimierung der Raumakustik, der Installation von Car Hi-Fi Anlagen und dem Einmessen von Surround Anlagen. Das Programm enthält umfangreiche Speichermöglichkeiten. Mehre Funktionen unterstützen die Dokumentation. Durch das Speichern in Textformat können die Daten mit CAD Programmen weiterverarbeitet oder in vorhandenen Datenbanken gespeichert werden.

Das Programm läuft unter Windows 7, 8., Vista und 10, 11.

2. DAS DEMOPROGRAMM

Das Programm kostenlose Demo Programm kann in zwei Modi benutzt werden.

1. Betrieb ohne Registrierung.
   Das Programm kann ohne Zeitbegrenzung genutzt werden. Das Speichern ist aber nicht möglich.
2. Das Programm besitzt alle Funktionen mit einer Laufzeit von einem Monat. Hierzu wird im Setting Menü auf der Über Karte mit dem Link eine Registrierung durchgeführt. Im Kontakte Menü wird der Name, die E-Mail Adresse und die Programm ID eingetragen und versandt. Danach erhalten Sie eine Mail mit der Seriennummer, die in das Programm eingetragen wird.

2.1 INSTALLATION DER SOFTWARE

Mit folgendem Link wird das Installationsprogramm aufgerufen

https://kirchner-elektronik.de/download/

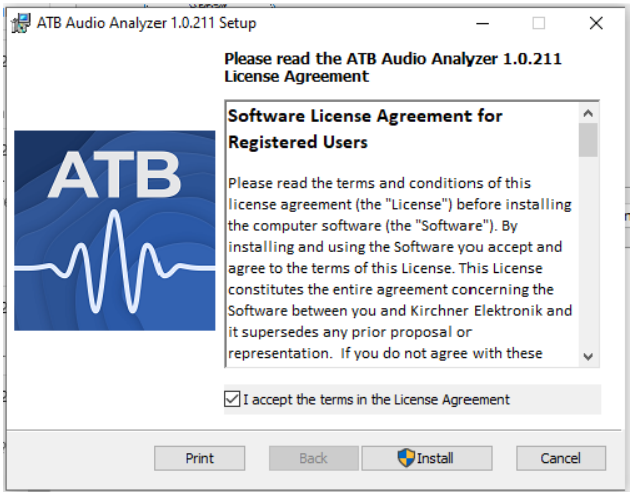
Im Download Ordner wird das Installationsprogramm gestartet.

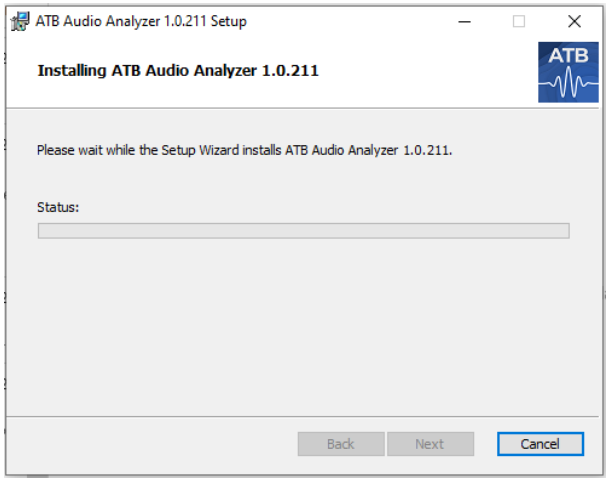
Es kann folgende Meldung erscheinen. Diese weist auf eine ausführende Datei hin.

In der folgenden Meldung wird Weiter Informationen angeklickt

Mit trotzdem Ausführen wird die Installation fortgeführt.

Folgen Sie nun den Anweisungen des Setupprogramms.

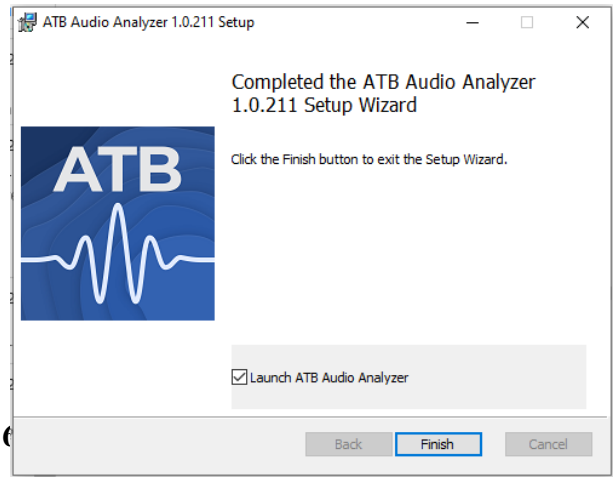




Es erscheint ein Menü mit folgender Frage:

Möchten Sie zulassen, dass durch diese App Änderungen an Ihrem Gerät durchgeführt werden?

Mit “Ja“ bestätigen.



2.2 PROGRAMMSTART

Programm öffnen

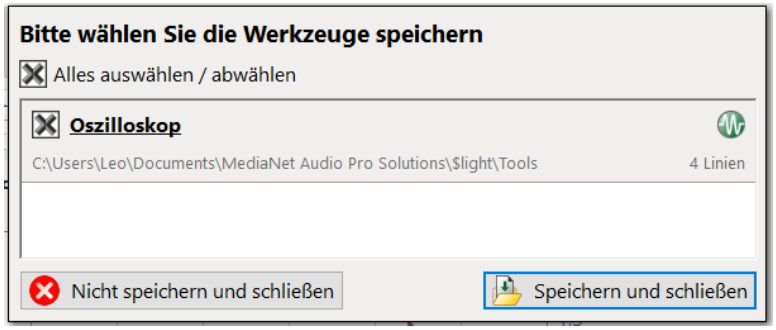
Mit dem Button wird das Programm geöffnet.

Die Navigation

Oben auf der Programmoberfläche befindet sich die Navigationsleiste. Diese ist so gestaltet, dass sie auch beim Windows Touchscreen oder Tablet einfach zu bedienen ist. Mit der Leiste werden die Programme, das Setting, die Verkleinerung und das Schließen aufgerufen. Bei den Programmen wird das Laden und Speichern sowie die Beschriftung durchgeführt.
Die Funktionen werden folgend beschrieben.

Programm schließen

In dem folgenden Menü können die Messungen sowie die Einstellungen in den Messprogrammen gespeichert werden.



Dort wird auch der Speicherort angezeigt. Beim erneuten Aufruf des Programms werden die Parameter für die Messung sowie die Messdaten gesetzt.

Programm minimieren

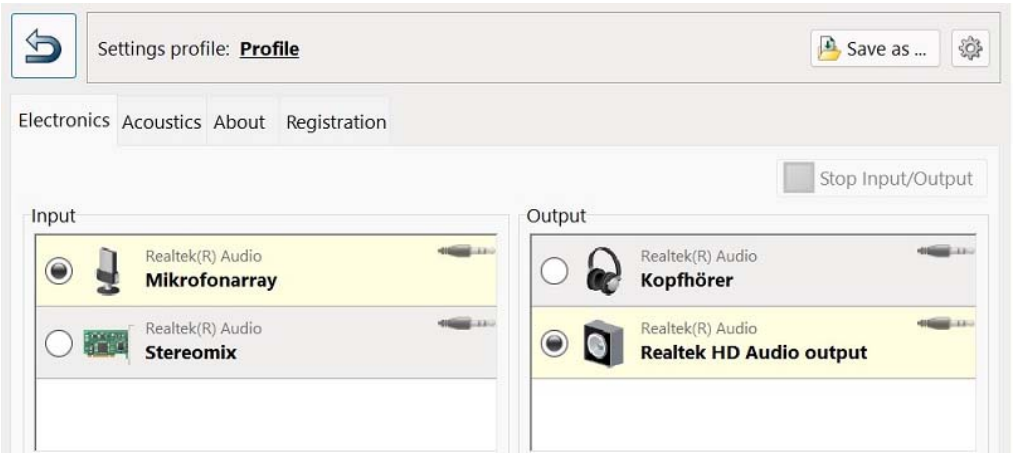
2.3 DIE PROFILE

Mit der Schaltfläche wird das Setting Menü geöffnet.

Mit dem Programm können Messungen mit unterschiedlichsten Soundkarten durchführen. Jede Soundkarte kann mit unterschiedlichen Einstellungen, Auflösung und Samplingrate und Mikrofon Kombinationen kalibriert werden. Damit nach dem Start des Programms die Messung sofort möglich ist, sind die Konfigurationen in einem Profil gespeichert.

Für die Demo sind Daten im Profil mit dem Namen Profil für das Messen ohne Kalibrierung gespeichert. So kann nach der Wahl der Soundkarte das Messprogramm durchgespielt werden.

2.4 WAHL DER SOUNDKARTE



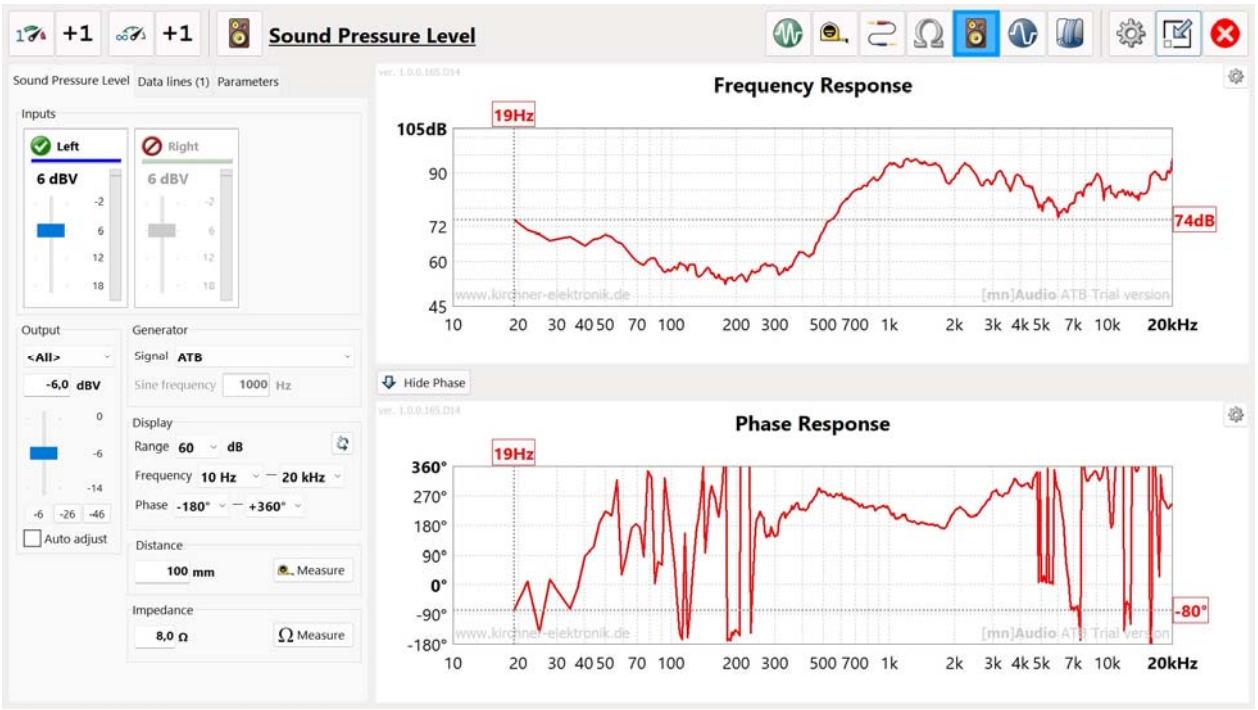
Als Beispiel für den Demo Betrieb wird ein Notebook benutzt. In dem Menü wird dar Mikrofoneingang und der PC Lautsprecher der internen Soundkarte gewählt.
Bei einem Desktop Rechner kann auch eine USB Soundkarte mit Angeschlossenen Headset benutzt werden. Ist schon ein Messaufbau vorhanden kann auch dieser angeschlossen werden.

2.3 DIE ERSTE DEMOMESSUNG

Da das Notebook Mikrofon und Lautsprecher besitzt soll als erstes der Frequenzgang des PC Lautsprechers gemessen werden. Hierbei werden die internen Mikrofone benutzt die gegenüber dem PC Lautsprecher einen ausgeglichenen Frequenzgang besitzen. Für die Demo sind sie geeignet, aber nicht für die Messtechnik.

In der Menü Leiste wird mit der Schaltfläche Lautsprecher das SPL Programm geöffnet.

Mit diesen Schaltflächen wird die Messung gestartet. Mit der linken wird eine einzelne Messung durchgeführt. Die folgende +1 Schaltfläche fügt eine Messung hinzu. So können viele Messungen gleichzeitig dargestellt werden. Die mittlere Schaltfläche startet eine Dauermessung. Es wird dabei laufend eine neue Messung gezeigt, die RTA Messung. Mit der rechten Schaltfläche wird eine neue Dauermessung gestartet die zusammen mit den vorhandenen Messungen gezeigt wird.



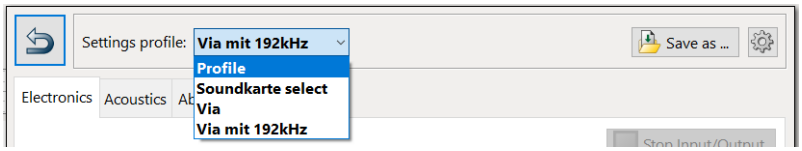
Durch die Korrelations- Funktion des Messprogramms benötigen die Amplituden Frequenzgangmessungen keine Abstandsmessung, z.B. durch die Impulantwort.
Bei der Phasen Frequenzgang Messung, die eine Funktion der Zeit ist, muss der Abstand bestimmt werden. Für die Demo kann der Abstand, Distance, eingestellt werden und mit einer neuen Messung die Phase richtiger dargestellt werden.
Nach den Messungen können die Kurven in der Karte Data Lines angesehen und bearbeitet werden.
In der Karte Parameters sind Funktion für die Darstellung der Kurve und Grafik vorhanden.
Interessant zum Testen ist auch das Oszilloskop.

Ohne Kalibrierung sind die Werte für die Ein- und Ausgangsspannung nicht richtig. Auch die Impedanzmessung benötigt die Kalibrierung.

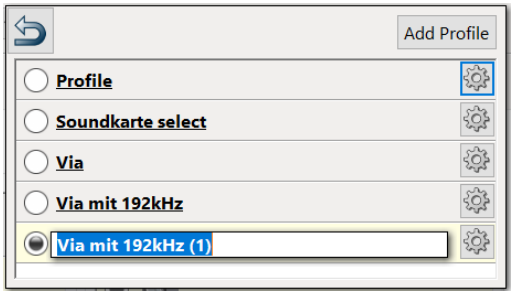
3. SETTING

3.1 PROFILE

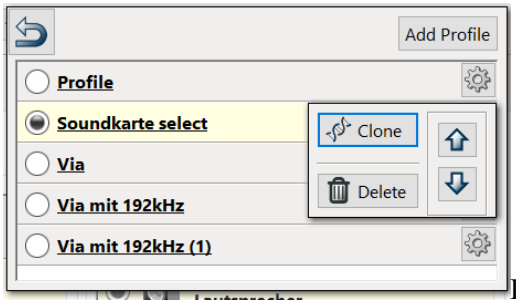
Das Messprogramm besitzt komfortable Speichermöglichkeiten. Diese ermöglichen schon einmal durchgeführte Messungen aus dem Speicher aufzurufen. In dem Profil werden die Soundkarte und deren Kalibrierung sowie die Kalibrierung des Mikrofons gespeichert. Dies ermöglicht den direkten Start der Messung nach Programmstart. Bei einem Wechsel von Soundkarte oder Mikrofon wird das entsprechende Profil aufgerufen. Die Kalibrierung muss nicht erneut durchgeführt werden. Auch können Profile mit unterschiedlichen Einstellungen für die Kalibrierung gespeichert werden. Im Setting Menü wird als erstes das Profil gewählt. Das Profil bestimmt die Soundkarte und deren Einstellung sowie enthält die Kalibrierung.
Ein Profil kann die Messungen im Auto sein. Im Auto wird eine Soundkarte mit 48kHz und 16bit gewählt, die die Messsignale der Auto-Test CD misst. Bei der Lautsprecher Entwicklung wird ein Profil mit höherer Messgenauigkeit erstellt. Für die Soundkarte werden 96kHz und 24bit gewählt. Ein Profil kann auch für ein bestimmtes Mikrofon angelegt werden. Da in dem Profil auch die entsprechende Kalibrierung enthalten ist, können auch spezielle Messungen mit besonderen Kalibrierungen als Profil erstellt werden. Bei der Kalibrierung kann z.B. auch der DSP mit eingezogen werden.
Die Anzahl der Profile ist nicht begrenzt.



Nach der Kalibrierung wird mit Profile speichern, save at, das Profile gespeichert.



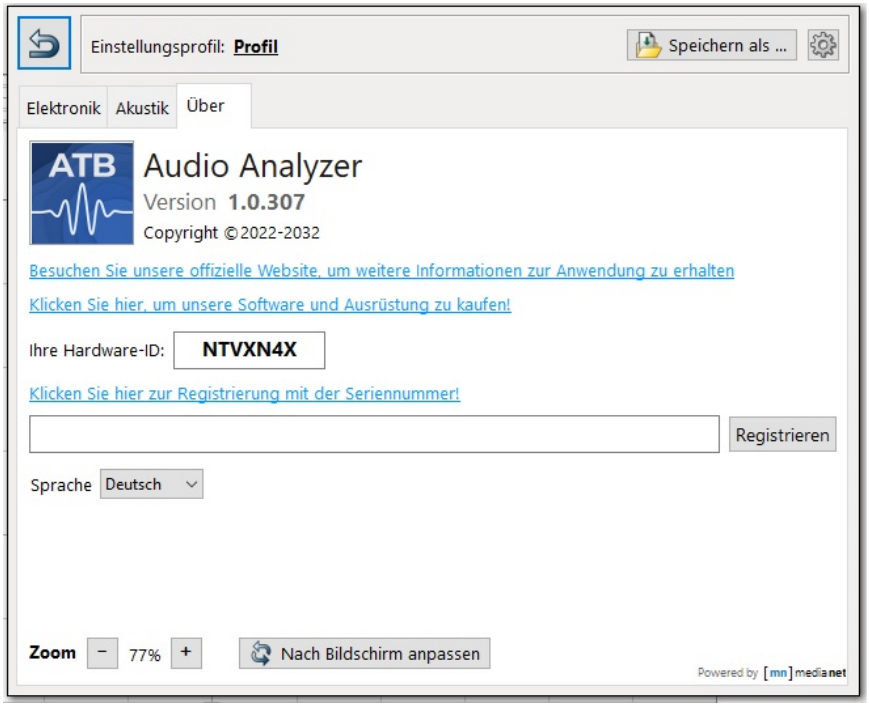
In dem Menü erhält das Profil den Namen. Durch schließen des Menüs wird das Profil gespeichert.



Durch dieses Menü wird das Profil verwaltet.

3.2 KARTE ÜBER

Im Setting Menü wird die Karte Über geöffnet.



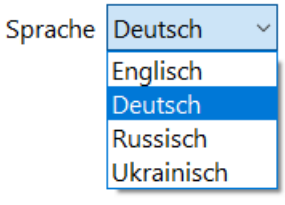
Das Menü enthält Folgende Links:

Informationen über das ATB, Handbuch unter Download

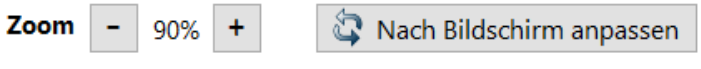
Kauf

Registrierung für ein kostenloses Demo Programm für einen Monat

Mit dem Link wird die Kirchner elektronik Seite aufgerufen, im Kontakt Formular die vorher notierte Hardware-ID eingetragen und das Formular mit E-Mail Adresse und Namen versandt. Die Seriennummer erhalten sie dann per E-Mail.
Für den Demo Betrieb mit allen Funktionen wird die Registrierung durchgeführt.
Nach dem Neustart des Programms ist es betriebsbereit.
Informationen über das Programm

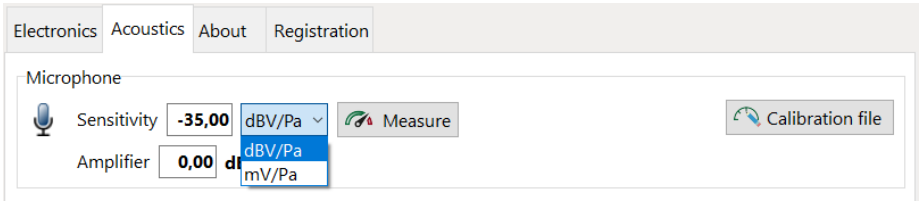


Hier wird die Sprache gewählt.



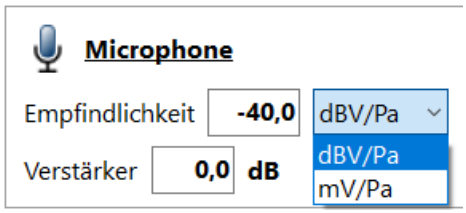
Hier wird die Größe der Bedienelemente eingestellt.

3.3 KARTE AKUSTIK



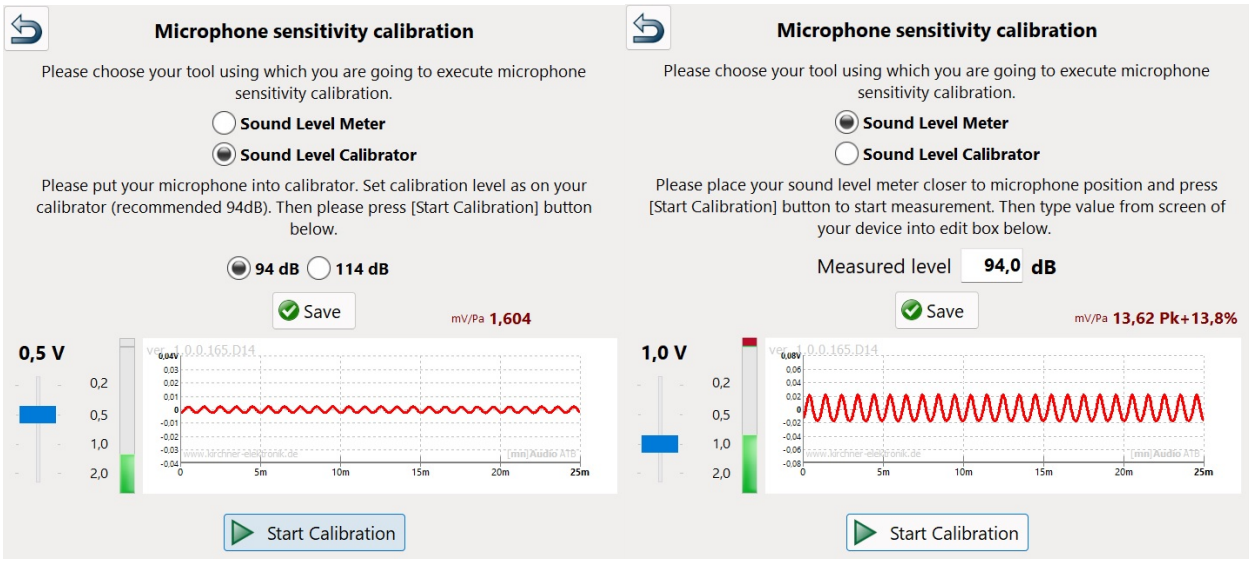
In der Karte Akustik, Acoustics, wird das Mikrofon Kalibriert und eine Kalibrierdatei geladen.

Die Kalibrierung des Mikrofons benötigt die SPL Messung für den Kennschalldruck, 1W/1m. Bei der Kalibrierung wir die Empfindlichkeit des Mikrofons bestimmt.



Ist die Empfindlichkeit bekannt wird sie in dem Menü eingetragen

Je nach Hersteller wird sie in Schalldruck / Pascal, dBV/Pa, oder Volt / Pascal, mV/Pa, angegeben.
Wird bei einer Schalldruckmessung ein Mikrofonvorverstärker benutzt, wird dieser bei der Kalibrierung nicht berücksichtigt. Daher kann die Verstärkung in das Menü unter Verstärker eingegeben werden.
Gibt es für das Mikrofon keinen Wert für die Empfindlichkeit, oder soll dieser Wert geprüft werden, Bietet das Messprogramm zwei Verfahren zur Kalibrierung des Mikrofons.
Kalibrierung mit Schallpegelmesser



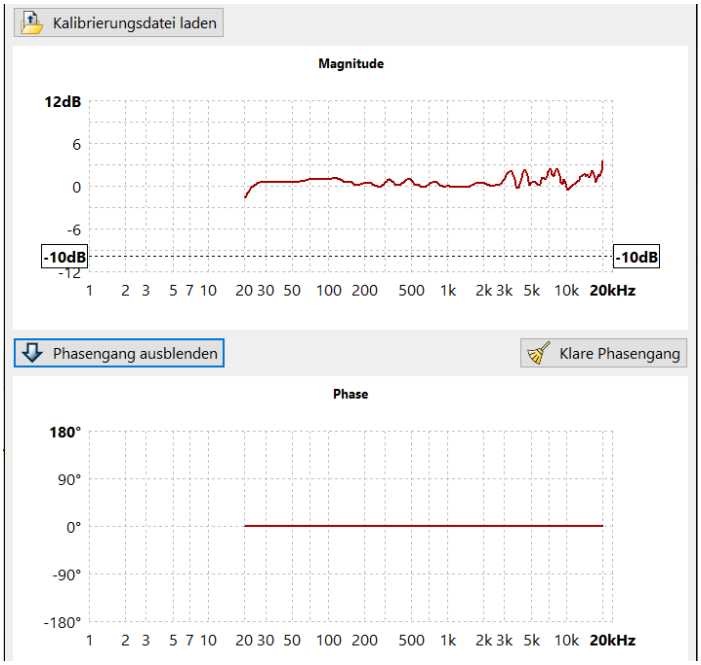
Kalibrierung mit Kalibrator **Kalibrierung mit Schallpegelmesser**

Bei diesen Methoden der Kalibrierung wird der Mikrofon Vorverstärker für die Anzeige in der SPL Messung mit berücksichtigt.

Achtung:
Die Mikrofonempfindlichkeit besonders bei Mikrofonkapseln wird vom Hersteller unterschiedlich gemessen. Deshalb prüfen!

Kalibrierung des Frequenzgans

Gerade günstige Mikrofone besitzen keinen linearen Frequenzgang. Deshalb werden sie vom Hersteller gemessen und eine Korrekturdatei erstellt. Die Datei kann in das Messprogramm geladen werden und so eine weitestgehend lineare Schalldruckmessung durchgeführt werden.

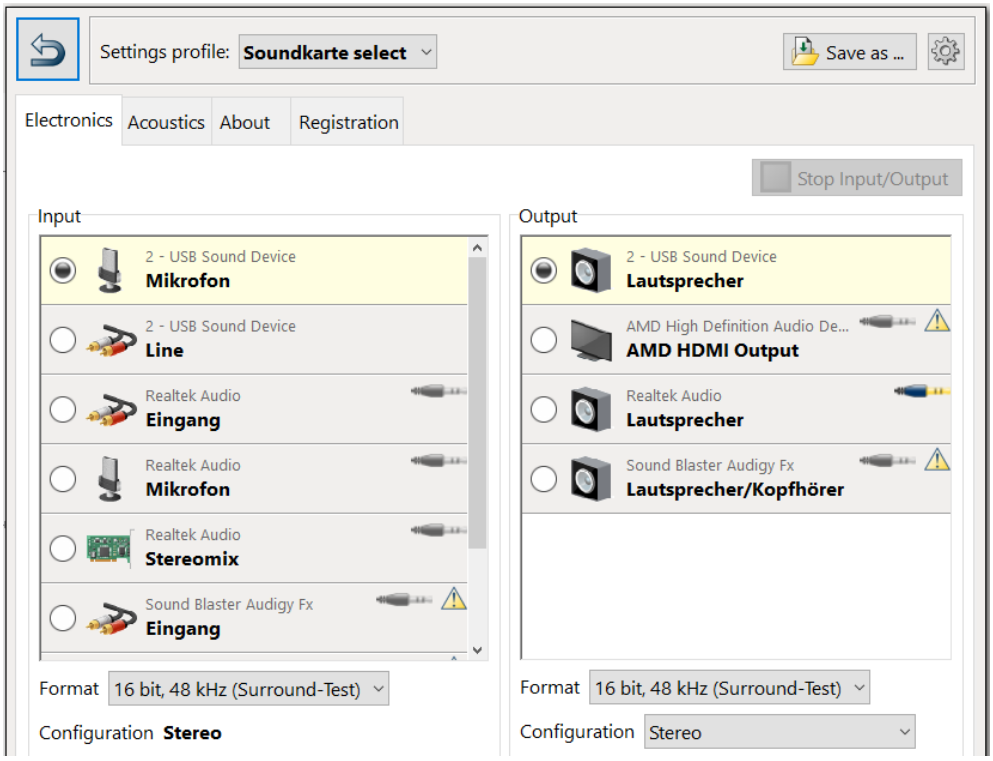


In dem Menü ist eine Kalibrierdatei geladen.
Achtung:
Bei diesem günstigen Mikrofon ist es nicht sinnvoll die Datei zu benutzen. Wenn kein Messfehler vorliegt, sind die Messungen viel glatter. Diese Sprünge im Frequenzgang besitzt kein Mikrofon.
Richtige Messmikrofone benötigen keine Kalibrierdatei.
Die akustische Phase ist nur selten in der Kalibrierdatei enthalten.

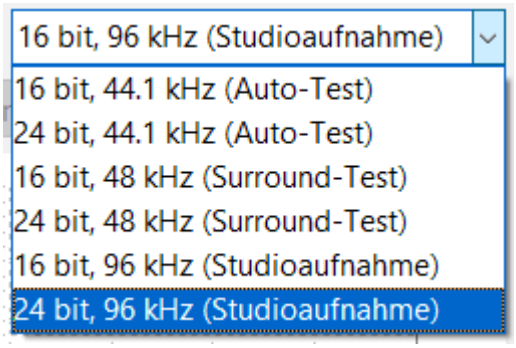
Der einfachste Messaufbau benutzt das Kirchner elektronik Messmikrofon. Dies wird direkt an den Mikrofoneingang der Soundkarte angeschlossen. Die benötigte Versorgungsspannung wird von der Buchse geliefert. Das Mikrofon ist kalibriert. Die Kalibrierdatei kann von der Internetseite unter download geladen werden.

3.4 Karte Elektronik

Im Setting Menü wird die Elektronik Karte, geöffnet.



In dem Menü werden die zur Verfügung stehenden Soundkarten gezeigt. Für den Eingang wird der Mikrofoneingang gewählt. Dieser wird vom Messprogramm benutzt. Der Mikrofoneingang besitzt die volle Genauigkeit der Soundkarte.
Ist schon ein Profil vorhanden wird dieses gewählt und die Soundkarte aktiviert.
Unter Format kann die Auflösung, bit, und die Samplefrequenz, kHz, für Ein- und Ausgang gewählt werden.



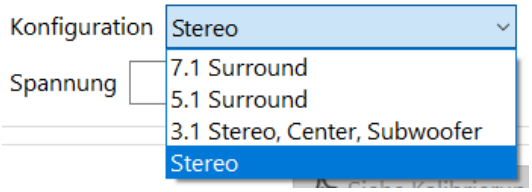
Das Menü zeigt die zur Verfügung stehenden Einstellungen. Die Messungen mit dem ATB Signal werden mit der Samplerate von 48kHz und einer Auflösung von 24bit durchgeführt. Die Samplerate von 96kHz erweitert beim ATB Signal den Frequenzgang nicht, ist aber auch nicht nachteilig in Bezug auf die Phasenmessung.

Bei dem Sinus-Sweep ist die Samplerate von 96kHz zu wählen. Höhere Abtastraten erweitern den Frequenzgang nicht, da die analogen Verstärker nur bis 30kHz einigermaßen linear sind.
Bei der Wasserfallmessung ist eine Samplerate von 92kHz oder 192kHz vorteilhaft für die Darstellung der hohen Frequenzen.
In dem Menü werden die technischen Daten der Soundkarte gezeigt. Neben bit und kHz wird auch auf die sinnvolle Einstellung der entsprechenden Messung hingewiesen. Die Einstellung Studioaufnahme ist hauptsächlich bei der Wasserfallmessung notwendig. Das Programm testet, ob die Einstellungen vom Windows durchgeführt werden können. Kann die USB Verwaltung eine Einstellung nicht ausführen, gibt es eine Fehlermeldung. Dann müssen Auflösung oder Samplefrequenz reduziert werden.

Einstellung der Surround Anlage

Das Messprogramm bietet die Möglichkeit zum Einstellen der Surround Anlage.
Dies wird nötig, da die Einmesskomputer der Verstärker mit Algorithmen arbeiten, die nicht zu dem besten Klang führen. Ein großes Problem ist die automatische Einstellung der Subwoofer Weiche. Diese wird erst durch die Messungen mit einem externen Programm richtig.

Das Messprogramm ermittelt die von der Soundkarte zur Verfügung gestellten Ausgänge. Diese werden im Konfiguration Menü gezeigt.



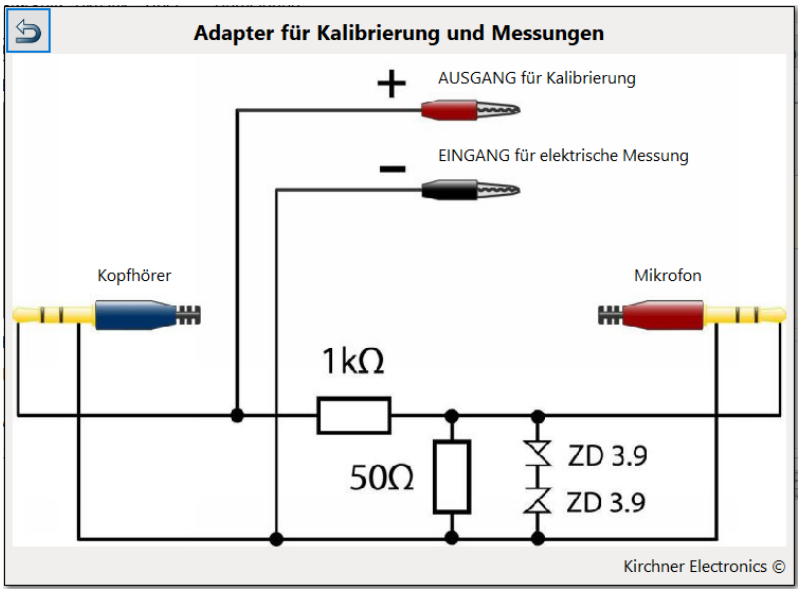
Entsprechend der Surround Anlage wird die Konfiguration der Ausgänge. Diese Einstellung wird im Messprogramm für den Ausgangsregler, Wahl des ausgangs, übernommen.

Achtung:
Nach der Änderung der Konfiguration ist eine neue Kalibrierung erforderlich.
.
Der einfachste Messaufbau benutzt das Kirchner elektronik Messmikrofon. Dies wird direkt an den Mikrofoneingang der Soundkarte angeschlossen. Die benötigte Versorgungsspannung wird von der Buchse geliefert.
Es kann aber auch ein USB Mikrofon benutzt werden.
Um alle Möglichkeiten des Messprogramms auszunutzen, ist eine Soundkarte mit zwei Mikrofoneingängen für die 2-Kanal Messung zu empfehlen.
Besitzt die Soundkarte nur einen LINE Eingang, ist für die SPL Messung ein Mikrofonvorverstärker notwendig. Der Mikrofonverstärker wird in die Kalibrierung mit einbezogen, wobei die Versorgungsspannung für das Mikrofon ausgeschaltet sein muss.
Eine Soundkarte mit 192kHz und 24bit besitzt die maximale Genauigkeit für die Messungen.
Bei dem Audio Analyzer der Kirchner Elektronik sind in dem USB Gerät alle für die Messungen benötigten Wandler, Verstärker und Schalter für die verschiedenen Messungen enthalten.

TEST-ADAPTER

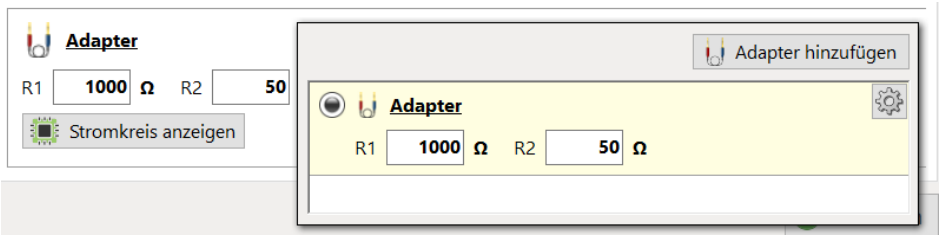
Für die Kalibrierung ist der Test-Adapter notwendig. Dieser verbindet den Kopfhörer Ausgang der Soundkarte über einen Spannungsteiler mit dem Mikrofoneingang

mit der Schaltfläche wird die Schaltung des Test-Adapters gezeigt



Einfache Ausführung für einen Test-Adapter zur Kalibrierung. Ein Klinken Stecker Kabel wird durchgeschnitten und mit den 1kΩ und 2x100Ω parallel Widerständen verbunden. Das Kabel für den Kopfhörerausgang wird mit einer heißen Ader angeschlossen. Beim Kabel für den Mikrofoneingang werden beide heißen Leiter verbunden und angeschlossen. Bei der Messung der Ausgangsspannung wird der Masse Leiter und das heiße Kabel des Kopfhörerausgangs an das Multimeter angeschlossen.

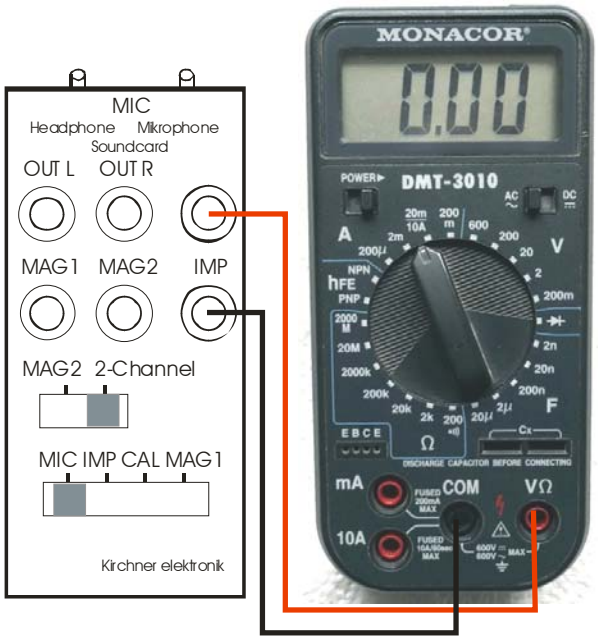
Der Adapter passt mit einem Spannungsteiler die Ausgangsspannung der Soundkarte an den empfindlichen Mikrofon Eingang an.



Die Werte für R1 und R2 können neu gewählt werden. Die vorgeschlagenen Werte haben sich aber bewährt.
ATB Anwender können den Adapter vom ATB PC und ATB PC Pro verwenden. Bein ATB PC Pro Test Adapter wird die 1 gewählt. Bei den Audio Analyzer der Kirchner Elektronik wird die 1 bei der Kalibrierung gewählt.
Unterschiedliche Test Adapter können im Shop der Kirchner elektronik bestellt werden.
Die aufwendigen Test-Adapter bilden mit verschiedenen Ein- und Ausgängen sowie Schalter zur Wahl der Messung ein Interface zur einfachen Durchführung der Messungen.

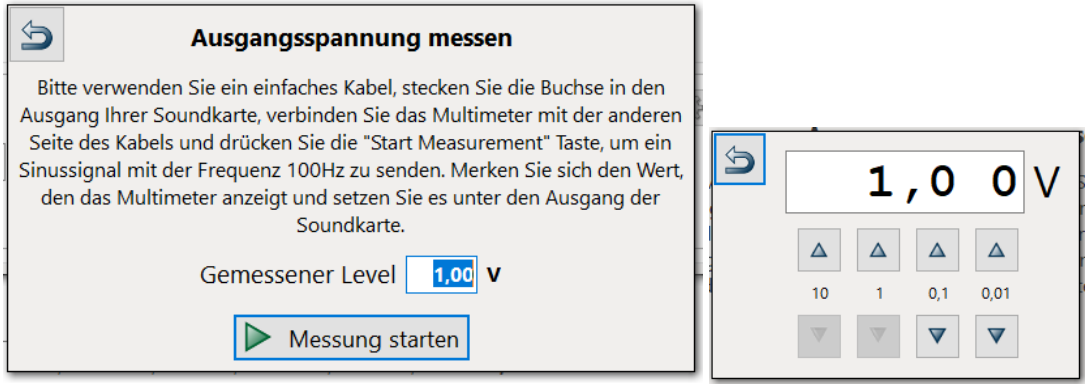
Start der Kalibrierung

Der Kalibriervorgang beginnt mit der Messung der Spannung am LINE oder Kopfhörer Ausgang der Soundkarte. Diese wird mit einem Multimeter gemessen, wobei die AC Messung eingestellt wird. Bei einem angeschlossenen 3.5mm Klinken Kabel wird entsprechend der obigen Adapter Schaltung das Multimeter angeschlossen.
Die Ausgangsspannung der Soundkarte kann mit einem Audio Klinken-Cinch Kabel am Cinch Stecker gemessen werden.

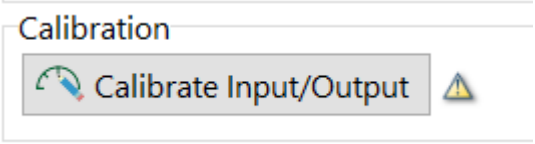


Messaufbau mit dem ATB Audio Analyzer Test-Adapter

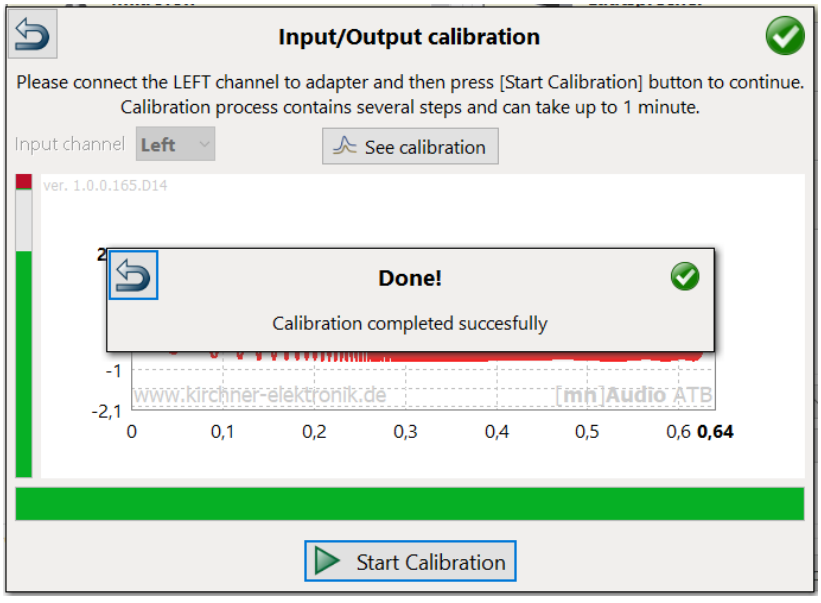
Nach der Aktivierung der Messung durch den Messen Button erschein das Menü in dem die Spannung eingetragen wird.
Führen Sie die Messung sorgfältig durch. Auf diesen Wert beziehen sich alle Pegel Anzeigen des Programms.



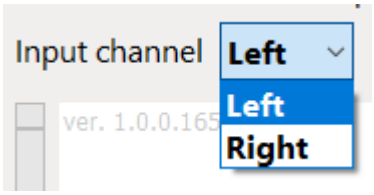
Der nächste Schritt ist die Eingangs/Ausgangs Kalibrierung.
Die Kalibrierung linearisiert den Frequenzgang, stellt die Genauigkeit für die Spannungs- oder Pegel Anzeigen ein und bestimmt das Zeitverhalten. Da das Zeitverhalten eines PCs von vielen Faktoren abhängig ist, kann nach einem Programmstart eine neue Kalibrierung erfolgen. Für die zeitabhängigen Messungen beim Oszilloskop, Wasserfall und der Abstand/Delay ist eine neue Kalibrierung zu empfehlen.



Diese wird mit dem Button Eingang/Ausgang kalibrieren gestartet.

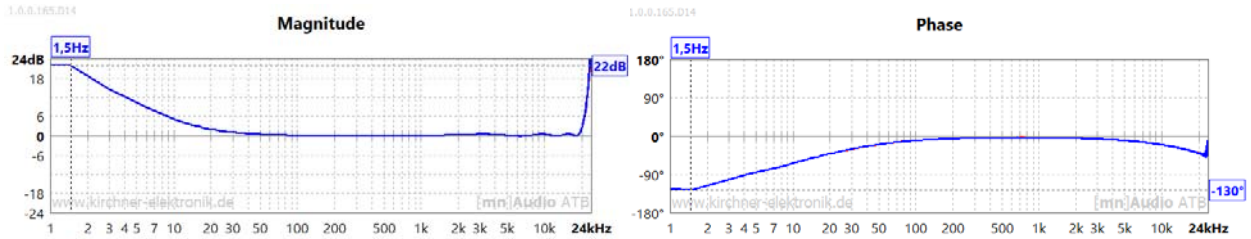


Mit Start-Kalibrierung wird der Vorgang gestartet. Erscheint nach dem Start eine Fehlermeldung wird die Wahl von Ein- und Ausgang überprüft. Danach der korrekte Anschluss des Test-Adapters. Bei sehr wenigen Soundkarten ist die Belegung des Mikrofoneingangs getauscht.



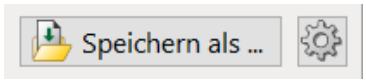
Mit der Schaltfläche Input Channel wird der linke Kanal gewählt.

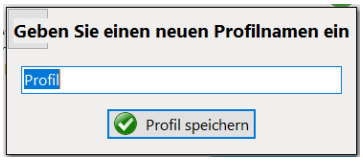
Bei den Messungen werden die Einstellungen für Ein- und Ausgang sowie das Frequenz- und Zeitverhalten der Soundkarte getestet und Korrektur Dateien erstellt. Eine wichtige Funktion ist auch der Test des Zeitverhaltens des Betriebssystems. Das Zeitverhalten ist in gewissen Grenzen von der Konfiguration des Rechners und den geöffneten Programme abhängig. Deshalb kann es sinnvoll sein bei den Veränderungen der geöffneten Programme die Kalibrierung zu wiederholen. Spezielle Rechner oder Soundkarten können auch nach jedem Programmstart eine Kalibrierung erfordern.
Wenn das obige Bild erscheint, ist die Kalibrierung erfolgreich durchgeführt worden. Der Button Siehe Kalibrierung zeigt den Frequenz- und Phasengang der Soundkarte. Diese dienen bei den folgenden Messungen zur Korrektur. Hierbei wird die höchste Genauigkeit erreicht. Die Kurven geben auch einen Hinweis auf die Eigenschaften der Soundkarte.



Mit Profil speichern wird die Kalibrierung in das Einstellprofile übernommen. Für unterschiedliche Messungen können auch mehrere Profile mit unterschiedlichen bit und kHz für eine Soundkarte erstellt werden. Diese werden dann für die entsprechende Messung aufgerufen

Speichern der Kalibrierung





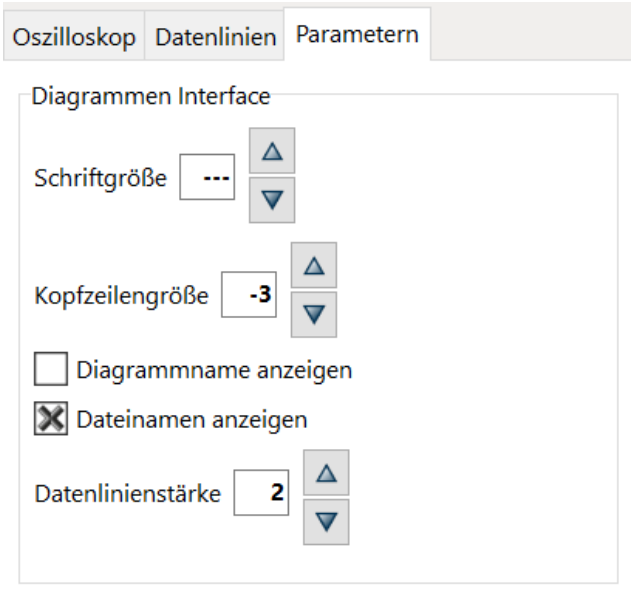
In dem Menü ist eine Kalibrierdatei geladen.

4. VERWALTUNG

4.1 BESCHRIFTUNG

Die Funktionen für die einzelnen Programme sind identisch.

Als Beispiel wird die Oszilloskop Messung gezeigt.
Beschriftung und Diagrammname der Messung werden bei den Messungen in der Karte



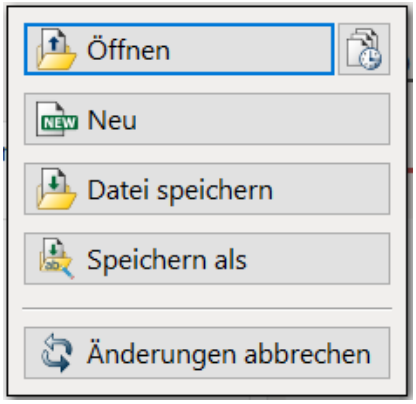
eingestellt.

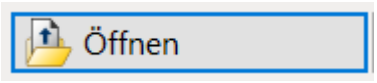
Durch das Anklicken der Schrift erscheint das Eingabefeld.

Die Schrift wird auch gleichzeitig im Diagramm der Messung eingetragen. Die Schriftgröße wird im Parameter Menü der Messung eingestellt. Hier lässt sich auch wählen ob der Diagrammname, Sprungantwort von der Richtig, und der Dateiname, Oszilloskop, angezeigt werden soll.

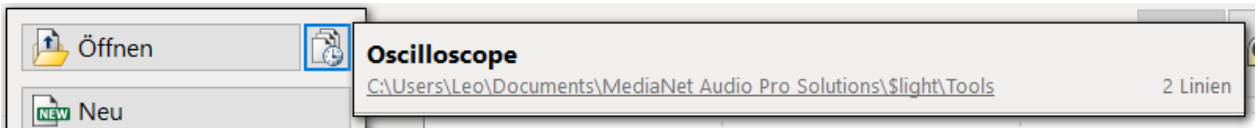
4.2 MESSUNGEN

Nach einem Klick auf die Schaltfläche der Messung erscheit das Menü zum Laden und Speicher der Messung

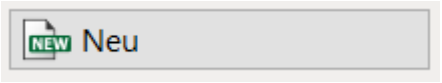




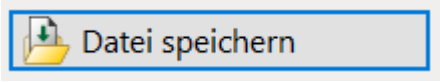
Bei der Betätigung wird ein Projekt mit allen Messungen geladen. Es wird im Explorer der Ordner mit den gespeicherten Projekten geöffnet.



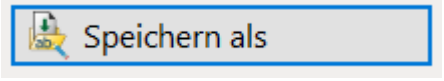
Bei der Betätigung der kleinen Schaltfläche werden die Messungen gezeigt, die beim Schließen des Programms gespeichert wurden.



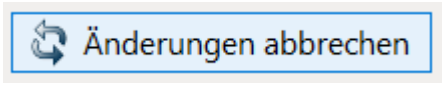
Start eines neuen Projektes. Bei der Betätigung gefragt, ob die aktuelle Messung gespeichert werden soll. Danach werden die Kurven gelöscht.



Bei der Betätigung werden alle unter Datenlinien stehenden Messkurven in den vorher benutzten Ordner gespeichert.



Bei der Betätigung wird der Explorer geöffnet um alle unter Datenlinien stehenden Kurven mit neuen Namen in einen zu wählenden Ordner zu speichern.



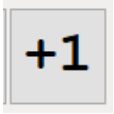
können z.B. gelöschte Kurven wiederhergestellt werden

4.3 MESSFUNKTIONEN

In der Navigationsleiste befinden sich auch die Messfunktionen.

Die Messungen können als Einzelmessung, oder Dauermessung, z.B. RTA bei der SPL Messung, durchgeführt werden.
Die ersten beiden Schaltflächen starten die Einzelmessung.

startet eine neue Einzelmessung. Die vorhandenen Messungen werden gelöscht.

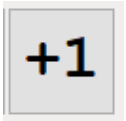


startet eine Einzelmessung, die zusammen mit den vorherigen Messungen gezeigt wird

Bild der Schaltfläche während der laufenden Messung.

Die beiden Schaltflächen starten die Dauermessung, RTA

startet eine Dauermessung. Die vorhandenen Messungen werden gelöscht.



startet eine Dauermessung, die zusammen mit den vorherigen Messungen gezeigt wird.

Bild der Schaltfläche während der laufenden Messung. Bei der Betätigung wird die Messung gestoppt. und nach dem Ablauf des Messvorgangs die Messung gezeigt.

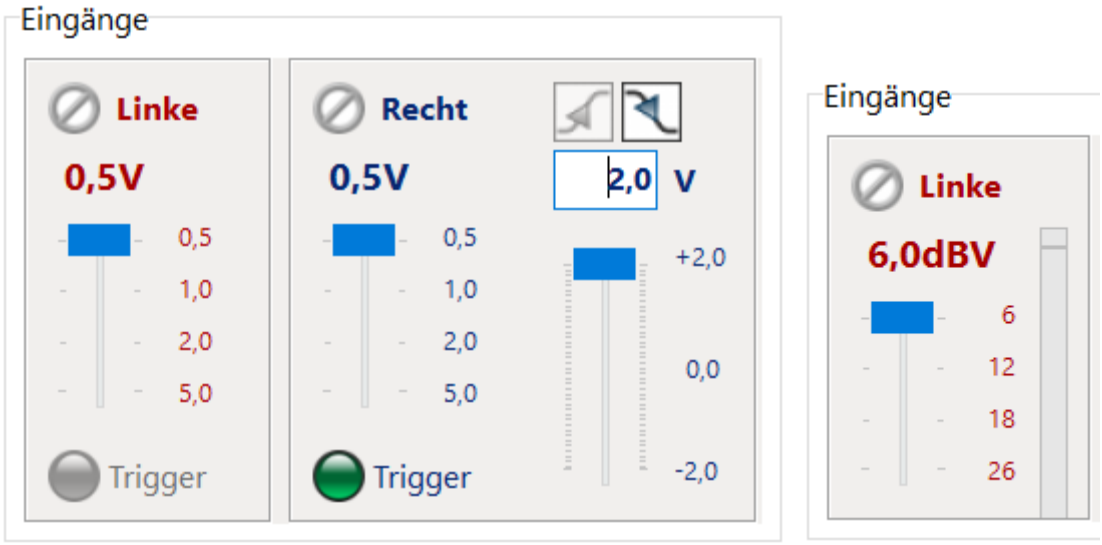
Bei einigen Messungen ist die Dauermessung nicht vorhanden und es werden nur die Einzelmessungen gezeigt. Die Messung Entfernung zeigt nur die Schaltfläche für den Start des Messvorgangs

5. BEDIENELEMENTE

5.1 REGLER

Mit den Reglern werden die Messbereiche für die Eingangsspannung sowie die Ausgangspannung sowie Zeiten und Zeitbereiche eingestellt.
Hierbei wird durch antippen der Scala oder dem Mausklick die Einstellung durchgeführt. Der Regler kann auch bei Berührung oder dem Mausklick gezogen werden.

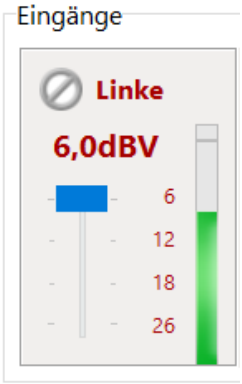
Regler für den Messbereich der Eingangsspannung.



Im Menü oben wird der Kanal gewählt. Je nach Art der Messung erfolgt die Einstellung in Volt, Spannung, oder dB für Pegel. Beim Oszilloskop kann noch ein Trigger aufgerufen werden.

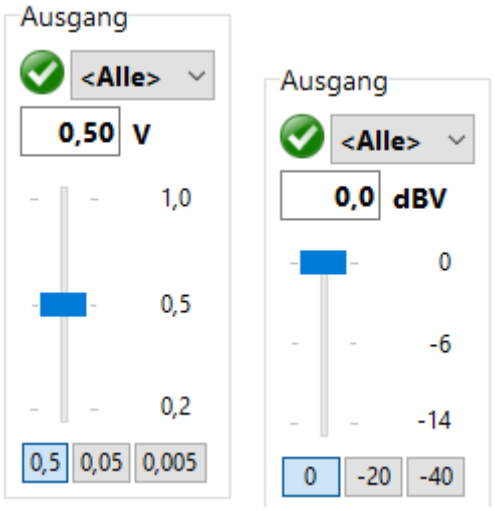
Anzeiger der Eingangsspannung, Level Indikator

Eine wichtige Funktion in der Messtechnik ist die Anzeige der Eingangsspannung. Bei einer zu hohen Spannung wird der Eingangsverstärker übersteuert, Clipping, und die Messung falsch. Bei einer zu niedrigen Eingangsspannung wird die Messung ungenau.



Der Grüne Balken der Eingangsspannungsanzeige, Level Indikator, zeigt die Eingangsspannung. Wird der Balken rot ist die Messung falsch. Ist der Balken sehr klein ist die Messung ungenau.

Regler für die Ausgangsspannung, Pegel



Regler für die Ausgangsspannung

Entsprechend der Messung wird die Ausgangsspannung in Volt oder dB eingestellt.

Achtung: Der im Schieberegler höchste Wert entspricht nicht der dem maximalen Pegel.
Der Maximale Pegel beträgt + 2dB zu dem im Setting Menü gemessenen Ausgangsspannungswert.
Bei der Voltanzeige ist der Maximalwert 1,26 x im Setting Menü gemessener Spannung.

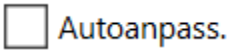
Im Setting Menü, Karte Elektronik

Im oberen Bereich wird der Kanal für die Ausgangsspanung gewählt.

Die Ausgangspannung kann auch als numerischer Wert eingegeben werden.

Die Bereiche für die Spannung werden automatisch entsprechend der Kalibrierung gewählt. Bei der Einstellung, die die maximale Spannung überschreitet, werden in dem Menü keine Werte angenommen.

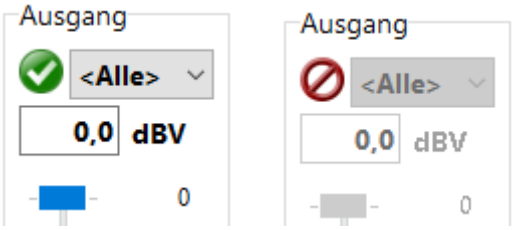
Mit den Schaltflächen unten wird ein Dezimalbereich für den am Regler eingestellte Wert gewählt.

Bei der SPL Messung kann 

eine automatische Einstellung für die genormte Messung erfolgen.

Messungen mit Signalen von externen Programmen.

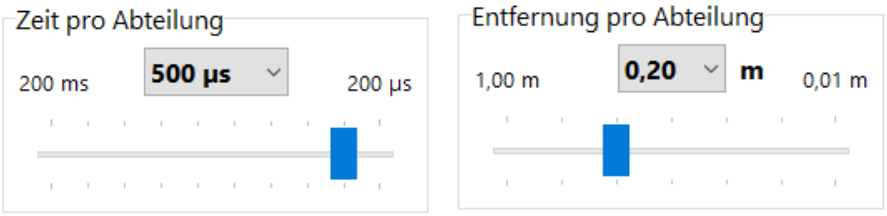
Für die Messungen die keine Kalibrierung der Zeit benötigen, können die Messsignale auch von einem externen Programm kommen, Z.B. dem Mediaplayer. Durch die Ausschaltung der Ausgabe durch das Programm kann der Ausgang der Soundkarte von den externen Programmen benutzt werden. Die Soundkarte wird dann in der Windows Verwaltung eingestellt.



Abschaltug des Soundkarte Ausgangs für das ATB

Eine Anwendung ist die Messung mit bewerteten Frequenzgängen. Hierzu wird die ATB .wav Datei von der Website in ein Audio Programm, AVS Audio Editor, geladen und der Frequenzgang entsprechen der DIN für die Lautstärke Messung von Kopfhörern angepasst. Das bewertete ATB Signal kann nachdem bei der SPL ATB Messung der Ausgang abgeschaltet wurde, vom AVR Audi Editor abgespielt werden.

Regler für Zeitbasis und Entfernung



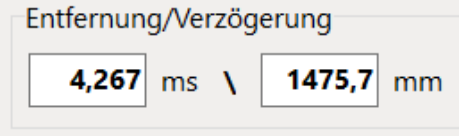
Mit diesem Regler wird Zeitbasis beim Oszilloskop eingestellt. Bei der Entfernungsmessung wird die Wegstrecke pro Teilung eingestellt.

Regler für einen Anfangspunkt im Zeit Diagramm

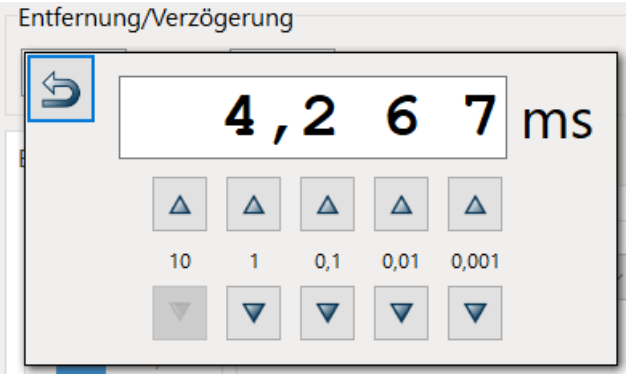
Mit dem Regler kann beim Oszilloskop und der Entfernungsmessung im Diagramm der Anfang für die Kurve gewählt werden. Die Kurve wird dabei zeitlich oder der Entfernung entsprechend verschoben.

5.2 EINGABEFENSTER

Numerische Eingabe



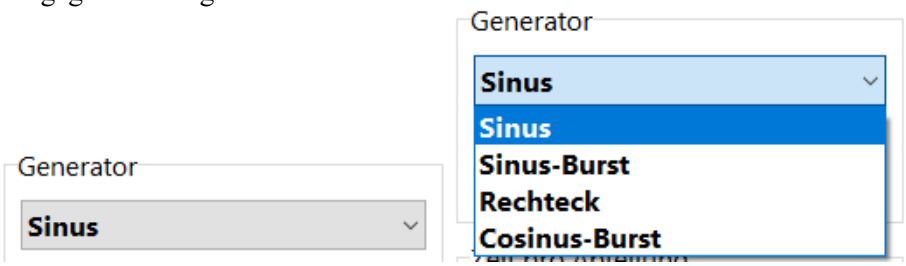
In den hellen Feldern ist nach dem Berühren der Fläche oder dem Mausklick die Eingabe einer Zahl geöffnet.



Die Eingabe erfolgt über die Pfeiltasten.

Nach der Eingabe erfolgt mit der Schaltfläche der Rücksprung.

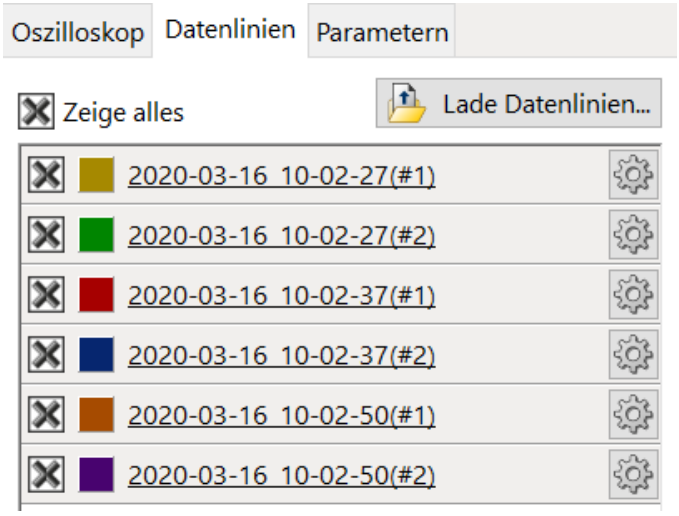
Vorgegebene Eingaben



In den farbigen Feldern können nach dem Berühren oder dem Mausklick vorgegebene Werte, Funktionen und Einstellungen eingestellt werden.

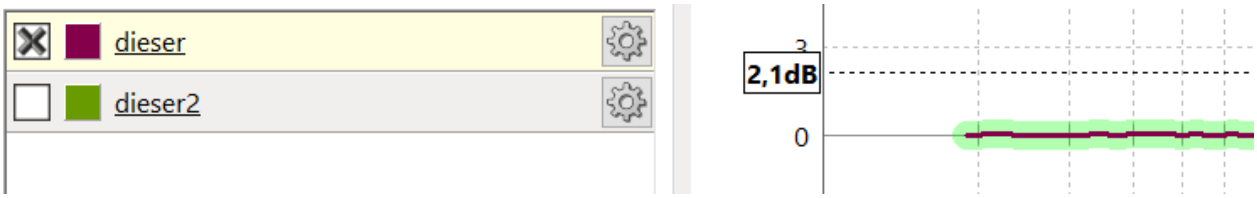
5.3 KURVENVERWALTUNG

Jede Messung besitzt die Karteikarte Datenlinie.



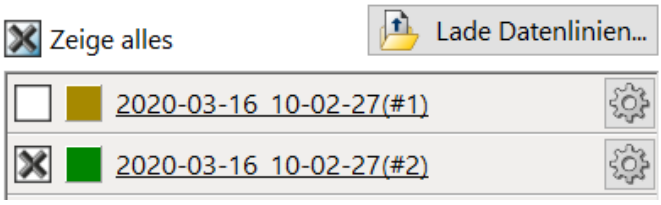
In dem Menü werden die einzelnen Messungen gezeigt und verwaltet. Die Messkurven werden automatisch mit Datum und Uhrzeit beschriftet. (#1) kennzeichnet den linken und (#2) den rechten Kanal.

Kennzeichnung der Messkurven im Diagramm

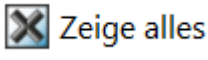


Durch eine Berührung der Schaltfläche oder dem Mausklick erscheint der Eintrag für die Messkurve farbig. Im Diagramm wird die Messkurve durch eine grüne Umrandung gekennzeichnet.

Anzeige der Messkurve im Diagramm



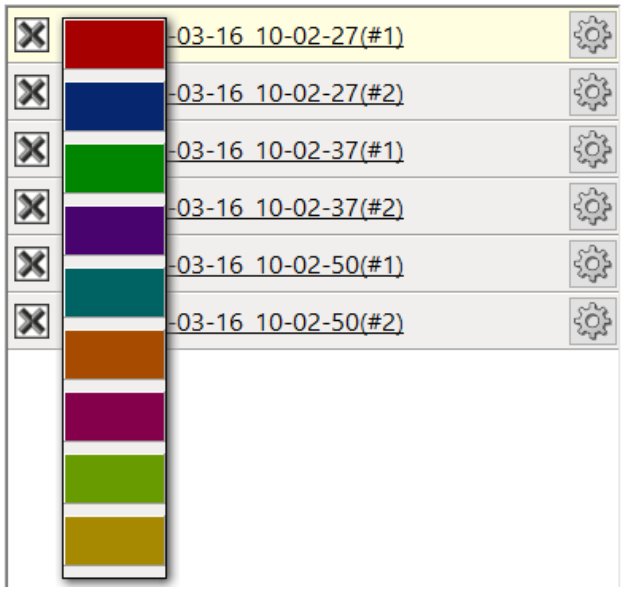
Durch Setzen des Kreuzes in dem linken Kasten wird die Messkurve im Diagramm angezeigt.

Mit 

können alle Messkurven mit einer Berührung der Schaltfläche oder dem Mausklick im Diagramm unsichtbar oder sichtbar gemacht werden.

Farbe der Messkurve

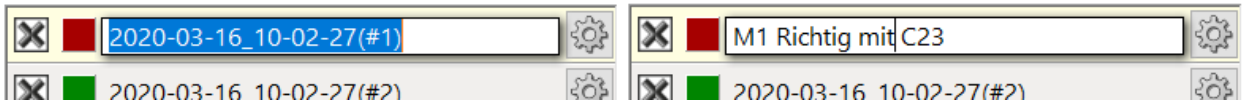
Die Farbe für die Messkurve wird automatisch bestimmt.



Nach einer Berührung der farbigen linken Schaltfläche oder dem Mausklick erscheint eine Farbpalette. In dieser kann eine Farbe für die Messkurve gewählt werden.

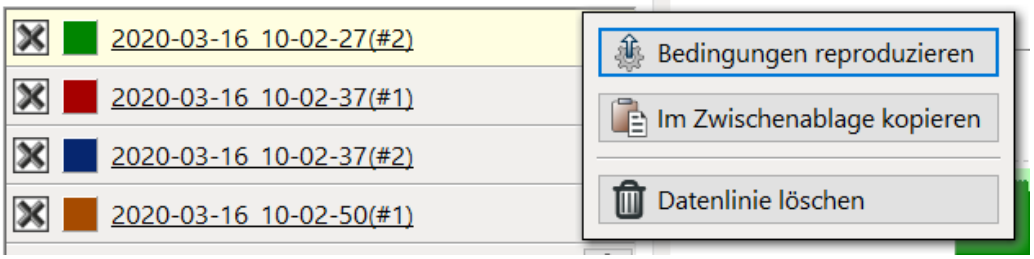
Beschriftung der Messkurve

Nachdem ein Eintrag für die Messkurve gekennzeichnet ist, wird durch eine Berührung der Schrift oder dem Mausklick ein Feld zum Editieren des Namens geöffnet.

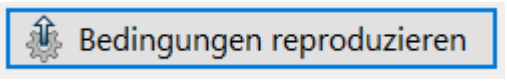


Reproduzieren, Kopieren in Zwischenablage, Löschen

Nach der Betätigung der Schaltfläche wird folgendes Menü geöffnet

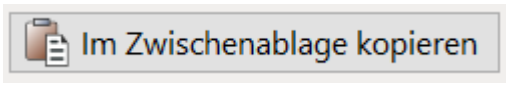


Bedingungen Reproduzieren

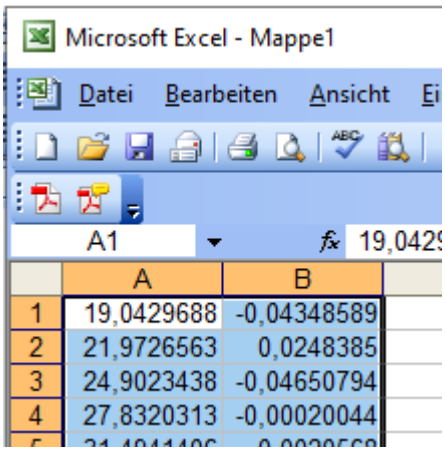


Die Funktion entspricht der Kennzeichnung.

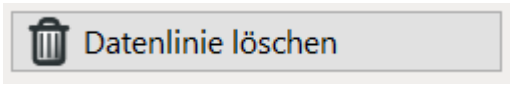
In Zwischenablage kopieren



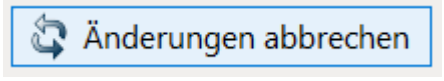
mit der Schaltfläche werden die Daten als ASCI Datei in die Zwischenablage kopiert. Aus der Zwischenablage werden die Daten in ein Editor oder Exel Dokument einfügt. Dort werden die Daten bearbeitet für spezielle Darstellungen oder Auswertungen.



Messkurven Löschen

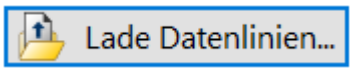


werden die Messkurven aus dem Diagramm gelöscht. Die gelöschten Kurven werden nicht gespeichert, können aber durch

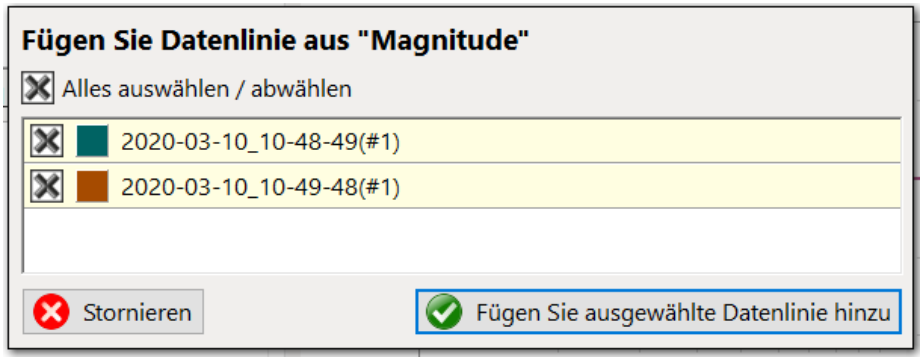


mit der Schaltfläche unter dem Symbol für die Messung vor dem Speichern wieder hergestellt werden.

Laden von Messungen



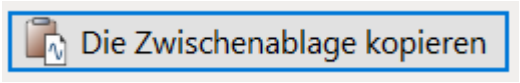
Mit dieser Schaltfläche werden Messungen von anderen Projekten hinzugefügt. Nach der Betätigung wird der Ordner für die Messungen im Explorer aufgerufen. Dort wird das entsprechende Projekt geöffnet.



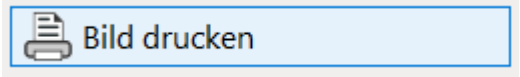
In diesem Menü können die benötigten Messungen markiert und geladen werden.

5.4 DIAGRAMM VERWALTUNG

Mit der Schaltfläche oben rechts im Diagramm wird das Menü zur Diagrammverwaltung aufgerufen.



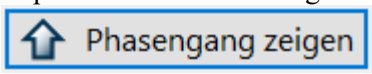
Mit wird das Diagramm in die Zwischenablage kopiert.



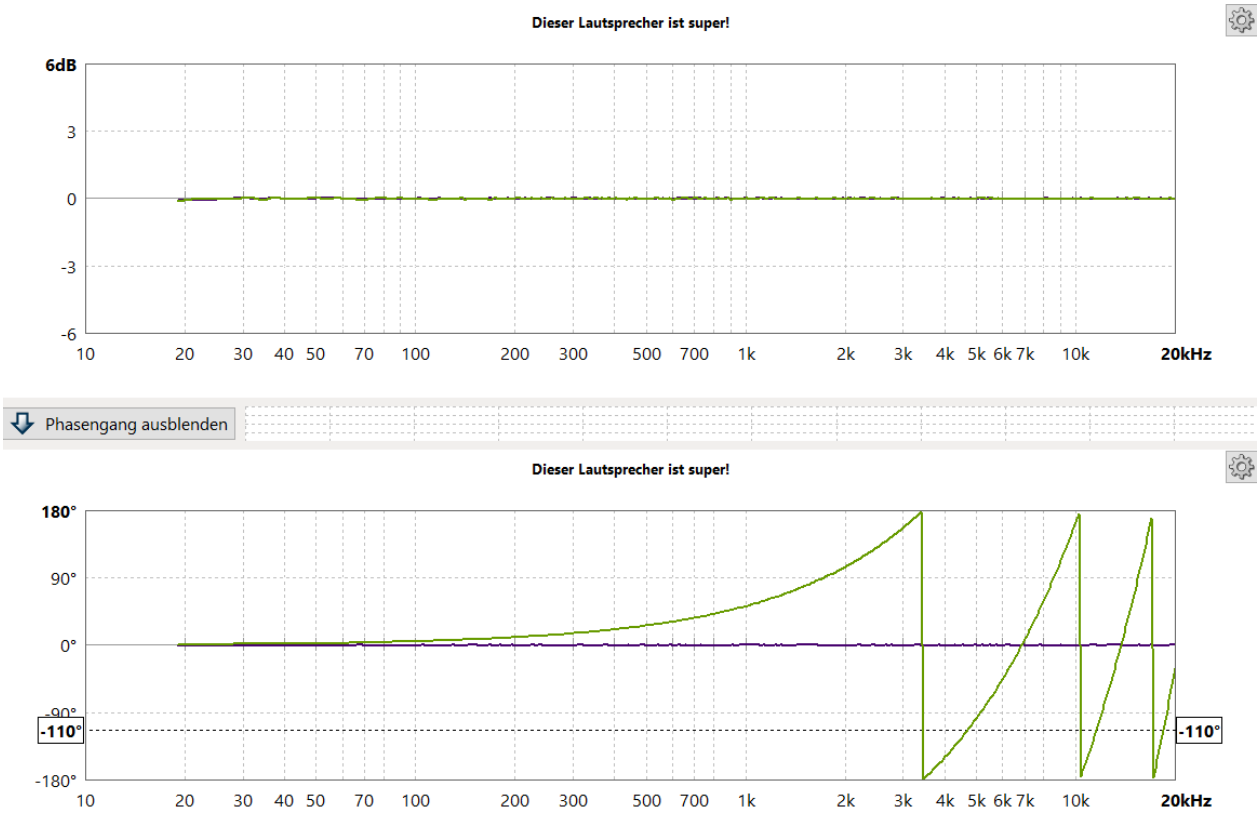
Mit wird das Diagramm gedruckt.

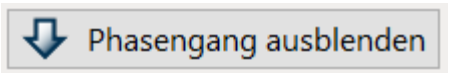
Phase

Bei der Messungen Magnitude, Impedanz und SPL wird neben den Amplituden und dem Betrag der Impedanz auch die Phase gemessen.



Mit dieser Schaltfläche wird die Phase angezeigt.

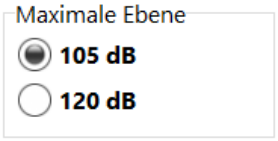




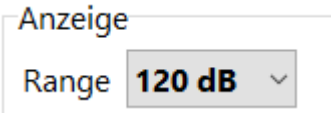
Mit der Schaltfläche wird die Anzeige der Phase beendet.

Skalierung

Die Skalierung wird im Menü des Messprogramms eingestellt.

Y-Achse
Bei der Y-Achse gibt es den maximalen Wert und den Wertebereich.
Der maximale Bereich wird bei der Oszilloskop, Entfernung, Magnitude und THD vom dem im Eingangsregler gewählten Wert vorgegeben. Dieser Wert wird automatisch vom Programm eingestellt.
Bei der SPL Messung mit genormtem Diagramm können auf der Parameter Karte zwei maximale Werte 

gewählt werden.

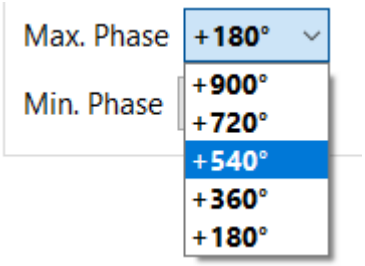
Der Wertebereich wird bei der SPL Messung folgend eingestellt. 

.

X-Achse
Die x-Achse zeigt die Zeit oder den Frequenzbereich.
Die Zeitachse im Oszilloskop und Entfernungsmesser beginnt bei 0 und endet bei der Zeit, die in dem Bereich entsprechend der Auflösung, ins Diagramm passt.
Bei der Frequenzachse wird im Menü der Messung ein Anfangs- und Endwert eingestellt.

Das Bild zeigt die Einstellung bei SPL.

Das Diagramm lässt sich so einstellen, dass der Phasengang ohne Sprünge dargestellt werden kann, unwrapped.



Cursor

Mit dem Cursor werden im Diagramm Messdaten ausgelesen.

Durch das Berühren der Diagrammfläche oder das Führen der Maus auf die Fläche werden an den Achsen die Werte für die gewählte Position angezeigt. Die Werte haben die Einheit der Achsen.
Bei der Abstandsmessung werden für die X-Achse zwei Werte, der Abstand in Metern und die Verzögerungszeit in ms angezeigt.

Lupe, Zoom

Durch das Wischen oder Führen der Maus mit gedrückter linker Taste wird der Wertebereich der Achsen verschoben.

Verschieben bei der X-Achse.
Bei den Zeitmessungen, Oszilloskop und Entfernungsmessung, wird der Bereich für die Zeit verschoben. Dies dient als Lupenfunktion. Bei einer hohen Auflösung, sehr kurze Zeit pro Abteilung, kann der Anfang eines Signals gezeigt werden.
Bei den Frequenzgangmessungen, SPL, Impedanz und THD, wird der Frequenzbereich verschoben. Bei einem kleinen Bereich für die Frequenzen wird dieser über den Bereich der gemessenen Frequenzen verschoben. Dies ist möglich, da immer über den Frequenzbereich von 20Hz – 24kHz bei der ATB Messung, gemessen wird. Beim Sinus-Sweep von 10Hz – 24kHz.

Verschieben bei der Y-Achse
Bei den Frequenzgangmessungen, Magnitude, SPL, Impedanz und THD, wird der Bereich für die dB verschoben. Dies dient als Lupenfunktion. Bei einem kleinen Bereich für die dB Werte kann so der Wertebereich verschoben werden, so dass die Kurve in den Anzeigebereich kommt.

5.6 VOLTMETER

Das Voltmeter wird im Oszilloskop Menü gezeigt. Es sind echte RMS Werte.

Hinter dem Voltmeter zeigt ein kleines Oszilloskop die Signalform der Spannung.

5.7 GENERATOR

Der Generator erzeugt die Messsignale. Der ATB Audio Analyzer erzeugt der entsprechenden Messung angepasste Signale. In dem Menü der einzelnen Messung werden die Signale gewählt.

Bei den Signalen für die Frequenzgangmessungen kann zwischen dem ATB Signal und dem Sinus-Sweep gewählt werden. Jeder Entwickler wird eines der Signale bevorzugen.

Der Sinus-Sweep wird auch bei dem Klippel Messsystem benutzt. Unsere Entwickler haben sehr viel Energie in die Entwicklung der Sinus-Sweep Messungen investiert. Das Ergebnis ist, dass die Messung die Präzision der ATB Messung erreicht.
Bei der Sinus–Sweep Messung sollte eine Abtastrate von 96kHz gewählt werden. So werden die Messungen genauer als in Programmen, die nur 48kHz bedienen.

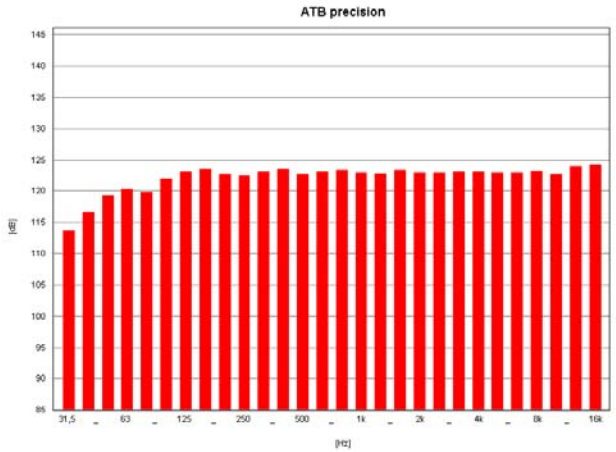
Das MLS Signal zeigte gegenüber den Beiden anderen Signalen deutliche Fehler bei den Messungen. Deshalb wird es nicht unterstützt.

5.8 DAS ATB SIGNAL

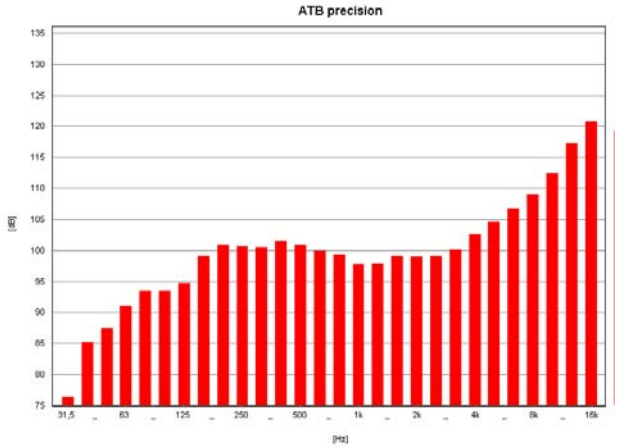
Das bei der Frequenzgangmessung verwendete ATB auch M-PN (Metzner-Periodic-Noise) Signal ist ein deterministisches Rauschen. Da das Signal periodisch ist, wird eine sehr präzise Messung ermöglicht. Die mathematische Auswertung des gemessenen Signals wird präziser. Auch werden Messungen möglich bei denen das Messsignal von einem anderen Gerät erzeugt wird. Bei Messungen im Auto kann das Signal vom CD Player oder bei der Surroundanlage vom DVD Player abgespielt werden. Durch die Funktion des 4-fachen Oversamplings entspricht es einem analogen Signal. Eine Überlegung bei der Entwicklung des Signals war die Anpassung der Messtechnik an die spätere Funktion des getesteten Gerätes. Ein Lautsprecher soll Musik und Sprache übertragen. Entsprechend wird auch die Belastbarkeit des Lautsprechers für die Frequenzbereiche definiert. Nach der DIN wird die Leistung bei 100% Gesamtleistung folgendermaßen verteilt:

Tieftonbereich von 40Hz – 600Hz 62%
Mittelton von 600HZ – 4kHz 30%
Hochton von 4kHz – 20kHz 8%

Das Pink-Noise Signal ist hier wegen der gleichmäßigen Energieverteilung über den Frequenzgang der Musik angepasst. Bei der dem MLS, Maximum Lenght Sequence, Signal ist
es genau umgekehrt.



M-PN



MLS

Die Bilder zeigen die Analyzer Messungen von PPN und MLS Signal. Beide Signale sind ein deterministisches Rauschen, ein Frequenzgemisch. Das PPN Signal zeigt ein rosa Rauschen. Praktisch alle Terzbalken haben die gleiche Amplitude. Der Abfall im Tieftonbereich ist für die Messung zu vernachlässigen. Das MLS Signal entspricht eher dem weißen Rauschen. Dies ist bei der Messung auch gut zu hören. Die hohen Frequenzen haben eine sehr hohe Amplitude, und die tiefen Frequenzen sind im Signal mit –45dB enthalten. Im Gegensatz zur Terzanalyse erscheint das MLS Signal nach der Messung durch die Korrelation mit einem geraden Frequenzgang. Eine Korrelation hat folgende Funktion:

Der Lautsprecher wird mit dem MLS Signal mit oben gezeigter Frequenzverteilung angesteuert. Besitzt der Lautsprecher z.B. einen linearen Frequenzgang, wird das gleiche Signal vom Messmikrofon aufgenommen. Im Messgerät wird es in ein digitales Signal umgewandelt. Dieses Signal sowie das MLS Signal liegen in digitaler Form im Rechner vor. Bei der Korrelation werden die beiden Signale verglichen. Das Messergebnis, der Frequenzgang, besteht aus der Darstellung der Abweichungen. Sind beide Signale gleich, der Fall des linearen Lautsprechers, ist das Ergebnis eine gerade Linie. Überträgt der Lautsprecher den Tieftonbereich nicht so gut, wird die Differenz von gemessenen Signal und Ausgangssignal als Abfall im Frequenzgang dargestellt. Dass das MLS Signal für diese Messung nicht geeignet ist, soll im Folgenden gezeigt werden. Der Lautsprecher wird mit dem Signal entsprechend der im Terzanalyzer

gezeigten Energieverteilung angesteuert. Die Energieverteilung der MLS ist genau entgegengesetzt dem Musiksignal; in den Höhen sehr viel und im Tieftonbereich fast keine Energie. Die Folgen hiervon sind:

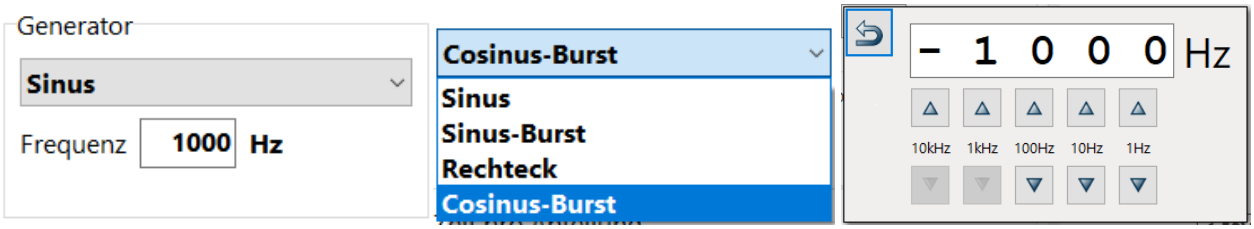
1. Die sehr hohe Energie der hohen Frequenzen übersteuert den Hochtöner, sodass ein Teil des gemessenen Frequenzgangs aus Dynamikkompression und Klirrfaktor besteht. Ein der Musikwiedergabe entsprechender Frequenzgang kann so nicht gemessen werden.
2. Durch die sehr kleinen Signale im Tieftonbereich wird eine genaue und reproduzierbare Messung fast unmöglich. So wird bei den Messsystemen mit MLS auch darauf hingewiesen, dass ein genaues Ergebnis erst nach ca.10 gemittelten Messungen (mit adaptiven Fenstern) erreicht wird.

Das M-PN Signal besitzt eine gleichmäßige Energieverteilung. Es übersteuert nicht den Hochtöner und besitzt genügend Signalamplitude im Tieftonbereich. Die Messungen sind jeweils für sich (auch ohne Mittelung) verlässlich.

Bedienung

Der Generator wird automatisch bei den Messungen gestartet und angehalten.
Durch die Dauermessung kann der Generator auch als Signalquelle benutzt werden.

Generator im Oszilloskop



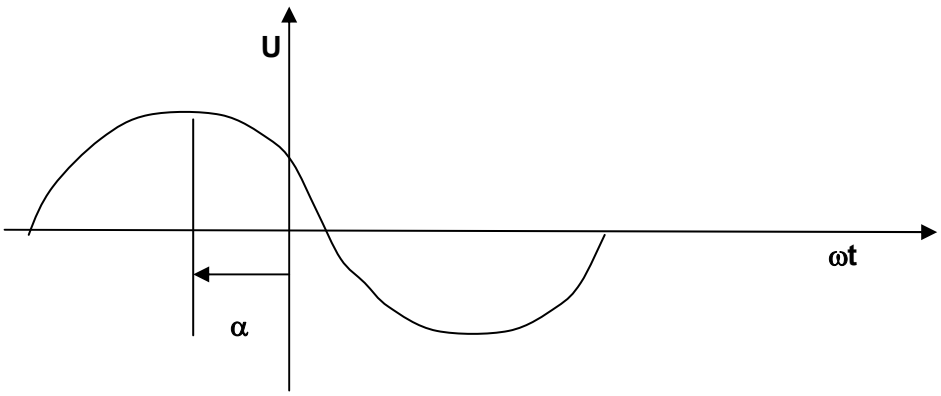
Engestellt werden Signalform, Frequenz und Pegel mit dem Reger Ausgang.

6. PHASENMESSUNG

6.1 GRUNDLAGEN

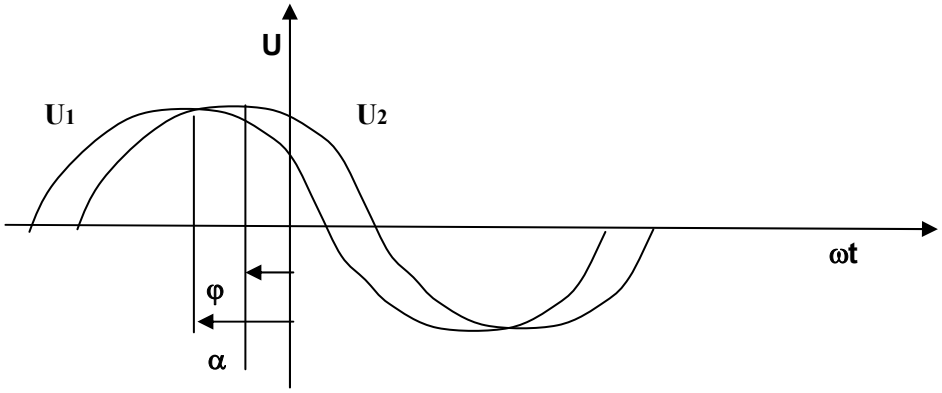
Die Phase beschreibt die zeitliche Zuordnung von sinusförmigen Vorgängen wie mechanischen Schwingungen, Wechselstrom, Funkwellen und Schallwellen.
Die Schwingungen werden mit dem Oszilloskop gemessen. Im Oszillogramm wird der zeitliche Verlauf der Schwingung gezeigt, die Amplitude über der Zeit. Die Schwingung beginnt bei der Nulllinie. Es folgt eine positive Amplitude. Dann geht die Schwingung in eine negative Amplitude über. Hierbei schneidet sie die Nulllinie. Die Nulldurchgänge definieren die Phase. Aus dem Abstand der Nulldurchgänge wird die Frequenz der Schwingung berechnet. Das Oszilloskop zeigt den zeitlichen Verlauf der Schwingung. Zu einem besseren Verständnis und der Berechnung von Schwingungen wird die Zeitachse normiert, es wird die Kreisfrequenz eingeführt. So wird eine Referenzschwingung definiert der Nulldurchgänge den Bezugspunkt bilden. Die Veränderung der Abstände der Nullduchgänge werden durch einen Winkel beschrieben und im Phasen Frequenzgang gezeigt. Für die Darstellung ist die Referenzschwingung mit dem Phasenwinkel 0 entscheidend. Bei elektrischen Schwingungen ist es eine sehr tiefe Frequenz und so gut definiert. Die Schallwellen lassen sich nicht direkt wie die elektrischen Schwingungen messen. Da durch den Abstand von Lautsprecher zum Mikrofon eine Verzögerung auftritt, ist die Nullschwingung nicht mehr genau definiert. Auch kann diese vom Lautsprecher nicht erzeugt werden. Für die Messung des akustischen Phasenfrequenzgangs muss aber eine Nullphase bestehen. Bei fast allen Meßsystemen soll die Nullphase durch die Messung der Impulsantwort gefunden werden. Warum dieses nicht funktioniert ist sehr kompliziert zu beschreiben. Bei dem ATB Messprogramm wird die Nullphase durchsehr aufwendige mathematischen Berechnungen gefunden und die richtige Phasenkurve gemessen. Das ATB Audio Analyzer Programm besitzt eine sehr genaue Abstandsmessung die die Messung des richtigen Phasenfrequenzgangs zeigt.

Die Phase wird bei der Beschreibung von sinusförmigen Vorgängen wie mechanischen Schwingungen, Wechselstrom, Funkwellen und Schallwellen.



$U(t) = Us \cos(\omega t + \alpha)$
t Zeit, U(t) Augenblickswert der Spannung, Us Scheitelwert (max. Amplitude),
f Frequenz, $T = 1/f$ Periodendauer, $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ Kreisfrequenz,
α Nullphasenwinkel

Der Phasenwinkel α tritt schon in der Grundgleichung auf. Dort wird er willkürlich durch einen Bezugspunkt, die Zeit 0, gesetzt. Bei zwei oder mehr Schwingungen, die z.B. bei akustischen Signalen vorliegen, ist der Phasenwinkel für die Beschreibung der Messung wichtig.

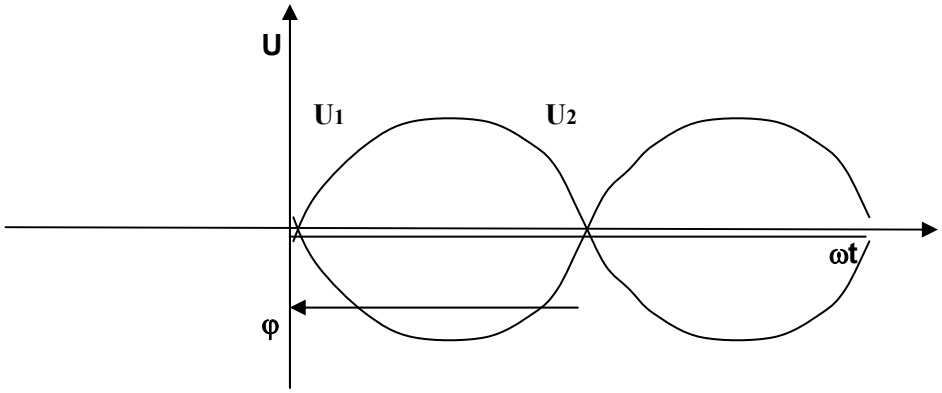


$U(t) = Us_1 \cos(\omega t+\alpha) + Us_2 \cos(\omega t+\alpha+\varphi)$

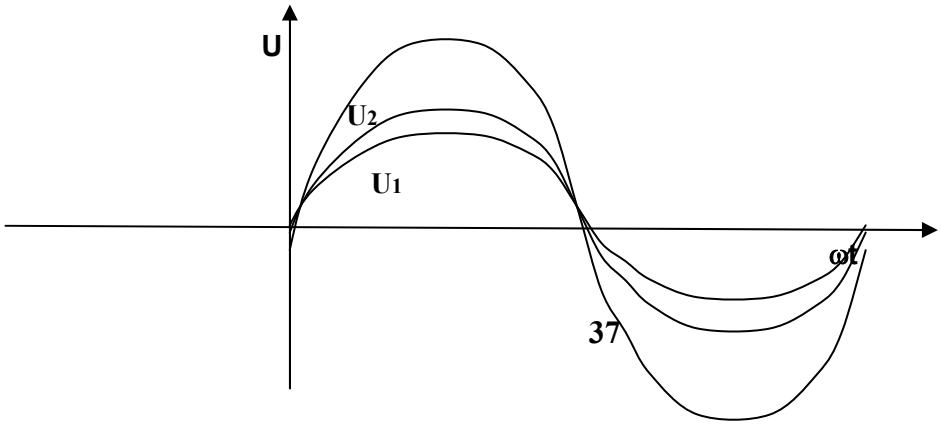
Der Winkel φ bestimmt, wie sich die Schwingungen überlagern.

Beispiele für den die Auswirkung des Winkels φ auf die Schwingung:

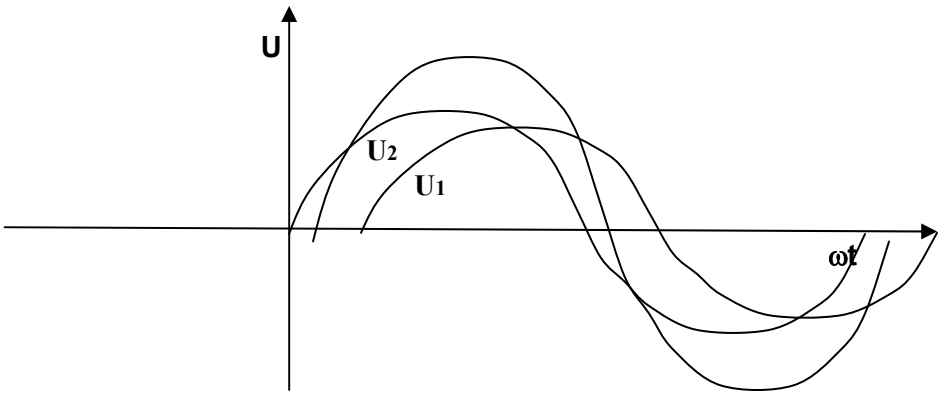
$\varphi = 180°$ => Auslöschung



$\varphi = 0°, 360°$ => maximale Verstärkung



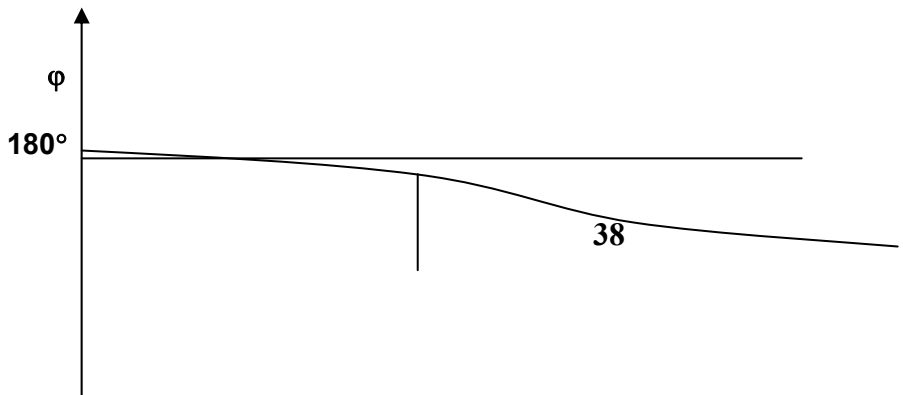
φ = 90°, 270° => teilweise Verstärkung, oder auch als teilweise Auslöschung

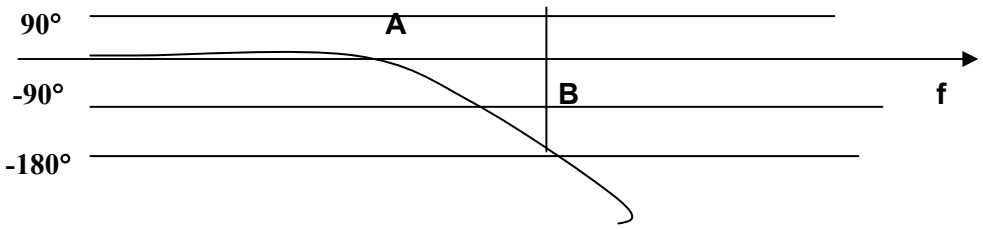


6.2 DIE PHASE BEIM LAUTSPRECHER

Die Phase stellt die zeitliche Zuordnung von Schwingungen über den Frequenzgang dar. In der Phasenkurve kann erkannt werden ob der Lautsprecher ein Instrument richtig wiedergeben kann. Ein Instrument erzeugt die Grundschwingung und eine Reihe von Obertönen. Die Phase zeigt, ob der Grundton zur gleichen Zeit wie die Obertöne wiedergegeben wird. Stimmt die Phase im Diagramm an, werden die Obertöne vor dem Grundton erzeugt. Fällt die Phase ab, werden die Obertöne zu spät wiedergegeben. Phasensprünge, die die Zuordnung von Grund- und Oberton komplett durcheinander bringen erzeugen einen neuen, künstlichen Klang.
Bei einem Lautsprecher gelten die Grundlagen der Physik. Zu einer richtigen Beschreibung des abgestrahlten Schalldruckes gehören die Amplitude und die Phase. Die übliche Theorie, dass im Frequenzgang die Phase zu erkennen ist, ist falsch. Dies ist nur bei einfachen elektrischen Schaltungen gegeben. Bei einem Lautsprecher verhindert die sehr aufwendige Übertragungsfunktion, die auch noch Laufzeiten enthält, eine Phasenerkennung aus dem Amplitudenfrequenzgang. Eine Box mit absolut glattem Frequenzgang kann extreme, und damit hörbare Phasensprünge besitzen.
Eine übliche Praxis zur Erkennung der Phasenbeziehung bei einem Lautsprecher ist folgend. Um zwischen zwei Einzellautsprechern, beim Übergang z. B. vom Mitteltöner zum Hochtöner die Phasenbeziehung aus dem Frequenzgang zu erkennen, wird die Weiche so konstruiert, dass eine maximale Auslöschung zwischen den beiden Lautsprechern entsteht. Wenn nach dem Verpolen eines der beiden Lautsprecher der Frequenzgang ausgeglichen ist, stimmt auch die Phasenlage. Hierbei liegen die Phasen aber meistens 180°, 360° oder 540° auseinander und das Einschwingverhalten ist schlecht.

Außerhalb der Trennfrequenz bringt die Methode keinen Erfolg. Dies soll das folgende Beispiel zeigen.



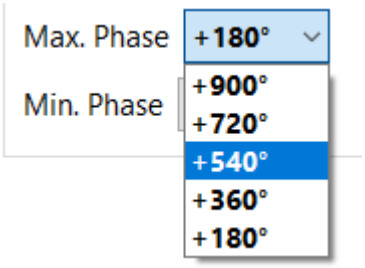


Das Bild zeigt das Phasenverhalten von Tief- und Hochpass
A = entsprechend der oben beschriebenen Methode ermittelte Phase von 180°
B = Phasenwinkel von 270°. Bei diesem Winkel löschen sich die Schallanteile von Mittel- und Hochtöner teilweise. Ein Verpolen der Lautsprecher zeigt den gleichen Frequenzgang, so dass der Fehler bei der Weichenentwicklung auf die übliche Art nicht entdeckt werden kann. Da bei einem Phasenwinkel von 90°, 270° die einzelnen Lautsprecher zu laut sind entsteht ein nerviger Klang. In diesem Fall ist die übliche Frequenzgangmessung ohne Aussage.

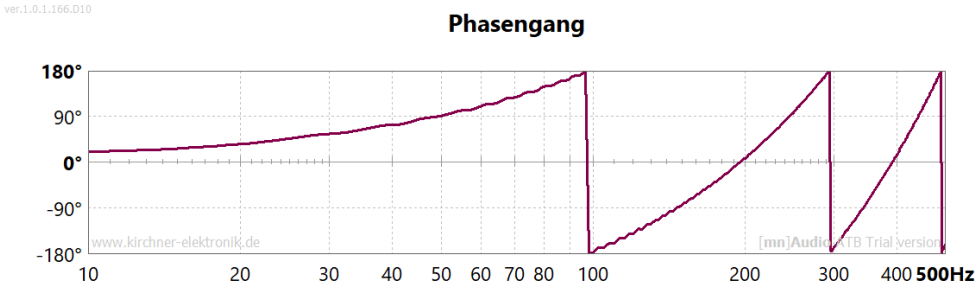
Etliche Untersuchungen zeigen, dass ein ausgeglichener Phasenfrequenzgang für eine natürliche Klangwiedergabe zwingend notwendig ist.

6.3 PHASEN DIAGRAMM

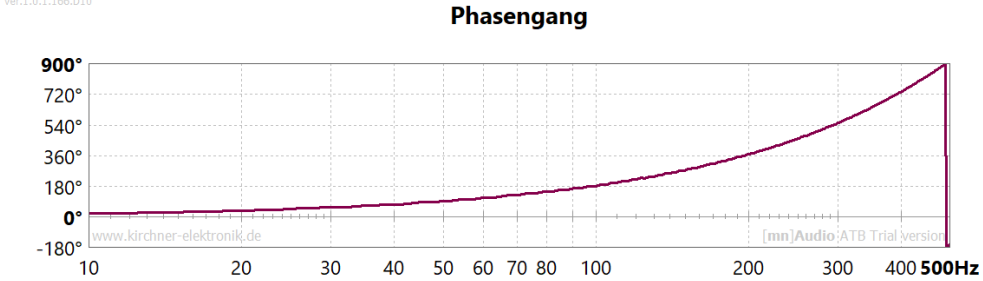
Die Phase kann in wrapped oder unwrapped Form dargestellt werden.
Bei der wrapped Darstellung wird die Phase in dem Bereich von +180° und -180° dargestellt. Hierbei besitzt die Kurve oft Sprünge von 360°. Diese Sprünge verwirren viele Anwender, da sie sich vorstellen müssen, dass die Kurve außerhalb des Diagramms weiter verläuft. Deshalb gibt es auch die unwrapped Darstellung. Bei dieser Darstellung können die Grenzen des Diagramms auf Werte größer +180°, -180° eingestellt werden. Hierbei werden die Sprünge in der Kurve vermieden.



Mit diesen Einstellungen wird im Menü der Messung unter Anzeige der Bereich für das Diagramm eingestellt.



Wrapped



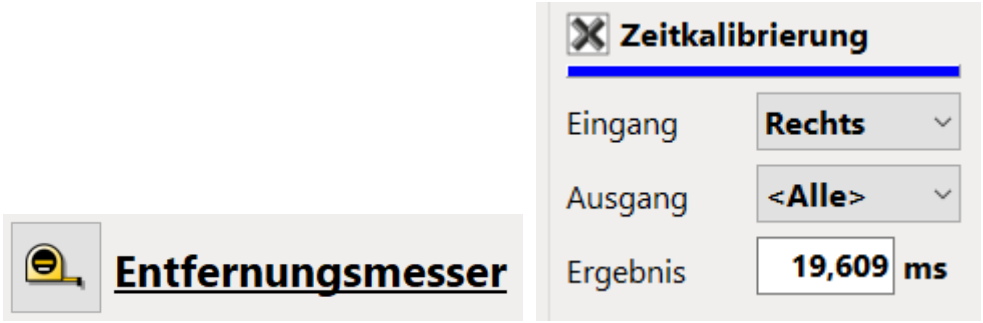
Unwrapped

Die unwrapped Darstellung führt bei vielen Entwicklern zu einem Missverständnis bezüglich der Phasenlage des Lautsprechers. Die Entwickler messen eine gerade schräge Linie von 900° bis -900° und sind davon überzeugt, dass die Phase sehr ausgeglichen ist. Diese Darstellung gibt aber keinen Hinweis auf eine richtige Wiedergabe. Die optimale Wiedergabe besteht bei einer geraden Phasenkurve.

6.3 ELEKTRISCHE PHASENMESSUNG

Die elektrische Phasenmessung erfolgt mit der Magnitude Messung.

Achtung: Die Phasenmessung wird mit der Entfernungsmessung gestartet.



Bei der Time Calibration wird für eine lineare Phasenmessung das Zeitverhalten des Computers ermittelt. Die Time Calibratio misst auch die Verzögerung durch einen DSP, so das die Latenzzeit die Phase nicht verfälscht.

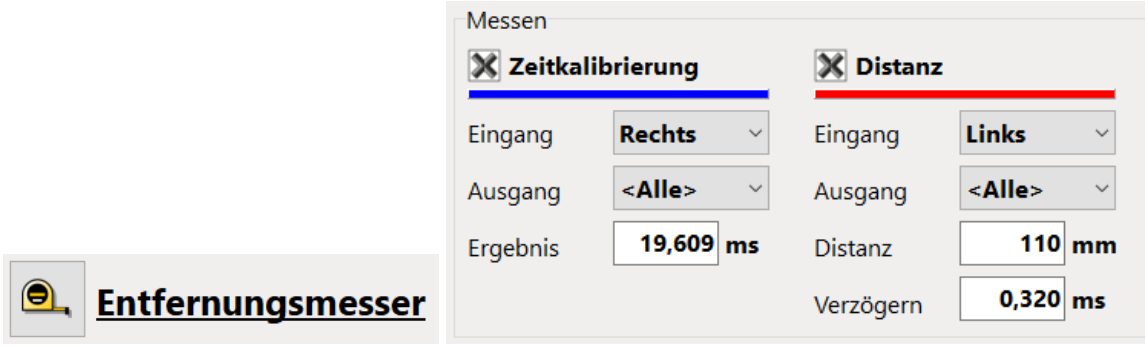
Mit der elektrischen Phasenmessung wird die Phase von HiFi oder Studiogeräten gemessen.

Besonders interessant ist die Messung bei passiven und digitalen DSP Weichen. Bei den DSP Weichen wird mit der Entfernungsmessung die Verzögerung durch den DSP gemessen und bei der Messung benutzt.
Der Eingang der Geräte wird an OUT und der Ausgang der Geräte an den Testadapter oder den MAG Eingang angeschlossen.

6.4 AKUSTISCHE PHASENMESSUNG

Die akustische Phasenmessung wird mit der SPL Messung durchgeführt.

Achtung: Die Phasenmessung wird mit der Entfernungsmessung und Time Calibration gestartet.

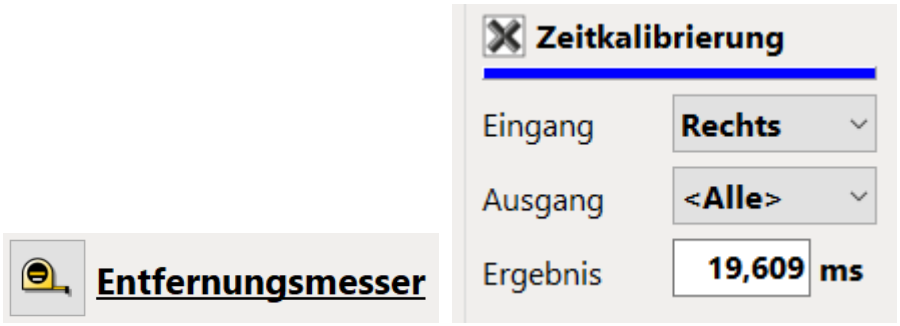


Bei der Entfernungsmessung wird auf den mm genau die Strecke vom akustischen Zentrum des Lautsprechers zum Mikrofon gemessen.
Der Verstärker für die Lautsprecher wird an OUT angeschlossen. Das Eingangssignal kommt vom Mikrofon, das an MIC angeschlossen ist.
Die akustische Phasenmessung von einem Lautsprecher kann nur ruhigen Räumen durchgeführt werden. Sie ist nicht so unempfindlich gegenüber Störspannungen wie die Frequenzgangmessung. Starke Reflexionen im Messraum verfälschen ebenfalls das Ergebnis. Bei kleinen Räumen sollte der Abstand nicht > 0.5m sein.

6.5 IMPEDANZ PHASENMESSUNG

Die Impedanz Phasenmessung wird mit der Impedanz Messung durchgeführt.

Achtung: Die Phasenmessung wird mit der Time Calibration Messung in der Entfernungsmessung, Distance Meter, gestartet.

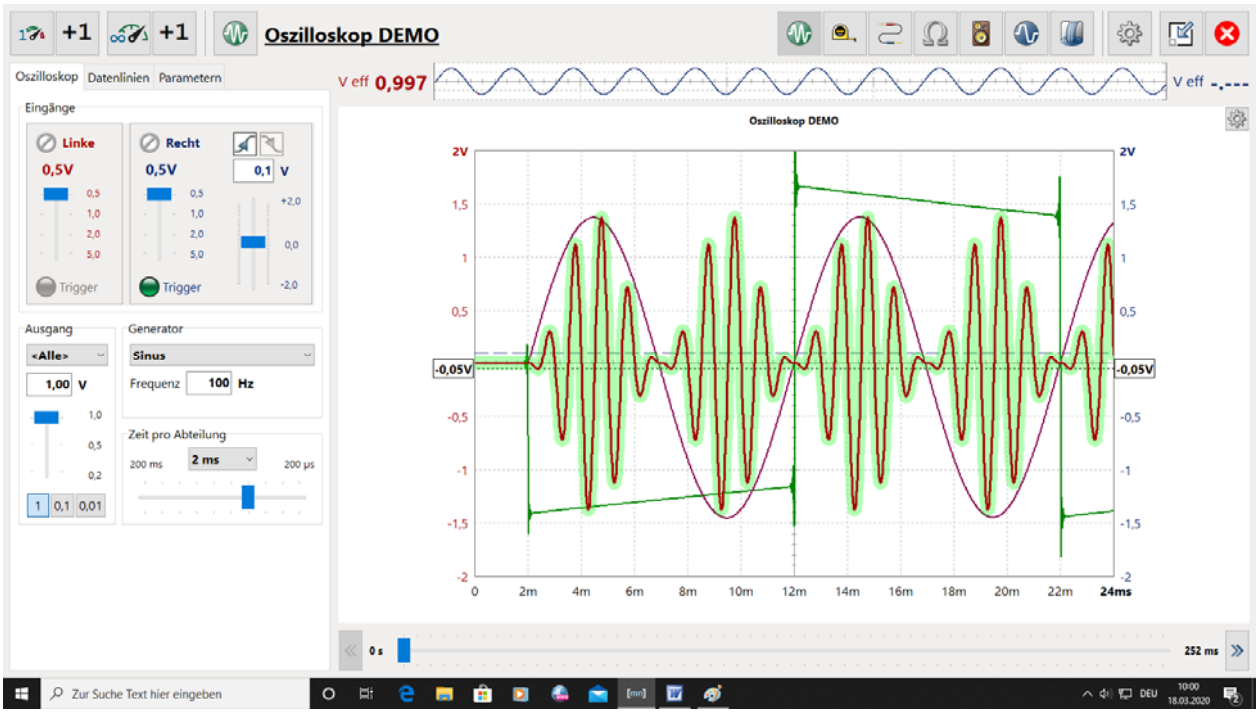


Mit der Time Calibration wird das Zeitverhalten des Computers getestet.

Bei der Impedanz Phasenmessung wird z.B. die Phase einer Lautsprecherimpedanz gemessen. Diese Messung ist für den störungsfreien Betrieb des Lautsprechers notwendig. Große Phasenwinkel zeigen ein kapazitives oder induktives Verhalten der Lautsprecherimpedanz. Die Folge ist eine Überlastung des Verstärkers. Ebenso kann der Verstärker instabil werde und Schwingungen erzeugen.
Die Impedanzmessung wird mit dem Testadapter durchgeführt. Der Lautsprecher wird an IMP angeschlossen.

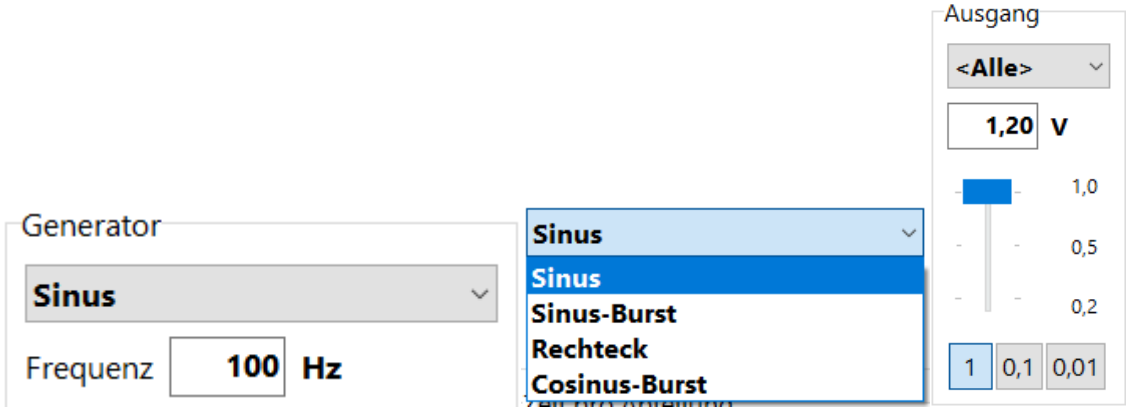
7. OSZILLOSKOP

mit dieser Schaltfläche wird die Oszilloskop Messung aufgerufen.
Es ist ein 2-Kanal Speicher Oszilloskop mit Generator. Durch die Kalibrierung ist es ein echtes Messgerät mit genauer Anzeige der Amplituden und Quarzgenauer Zeit.



7.1 GENERATOR

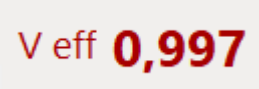
Das Oszilloskop besitzt einen Generator für Messsignale. Bei der Messung werden Generator und Wandler für das zu messende Signal zeitlich zugeordnet gestartet. Nach der Messung wird der Generator gestoppt. Bei dem Generator können folgende Signale gewählt werden:



Im Generator Menü wird die Signalform und die Frequenz für das Signal gewählt. Im Menü Ausgang werden die Ausgangsspannung und der Kanal eingestellt.

7.2 VOLTMETER

Die Dauermessung zeigt den Effektivwert in Volt des Signals.



Durch die Kalibrierung entspricht die Genauigkeit einem hochwertigen Pegelmesser.

7.3 MESSUNGEN

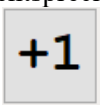
Das Oszilloskop besitzt zu dem bekannten Messvorgang, bei dem nach dem Start der Messung laufend die Eingangssignale gezeigt werden, die Funktion der Einzelmessung.

Laufende Messung

Die Messung entspricht dem bekannten Hardware Speicher Oszilloskop.

Mit der Schaltfläche bei der wird die Messung gestartet. Hierbei werden die Vorgänger Messungen gelöscht.

Mit der Schaltfläche wird die Messung gestoppt. Nach dem Stopp wird die Messung entsprechend dem Speicheroszilloskop gezeigt.



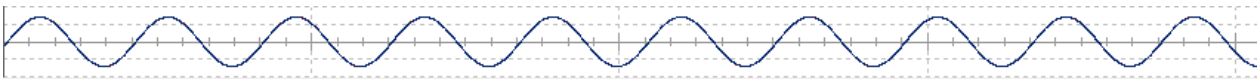
Mit der Schaltfläche wird die Messung gestartet wobei die vorherige Messung weiter gezeigt wird. So können die Messungen verglichen werden.

Mit der Schaltfläche wird die Messung gestoppt. Nach dem Stopp wird die Messung entsprechend dem Speicheroszilloskop zusammen mit den Vorgänger Messungen gezeigt.

Die gezeigten Messungen werden unter der Datenlinien Karte aufgeführt und können bearbeitet werden. Die Anzahl der Kurven wird nur vom PC Speicher begrenzt. Ab 20 Kurven wird die Anzeige unübersichtlich und die Messungen dauern länger

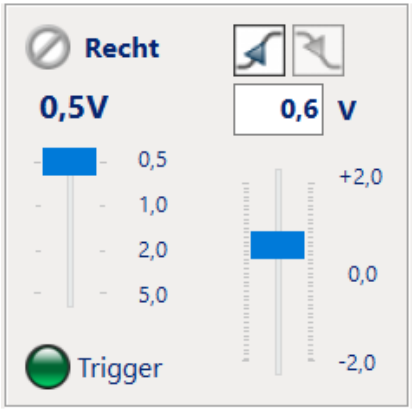
Signalkontrolle

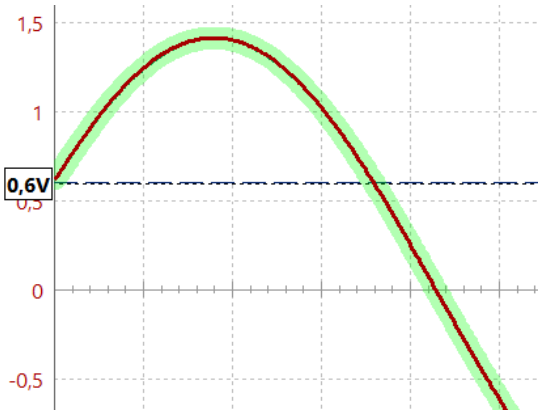
Über dem Diagramm wird in einem Oszillogramm das gesamte Signal gezeigt. Wenn durch eine Verzögerung, die länger als die im Diagramm gewählte Zeit ist, kann hier das Signal gesehen werden.



Trigger

Entsprechen dem Hardware Oszilloskop besitzt auch das Messprogramm einen Trigger. Die Trigger Funktion wird benötigt, um bei der Dauermessung ein stehendes Bild zu erhalten.





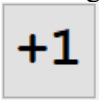
Der Trigger wird in einem für die Messung gewählten Eingang aktiviert. Im Trigger wird mit dem Regler oder mit dem Eingabefeld oberhalb des Reglers die Triggerschwelle bestimmt. Im Diagramm wird die Triggerschwelle durch eine gestrichelte Linie gezeigt. Das nebenstehende Diagramm zeigt die gemessene Sinus Kurve. Die Anzeige erfolgt ab der Triggerschwelle.

Mit den Schaltflächen kann die Flanke gewählt werden, auf der sich der Triggerpunkt befinden soll. Es wird unter positiver und negativer Flanke unterschieden. Hier wird auf der positiven Flanke getriggert.

Einzelmessung

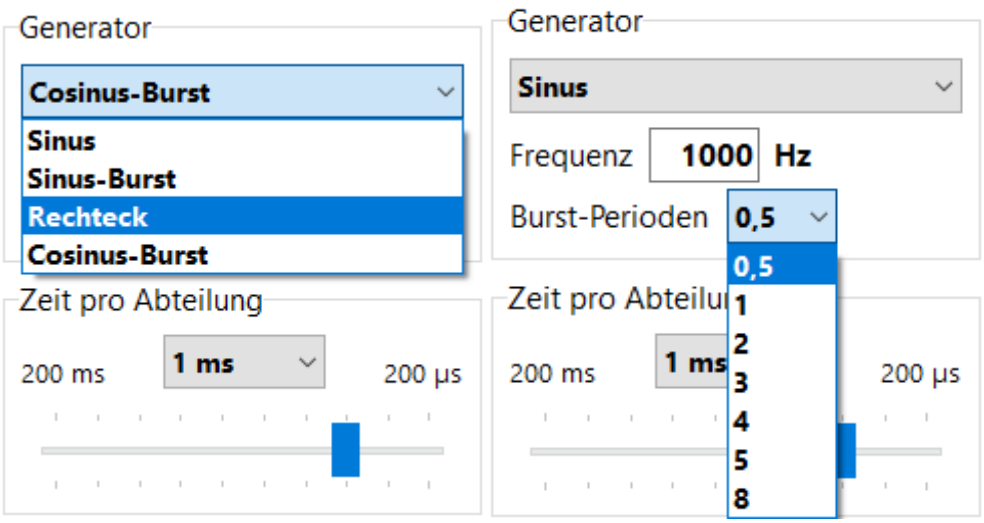
Die Einzelmessung ist sehr zur Darstellung von zeitlichen Zuordnungen von Signalen notwendig. Diese Messung kann von Hardware Geräten nur mit hohem Aufwand durchgeführt werden. Bei der Messung werden Generator und Wandler für das zu messende Signal zeitlich synchronisiert gestartet. Die zeitliche Zuordnung von Start des Generators und Start des Eingangswandlers ist vom Betriebsystem und der USB Soundkarten abhängig. Deshalb besitzt das Programm die Time Calbration Funktion. Die Funktion misst die Verzögerung zwischen Start des Generators und Start des Eingangswandlers. Die Verzögerung wird bei der Messung ausgeglichen. So wird eine sehr genaue Entfernungsmessung möglich.

Mit der Schaltfläche wird die Einzelmessung als neue Messung gestartet. Hierbei werden die vorherigen Kurven gelöscht. Die Messung stoppt nach 240ms bei der Samplerate von 48kHz automatisch.



Mit der Schaltfläche wird eine neue Messung gestartet, die zusammen mit den vorherigen Messungen gezeigt wird. So können die Messungen verglichen werden. Die Messung wird automatisch gestoppt.

Bei der Einzelmessung können mit dem Generator Burst Messungen durchgeführt werden.

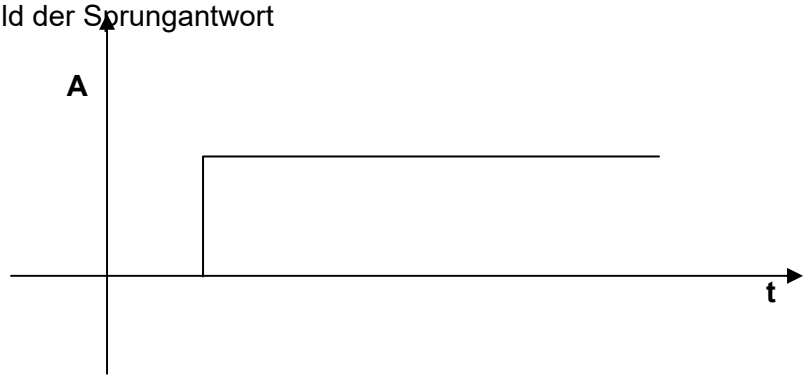


Sehr wichtig ist die Einstellung der Burst Länge. Besonders die 0,5 Periode ist für die Sprungantwort und Dynamic Measurement Messung wichtig.

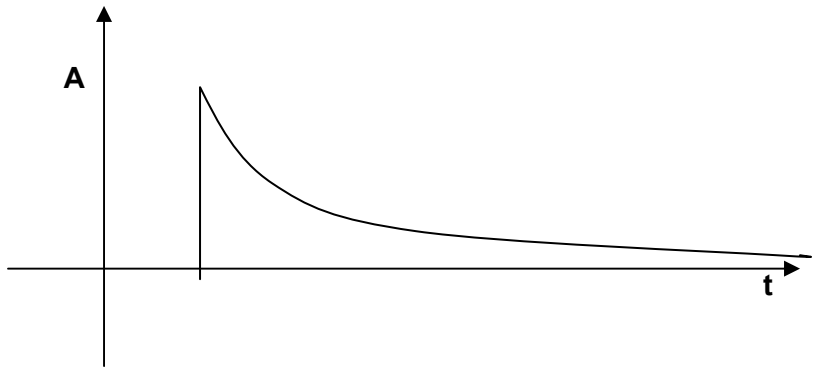
7.4 SPRUNGANTWORT, STEP

Die Sprungantwort zeigt die Amplitude und Phase gleichzeitig. Das enthält alle wichtigen Informationen über die Eigenschaften einer Übertragungsstrecke.
Bild der Sprungantwort einer linearen Übertragungsstrecke

Step Bild der Sprungantwort



Sprungantwort des Lautsprechers



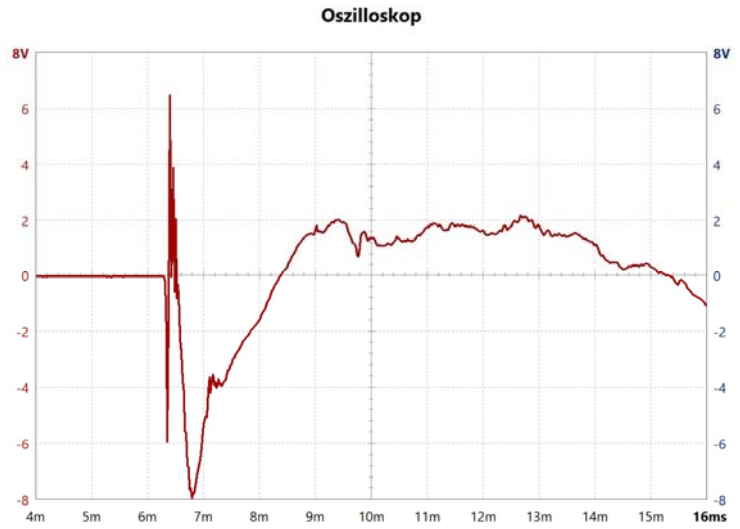
Das Signal steigt steil an und fällt entsprechend der e-Funktion ab. Der Abfall entsteht durch die differenzierende Funktion der Luft.

Bei der Messung wird für den Generator das Rechteck Signal mit 10Hz eingestellt.

Das Bild zeigt einen idealen Lautsprecher. Der steile Anstieg der Sprungantwort zeigt eine hohe obere Grenzfrequenz. Der der e-Funktion entsprechende Abfall zeigt einen linearen Frequenzgang. Die untere Grenzfrequenz ist aus der Steilheit des Abfalls zu erkennen. Das Entscheidende bei der Messung ist aber die Aussage über das Phasenverhalten. Da die Sprungantwort nur Anstieg und Abfall zeigt, liegen alle Einzellautsprecher auf der akustischen Ebene und sind gleich gepolt. Auch ist die Phase des Lautsprechers linear. Übliche Lautsprecher zeigen je nach der Anzahl der Einzelchassis mehrere Berge und Täler.

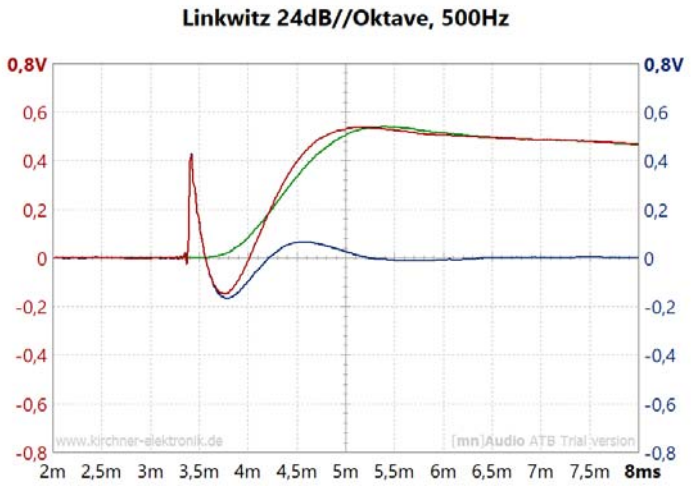
Sprungantwort Messung

Es wird mit der Einzelmessung gemessen. Bei dem Generator wir das Rechteck mit 20Hz und die Perioden Länge 0,5 gewählt.



Das Bild zeigt die Step Messung eines Lautsprechers. Es zeigt den Schalldruck über der Zeit bei einer Anregung mit dem Rechtecksignal. Bei diesem Lautsprecher zeigt die negative Spitze am Anfang den Hochtöner. Die folgende positive Spitze ist das Durchschwingen des Hochtöners. Danach folgt die negative Spitze vom Mittel-Tieftöner. Der schwingt im positiven Bereich aus. Das Bild zeigt, das der voreilende Hochtöner gut an den Mitteltöner angepasst ist.

Sprungantwort einer DSP Linkwitz Weiche, 24dB/Octave, Übergangsfrequenz 500Hz,
Das Tiefpasssignal und das Hochpasssignal werden durch einen analogen Addierer zum Summensignal addiert.



Mit der Messung wird gezeigt, wie sich das Signal von Tiefpass und Hochpass zu der Sprungantwort addiert. Grün = Tiefpass, blau = Hochpass, rot = Summe. Die Signale addieren sich in einem großen Bereich.

Die blau Kurve für den Hochpass zeigt auch das starke nachschwingen eines Linkwitz Filters mir 24dB/Octave.

7.5 DYNAMIC MEASUREMENT

Die Dynamic Measurement Messung ist eine Entwicklung von Michael Weidlich und Leo Kirchner. Es ist eine Messung die den zeitlichen Verlauf eines Signals, ein Oszillogramm, zeigt. Die Oszillogramme werden für verschiedene Frequenzen gemessen und in einem 3D Diagramm gezeigt. Das Besondere an der Messung ist, dass als Messsignal ein Sinus mit der Periodenlänge 0.5 benutzt wird. Es ist nur ein positiver Impuls. Der Impuls regt eine Übertragungsstrecke an ohne dass ein eingeschwungener Zustand entsteht. Daher Dynamic Measurement, dynamische Messung. Das 3D Spektrum zeigt eine Sprungantwort in der der Sprung über den Frequenzbereich dargestellt wird. Die Darstellung ist mathematisch korrekt. Dar gleichzeitig Amplitude, Phase und Ein- Ausschwingverhalten dargestellt wird ist die 3D Darstellung nur für Experten zu vermitteln. Daher wurde an der Messmethode nicht weiter geforscht.

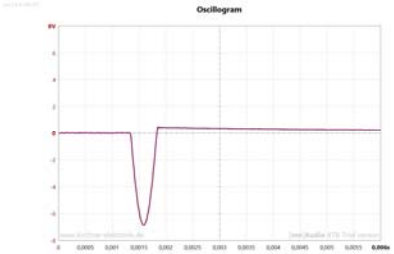
Trotzdem ist die Messmethode für die Lautsprecherentwicklung extrem wichtig. Das Messsignal, die halbe Sinus Schwingung entspricht sehr gut einem Impuls in der Musik. Mit der Messung kann sehr schnell festgestellt werden, ob die Musikwiedergabe eines Lautsprechers richtig ist.

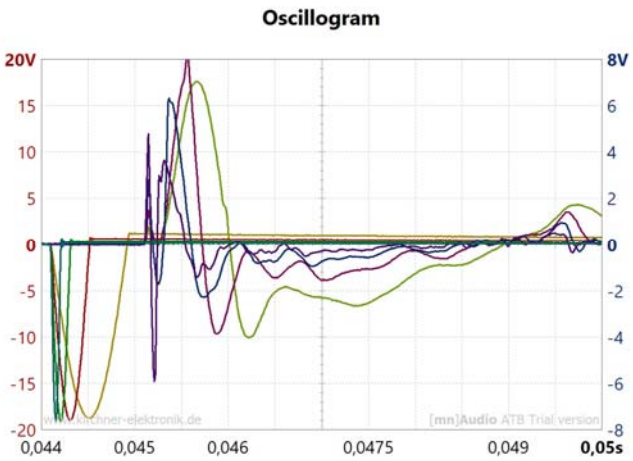
Die meisten Verstärker können im Tieftonbereich den Impuls nicht übertragen. An hand der Messung kann genau bestimmt werden ob der Verstärker einen Trockenen oder einen voluminösen Bass hat.

Auch ist es sehr interessant, was eine Filterschaltung aus dem Impuls macht. Ein DSP mit programmierter Filterschaltung lässt den Impuls nicht mehr erkennen.

Auch Soundkarten können den Impulswegen ihrer Hochpass Funktion nicht original wiedergeben. Durch einen Vergleich des Signals am Ausgang der Soundkarte mit dem Signal am Ausgang des zu testenden Gerätes gibt es ein Messergebnis.

Dynamic Measurement Messung von 2-Wege Lautsprecher





Sinus 0,5 Periode Bust 2-Wege Lautsprecher

Bei der Messung wird ab 0s das Messsignal gezeigt. Die Frequenzen sind 600Hz, 1200Hz, 2400Hz, 4800Hz. Der Schalldruck des Lautsprechers ist invertiert. Am Anfang ist das Signal des Hochtöners zu sehen. Für niedrige Frequenzen ist es sehr klein. Der Hochtöner schwingt weit in den negativen Bereich durch. Er ist mit dem Mittel-Tieftöner unverpolt. Nach dem Durchschwingen des Hochtöners kommt das Mitteltöner Signal. Es hat die höchste Amplitude und das stärkste Durchschwingen bei 600Hz.. Bei der üblichen Konstruktion der Lautsprecher ohne zeitlichen Ausgleich zwischen den Lautsprechern durch Anpassung der akustischen Ebenen sind beide Lautsprecher als Einzelimpuls zu sehen. Im Übergangsbereich vom Tief-Mitteltöner zum Hochtöner wird aus einem Impuls zwei mit gleicher Amplitude. In der Frequenzgangmessung ist dies nicht zu erkennen. Der Frequenzgang ist sehr ausgeglichen. Der Lautsprecher klingt recht gut mit schlechter räumlicher Wiedergabe. Entscheidend für den recht guten Klang ist, dass die Signale von Hochtöner und Tief-Mitteltöner sauber getrennt sind. Die Weiche ist so entwickelt, dass sich die Signale der beiden Lautsprecher für keine Frequenz gegenseitig auslöschen. Die Dynamic Measurement Messung ist eine wichtige Hilfe bei der Lautsprecherentwicklung.

8. ENTFERNUNGSMESSER

8.1 AUFRUF DER MESSUNG

Mit der Schaltfläche wird der Entfernungsmesser, Distance Meter, aufgerufen.

Der Entfernungsmesser besteht aus zwei Messungen. Diese können einzeln und zusammen gestartet werde. Die erste Messung ist die Zeit Kalibrierung, Time Calibration. Zeit Kalibrierung. Diese neu entwickelte Funktion ist die Grundlage für alle von der Zeit abhängigen Messungen wie Oszilloskop, Phase, Entfernung und Wasserfall. Mit der Messung wird die Zeit bestimmt, die der PC und die Soundkarte für die Verwaltung benötigen. Nach dem Start der Ausgabe des Messsignals vergeht eine manchmal lange Zeit, Verzögerung, bis zum Start der Wandlung des Eingangssignals. Da aber für eine genaue Messung die beiden Funktionen zur gleichen Zeit gestartet werden müssen, wird die Zeit der Verzögerung bei der Messung berücksichtigt.

Ergebnis der Zeit Kalibrierung, wird automatisch berücksichtigt.

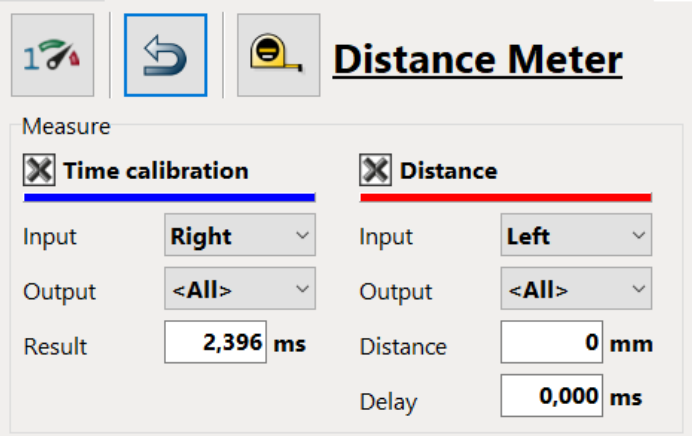
Die zweite Messung ist die Entfernungsmessung. Mit ihr werden Verzögerungen, Delay, von elektrischen Geräten und die Entfernung, Distance, des Mikrofons von dem Lautsprecher gemessen. Die Messung wird für die genaue Phasenmessung benötigt.
Die Frequenzgang Messung mit dem ATB oder Sinus-Sweep Signal benötigt wegen der Korrelationsfunktion des Programms keine Einstellung von Verzögerungen oder Entfernungen

Ergebnis der Entfernungsmessung

Über die Messen Schaltflächen kann der Entfernungsmesser auch aus der SPL und Wasserfall Messung aufgerufen werden.

Der Rücksprung erfolgt durch diese Schaltfläche

Der Entfernungsmesser ist die entscheidende Messung für die moderne Beschallungs- und Lautsprechertechnik mit DSP. Mit der Messung wird das Delay exakt gesetzt.
Die Entfernungsmessung ist bei den bekannten PC Messsystemen nur mit der 2-Kanalmessung möglich. Die Messfunktion ist der Impuls. Dieser zeigt aber bei der akustischen Lautsprechermessung kein verwertbares Ergebnis. Bei der dem ATB Audio Analyzer wird die Entfernung mit einem Signal gemessen, dessen Frequenz im Übertragungsbereich des Lautsprechers liegt. Bei der Impulsmessung wird der Anfang des Impulses für die höchsten Frequenzen gezeigt. Diese sind aber zeitlich versetzt zu dem benutzten Frequenzbereich. Neu ist auch, dass mit dem ATB Audio Analyzer mit einer einfachen Soundkarte ohne zwei Mikrofoneingänge die Entfernung genau gemessen werden kann. Das Messprogramm bietet zwei Methoden für die Entfernungsmessung, die Ein Kanal und die Zwei Kanäle, 2-Kanal, Messung.



Die Entfernungsmessung misst für die SPL und Wasserfallmessung den Abstand und für die Magnitude Messung die Verzögerung. Beide Werte werden unabhängig entsprechend der Einstellung gemessen. Wird der Entfernungsmesser aus einer Messung aufgerufen werden die Werte in die Messung übernommen und mit der Return Schaltfläche wird die entsprechende Messung aufgerufen.

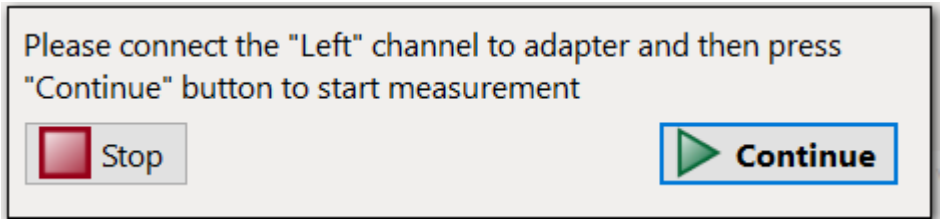
Mit "Nicht anwenden" wird für die Phase bei der Impedanzmessung das zeitliche Verhalten des Computers gemessen und für die Anzeige der Phase benutzt. Hierbei werden Werte für SPL, Wasserfall und Magnitude Messung nicht verändert.

Die Messung der Zeit Kalibrierung und Entfernung können einzeln oder automatisch hintereinander gemessen werden. Dies wird durch das Ankreuzen bestimmt.

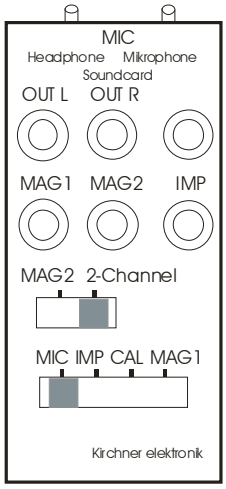
Die Messung der Time Kalibrierung sollte nach jedem Neustart des Programms erfolgen. Während des Messens ist sie notwendig wenn neue Programme aufgerufen werden. Hierbei wird die Zeit für die Verwaltung der Soundkarte geändert. Die Messung benötigt den Test-Adapter. Im Programm kann der Soundkarten Aus- und Eingang bestimmt werden.

1. Ist der Test-Adapter für einen Kanal ausgelegt, wird der Eingang, der für die Kalibrierung benutzt wurde eingestellt. Der Ausgang ist auf All.
   Bei der Messung werden das Mikrofon und der Verstärker gegen den Adapter ausgetauscht.
2. Ist der Adapter für zwei Kanäle ausgelegt mit der Schaltstellung 2-CH, wird der Einstellung bei der Kalibrierung entgegen gesetztem Eingang, meistens right, eingestellt. Der Ausgang auf den gleichen Kanal wir der Eingang.

mit der Schaltfläche wird die Messung gestartet.

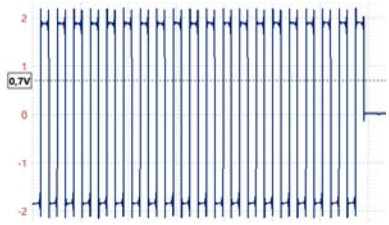


Es folgt diese Meldung.
Bei Wahl des rechten Kanals wird auch dieser benutzt.



Der ATB Audio Analyzer Test-Adapter unterstützt die 2- Kanalmessung.

Bei der Messung der Entfernung Lautsprecher- Mikrofon wird der Leistungsverstärker an OUT L angeschlossen und das Mikrofon an den MIC Eingang. Der Schalter für den linken Kanal wird auf 2-Channel geschaltet. Hierbei wird über einen Spannungsteiler der Soundkarten Ausgang für den linken Kanal auf den linken Eingang der Soundkarte gelegt.



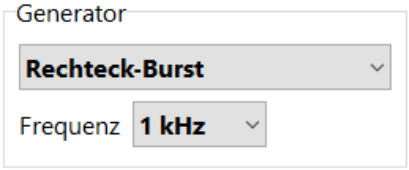
Das Ergebnis der Zeit Kalibrierung

Bei der ersten Entfernungsmessung werden die Time Calibration zusammen mir der Entfernungsmessung durchgeführt. Bei weiteren Messung ist die Time Calibration nicht notwendig.

Für den Eingang wird der bei der Kalibrierung benutzte Eingangskanal eingestellt. Der Ausgangskanal

auf all.

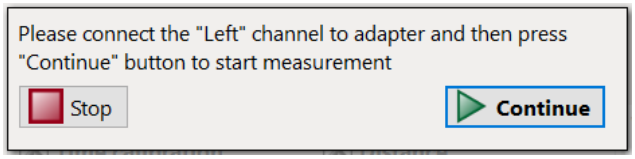
Die ein- Kanal Entfernungsmessung wird für die Soundkarten mit einem Mikrofoneingang benutzt.
Für die Messung wird die Messfrequenz gewählt.

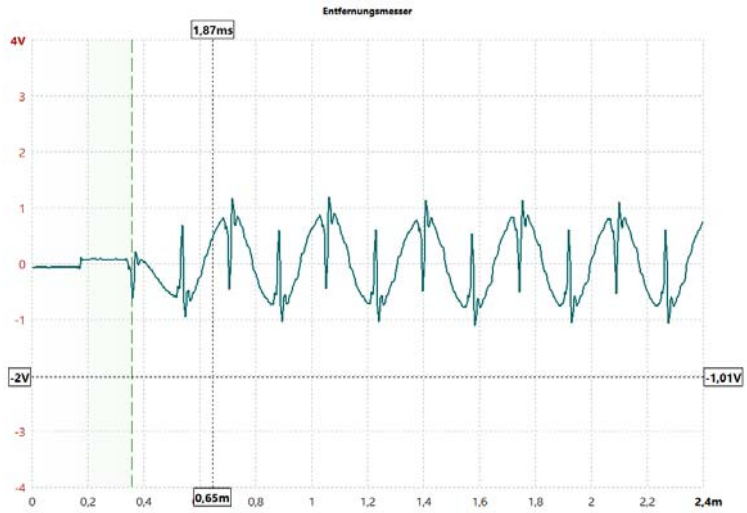


In dem Generator Menü wird die Frequenz für die Lautsprecher-Messung gewählt:
3kHz für den Hochtöner, 300 Hz für den Mitteltöner, 60Hz für den Bass und 1kHz für den gesamten Lautsprecher.
Mit dem Ausgangsspannungsregler wird die Lautstärke eingestellt.

mit der Schaltfläche wird die Messung gestartet.

In dem Menü wird darauf hingewiesen, dass mir dem Adapter der Kopfhörerausgang mit dem Mikrofoneingang verbunden wird.





Das Diagramm zeigt die Lautsprecher-Messung. Der Entfernung wird von 0 bis zu der gestrichelten grünen Linie gezeigt. Durch Berührung oder einen Klick auf die Linie wird die Entfernung in das Programm übernommen.

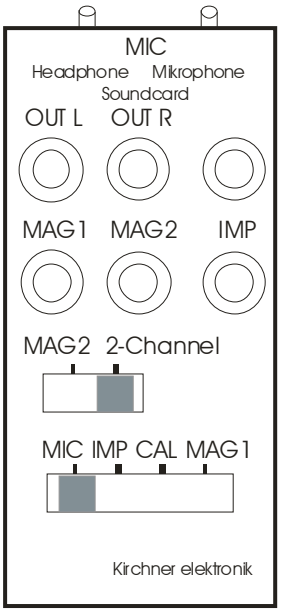
Mit dieser Messung wird es möglich das akustische Zentrum eines Lautsprechers auf den mm genau zu bestimmen. Dies ist z.B. mit der Impulsmessung bei den meisten Lautsprechern nicht möglich.
Für die akustische Phasenmessung ist es manchmal notwendig die Lage der Phasenkurve zu verändern. Dafür gibt es die Möglichkeit in der Messkurve mit dem Cursor den Abstand zu bestimmen. Da eine die Lautsprecher fast immer nicht das gleiche akustische Zentrum haben ist eine Korrektur automatisch ermittelten Abstandes notwendig. Diese Korrektur verändert die Messwerte nicht. Es wird nur die Steilheit der Kurve bei der Darstellung verändert.

Bei der Messung der Entfernung Lautsprecher- Mikrofon wird der Leistungsverstärker an OUT L angeschlossen und das Mikrofon an den MIC Eingang. Der Schalter für den linken Kanal wird auf 2-Channel geschaltet. Hierbei wird über einen Spannungsteiler der Soundkarten Ausgang für den linken Kanal auf den linken Eingang der Soundkarte gelegt.

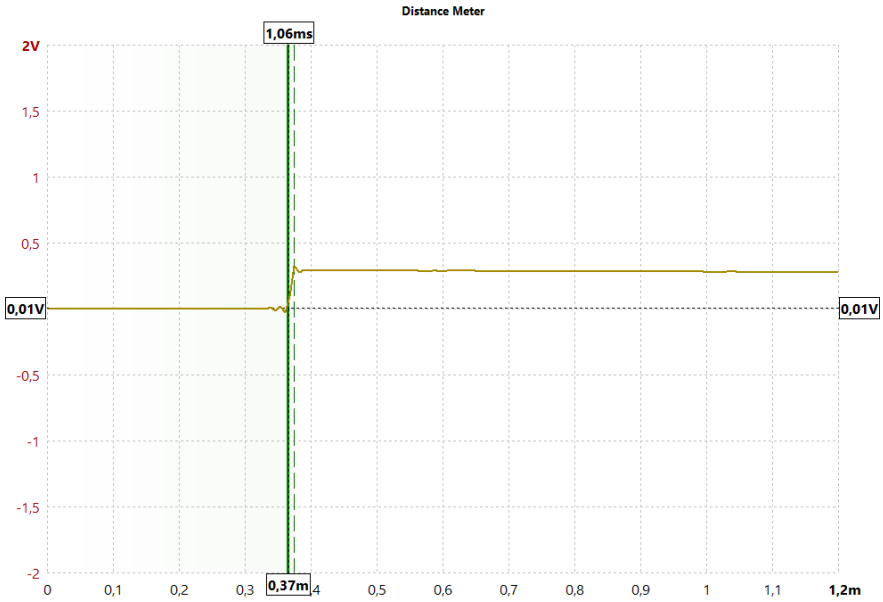
8.2 LATENZZEIT

Die Latenzzeit ist eine wichtige Größe beim DSP. Bei überall wo Sprecher oder Musiker verstärkt werden, darf diese Zeit nicht zu lang werden. Ab 3ms Latenzzeit wird der Sprecher und die Anlage getrennt gehört, was die Sprachverständlichkeit oder die Musikwiedergabe stark verschlechtert. Dies ist auch für den Hörer unangenehm, gerade bei Musik.
Die Latenzzeit kann mit der Entfernungsmessung genau bestimmt werden. Hierbei funktioniert die 1-Kanal oder 2-Kanal Methode.

Für die 2-Kanal Methode wird der 2-Kanal Adapter benutzt.

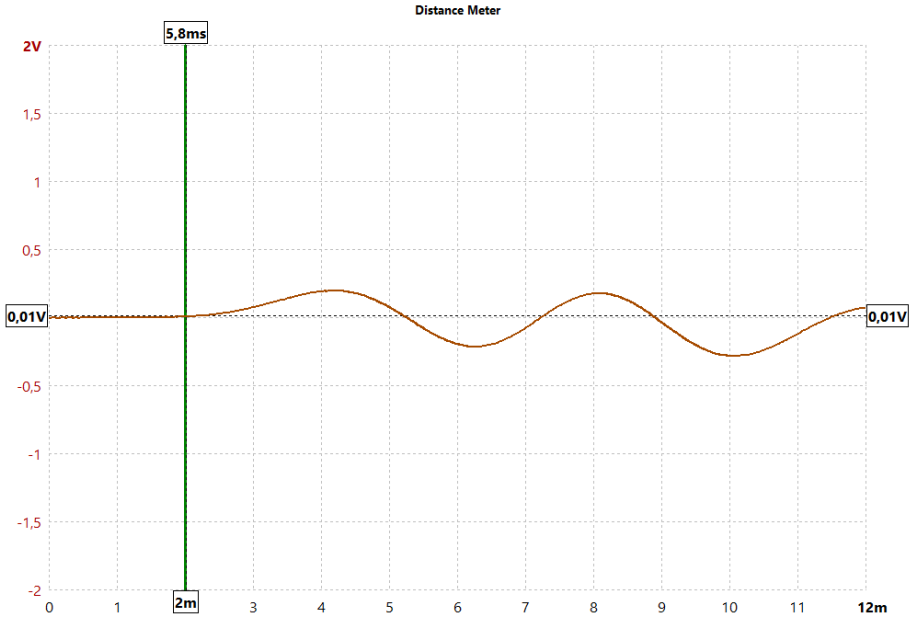


Der DSP Eingang wird an OUT l und der Ausgang an MAG1 angeschlossen. Der 2-Kanal Schalter auf 2-Channel und der Messschalter auf MAG1.



Bei dem Mini DSP beträgt die Latenzzeit 1,1ms. In dieser Zeit legt der Schall 0,37m zurück

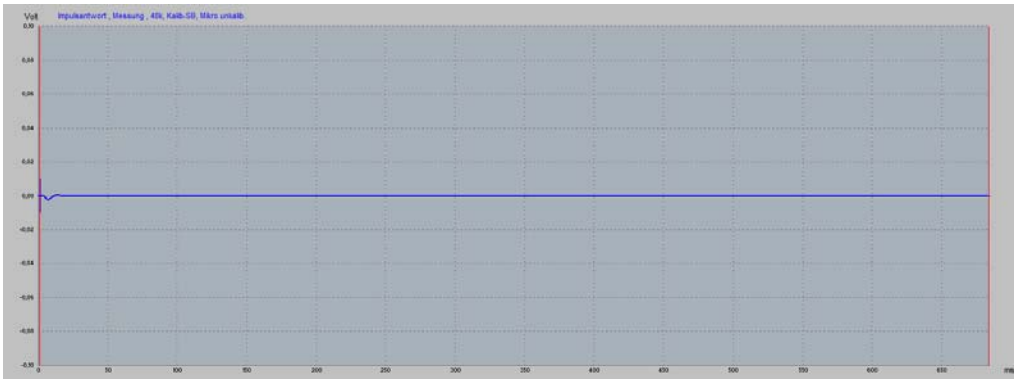
Mit der Entfernungsmessung kann auch die Verzögerung, die durch eine Filterfunktion im DSP entsteht, gemessen werden.
Im DSP wird ein Tiefpass mit 48db/octav bei 100Hz eingestellt. Um die Übertragung messen zu können, wird als Messfrequenz 100Hz gewählt. Auch die Latenzzeit wird hierbei berücksichtigt, indem bei der Kalibrierung, erste Messung, das DSP Ausgangssignal von einem auf linear geschalteten Kanal gemessen wird. Die Latenzzeit kann aber auch mit dem Ausgangssignal der Soundkarte gemessen werden. Dann wird die vorher gemessene Zeit vom Messergebnis abgezogen.



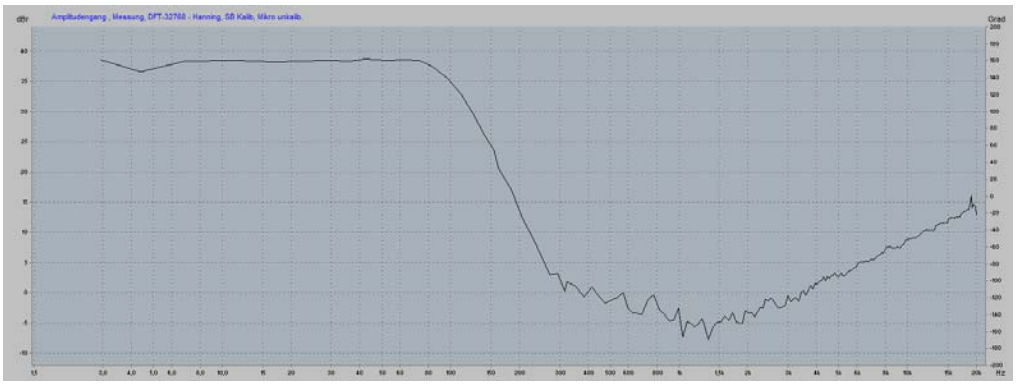
Die Verzögerung beträgt 5,8ms. Dieser Wert muss bei der Delay Einstellung berücksichtigt werden.

Die Vorteile des Entfernungsmessers bei DSP Messung zeigt der Vergleich mir der LMS Impulsantwort

Im DSP wird der Tiefpassfilter mit 48dB/octave bei 100Hz eingestellt.



In der Impulsantwort ist von dem gemessenen Signal nicht schwach zu erkennen. Die Impulsantwort zeigt nur die Amplituden für Frequenzen im Hochtobereich. Die Amplituden für die tiefen Frequenzen, deren zeitliche Verzögerung gemessen werden soll, sind durch die Verteilung über den Zeitbereich nicht mehr zu erkennen. Es ist keine Zeitmessung möglich.
Dies ist auch das Problem bei der Phasenmessung aller Messprogramme die mit der Impulsantwort messen. Bei einigen wird die Impulsantwort nicht gezeigt, aber das Problem bleibt. Diese Programme können die elektrische Phase messen aber keine akustische mit einer Laufzeit.
Das ATB PC Pro ermittelt den abstand mit sehr aufwendiger Berechnung. Es ist das einzige Programm das die akustische Phase ohne Einstellungen durch den Anwender richtig misst.



Frequenzgang von der Impulsantwort

Das Beispiel zeigt, dass mit der Impulsantwort das zeitliche Verhalten von Subwoofer und Mittel-Hochton Lautsprecher nicht eingestellt werden kann. Mit der Entfernungsmessung wird dies möglich.

Bei der 1-Knal oder 2-Kanal Messung wird als für das Messsignal die Übergangsfrequenz von Subwoofer und Mittel-Hochton Lautsprecher gewählt. Zu beachten ist, dass Subwoofer und Mittel-Hochton Lautsprecher verpolt werden. Für beide Lautsprecher wird der Abstand gemessen und die Differenz in das Delay der digitalen Weiche eingestellt.
Das Ergebnis wird dann mit der Frequenzgang und Phasenmessung überprüft. Auch die Sprungantwort mit der Oszilloskop Einzelmessung zeigt ob das Delay richtig eingestellt ist.
Dies ist für Beschallungsanlagen oder für die Soundanlage im Auto sehr wichtig.

9. MAGNITUDE

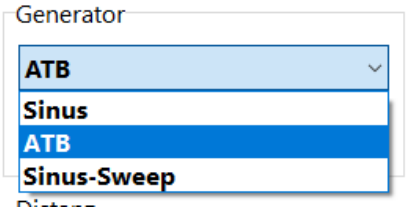
Mit der Schaltfläche wird die Magnitude Messung aufgerufen.

Die Magnitude Messung ist eine elektrische Messung.
Entsprechend der Einstellung können drei verschiedene Messungen durchgeführt werden:
Frequenzgangmessung
Phasenmessung

Das zu messende Gerät wird bei dem 2-Kanal Adapter an OUT L, OUT R und MAG1, MAG2 angeschlossen und die Schalter auf MEAG2 und MAG1.

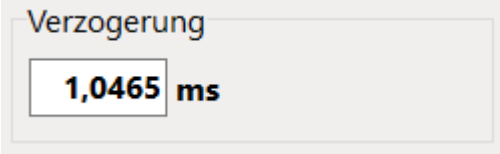
9.1 FREQUENZGANG

Wegen der Korrellations Funktion braucht für die Frequenzgangmessung die Verzögerung eines DSPs nicht eingestellt werden.
Bei der Phasenmessung ist das zeitliche Verhalten von Computer und angeschlossenen Gerät entscheidend. Deshalb wird vor der Phasenmessung die Zeit Kalibrier Messung durchgeführt. Ist ein DSP in der Wiedergabe Strecke wird das Eingangssignal für die Zeit Kalibrierung hinter dem DSP abgenommen.
Im Gerator Menü wir das ATB oder Sinus-Sweep Signal gewählt. Die beiden Signale besitzen die identische Messgenauigkeit.
Im Gegensatz zu der Sinus-Sweep Messung kann bei der ATB Messung das Messsignal auch von einem CD oder DVD Player oder als .wav von einem USB Stick abgespielt werden. Dies ist beim Einmessen der Auto Sound Anlage sehr günstig, da ein Anschluss der PC Soundkarte an die Auto Anlage sehr kompliziert sein kann.
Auch im Home Kino lässt sich mit der Surround –Test DVD die Anlage exakt einstellen. Da der Anwender im Gegensatz zu den automatischen Einmesssystemen den Vorgang kontrollieren kann ist ein klarer Vorteil in der Wiedergabe zu erreichen. Dies liegt nicht an der Ungenauigkeit der automatischen Messungen sonder an den Algorithmen für die Korrektur Wiedergabe. Diese entsprechen nicht den Hörerfahrungen.

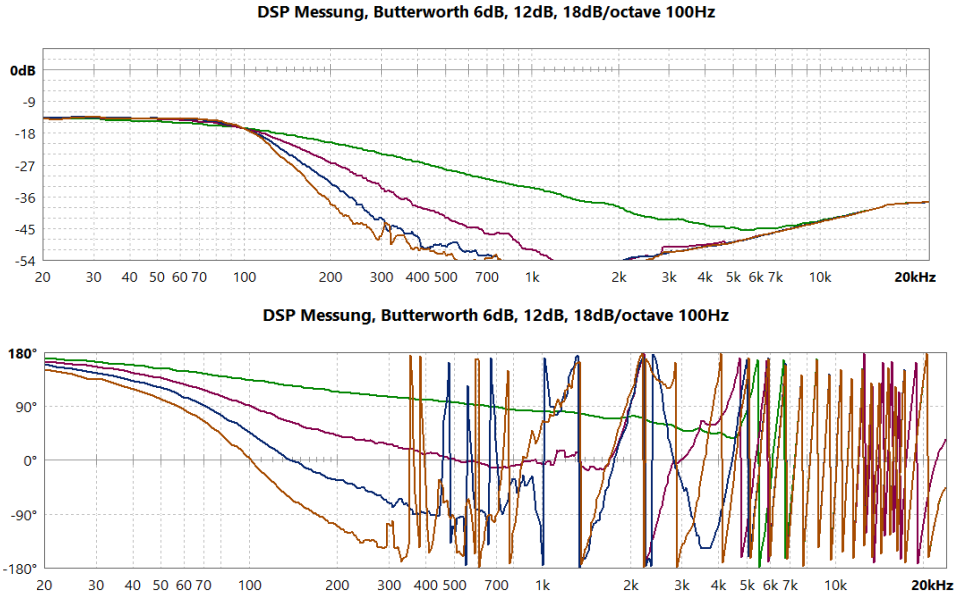


Die Messung wird mit den Einzelmessung Schaltflächen gestartet.
Mit der Messung werden die Frequenz- und Phasengänge von Verstärker, Mischpult oder DSP gemessen.
Durch die Funktion der Zeit Kalibrierung können auch die Frequenz und Phasengänge vom DSP mit Latenzzeit gemessen werden.
Als Beispiel wird der Mini DSP mit den Filter Einstellungen Butterworth 6dB, 12dB, 18dB/octave bei 100Hz gemessen.

Vor der Messung wird mit der Schaltfläche der Entfernungsmesser aufgerufen. Entsprechend der Beschreibung des Entfernungsmessers wird die Latenzzeit des DSPs gemessen. Die ermittelte Latenzzeit beträgt 1,1ms, entsprechend 0,36m Entfernung. Die Werte werden automatisch



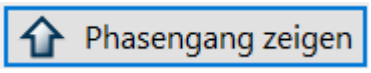
in das Distance Menü übernommen. Dies ermöglicht die richtige Phasenmessung beim DSP. Der Anstieg für hohe Frequenzen ist ein Übersprechen der Messanordnung. Die Schwankungen für hohe Frequenzen zeigen, dass bei geringen Pegeln die Phasenauswertung der FFT nicht mehr funktioniert. Diese niedrigen Pegel haben aber für das Übertragungsverhalten eine zu vernachlässigende Bedeutung.



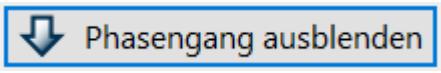
9.2 PHASE

Die Phasenmessung zeigt die zeitliche Zuordnung der einzelnen Frequenzen. Diese wird von allen den Frequenzgang bestimmenden Schaltungen bestimmt. Hierzu gehören die Filter und Equalizer Funktionen. Durch die FIR Filter wird der Einfluss der Filter auf die Phase beseitigt. Die lineare Phase wird aber mit einer Beeinflussung des zeitlichen Verhaltens von Ein- und Ausschwingen erkauft. Hierbei wird das von Übertragungsstrecken übliche Verhalten zerstört und es entsteht ein künstlicher, unnatürlicher Klang. Die FIR Filter zerstören das übliche zeitliche Verhalten der Impulswiedergabe.
Die Messung der Phase benötigt die Einstellung des Abstandes. Siehe Beispiel bei der Frequenzgangmessung.

> Bei der Messung mit einem Signal vom CD / DVD Spieler ist die Phasenmessung nicht möglich.
> Die Ursache hierfür ist, dass der Abstand nicht bestimmt werden kann.
> Die Phasenmessung mit CD / DVD Spieler ist nur beim ATB PC Pro durch eine sehr aufwendige Berechnung möglich.



Mit der Schaltfläche wird das Diagramm für die Phase geöffnet.



Mit der Schaltfläche wird das Diagramm geschlossen.

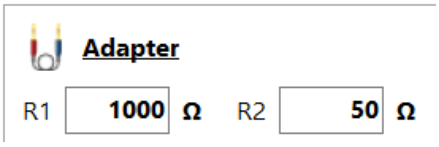
10. IMPEDANZMESSER

Mit der Schaltfläche wird der Impedanzmesser geöffnet.

Vor der Phasen Impedanzmessung wird die Zeit Kalibrierung durchgeführt um das zeitliche Verhalten des Computers zu testen. Die Frequenzgangmessung der Impedanz benötigt keine Zeit Kalibrierung. Als Messsignal kann ATB oder Sinus-Sweep verwendet werden. Wegen unterschiedlichem Zeitverhaltens der beiden Signale kann es bei Lautsprechern im Tieftonbereich Abweichungen geben. Das ATB Signal zeigt die gleiche Messung wir die Messung mit diskreten Sinus Signalen. Diese sind die Grundlage für die Impedanzmessung.

Die Impedanz ist der frequenzabhängige Widerstand für Wechselstrom. Er besteht aus dem Betrag |Z| in Ω und die Phase φ in °. Die Messung zeigt die beiden Werte über den Frequenzbereich. Die Phase φ zeigt das von Blind- und Wirkwiderstand, die zusammen den Betrag |Z| bilden. Bei φ = 0° besteht nur der Wirkwiderstand und bei φ = 90° nur der Blindwiderstand.
Die Impedanzmessung wird bei der Entwicklung und Prüfung von Lautsprechern benötigt. Sie ist ein Maß für die Belastung des Leistungsverstärkers durch den Lautsprecher. Kleine Werte von |Z| erfordern leistungsstarke Verstärker. Die Phase φ zeigt, ob der Verstärker instabil wird. Dabei erzeugt er eigene Schwingungen, die die Lautsprecher zerstören. Der Phasenwinkel sollte nicht > ± 60° sein.
Mit der Impedanzmessung können auch elektrische Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren und Spulen geprüft werden.

Die Impedanzmessung wird beim ATB Programm über einen Messwiderstand durchgeführt. Es wird die Spannung an der zu messenden Impedanz gemessen und in den Ω Wert umgerechnet.

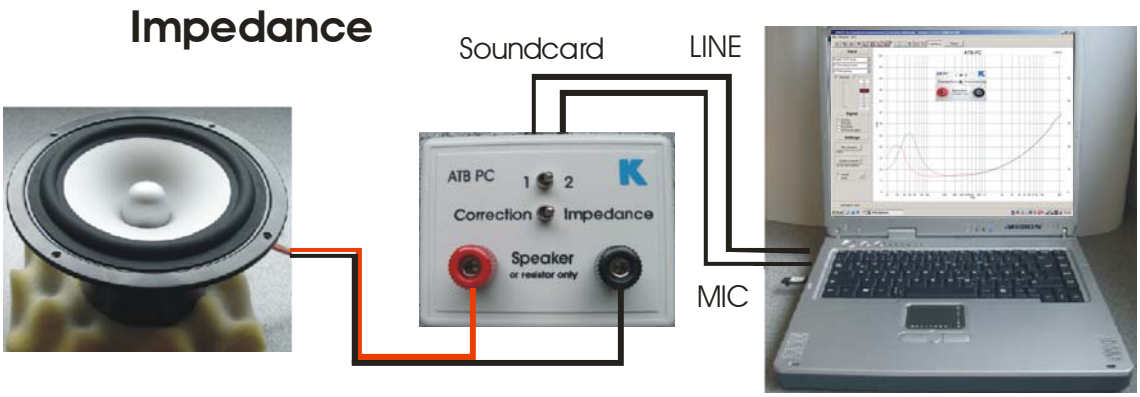


Menü aus Setting für das Einstellen des Messwiderstandes R1.

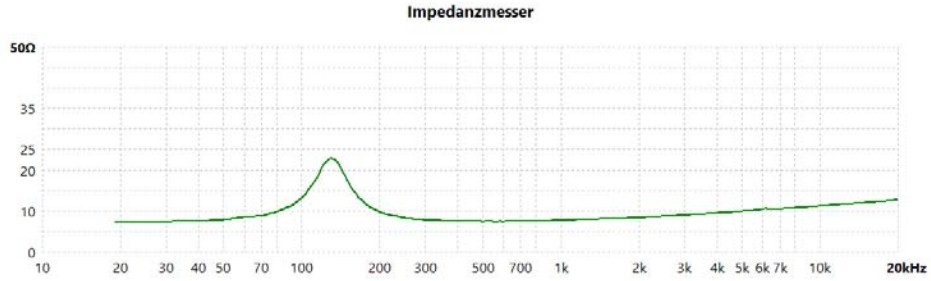
Der Messwiderstand R1 liegt am Kopfhörerausgang. Ein 1000Ω Widerstand wird für die Messung empfohlen. Der Widerstand kann auch einen anderen Wert besitzen, dies muss aber bei der Kalibrierung in dem Menü Adapter eingetragen werden. Andere Einstellungen werden nicht übernommen.

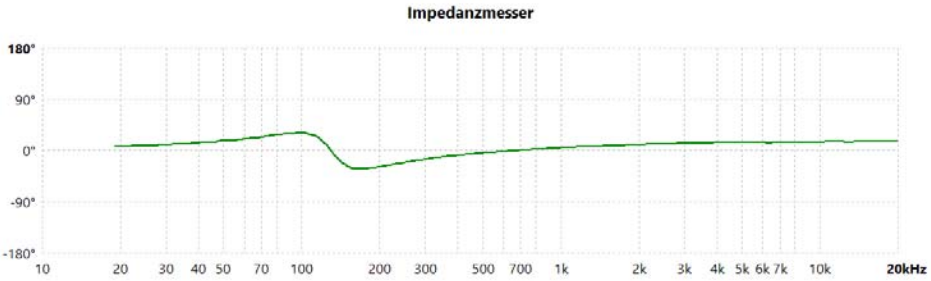
In dem Menü wird vor der Messung der Eingang gewählt. Neben dem Menü ist eine Anzeige für den Pegel. Die für die Impedanzmessung benötigten Einstellungen von Ein- und Ausgang wurden bei der Kalibrierung automatisch erstellt und benutzt.

Messaufbau mit dem einfachen ATB Adapter



Mit den Schaltflächen wird die Messung gestartet.





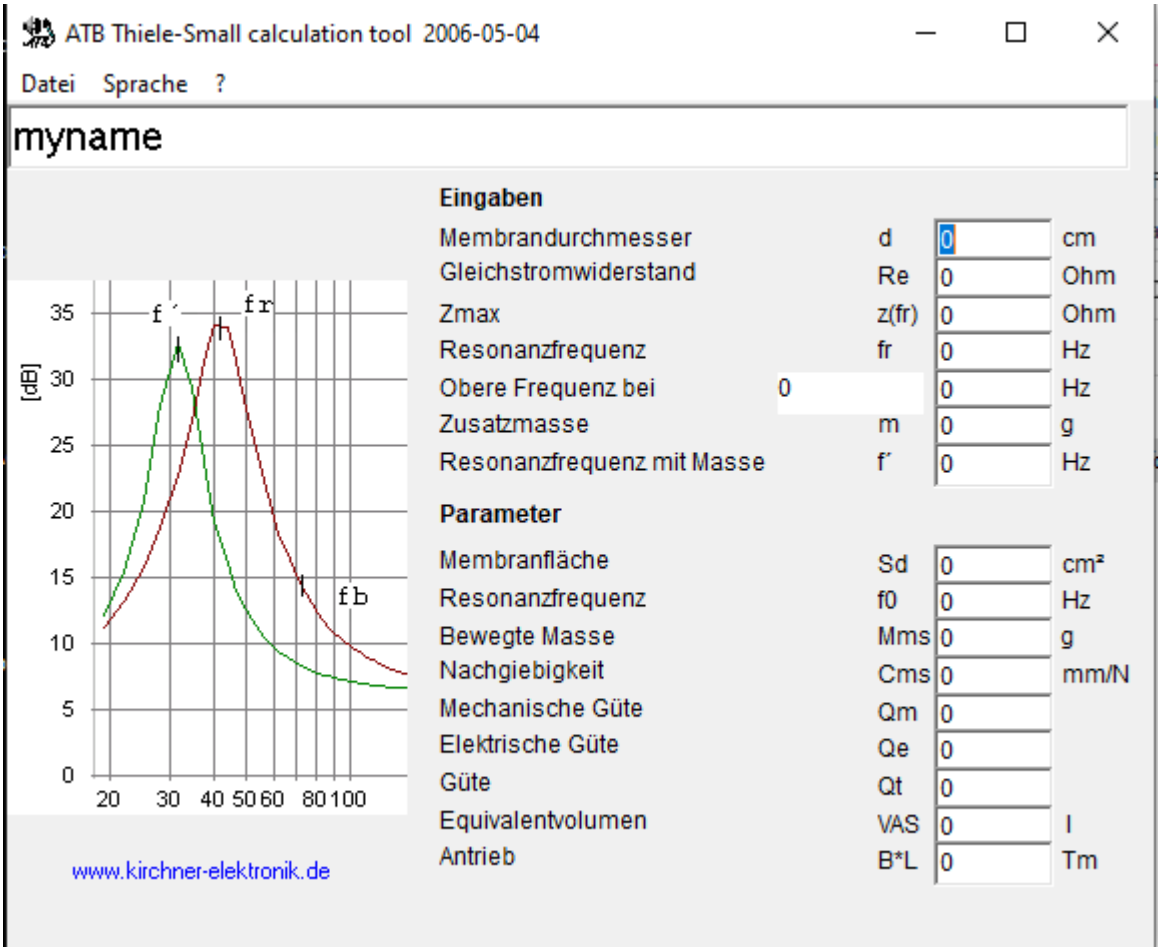
Die Messungen zeigen die Impedanz mit Betrag und Phase eines Lautsprechers.

Bei den 2-Kanal Adapter wird der Widerstand an IMP angeschlossen und auf IMP geschaltet.

11. THIELE-SMALL PARAMETER

ATB_TS_Tool.exe

Das Programm kann von der Website www.Kirchner-elektronik.de/download geladen werden. Auf der Installations- CDROM ist es auch enthalten.



Für die Thiele-Small Parameter Messung wird die Impedanz eines einzelnen, nicht eingebauten Lautsprechers zweimal gemessen. Bei der zweiten Messung wird eine Zusatzmasse auf der Membran des Lautsprechers befestigt. Die Zusatzmasse ist von der Größe des Lautsprechers abhängig.

Lautsprecherdurchmesser	Zusatzmasse
10cm	20g
15cm	30g
20cm	60g
25cm	100g

Je nach Ausführung kann das Gewicht auch abweichen. Entscheidend ist, dass die Maxima der beiden Impedanzkurven um da 1,5fache auseinander liegen.
Mit den Werten aus den Impedanzmessungen werden die Thiele-Small Parameter in einem externen Programm berechnet

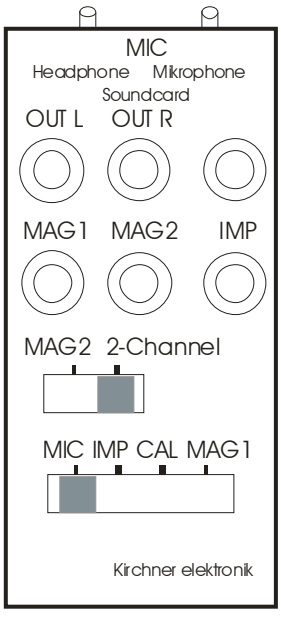
12. SCHALLPEGELMESSER, SPL

Mit der Schaltfläche wird das Programm aufgerufen.

Die SPL Frequenzgang Messung benötigt wegen der Korrellations Funktion des Messprogramms keine Entfernungsmessung.
Die Entfernungsmessung muss vor der akustischen Phasenmessung durchgeführt werden.
Als Messsignal zeigen ATB und Sinus-Sweep ein identisches Ergebnis.

Die SPL Messung ist eine akustische Messung.
Entsprechend der Einstellung können drei verschiedene Messungen durchgeführt werden:
Amplitudenfrequenzgang
Phasenfrequenzgang
Realtime Analyzer
Spektrum Analyzer

Für die Lautsprechermessung ist ein Leistungsverstärker notwendig. Schon einfache HiFi Verstärker sind geeignet. Der Verstärker wird an OUT L angeschlossen. Im Setting Menü wird die Kalibrierung des Frequenzgangs wird übernommen. Die Einstellung der Verstärker Ausgangsspannung wird mit der Dem Oszilloskop gemessen. Für die Messung wird dir Dauermessung mit Sinus von 1kHz durchgeführt.
Hierbei wird die Spannung am Lautsprecher Ausgang des Verstärkers gemessen. Mit dem Lautstärke Regler wird eine Spannung von z.B. 4V eingestellt und in das Menü eingetragen. So wird die Ausgangsspannung entsprechend Der Regler im Programm eingestellt.

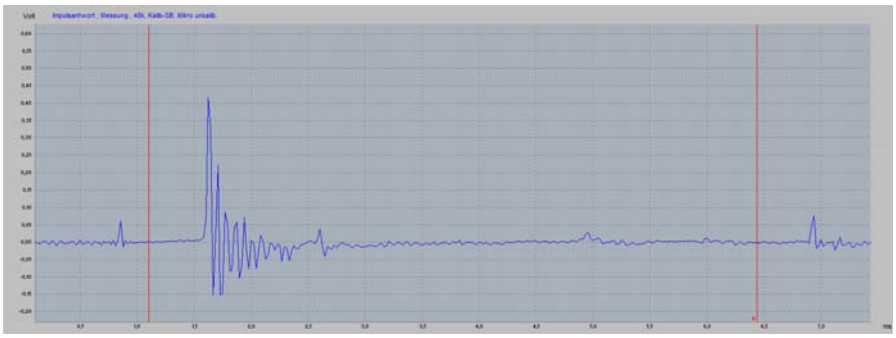


Der Verstärker wird bei OUT L angeschlossen der Messschalter auf MIC gestellt.

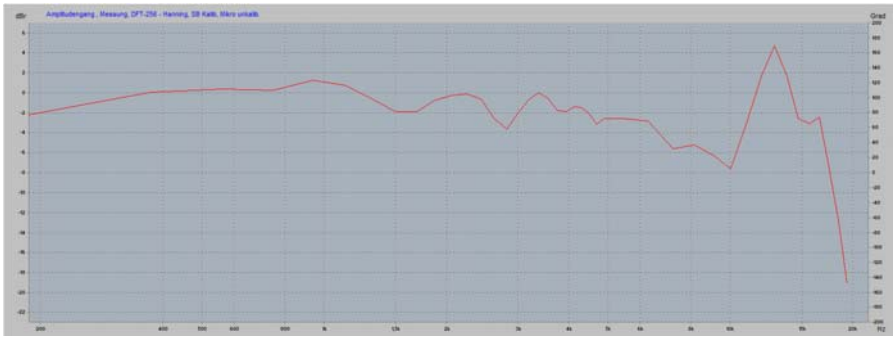
12.1 FREQUENZGANGMESSUNG

Grundlagen der Frequenzgangmessung

Die Sound Pressure Level Messung misst den Frequenzgang von Lautsprechern. Für die Entwicklung und Beurteilung von Lautsprechern ist sie unverzichtbar. Da die akustische Messung von vielen Faktoren abhängt, unter anderen vom Mikrofon und der Raumakustik, ist eine objektive Beurteilung schwierig. Dieser Umstand wird von einigen Entwickler und Herstellern ausgenutzt, die, gelinde gesagt, geschönte Messungen zeigen. Deswegen zeigt ein linearer Frequenzgang noch keinen guten Klang. Genauso entscheidend ist das Zeitverhalten für den Klang. Dieses wird bei der Messung der Sprungantwort und der akustischen Phasenmessung gezeigt. Besonders die akustische Phase kann von den meisten Messsystemen nicht gemessen werden. Deshalb besitzt diese wichtige Messung für die Entwickler auch keine Bedeutung. Bei dem mit der Maximalen Impulsfolge, MLS, messenden Systemen ist die Beurteilung des Klanges durch den Frequenzgang fast nicht möglich. Dies liegt an der Aufteilung der Messung in zwei Bereiche. Der Bereich bis 200Hz wird mir einer hohen Auflösung gemessen. Der Bereich ab 200Hz wird mit einem schmalen Zeitfenster gemessen um die Raumreflexionen auszuschalten. Der Messvorgang beginnt mit der Impulsantwort.

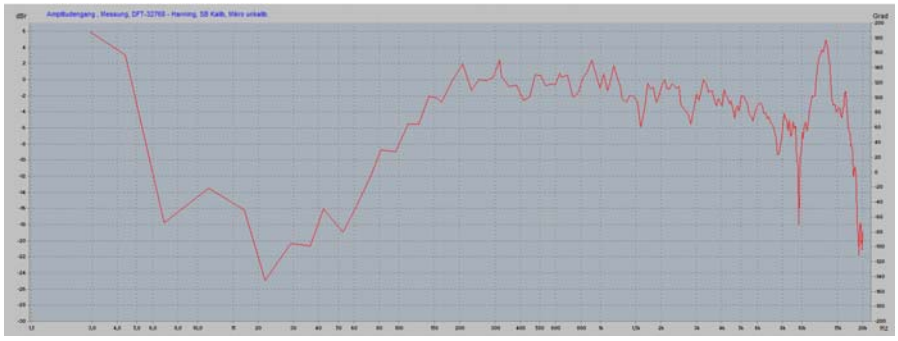


Diese zeigt rechts eine Reflexion vom Messraum. Die Theorie ist, dass die Messung nur richtig sein kann, wenn die Reflexion das Messergebnis nicht verfälscht. Daher wird der Auswertebereich für die FFT so gewählt, dass die Reflexion außerhalb liegt. Der Auswertebereich, das Zeitfenster für die FFT Rechnung, liegt zwischen den beiden roten Linien. Bei diesem Zeitfenster zeigt das Programm eine FFT mit 256 Punkten, 5,33ms Zeitfenster Länge, Abstand der Punkte 187,5Hz, Startfrequenz 187,5 Hz.



Der Frequenzbereich von 200Hz bis 1kHz ist fast nur eine Linie. Untersuchungen haben ergeben, dass die glatten Kurven nicht durch ein Ausblenden der Reflexionen, sonder durch eine starke Glättung entstehen. Die gemessenen Amplitudenwerte haben einen Abstand von 187,5Hz. Werden diese Werte für die Kurve verbunden, besteht eine starke Glättung. Diese Art

der Glättung hat aber den Nachteil, dass durch die wenigen Punkte, Stützstellen, der FFT die Genauigkeit stark verringert wird. Dies ist die übliche Messung von einigen Zeitschriften. Unterhalb 200Hz wird dann im Nahfeld mit einer höheren Auflösung gemessen. Beide Kurven werden dann zusammengesetzt.

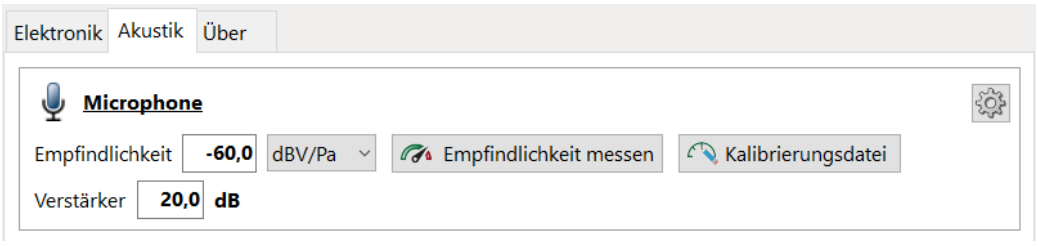


32768 Punkte, Länge des Zeitfensters 682ms, Glättung 1/1 octav, Abstand der Punkte 1,46Hz

Eine genaue Messung wird mit der 32768 Punkte FFT erreicht. Die LMS Messung mit dem kurzen Zeitfenster ist ein Fak. Es gibt einige Lautsprecherentwickler denen nicht bewusst ist, dass die Messung nur zur Veröffentlichungen dient. Die Folge ist, dass durch die ungenaue Messung bei drei Wege Boxen der Übergang vom Bass zum Mitteltöner nicht stimmt. Dies ist deutlich zu hören.
Deshalb wird beim ATB Signal die 32786 FFT benutzt. Der Einfluss des Raumes auf die Messung ist hauptsächlich bis 300Hz. In diesem Bereich wird die Nahfeldmessung benutzt.
Die Nachteile des MLS Signals bestehen in einer geringen Reproduzierbarkeit, besonders für tiefe Frequenzen.
Das ATB und MLS Signal werden beim Generator beschrieben.

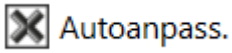
Das Messmikrofon

Bei der SPL Messung wird ein Mikrofon benutzt. Die Genauigkeit der Messung wird durch das Mikrofon bestimmt. Günstige Messmikrofone besitzen keinen linearen Frequenzbereich. Sie werden mit einer Kalibrierdatei geliefert. Die Datei wird unter Setting auf der Akustik Karte gespeichert. Ebenso wird hier die Empfindlichkeit des Mikrofons eingegeben. Diese ist für die genormte SPL Messung mit 1W/1m nötig.

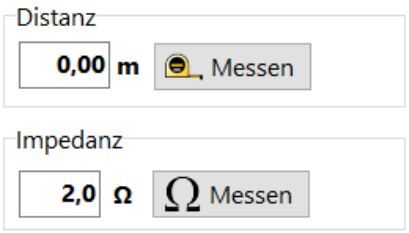


Die genormte SPL Messung

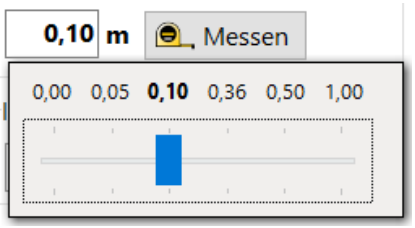
Für die genormte SPL Messung wird durch ein spezielles Menü unterstützt.



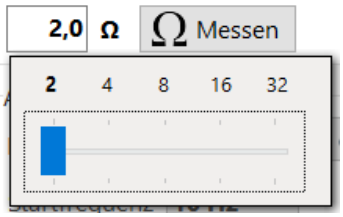
Die Funktion wird mit Autoanpassung aktiviert. Das Programm setzt dann automatisch die Ausgangsspannung des Generators entsprechend der Einstellung. Ebenfalls werden für die Anzeige der Messkurve die Empfindlichkeit des Mikrofons und die Einstellungen berücksichtigt.



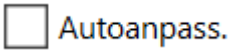
Für die genormte SPL Messung ist der Mikrofonabstand, Distanz, und die Impedanz des Lautsprechers einzustellen.



In dem Distanz Menü wird die Entfernung eingestellt. Diese wird mit dem Zollstock von der Frontplatte des Lautsprechers bis zur Mikrofonkapsel gemessen. Der Entfernungsmesser hat hier eine untergeordnete Bedeutung.



In dem Impedanz Menü wird die Lautsprecherimpedanz eingestellt. Hier werden die vorgegebenen Normwerte gewählt. Die Impedanzmessung gibt hier nur einen Hinweis. Bei einem 4 Ω Lautsprecher ist der minimale Impedanzwert um 2,3 Ω. Bei einem 8 Ω Lautsprecher 6,2 Ω. Werte dazwischen werden dem nächstliegenden Impedanzwert zugeordnet.



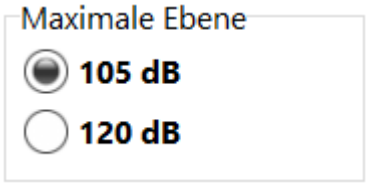
Mit dieser Einstellung bei Autoanpassung kann die Ausgangsspannung für den Generator eingestellt werden. Dies ist vorteilhaft für Messungen, bei denen die genormte SPL Messung nicht benötigt wird.

Für das Diagramm wird auf der Parameter Karte der maximale Wert für die dB Skala gewählt.

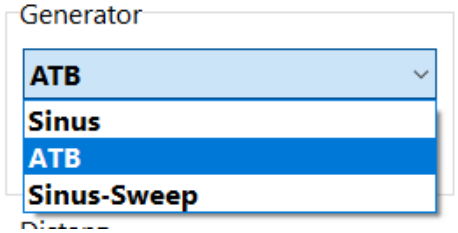
Achtung:

Der angezeigte Pegel ist von der im Setting, Karte Akustik, eingestellten Mikrofon Empfindlichkeit

abhängig. Kann das Mikrofon nicht kalibriert werden, wird diese so geändert werden, dass die Kurve den erwarteten Schalldruck anzeigt (Herstellerdaten).



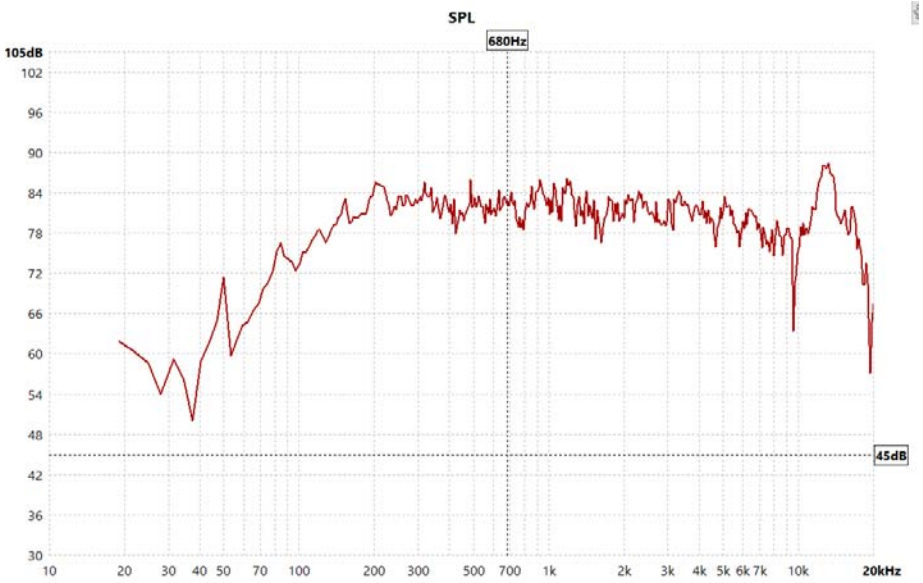
In dem Menü wird für die HiFi Lautsprecher 105dB und für die Beschallungslautsprecher 120dB gewählt.
Vor der Messung wird der Glättungsfaktor, Smooth, auf der Parameter Karte gewählt. Durch die Glättung wird der Frequenzgang eindeutiger. Für Veröffentlichungen wird mit dem 1 octave Wert die Kurve ganz glatt.
Im Gerator Menü wir das ATB oder Sinus-Sweep Signal gewählt.



Die Messung wird mit den Einzelmessung Schaltflächen gestartet.

Die Messung wird mit der Schaltfläche Einzelmessung, Einzelmessung mit Anzeige der vorherigen Messungen, Dauermessung, Dauermessung mit Anzeige der vorherigen Messungen, gestartet.

mit der Schaltfläche werden die Dauermessungen nach Ablauf des Messvorgangs gestoppt.

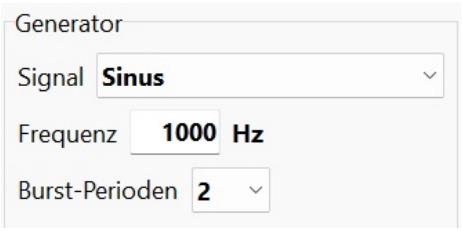


Der Schallpegelmesser besitzt auf der Datenlinien Karte Sonderfunktionen für die Verarbeitung der Messungen.
Mit der Einstellung ATB Signal kann das Messsignal auch von einer CD, DVD oder als .wav von einem USB Stick kommen.
Dies ist beim Einmessen der Auto Sound Anlage sehr günstig, da ein Anschluss der PC Soundkarte an die Auto Anlage sehr kompliziert sein kann.

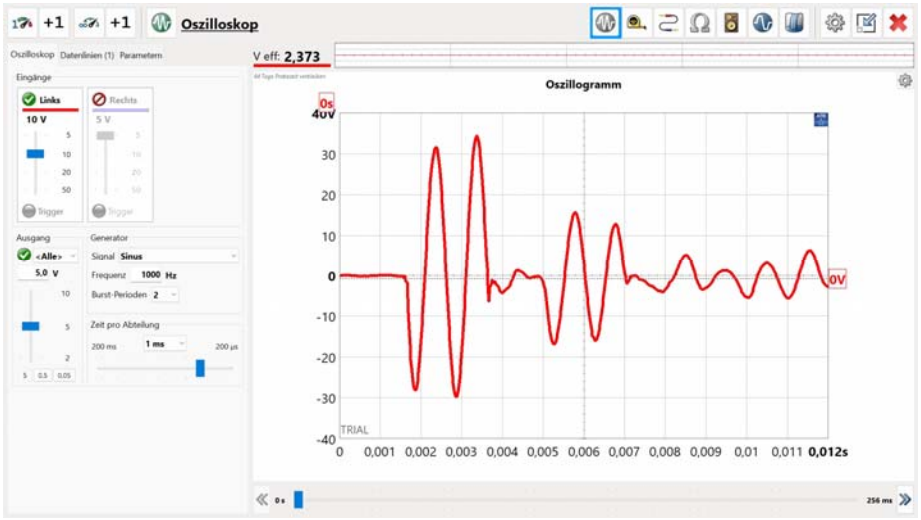
Auch im Home Kino lässt sich mit der Surround–Test DVD die Anlage exakt einstellen. Da der Anwender im Gegensatz zu den automatischen Einmesssystemen den Vorgang kontrollieren kann ist ein klarer Vorteil in der Wiedergabe zu erreichen. Dies liegt nicht an der Ungenauigkeit der automatischen Messungen sonder an den Algorithmen für die Korrektur Wiedergabe. Diese entsprechen nicht den Hörerfahrungen.

12.3 ANECHOIC MEASUREMENT

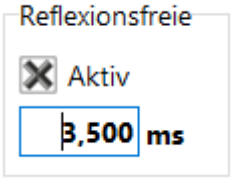
Mit der Messung wird die quasi raumunabhängige Lautsprecher Messung durchgeführt.
Bei der Messung wird für die Berechnung des Frequenzgangs ein Zeitfenster gesetzt in dem sich keine Reflexionen befinden. Hierzu wird zuerst eine Oszilloskop Messung durchgeführt. Als Messsignal wird im Generator



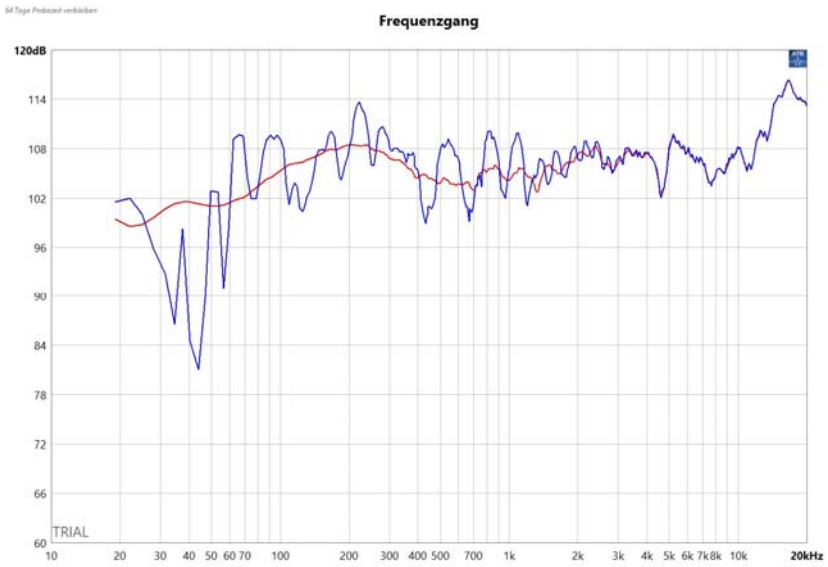
gewählt.



In dem Oszillogramm ist am Anfang das Messsignal zu sehen. Bei 0,005ms erscheint die Reflexion. Um die Länge für das Zeitfenster zu bestimmen wird die Zeit vom Anfang des Messsignals, 0,0015ms von dem Anfang der Reflexion 0,005 abgezogen. Der Wert für das Zeitfenster ist 0,005 – 0,0015 = 0,0035 ms. Dieser Wert wird in das FFT Menü eingetragen.



Für die Anechoic Messung wird unter Reflexionsfreie bei Aktiv angekreuzt.
Bei ms wird der im Oszilloskop ermittelte Wert eingesetzt.



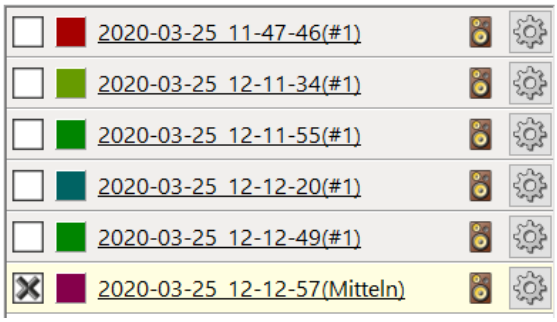
Das Bild zeugt die übliche Messung mit dem großen Zeitfenster, blau, und die Messung mit den ausgeblendeten Reflexionen, rot. Zu beachten ist hierbei, dass bei diesem Wert für das Zeitfenster die Messung für Frequenzen kleiner 150 Hz nicht mehr richtig ist. Für diesen Frequenzbereich wird eine Nahfeldmessung durchgeführt. Mit der Funktion Kombinieren wird diese mit der Anechoic Messung zusammengeführt.

12.3 SUMME, KOMBINIEREN, IMPEDANZ

Summe

Die Summe Funktion ermöglicht eine Messung des Lautsprechers entsprechend der Messung im Schalltoten Raum. Sie ersetzt auch die in einigen Zeitschriften übliche Messung, die vorher in Basics of frequency response measurement beschrieben wurde. Da der Übergang von der Nahfeld Messung zur 1m Abstand Messungen für eine höhere Frequenz gewählt werden kann, werden die entscheidenden Reflexionen ausgeblendet. Diese Messung besitzt oberhalb von 200Hz nicht die schlechte Auflösung und ergibt so eine höhere Genauigkeit. So wird z.B. bei einem 3-Wege Lautsprecher der Übergang vom bass zum Mitteltöner eindeutiger gezeigt. Die beiden Lautsprecher können viel besser aufeinander angepasst werden.

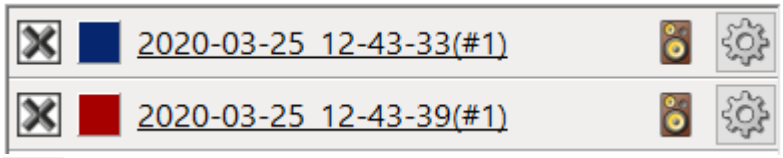
mit der Schaltfläche wird eine neue Kurve, die aus der Summe der gemessenen Kurven besteht, berechnet. Eine einzelne, noch so lineare Schalldruck Kurve sagt wenig über den Klang eines Lautsprechers aus. Die Messung zeigt nur einen Wert von dem Schalldruckfeld eines Lautsprechers. Erst wenn der Lautsprecher unter mehreren Winkeln gemessen wird und die Kurven summiert, lässt sich auf den Klang schließen.



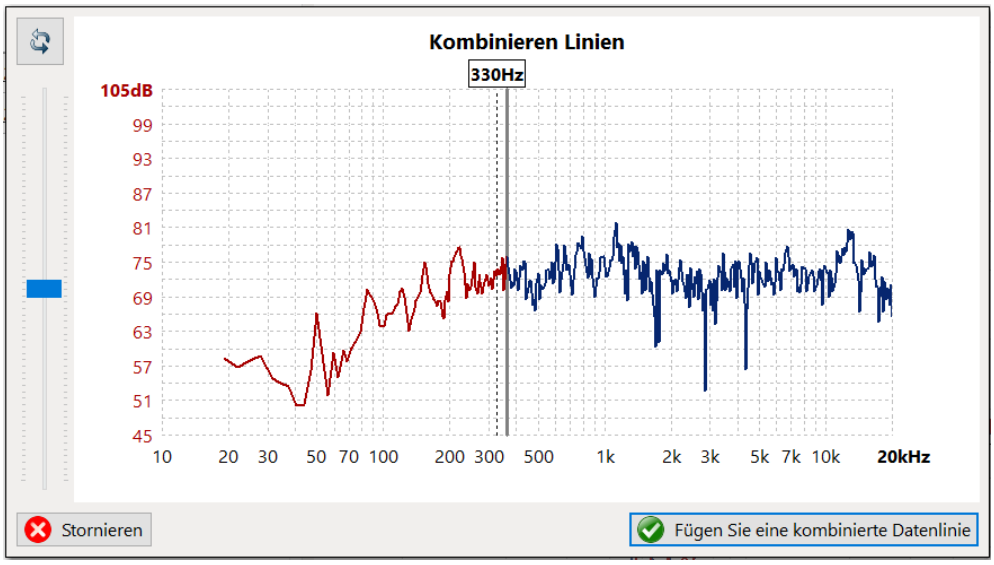
Die berechnete Kurve wird nach der Summation im Diagramm gezeigt.

Kombinieren

Für eine raumunabhängige Messung wird der Mittelhochtonbereich eines Lautsprechers in 1m Abstand und der Tieftonbereich im Nahfeld des Tieftöners gemessen.

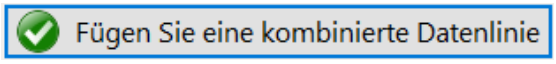


Nach der Messung von zwei Kurven wird mit der Schaltfläche das kombinieren Linien Menü geöffnet

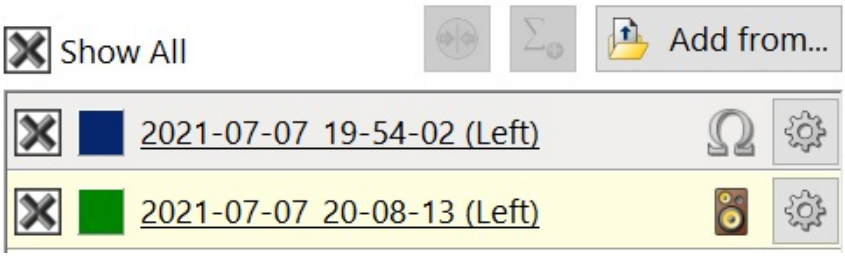


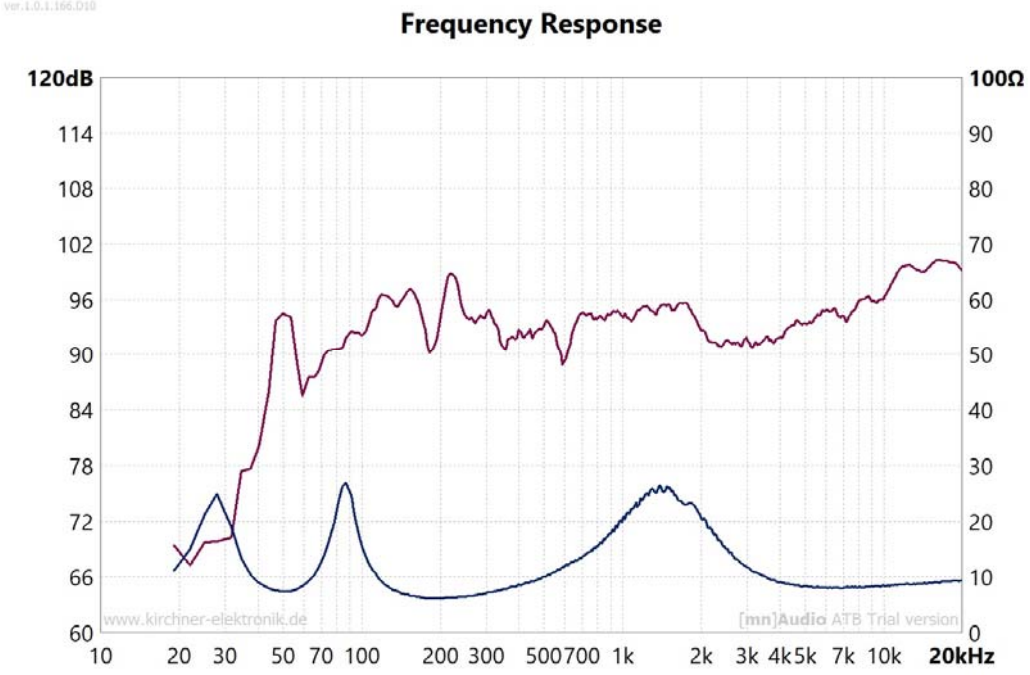
Mit der Schaltfläche können die beiden Kurven getauscht werden damit die Nahfeldmessung sich links befindet. Mit dem Regler auf der linken Seite wird die Höhe der linken Kurve an das Niveau der rechten angepasst.
Die Trennungslinie zwischen den Kurven wird durch Berühren oder mit gedrückter linker Maustaste verschoben. Die Trennfrequenz wird so gewählt, dass eine stetige Kurve entsteht.

Gleichzeitige Darstellung von SPL und Impedanz



Mit der Schaltfläche kann auch eine Impedanzmessung in das SPL Diagramm eingesetzt werden. Die Impedanzkurve wird in das Datenlinien Menü übernommen und im Diagramm angezeigt. Die Skalierung in Ohm erfolgt auf der rechten Achse.

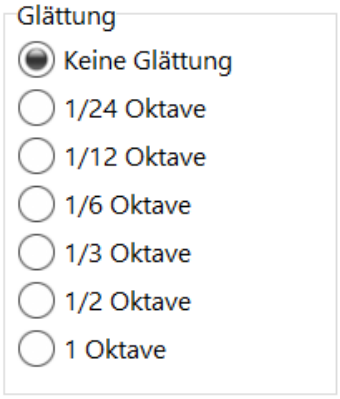




12.4 GLÄTTUNG

Bei akustischen Messungen treten nicht die glatten Frequenzgänge der elektrischen Messung auf. Lautsprecher dies liegt an den Lautsprechern sowie Raumresonanzen und Reflexionen. Dieses unregelmäßige Verhalten der Kurve kann mitunter die Sicht auf ihre wesentlichen Charakteristiken versperren. Um eine gleichmäßigere Kurve zu erhalten gibt es die Glättung. Bei einer schwachen Glättung gehen keine Informationen verloren, die Wiedergabe Eigenschaften werden nur übersichtlicher.
Bei einer starken Glättung können Übertragungsfehler versteckt werden.
Der Parameter Glättung legt den Glättungsradius fest. Hierunter ist die Anzahl der vorherigen und nachfolgenden Messwerte zu verstehen, die in die Berechnung des aktuellen Darstellwertes

einfließen. Der Einstellbereich wird als Oktave eingestellt. Dies bewirkt bei einer logarithmischen Frequenzverteilung für eine konstante Glättung über den Frequenzbereich.
Das Ergebnis der Glättungsfunktion ist eine Kurvendarstellung, die der einer Wobbel-Messung entspricht, bzw. entspricht der Glättungsradius dem Wobbelbereich der Sinuswelle.
Die Glättung wird auf der Parameter Karte eingestellt.



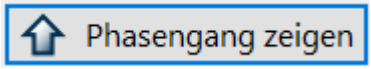
Im Menü für die Glättung wird der Glättungsradius eingestellt.
Der Lautsprecherentwickler wählt 1/24 Oktave. Beim dem ATB Signal wird dann über 3 Messwerte gemittelt.
Für Kataloge wird oft die Glättung 1 Oktave benutzt, mit einer Mittelung von 38 Messwerten. Diese kurven sehen schön aus, haben aber nur eine sehr begrenzte Aussage.

12.5 PHASENMESSUNG

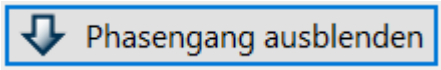
Achtung: Vor der Phasenmessung die Entfernungsmessung durchführen.

Die Phasenmessung zeigt die zeitliche Zuordnung der einzelnen Frequenzen. Diese wird von allen den Frequenzgang bestimmenden Schaltungen bestimmt. Die akustische Phasenmessung ist bei den meisten Messsystemen nicht möglich oder sehr eingeschränkt. Dies gilt für alle Systeme, die die Impulsantwort als Grundlage für die Berechnung benutzen.
Der Klang und die räumliche Wiedergabe von Lautsprechern werden stark von der akustischen Phasenlage bestimmt. Deswegen ist die Messung bei der Lautsprecherentwicklung sehr wichtig.
Die Messung der Phase benötigt die Einstellung des Abstandes. Siehe Beispiel bei der Magnitude Frequenzgangmessung. Bei dem Lautsprecher ist die Abstandsmessung nicht immer ganz genau. Der gemessene Wert kann etwas verändert werden. Um wie viel zeigt die Erfahrung. Das Ziel ist eine Phasendarstellung, bei der die Phase über einen weiten Bereich gerade verläuft.

Bei der Messung mit einem Signal vom CD / DVD Spieler ist die Phasenmessung nicht möglich.
Die Ursache hierfür ist, dass der Abstand nicht bestimmt werden kann.
Die Phasenmessung mit CD / DVD Spieler ist nur beim ATB PC Pro durch eine sehr aufwendige Berechnung möglich.



Mit der Schaltfläche wird das Diagramm für die Phase geöffnet.



Mit der Schaltfläche wird das Diagramm geschlossen.

12.6 LAUTSPRECHERMESSTECHNIK

Bei der Messung des Schalldruck-Frequenzgangs eines Lautsprechers wird die Messung vom Messraum und der Aufstellung beeinflusst. Um den Einfluss auszuschalten, wird im schalltoten Raum gemessen. Für die Entwicklung von einzelnen Chassis ist der schalltote Raum optimal. Bei der Entwicklung von Lautsprecherkombinationen, den Boxen, führt eine Abstimmung im schalltoten Raum zum praxisfernen Ergebnis.
Die Messung im schalltoten Raum entspricht nicht dem Hörergebnis, da der Lautsprecher beim Hören auf dem Boden steht und der Tieftöner eine andere Umgebung als im schalltoten Raum sieht. Der Boden bewirkt eine Anhebung von ca. 3dB für tiefe Frequenzen. Als ideale Messung erscheint nur die Freifeldmessung. Der Lautsprecher steht dabei erhöht in der Mitte eines großen Platzes mit wenigstens 20m entfernten Begrenzungen. Der Mikrofon Abstand ist 1m. Störgrößen bei der Messung sind Wind- und Umgebungsgeräusche.
Um den Klang eines Lautsprechers mit der Frequenzgangmessung beurteilen zu können genügt nicht die Messung mit einer Mikrofonposition. Entscheidend ist die vom Lautsprecher abgestrahlte Energie. Eine gleichmäßige Energie ist für die neutralere Wiedergabe in Räumen notwendig, damit die Raumreflexionen gleichmäßig sind. Werden überhöhte Frequenzbereiche bei der Energie Abstrahlung noch von den Reflexionen verstärkt, wird der Klang unnatürlich.
Die Energie der Schalladstrahlung wird durch Frequengangmessungen mit vielen Mikrofonpositionen gemessen. Die Positionen bilden einen Kreis um den Lautsprecher. Ein Vorschlag ist der Kreis mir einem Durchmesser von 1,5m. Die Entfernung zum Lautsprecher entspricht dann 1,2m und der Winkel 35°. Um die 8 Messungen auf den Kreis werden durch 3 Messungen vor dem Lautsprecher mit 1,2m abstand ergänzt. Bei den 3 Messungen ist die Position vor Hochtöner, Mitteltöner und Bass. Bei Zweiwege Lautsprecher vor Hochtöner, zwischen den Lautsprechern und Bass. Mit der Funktion Summe auf der Datenlinien Karte wird eine Kurve erzeugt. Diese Kurve wird zu den hohen Frequenzen hin abfallen. Dies ist bei einem Lautsprecher nicht zu vermeiden. Entscheidend ist, dass die Kurve gleichmäßig ist, keine Überhöhungen oder Einbrüche zeigt.

Nahfeldmessung

Bei der Nahfeldmessung des Lautsprechers wird die physikalische Eigenschaft des Schalls, dass der Schalldruck mit der Entfernung abnimmt ausgenutzt. Ein Messmikrofon wird im Abstand von 10cm vor den Tieftöner gestellt. Hierbei ist der direkte Schall um ein Vielfaches größer als der reflektierte, sodass nur der direkte Schall gemessen wird. Diese Messung wird nur unterhalb von 300Hz durchgeführt und durch eine Messung für den Frequenzbereich oberhalb von 300Hz ergänzt. Die zweite Messung wird im Abstand von 1m durchgeführt, um Mittel- und Hochtöner zusammen zu messen.
Bei der Nahfeldmessung muss auch der Schall von allen Quellen im Tieftonbereich gemessen werden. Zu diesen Schallquellen gehört auch der Mitteltöner, wenn die Trennfrequenz <300Hz beträgt. Der Messabstand für das Mikrofon beträgt 10cm. Nacheinander werden Bass, Bassreflexöffnung und gegebenenfalls Mitteltöner gemessen. Bei den Bassreflexöffnungen ist das Verhältnis von Membranfläche des Tieftöners und der Öffnung zu beachten. Entsprechend der Formel

Druck ~ Kraft x Fläche

erzeugt eine Öffnung einen höheren Druck als die große Fläche des Tieftöners. Beim Ausgangsregler kann durch die numerische Eingabe des Ausgangspegels entsprechend dem Flächenverhältnis der Ausgleich eingestellt werden. So kann der Tieftonbereich richtig gemessen werden.

Grenzflächenmessung

Bei der Grenzflächenmessung wird das Messmikrofon als Grenzflächenmikrofon betrieben. Das Mikrofon liegt flach auf dem Boden und besitzt dabei eine Halbkugelcharakteristik.

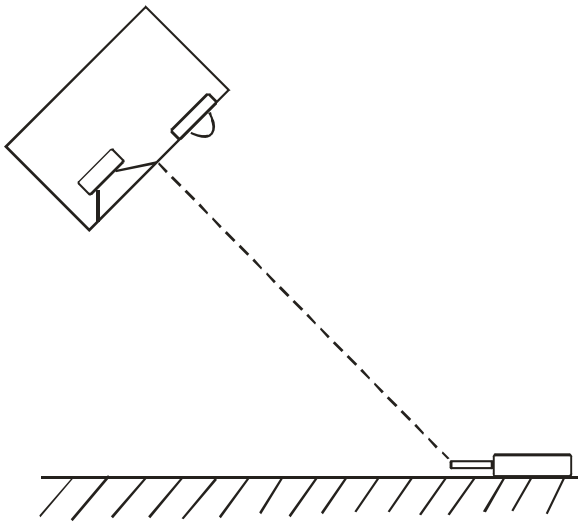


Bild 4.15

Das Bild 4.15 zeigt die Anordnung von Lautsprecher und Mikrofon.
Die Schallwellen des Lautsprechers treffen schräg auf den Boden und werden in den Raum reflektiert. Dies macht sich besonders im Mittel- Hochtonbereich positiv bemerkbar. Auch im Tieftonbereich, in dem sich die Raumresonanzen ausbilden, wird deren Energie vom Grenzflächen-Mikrofon nur zur Hälfte erfasst, sodass sie die Messung nicht mehr so stark beeinträchtigen.
Wegen der Raumresonanzen gilt auch hier: je größer der Messraum, desto besser.

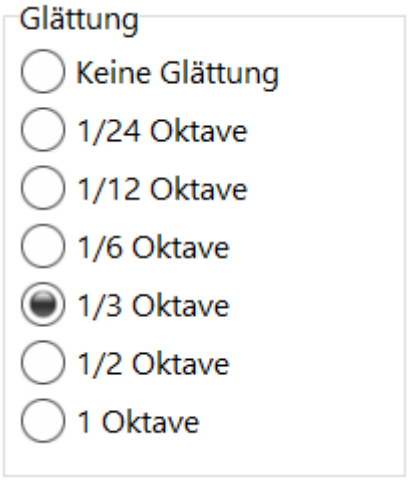
12.7 MESSUNGEN IM AUTO

Im Auto ist es meist kompliziert das Messsignal über ein Kabel in die Anlage einzuspeisen. Wenn ein CD Laufwerk zur Verfügung steht, kann die Auto-Test CD abgespielt werden. Ebenso kann das Messsignal als WAV Datei von einem USB Stick abgespielt werden.

12.8 REALTIME ANALYZER

Für den Realtime Analyzer wird das Messsignal Sinus eingestellt.

Auf der Parameter Karte wird unter Glättung für den Terz Analyzer 1/3 Oktave eingestellt.



Der Realtime Analyzer wird mit den Schaltflächen der Dauermessung gestartet.

mit der Schaltfläche werden die Messungen gestoppt. Bei der Dauermessung wird die laufende Messung vor dem Stopp durchgeführt.

12.9 SPEKTRUM ANALYZER

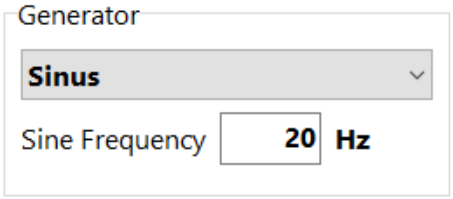
Für den Spektrum Analyzer wird das Messsignal Sinus eingestellt.

Auf der Parameter Karte wird unter Glättung Keine Glättung eingestellt.

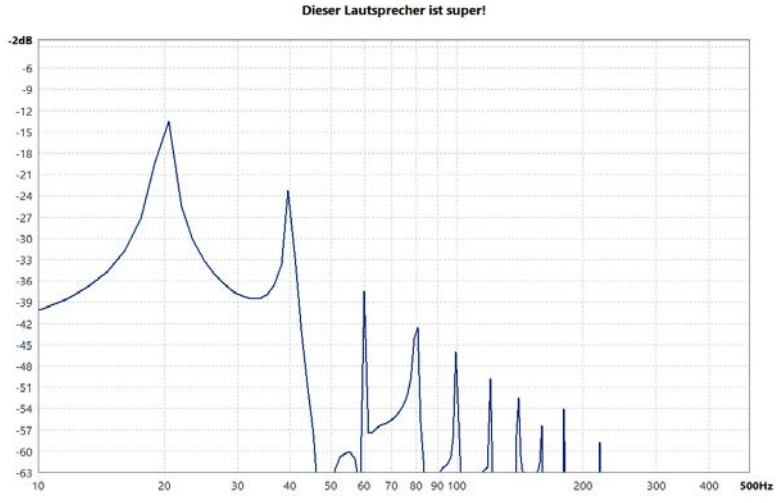
Der Start der Messungen erfolgt über die bekannten Schaltflächen.

Spektrum Analyzer zur Aussteuerungs- Kontrolle

Im Generator Menü wird das Sinus Signal und die Frequenz eingestellt.



Diese Messung zeigt die Übersteuerung, Clipping, der Elektronik. Dies ist besonders wichtig bei Anlagen mit DSP. Die Übersteuerungen sind nicht direkt zu hören, machen aber den Klang unerträglich hart. Es kommt oft vor, das bestimmte Einstellungen zur internen Übersteuerungen führen. Bei einer starken Anhebung der Bässe wird mit der Messfrequenz 20Hz geprüft, ob der Rechner noch in seinem Wertebereich liegt. Auch die Einstellungen für den Eingangs- und Ausgangsregler werden mit dem Spektrum Analyzer geprüft.



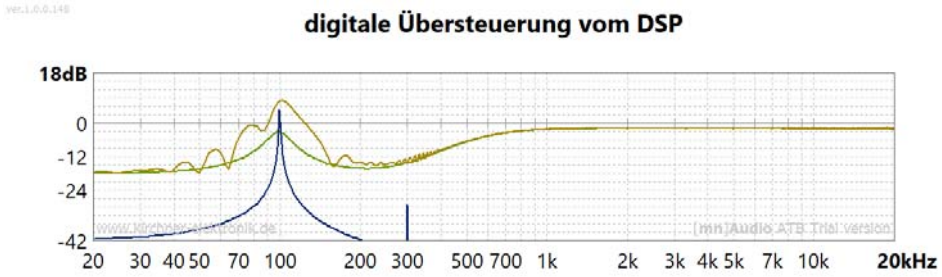
Das Bild zeigt typisches Clipping.

Ebenfalls lässt sich mit dem Spektrum Analyse durch eine Impedanzmessung mit einem Messwiderstand, der klein gegenüber dem Lautsprecherwiderstand ist, der lineare Bereich der Auslenkung eines Lautsprechers misst.

Test eines DSPs auf digitale Übersteuerung

Der Wertebereich eines DSPs ist begrenzt. Dadurch passiert es, dass die programmierten Funktionen nicht richtig berechnet werden. Diese digitale Übersteuerung erzeugt neue Signale und Klirrfaktor. Besonders tritt die digitale Übersteuerung im Tieftonbereich auf. Ein kräftiger Bass wird besonders im Auto erwartet. So wird er im DSP durch den Equalizer angehoben. Da auch die abgespielte Musik sehr starke Bässe enthält, kann durch die Anhebung der Wertebereich des DSPs an die Grenze geraten. Daher ist es sehr wichtig, die Eingangsspannung so zu wählen, dass diese Grenze nicht erreicht wird. Wird die Eingangspannung zu stark abgeschwächt rechnet der DSP nur mit kleinen Werten und der Klang leidet.

Das ATB Audio Analyzer Messprogramm bietet zwei Messfunktionen zum Einstellen der Eingangsspannung. Gemessen wird elektrisch am DSP Ausgang mit der Magnitude Messung. Angeschlossen wird der Kanal mit einer starken Anhebung, hier für den Tieftöner. Das Ausgangssignal wird so eingestellt, dass der Soundkarten Eingang nicht übersteuert. Für den Anschluss wird der Test-Adapter oder die Test-Box benutzt.



Die grüne Kurve zeigt den Frequenzgang der eingestellten Funktion ohne Übersteuerung.

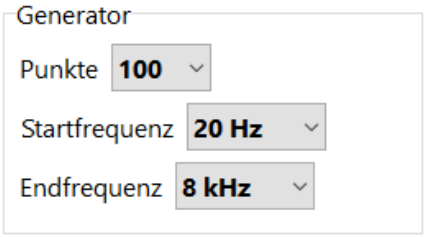
1. Die blaue Kurve zeigt die Spektrum Analyzer Messung mit dem Sinus. Es wird die Frequenz der max. Anhebung gewählt. Bei 300Hz ist der durch die Übersteuerung entstehende Klirrfaktor zu sehen.
2. Die gelbe Kurve zeigt die Übersteuerung bei der Sinus-Sweep Messung. Hier ist zu sehen, dass der Frequenzgang durch die digitale Übersteuerung zerstört ist.

13. TOTAL HARMONIC DISTORTION, THD

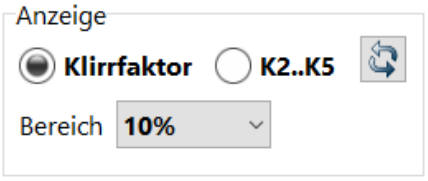
Mit der Schaltfläche werden wird die Total Harmonic Distortion Messung geöffnet.

Bei der Total Harmonic Distortion Messung wird Das Sinus Signal benutzt. Der Sinus wird für diskrete Frequenzen vom Generator erzeugt und vom Programm analysiert. Berechnet werden die Klirranteile, Oberwellen, K2, K3, K4, K5. Diese können einzeln oder als THD Wert angezeigt werden

Es bestehen folgende Einstellungen



Im Generator Menü wird unter Punkte die Anzahl der zu messenden Sinus Schwingungen mit fortlaufender Frequenz eingestellt.
Bei Startfrequenz und Endfrequenz der Frequenzbereich für die Messungen.



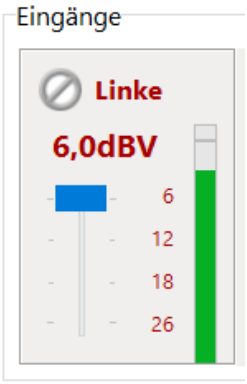
Im Anzeige Menü wird die Darstellung der Verzerrungen im Diagramm gewählt. Bei Klirrfaktor der THD Wert und K2…K5 die Oberwellen, Harmonischen.

Auf der Parameter Karte wird im Menü Legende die farbliche Zuordnung der Oberwellen gezeigt.

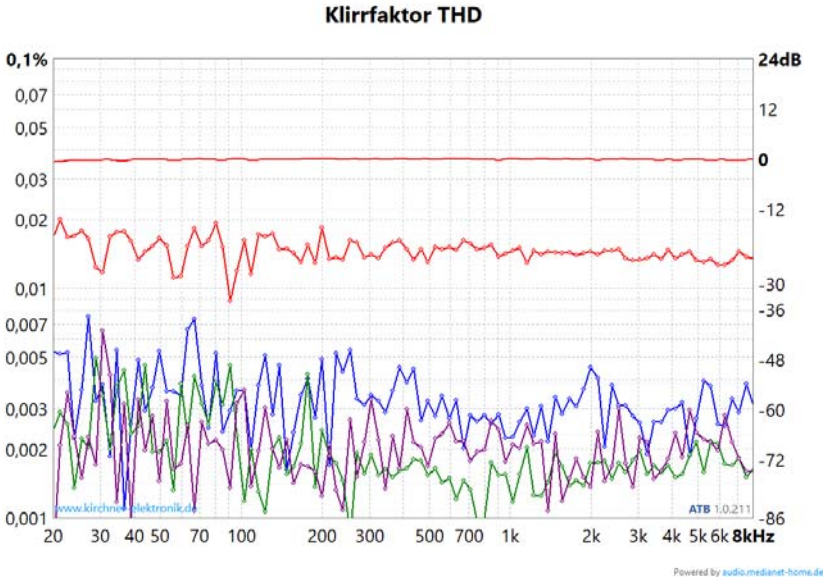
Mit dem Schaltflächen wird der Messvorgang gestartet für die erste Messung und das Dazumessen.

mit der Schaltfläche kann die Messung unterbrochen werden.

Eine sehr wichtige Funktion bei der Messung hat die Eingangspegel Anzeige, Level Indikator.



Der Balken muss für eine korrekte Messung grün sein. Zeigt er rot ist der Eingang übersteuert. Der der grüne Balken nur eine geringe Höhe wird die Messung ungenau.



Die Obertöne K1 bis K5. Die obere Kurve zeigt die Amplitude des Eingangssignals

Der gesamte Klirrfaktor THD. Die obere Kurve zeigt die Amplitude des Eingangssignals

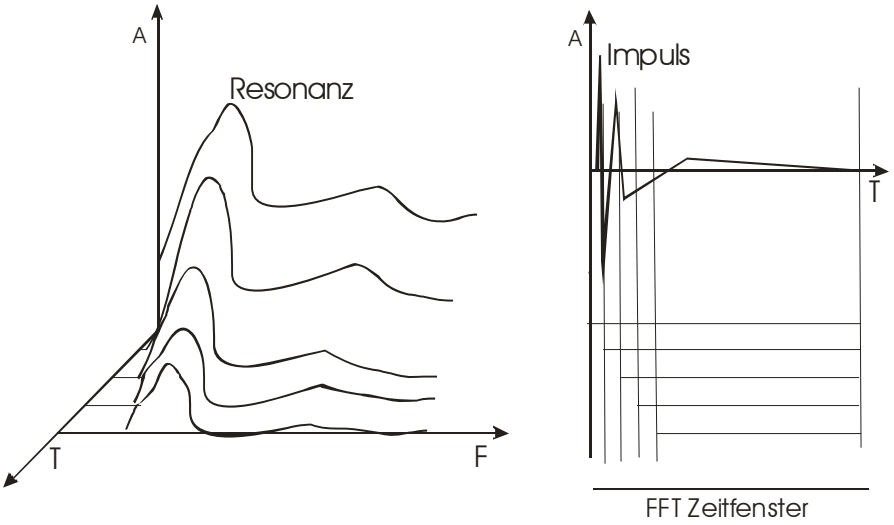
14. WATERFALL, ZERFALLSPEKTRUM

Mit der Schaltfläche wird die Waterfall Messung aufgerufen.

14.1 GRUNDLAGEN

Die Wasserfallmessung mit der FFT

Es bestehen unterschiedliche Verfahren der Waterfall, Zerfallspektrum, Messung.
Am bekanntesten ist die Messung mit der FFT Berechnung. Als Messsignal wird die Maximal Length Sequence, Maximale Ipulsfolge, MLS, oder der Sinus-Sweep benutzt. Die Grundlage für die Messung ist der Impuls. Aus dem Impuls werden mit der FFT für verschiedene Zeitbereiche Frequenzgänge berechnet. Die berechneten Frequenzgänge werden in der 3-D Graphik zusammengesetzt.



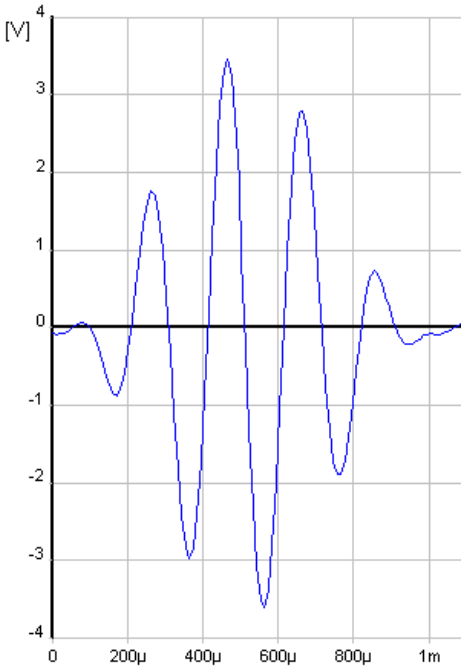
Das Bild zeigt wie das Zerfallspektrum mit den FFT Auswertungen entsteht. Rechts ist die Impulsantwort zu sehen. Die senkrechten Linien zeigen die Begrenzung des Wertebereichs für die FFT Berechnung. Der immer kleiner werdende Wertebereich wird durch die rechten wagerechten Linien gezeigt. Der linke Bereich ohne Linie, wird mit Nullen gefüllt. Verlängert man die Linien zu dem 3-D Diagramm wird ein Punkt auf der Zeitachse bestimmt. Zu dem Punkt auf der Zeitachse wird eine Kurve gezeigt, die das Ausschwingen des Lautsprechers zeigen soll. Zur Zeit 0, mit Werten für das ganze Zeitfenster, wird der Frequenzgang gezeigt. Dass der Lautsprecher sofort mit dem Messsignal alle Schwingungen über seinen Frequenzbereich wiedergibt, ist physikalisch nicht möglich. Jede Schwingung besitzt ein Einschwingverhalten. Auch der Lautsprecher nicht, der zusätzlich noch zeitliche Verzögerungen bei der Anregung besitzt. Dies zeigt die akustische Phasenmessung. Das Bild bei dem der gesamte Frequenzgang zurzeit 0 vorhanden ist, hat sich bei vielen Entwicklern eingebrannt. Sie verstehen das Einschwingen sowie das Phasenverhalten nicht. Der Lautsprecher überträgt ja sofort zum Zeitpunkt 0 alles. Bei der Darstellung wird auch übersehen, dass immer der gleiche Impuls ausgewertet wird. So werden zum Beispiel Überhöhungen und Einbrüche im Frequenzgang, die durch zeitliche Abläufe entstehen, nicht gezeigt. Es ist nicht zu sehen, dass ein Hochtöner mit einem zum Mitteltöner unterschiedlichen

Zeitverhalten den Mitteltöner im Übergangsbereich auslöscht. Auch ist das zeitlicher Verhalten von im DSP eingestellten Filtern nicht zu sehen.
Zu sehen ist nur, dass eine Resonanz ausschwingt. Die Resonanz ist auch schon im Frequenzgang zu sehen. An ihrer Höhe und Breite ist die Güte ausreichend zu erkennen.
Für die Untersuchung der akustischen Parameter des Raumes ist das FFT Zerfallspektrum vollkommen ungeeignet, da zwischen dem Resonanzen des Lautsprechers und Raumreflexionen nicht unterschieden werden kann.

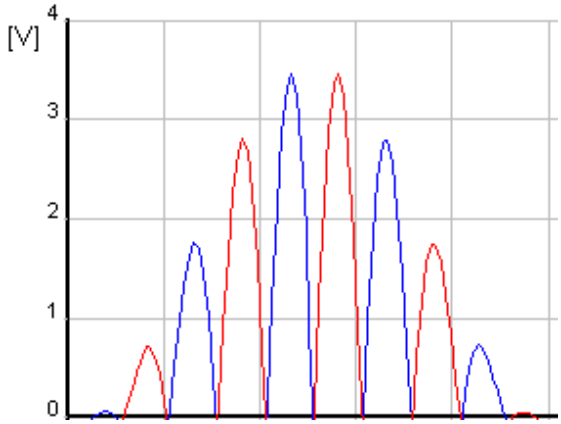
Die Wasserfallmessung mit dem Cosinus-Burst

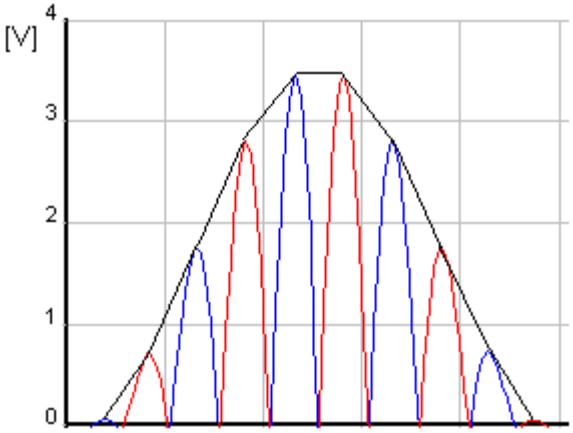
Die Grundüberlegung bei der ATB-Messung des Zerfallspektrums war die Vermeidung von aufwändigen mathematischen Verfahren. Die Messmethode greift auf die einfache Oszilloskopmessung zurück. Für jede Frequenz wird ein Oszillogramm erstellt und im Wasserfalldiagramm als Gebirge dargestellt. Das einzelne Oszilloskop Bild wird mit dem Cosinus-Burst als Generatorsignal gemessen. Der Cosinus-Burst besteht aus 5 Sinusschwingungen, die mit einem mathematischen Fenster zum Cosinus-Burst umgerechnet wurden. Im Cosinus-Burst ist nur eine Frequenz enthalten. Daher kann er zur Untersuchung des Ein- und Ausschwingverhaltens bei dieser bestimmten Frequenz verwendet werden.

Der WEG vom OSZILLOSKOP zum ZERFALLSPEKTRUM



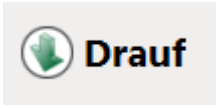
Nach der Messung des Oszillogramms mit genauer zeitlicher Zuordnung von Generator und Messsignal wird das Messsignal gleichgerichtet.





Das gleichgerichtete Signal wird mit einem Digitalfilter zur Hüllkurve umgerechnet. Für die Darstellung werden die Amplitudenwerte logarithmiert.
Die einzelnen Hüllkurven werden im Zerfallspektrum dargestellt. Jede Hüllkurve zeigt das zeitliche Verhalten für eine Frequenz.
Im Wasserfalldiagramm werden die Punkte gleicher Zeit (Periode) mit Linien verbunden.

Im Menü oberhalb der Graphik kann zwischen Ausschwingen (Vorder) und Einschwingen (Rück) gewählt werden. Vorder wegen der bei dem FFT Zerfallspektrum üblichen Darstellung.

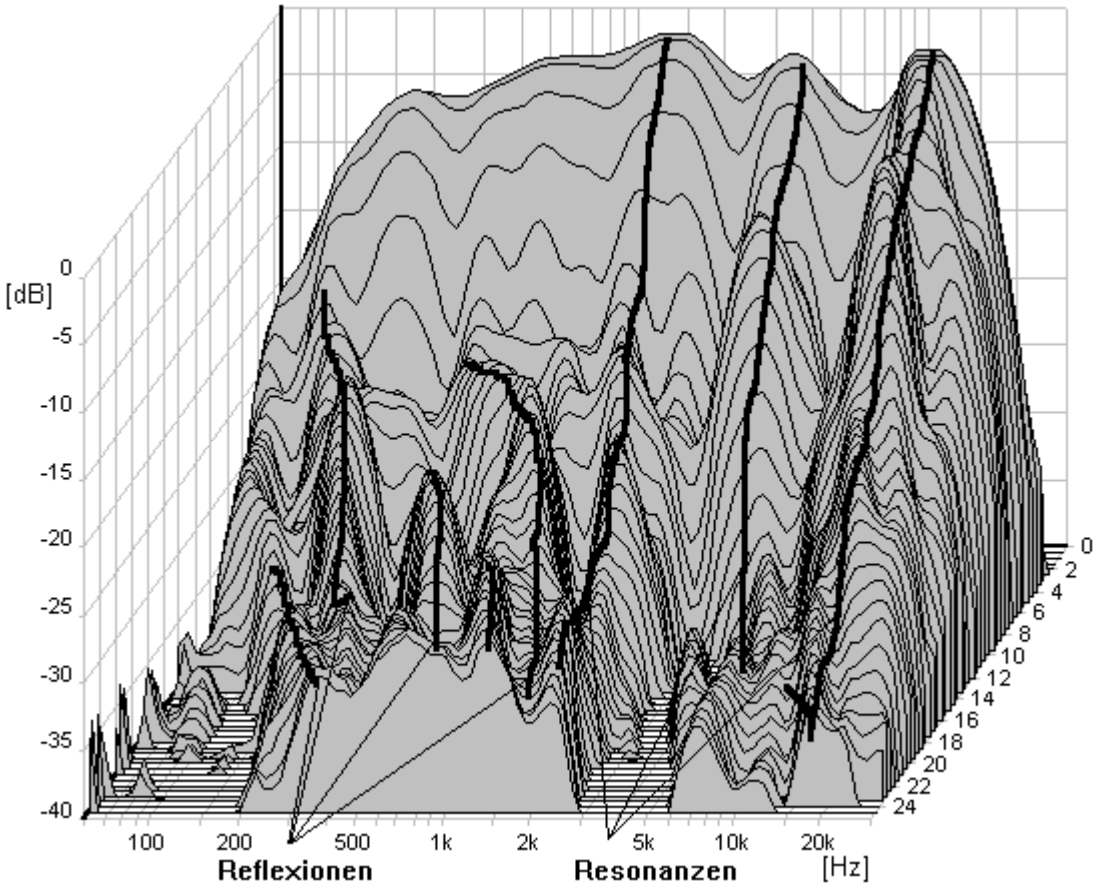


Mit dieser Schaltfläche wird eine 2D-Ansicht aufgerufen.

Ausschwingverhalten

Bei der Messung des Ausschwingverhaltens wird als Generatorsignal der Cosinus-Burst benutzt. Nach der Darstellung des Hüllkurvendiagramms wird das Wasserfalldiagramm auf dem Bildschirm erstellt. Die von rechts nach links verlaufenden Linien zeigen die Amplitudenwerte gleicher Periode. Diese Perioden entsprechen einer normierten Zeitachse. Durch die Normierung der Zeitachse wird es möglich, den gesamten Audiobereich in einem Diagramm darzustellen. Die Zeit T für die einzelne Frequenz f wird mit T=(1/f) x Periode berechnet.

Deutung des Wasserfalldiagramms



Durch die Skalierung der Zeitachse in Perioden wird eine Unterscheidung von Reflexionen und Resonanzen möglich. Die Resonanzen erzeugen einen Gebirgszug in Richtung der Zeit-(Periode) Achse. Eine Reflexion wird als ein nach rechts laufendes (gebogenes) Gebirge dargestellt. Reflexionen besitzen gegenüber dem direkten Signal eine konstante Verzögerung. Diese Verzögerungszeit wird im Wasserfalldiagramm mit einer Zeitachse in einem Gebirgszug parallel zur Frequenzachse gebildet. Mit der Periodenachse verläuft der Gebirgszug nicht mehr parallel, da die Darstellung frequenzabhängig ist. Bei niedrigen Frequenzen wird die konstante Zeit durch eine kurze, und bei höheren Frequenzen durch eine längere Strecke dargestellt. So ist eine Reflexion an einem von links hinten nach rechts vorn verlaufenden Gebirgszug, der wegen der logarithmischen Frequenzverteilung gebogen ist, zu erkennen.

Einschwingverhalten

Durch einen Vorzeichenwechsel der Zeit-(Perioden) Achse wird das Übertragungsverhalten, das beim Ausschwingen vom Gebirge verdeckt wird, sichtbar. Die Bedeutung dieser Messung zeigt die Untersuchung von Musiksignalen sowie des Hörvorganges beim Menschen.
Bei der Betrachtung von Musiksignalen ist auffällig, dass die Musik sich aus einzelnen Impulsen zusammensetzt. Der einzelne Impuls besteht aus einem Grundton mit zahlreichen Obertönen. Durch die

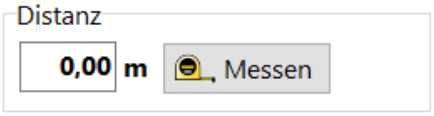
Obertöne steigt der Impuls steil an. Der Abfall erfolgt sanfter, da die Töne ausschwingen. Die exakte Reproduktion des Anstieges ist für die Übertragung der Charakteristik von Musiksignalen entscheidend. Die Bedeutung des Ausschwingverhaltens ist entschieden geringer. Dies zeigt die Klangwiedergabe von Hornlautsprechern. Diese Lautsprecher besitzen ein sehr gutes Einschwingverhalten. Ihr Klang wird von Tonmeistern und Musikern als natürlich empfunden, obwohl der Frequenzgang nicht besonders linear und das Ausschwingverhalten relativ schlecht ist.
Soll eine Übertragungsstrecke auf ihre Eigenschaften bei der Übertragung von Musiksignalen untersucht werden, so ist dies mit der Musik entsprechenden Impulsen am aussagekräftigsten.
Die Notwendigkeit der Untersuchung von Anstieg sowie Verzögerung eines Impulses zeigt die Betrachtung des Hörvorganges. Beim Menschen wird der erste vom Ohr aufgenommene Impuls vom Gehirn besonders ausgewertet. Er enthält die Information für das Richtungshören. Nur wenn die zeitliche Zuordnung der Töne stimmt, wird eine Musikwiedergabe als räumlich empfunden.

Wird das Einschwingverhalten mit dem Signal Cosinus-Burst gemessen, wird gezeigt, wie die Übertragungsstrecke ihren eingeschwungenen Zustand erreicht. Zu erkennen sind das Phasenverhalten und die Laufzeit im Wasserfalldiagramm. Ein optimales Einschwingverhalten zeigt einen gleichmäßigen Anstieg des Gebirges, die Amplituden der Linien gleicher Periode (normierter Zeit) verlaufen parallel.

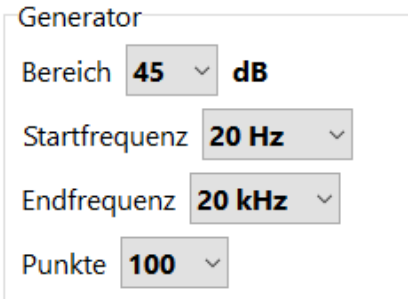
14.2 MESSUNG

Achtung:

Alle Messungen starten mit der Entfernungsmessung. Auch bei der elektrischen Messung wird diese durchgeführt, um das Zeitverhaltens des Windows Programms zu berücksichtigen.



In dem Menü wird die Entfernung vom Lautsprecher zum Mikrofon eingestellt. Bei der Messung mit dem Entfernungsmesser wird der Wert übernommen. Da das Wasserfalldiagramm eine zeitliche Messung ist, muss die Laufzeit des Schalls berücksichtigt werden.

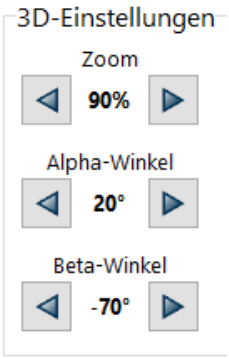


Im Generator Menü wird unter Bereich die Skalierung der y-Achse eingestellt. Mit Startfrequenz und Endfrequenz der Frequenzbereich der Messung. Die messtechnische Einstellung der Punkte bestimmt die Anzahl der Frequenzen für die gemessen wird.

Einstellungen auf der Parameter Karte

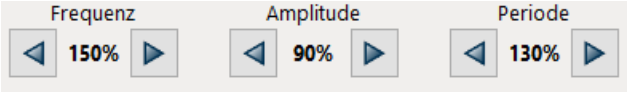
Im Menü bestimmt # der Linien die ½ Anzahl der Perioden für die Darstellung des Messzeitraums. # der Perioden nicht einstellen.

Mit dieser Schaltfläche auf der Parameter Karte kann mehrfarbig zu einfarbig für die Messkurve umgeschaltet werde.

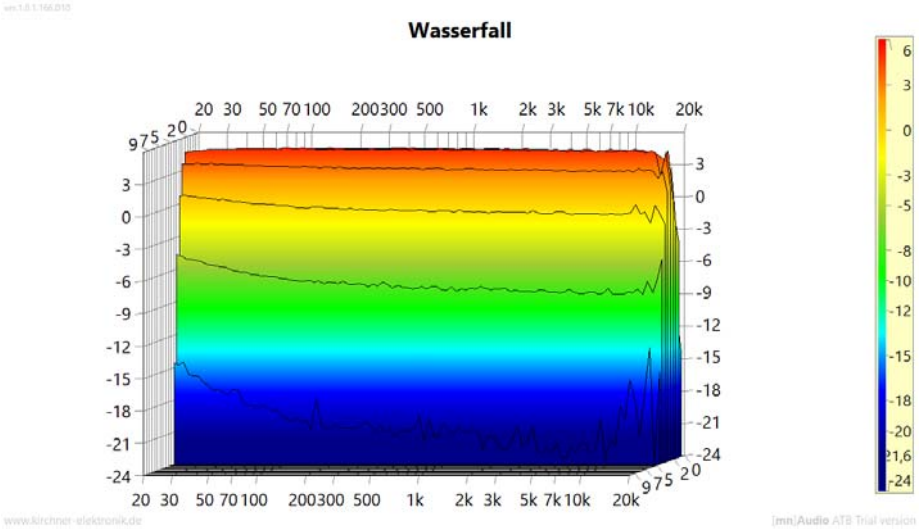


In dem Menü lässt sich die Darstellung des 3D Diagramms einstellen.

Diagramm Einstellungen



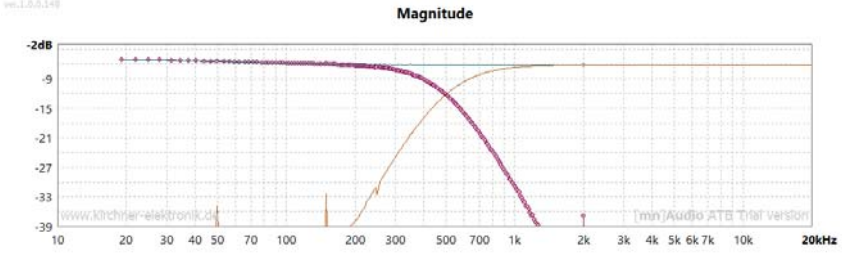
Mit den Schaltflächen lassen sich die Achsen der 3-D Grafik in der Länge einstellen.

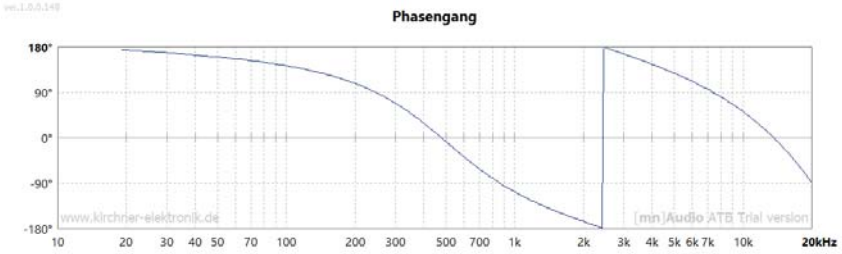


Die Messung zeigt das Messsignal für das Zerfallsspektrum. Bei der Messung wurde über den Adapter der Kopfhörer Ausgang mir dem Mikrofon Eingang verbunden. Die Sammplefrequenz ist 96kHz.

Wasserfallmessung einer Linkwitz 2-Wege Weiche mit 500Hz Trennfrequenz, 24dB/Octave.

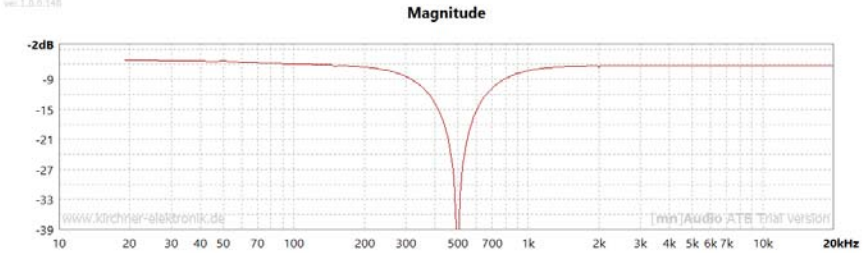
Die Weiche ist in einem DSP eingestellt und die Ausgänge für den Tief- und Hochtonbereich werden mit einer analogen Additionsschaltung zusammengeführt.

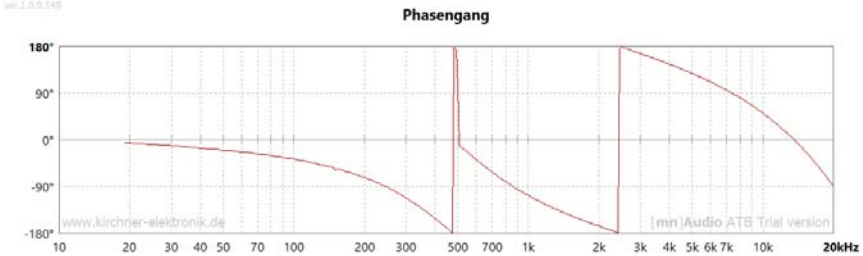




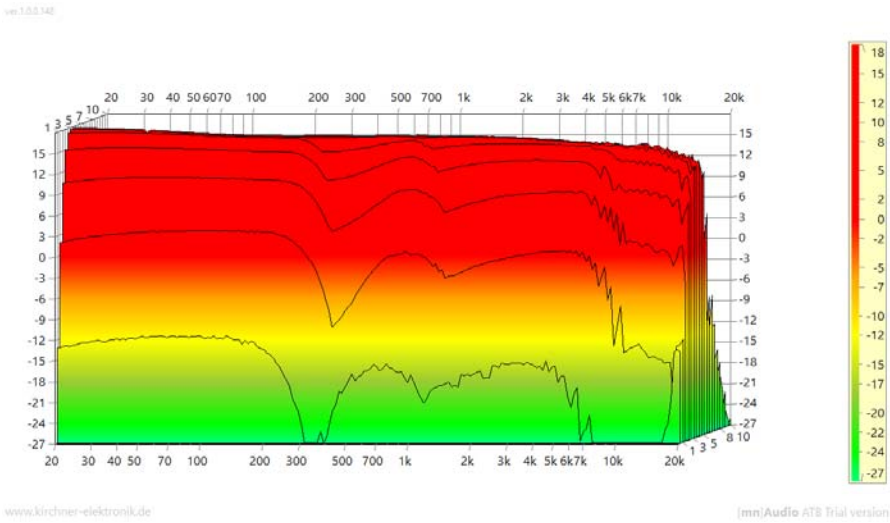
Der Frequenzgang der Weiche ist sehr linear. Die Übergangsfrequenz ist nicht mehr zu sehen.
Die Phase zeigt die zu erwartende Phasendrehung von 8 x 90° = 720°. Wenn die Kurve die -180° Linie erreicht, entsteht ein Sprung zu der 180° Linie um die Kurve fortzuführen. Dies ist durch die grafische Darstellung im Bereich von 180° bis -180° bestimmt.

Der Tiefpass, Tieftonbereich, invertiert

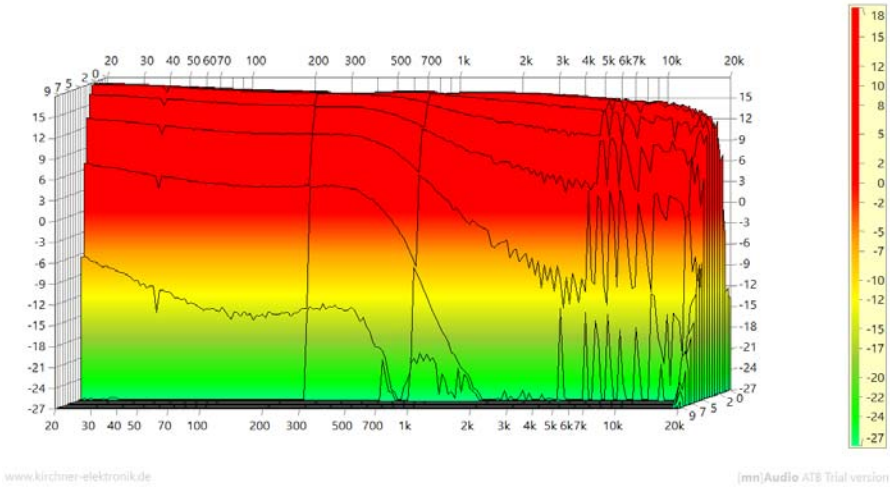




Wenn ein Kanal invertiert wird, entsteht der Einbruch in der Frequenzkurve. Gleichzeitig zeigt sich die falsche Polung bei der Phasenmessung durch den Sprung bei der Übergangsfrequenz. Bei Lautsprechern die entscheidende Messung für die richtige Polung.



Bei der Wasserfallmessung wird das Einschwingverhalten gezeigt. Dies ermöglicht die Cosinus-Burst Messung. Entgegen der Frequenzgangmessung, bei der die Schaltung eingeschwungen ist, zeigt die Messung einen Einbruch bei der Übergangsfrequenz von 500Hz. Erst nach 2,5 Perioden wird der ausgeglichene Frequenzgang gezeigt. In diesem Bereich wird das Signal verzögert. Die Verzögerung eines Frequenzbereiches stört bei Instrumenten das zeitliche Verhältnis von Grundton und Obertönen. Wie weit dies zu hören ist müsste untersucht werden. Bei einer zeitlichen Verzögerung wird der beim Einschwingen fehlende Bereich bei dem Ausschwingen als Gebirge erscheinen. Die Messung des Ausschwingverhaltens zeigt bei der Übergangsfrequenz kein zusätzliches Signal. Zu sehen ist nur die Verzögerung durch die große Phasendrehung für hohe Frequenzen.



Ausschwingverhalten der Linkwitz Filter.
Dadurch, dass die beim Einschwingen fehlende Frequenzanteile nicht beim Ausschwingen ersetzt werden, fehlen diese bei der Übertragung. Hierdurch wird der Klang stark verändert.
Dieser Effekt, dass durch die Weiche Frequenzanteile fehlen, kann auch mathematisch erklärt werden.

15. ANHANG

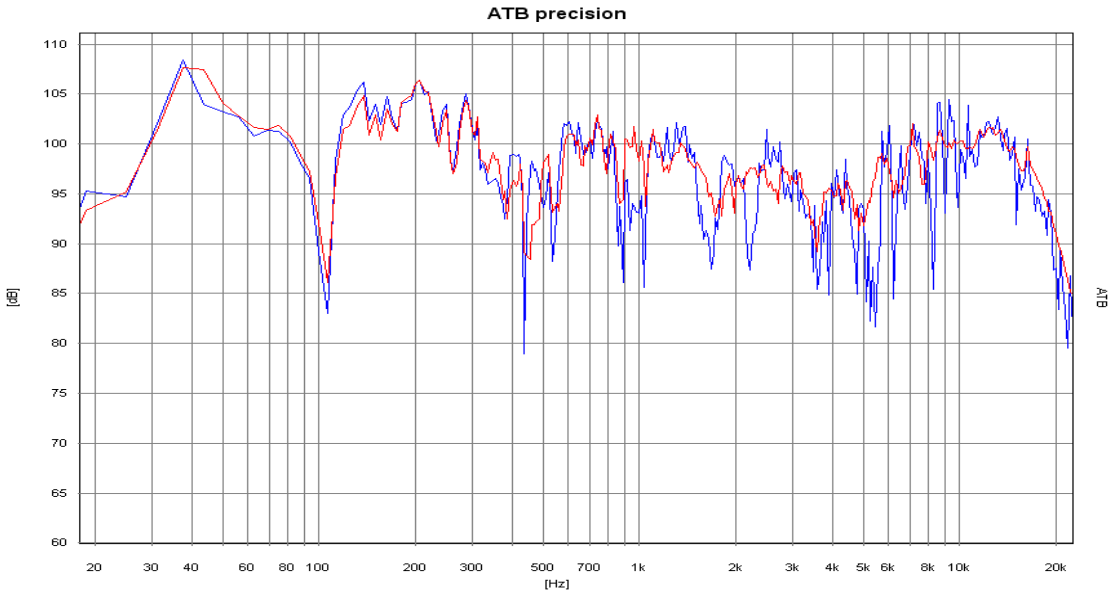
15.1 MESSUNGEN MIT CD IM AUTO

Im Auto ist oft kein Eingang für das Messsignal aus der Soundkarte vorhanden. Dann ist es sehr komfortabel das Messsignal mit der Auto-Test CD abzuspielen. Ebenso kann das Messsignal als .wav Datei von einem USB Stick kommen.

Achtung: Bei der Kalibrierung wird 44,1kHz und 16Bit gewählt. Die Kalibrierung erfolgt wie bei der normalen Messung mit der Verbindung von Kopfhörer Ausgang zum Mikrofoneingang der Soundkarte über den Adapter.

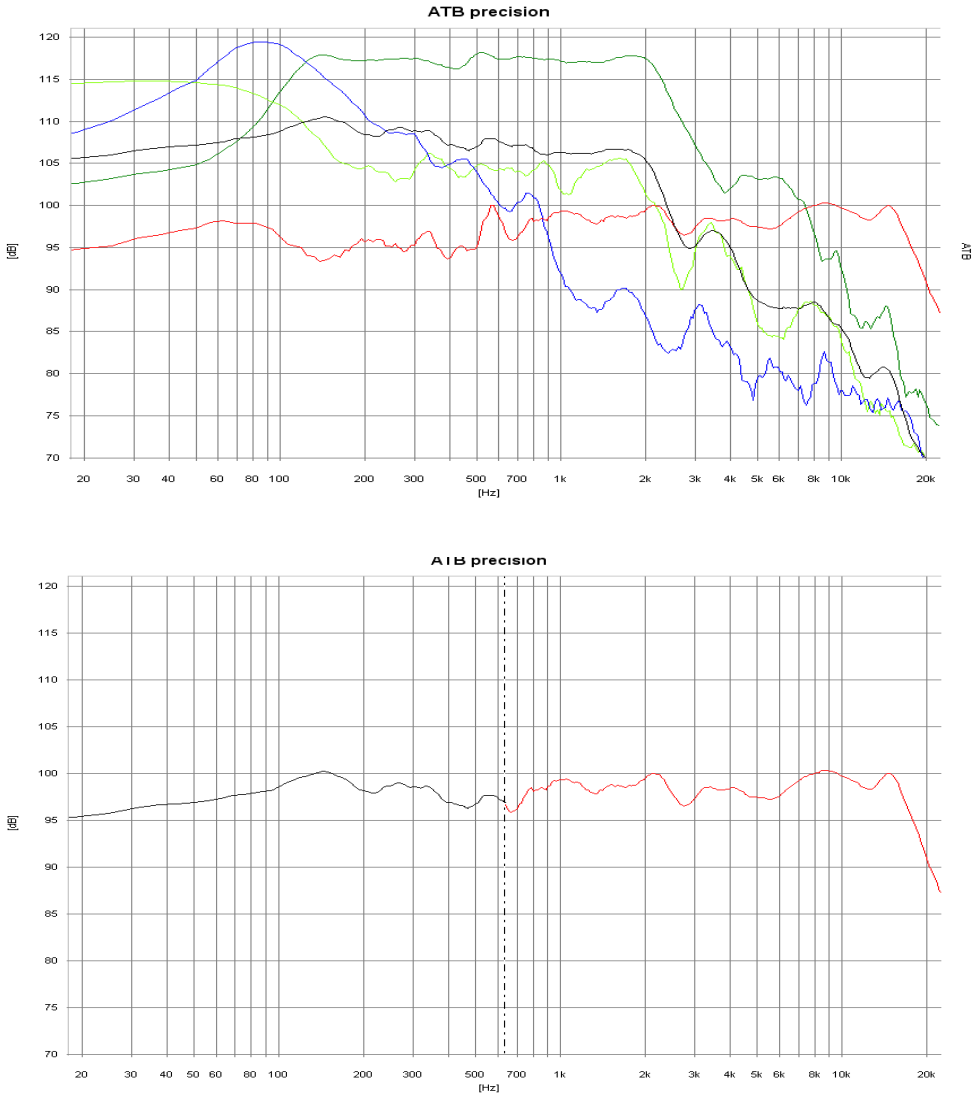
Vor den Messungen wird die Soundkarte Kalibriert. Bei Beispielrate wird 44,1kHz und 16Bit gewählt.
Nach der Messung wird im Einstellungsprofil ein Name vergeben. Dieses Profil wird folgend für die Messungen mir der CD aufgerufen.

15.2 RAUMKORREKTUR



Frequenzgang im Auto blau = Einzelmessung in Standardposition, rot = raumkorrigiert
Im Kraftfahrzeug besteht durch den, akustisch betrachtet, kleinen Innenraum keine gleichmäßige Verteilung des Schalls. Die entstehenden Interferenzen der Schallwellen zeigen bei der Messung für jede Mikrofonposition einen anderen Frequenzgang. Eine Messung mit der Standardposition zeigt die Interferenzen, aber keinen aussagekräftigen Frequenzgang. Erst die Messung mit mehreren Mikrofonpositionen im Kopfbereich der Insassen zeigt den für den Klang entscheidenden Frequenzgang. Diesen misst die ATB PC Messung, in dem die Frequenzgänge mehrerer Mikrofonpositionen gemittelt dargestellt werden.

15.3 NAHFELDMESSUNG



Nahfeldmessungen: blau = Bass, grün = Mittel, rot = raumkorrigierter Mittel- Hochton,
hellgrün = Bassreflex, schwarz = Mittelung von Bass, Mittel und Bassreflex

Im Tieftonbereich kann die Raumkorrektur nicht wie vorher beschrieben durchgeführt werden. Um die Raumresonanzen zu unterdrücken, wird der Tieftöner im Nahfeld gemessen. Bei der einfachen Messung wird das Ergebnis durch den Nahfeldeffekt, einer Überhöhung in der Schalldruckkurve, sowie der Vernachlässigung des Schalls der Bassreflexöffnung verfälscht. Dies wird bei der ATB PC Messung vermieden, indem das Mikrofon während der Messung zwischen Basslautsprecher und Reflexöffnung bewegt wird. Anfangs- und Endpunkt der Bewegung sind hierbei die Ränder von Basslautsprecher sowie Bassreflexöffnung. So wird der Einfluss des Nahfeldeffekts vermieden. Die während der Bewegung gemessenen Frequenzgänge werden gemittelt und zeigen die reale Tieftonwiedergabe. Im „Kombinieren Linie“ Menü der SPL Messung werden die Bass und Mittel-Hochtonmessungen zusammengesetzt. Hierbei sind Übergangsfrequenz und Amplituden frei wählbar.

15.4 EINMESSEN DER SURROUND ANLAGE MIT DVD

Zum Einstellen einer Surround Anlage werden die Messsignale für die 5 Kanäle + dem Subwoofer benötigt. Diese kommen von der Surround-Test DVD.

Für ein echtes Kinoerlebnis im Wohnzimmer ist neben dem entsprechenden Bild der Klang entscheidend. Für einen guten Klang sind in erster Linie die Lautsprecher zuständig. Klangliche Unterschiede zwischen hochwertigen DVD Spieler und Verstärkern sind vorhanden, aber zum Erreichen des Kinoklanges weniger bedeutend. Viel wichtiger sind die richtigen Einstellungen für den Verstärker sowie die Abstimmung der Lautsprecher auf die Raumakustik. Dies ist nur mit der Messtechnik möglich. Dank Computer und ATB-PC Programm wird auch dem interessierten Laien ein Einmessen seiner Anlage ermöglicht.
Achtung:
Vor den Messungen wird die Soundkarte kalibriert. Bei Beispielrate werden 48kHz und 16Bit gewählt. Die Kalibrierung erfolgt wie bei der normalen Messung mit der Verbindung von Kopfhörer Ausgang zum Mikrofoneingang über den Adapter.
Nach der Messung wird im Einstellungsprofil ein Name vergeben. Dieses Profil wird folgend für die Messungen mir der DVD aufgerufen.

VERSTÄRKER

Zur Bedienung wird der Verstärker (Receiver) an den Fernseher angeschlossen.

Im Menü des Verstärkers (Receivers) wird der Menüpunkt SPEAKER SETTING durchgeführt. Hier werden alle SPEAKER auf LARGE gesetzt und der SUBWOOFER auf ON.

Als weitere Einstellung wird in CHANNEL BALANCE die Lautstärke für alle Lautsprecher auf 0dB gesetzt.

Im CHANNEL DELAYS Menü werden die Unterschiedlichen Abstände zu den Lautsprechern eingestellt. Diese Einstellungen sind nötig, da die Schallwellen in der Luft sich mit der Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Da bei der Surround Anlage der Ton aus allen Lautsprechern zur gleichen Zeit den Hörer erreichen sollt, wird dies in CHANNEL DELAY eingestellt. Bei den Anlagen im Wohnzimmer sind die Surround Lautsprecher näher an dem Hörer. Daher wird der Ton verzögert, um zur gleichen Zeit wie der Ton von dem Frontlautsprecher gehört zu werden. Für die Einstellung wird die Differenz der Entfernungen Frontlautsprecher – Surround Lautsprecher ermittelt und in das Menü eingetragen. Bei einigen Menüs ist die Eingabe in ms erforderlich. Die ms werden mit der Formel 1m = 2.94ms errechnet. Ganz genau brauchen die Werte nicht eingestellt werden. Wichtig ist, dass der Ton zuerst von den Frontlautsprechern gehört wird. Als Faustformel, und bei einigen Geräten auch nur einzustellen, gilt für kleine Räume 10ms, mittlere 15ms und 20ms für große. Der Center wird um 2-3ms verzögert, falls die Einstellung möglich ist.

MIKROFON

Das Mikrofon wird an die MIC Buchse der Soundkarte angeschlossen.

Mikrofon Aufstellung:
Zuerst wird der Sitzplatz für den Zuschauer bestimmt. Auf die Rücklehne des Sofas oder Sessels wird das Mikrofon so gestellt, dass sich der Mikrofonkopf in der Kopfposition des Zuschauers befindet. Bei zwei bevorzugten Sitzpositionen wird das Mikrofon zwischen die Positionen gestellt.

DVD SPIELER

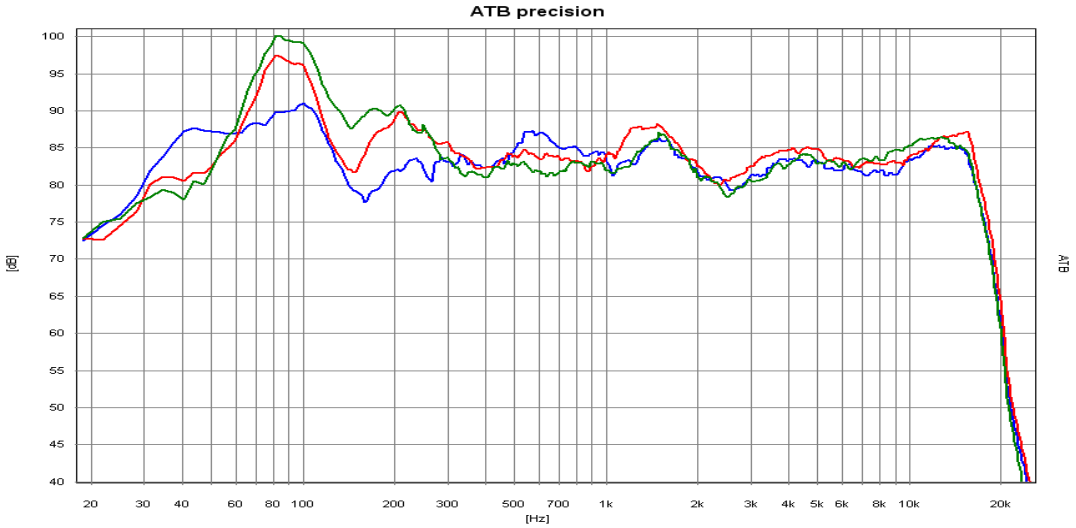
Anschluss des DVD Spielers
Der DVD Spieler wird über seinen koaxialer Cinch- oder optische Digital Audio-Ausgang an den Verstärker angeschlossen. Ebenso wird das Video Signal an den Verstärker angeschlossen.

Start der Surround-Test DVD
Die DVD wird gestartet und im Menü werden die Einzelmessungen gewählt.

EINZELMESSUNGEN

Frontlautsprecher FL, FR

Die Messungen werden mit den Einzelmessungen der Frontlautsprecher FL gestartet. Bei dieser Messung soll die Position des Lautsprechers getestet werden. Die Messung wird im Messprogramm mit M *D* gestartet. Die Lautstärke für das Rosa Rauschen Signal wird so lange erhöht, bis die Frequenzgang Kurve im oberen Teil der Grafik des Messprogramms liegt.
Die folgenden Messungen wurden im Analog.on Studio durchgeführt. Bei den Lautsprechern handelt es sich um seit Jahren bewährte Systeme, die nicht nur preisgünstig sind, sondern alle Ansprüche erfüllen.

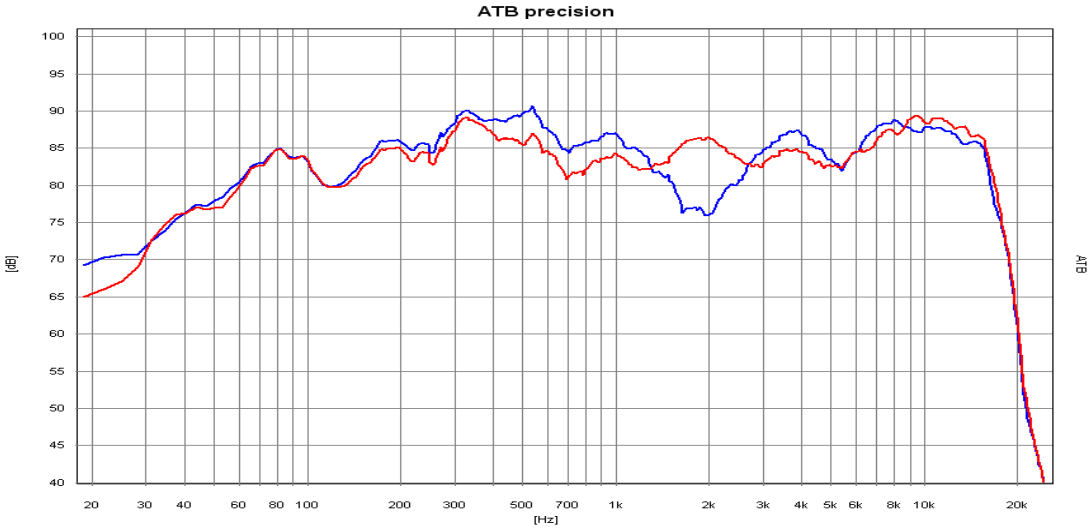


Die blaue Kurve ist der FL Lautsprecher, die rote Kurve der FR Lautsprecher mit großem und die grüne Kurve mit kleinem Abstand von der Zimmerecke.
Jetzt wird die Position des Lautsprechers gesucht, bei der der Frequenzgang ohne große Überhöhungen oder starke Einbrüchen dargestellt wird. Ein Abfall des Hochtonbereiches wird durch das Schrägstellen des Lautsprechers in die Richtung der Sitzposition verhindert. Überhöhungen oder Einbrüche im Mitteltonbereich können durch einen größeren Abstand zur angrenzenden Wand ausgeglichen werden. Eine starke Überhöhung im Tieftonbereich zeigt eine Position in der Zimmerecke. Durch Vergrößerung des Abstandes zur Rückwand wird die Überhöhung vermindert. In einem Wohnraum lässt sich als Funktion der Raumgröße bei Standlautsprechern eine Überhöhung im Tieftonbereich nicht vermeiden. Da das Ohr auf eine betonte Basswiedergabe nicht kritisch reagiert, sondern sie sogar als angenehm empfindet, ist ein Kompromiss zwischen leichter Betonung des Basses und Wohnraumfreundlichkeit durchaus möglich. Nach dem FL Lautsprecher wird FR symmetrisch zu FR platziert. Die symmetrische Aufstellung ist wichtiger als kleinere

Unregelmäßigkeiten im Frequenzgang. Die Messung wird mit M+*D* gestartet. Unterschiedliche Tieftonwiedergabe vom linken und rechten Lautsprecher ist unkritisch, da der Zuschauer die Summe beider Lautsprecher hört. Große Einbrüche oder Überhöhungen im Frequenzgang des FR Lautsprechers machen eine neue Position des Lautsprechers notwendig. Die neue Position wird dann symmetrisch auf FL übertragen und FL gemessen. Treten jetzt bei FL grobe Nichtlinearitäten auf, werden beide Lautsprecher auf eine mittlere Position, zwischen den beiden optimalen Positionen, platziert.
Kleine Lautsprecher sollten so aufgestellt werden, dass die Schalldruck Kurve oberhalb 100 Hz ausgeglichen verläuft.

Center

Der Center ist für die Sprachwiedergabe zuständig. Daher ist beim Center ein ausgeglichener Frequenzgang wichtig. Die Hochtonwiedergabe darf nicht betont sein, da sonst die Stimmen zu hart klingen. Der Tieftonbereich darf unterhalb 100 Hz abfallen, da der Tieftonbereich vom Subwoofer oder den FL, FR Lautsprechern übertragen wird.



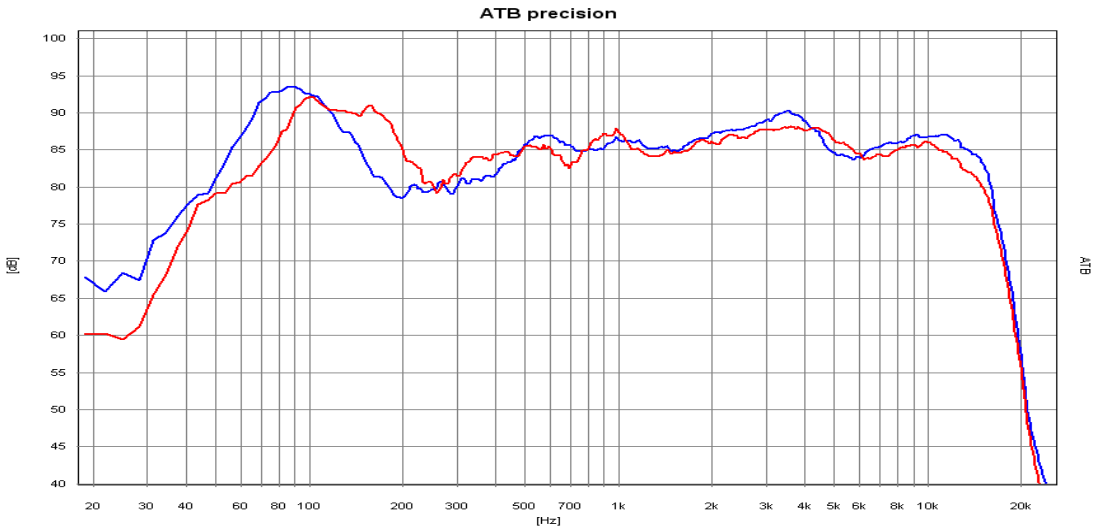
Die Kurven zeigen die Frequenzgänge des Centers mit kleinem Abstand zum Zimmerboden, blaue Kurve. Bei der roten Kurve wurde der Abstand um 20 cm vergrößert.

Bei der Aufstellung des Center hat der Abstand zum Boden eine große Bedeutung. Mit der M+*D* Messung wird der Center in verschiedenen Bodenabständen gemessen. Der Abstand mit dem ausgeglichensten Frequenzgang sollte gewählt werden.

Surround Lautsprecher

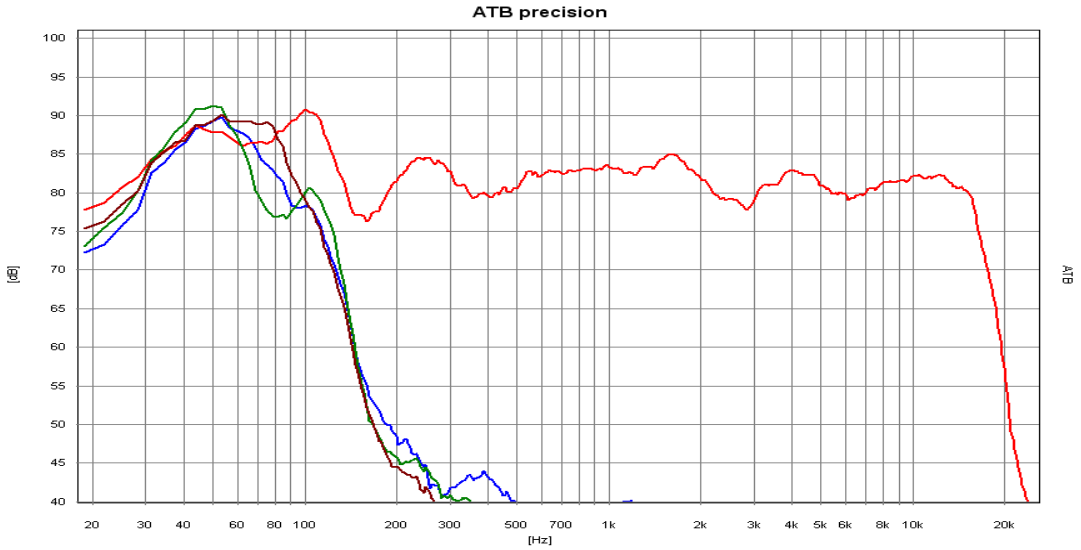
Für die korrekte Platzierung der Surround Lautsprecher gelten besondere Regeln. Dem Home Cinema Besitzer sollte bewusst sein, dass die Filme nicht für das Wohnzimmer, sondern für das Kino hergestellt werden. Genau wie das Bildformat auf keinen Fernseher passt, wird auch der Ton für das Kino abgemischt. Im Kino Saal wird der Surround Klang über bis zu 24 kleine Lautsprecher erzeugt. Die Lautsprecher sind an den Wänden und der Rückwand des Saales verteilt. Bei der Anordnung ist wichtig, dass jeder Zuschauer einen Lautsprecher in der Nähe hat und einen direkten Schallanteil hört. Die übrigen Lautsprecher erzeugen einen diffusen Klang. Diese Verhältnisse sollten auch im Wohnzimmer herrschen. Da das Zimmer nicht mehr als zwei Surround Lautsprecher zulässt, sollten die Lautsprecher direkten und

diffusen Schall abstrahlen können. Deshalb sind die üblichen direkt abstrahlenden Boxen nicht geeignet. Auch die früher für THX verwendeten Dipole mit diffuser Schallabstrahlung sind nicht günstig. Der Frequenzgang von den Surround Lautsprechern sollte zwischen 100Hz und 10k'Hz ausgeglichen sein. Die Grenzfrequenz von 100Hz ermöglicht, dass die tiefen Töne, die vorn abgestrahlt werden, hinten geortet werden können. Der Hochtonbereich darf nicht betont sein. Im Kino wird der Hochtonbereich oberhalb ab10kHz begrenzt, da sonst der einzelne Lautsprecher herausgehört werden kann. Zum Messen wird das Mikrofon in Richtung des Lautsprechers gedreht. Gemessen wird mit M+*D*.



Das Bild zeigt beide S Lautsprecher. Der blaue steht in einer Ecke.
Der Position des Lautsprechers wird solange geändert, bis grobe Unregelmäßigkeiten im Frequenzgang nicht mehr vorhanden sind. Zum Messen der Lautstärke wird das Mikrofon wieder in die alte Position gebracht.

Subwoofer
Der Subwoofer übernimmt die Tieftonwiedergabe. Die ausgeglichene Erzeugung der tiefen Töne im Wohnraum bereitet die größten Probleme, da die Abmessungen des Wohnraumes und die Wellenlänge des Schalls ähnlich sind. Daher ist das Schallfeld im Raum nicht mehr gleichmäßig und der Schalldruck besitzt Maxima und Minima. Dies bedeutet, dass die tiefen Töne an verschiedenen Orten lauter oder leiser zu hören sind. Der Subwoofer muss so platziert werden, dass beim Sitzplatz kein Minimum des Schalls auftritt.

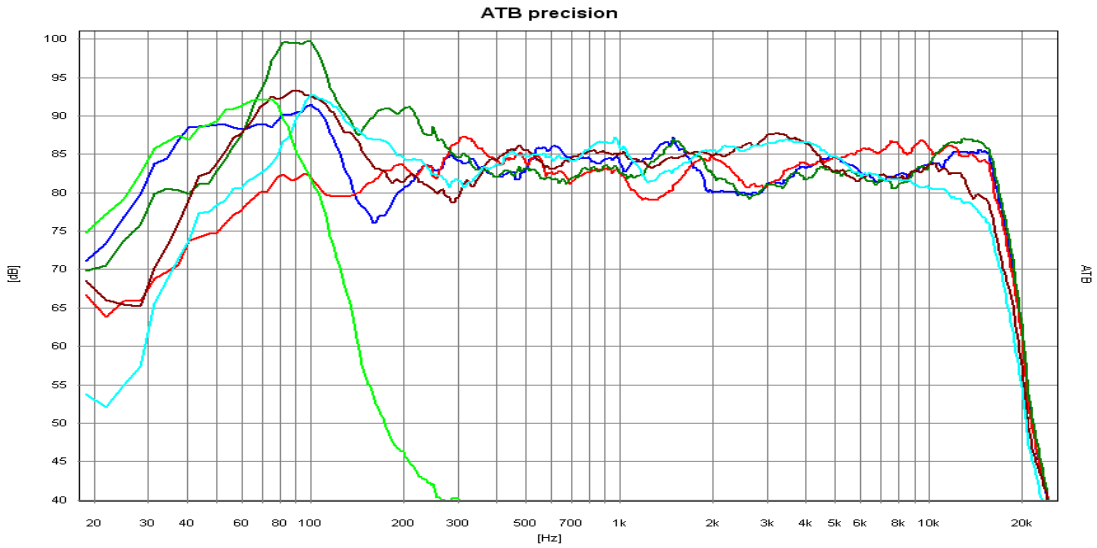


Das Bild zeigt die Kurven für den SW mit verschiedenen Positionen. Hierbei betrug die Verschiebung je 20cm. Die rote Kurve ist der FL Lautsprecher.

Gleichzeitig ist eine Platzierung des Subwoofers zwischen den FL und FR Lautsprechern vorteilhaft. Durch mehrere Messungen mit M+ und Verschieben des Subwoofers kann der ideale Ort schnell gefunden werden. Dies ist der Ort, bei dem die gemessene Frequenzgangkurve am höchsten ist.

Einstellung der Lautstärke

Die Lautsprecher der Surround Anlage müssen gleich laut sein. Gemessen werden die Lautsprecher mit den Einzelsignalen, und die Einstellung erfolgt im Menü des Verstärkers unter CHANNEL BALANCE. Für den FL Lautsprecher wird 0dB gewählt und der Schalldruck mit M gemessen.



Die Einzelmessungen der Lautsprecher zusammen dargestellt

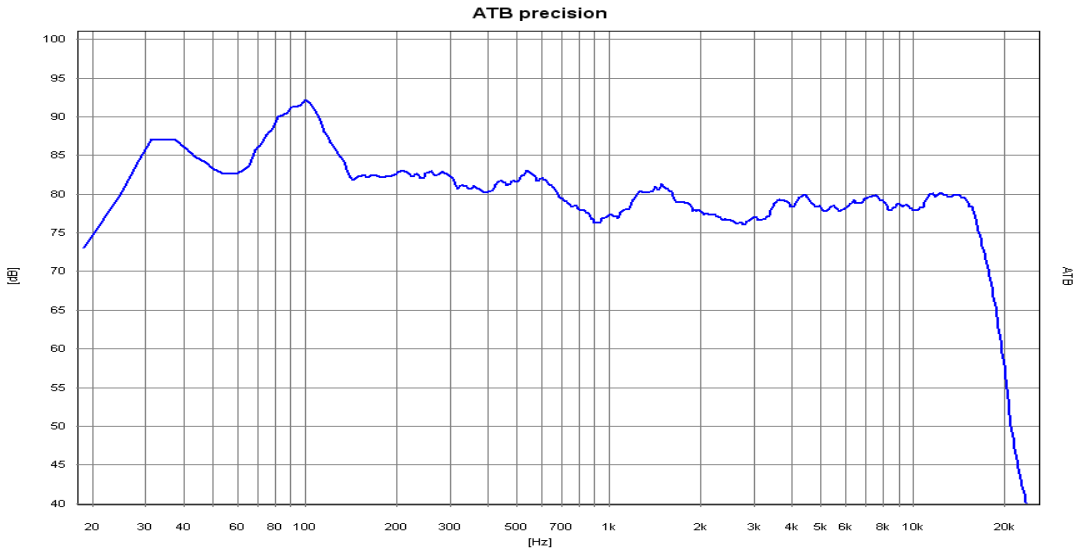
Hellgrün = SW, rot = C, grün = FR, blau = FL, braun = SR, hellblau = SL

Die Lautstärke entspricht der Höhe der Schalldruckkurve. Danach wird FR mit M+ gemessen und die Einstellung im Verstärker Menü so geändert, dass die Kurven übereinander liegen. Der gleiche Vorgang wird mit dem Center und den Surround Lautsprechern durchgeführt. Bei der Einstellung der Lautstärke für den Subwoofer muss der Einfluss des Raumes beachtet werden. Obwohl bei der Sitzposition eine Anhebung gemessen wird, kann der Klang trotzdem ausgeglichen sein, da über den Raum gemittelt der Bass ausgeglichen ist. Die richtige Messung wird durch den Vergleich der Bass Kurve mit den Kurven der großen, im Bass ausgeglichenen FL, FR Lautsprecher. Die SW Kurve sollte die Amplitude der großen Lautsprecher haben. Bei kleinen FL, FR Lautsprechern ist ein um ca. 6dB lauterer Bass einzustellen, da er den Tieftonbereich von den beiden Lautsprechern FL und FR übernehmen muss.

SUMMENSIGNALE

Die Messung des Summensignals von FL und FR zeigt das Zusammenspiel der Lautsprecher im Raum. Messtechnisch tritt bei der Messung eine besondere Schwierigkeit auf. Da die Schallwellen der Lautsprecher sich überlagern und genau das gleiche Signal besitzen, entstehen Interferenzen. Es treten Einbrüche im Frequenzgang auf, die von der Mikrofonposition abhängig sind. Diese Interferenzen sind auch hörbar, wenn der Kopf leicht bewegt wird. Dabei verändert sich der Klang des Rauschens. Damit die richtige Schalldruckkurve gemessen werden kann, muss das Messmikrofon mit der Hand im Umkreis von 50cm um die Sitzposition bewegt werden. Diese Kurve ist aussagekräftig für den Klang. Die Messung wird mit M *mittel* gemessen.

.



Summensignal der Frontlautsprecher

Durch die Bewegung des Mikrofons entsteht ein Abfall zu den Höhen hin. Dieser Abfall sollte gleichmäßig sein. Von Bedeutung ist hier die Messung mit FL+C+FR.

Der Equalizer

Einige Geräte besitzen einen Equalizer um die Lautsprecher dem Raum anzupassen. Zum Einstellen des Equalizers eignen sich die Summensignale am besten, weil sie die akustischen Eigenschaften des Raumes zeigen. Für die Einstellung des Equalizers sollten einige Regeln beachtet werden. Die Problematik des

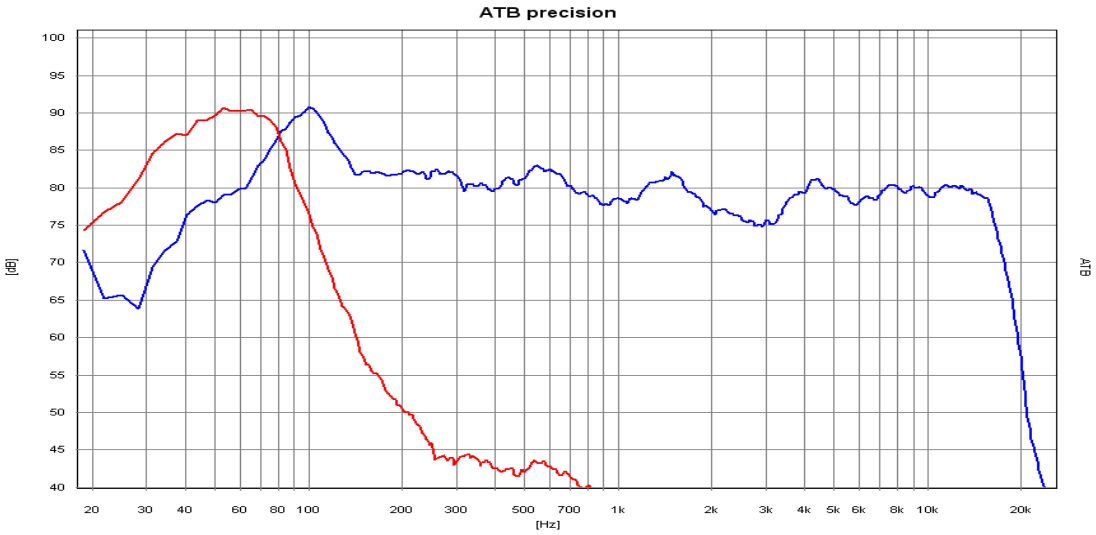
Equalizers ist, dass bei der Linearisierung des Frequenzganges gleichzeitig das Impuls- und Phasenverhalten verändert wird. So wird die zeitliche Zuordnung der Signale verändert. Wenn der Equalizer für die FL und FR Lautsprecher benutzt wird, sollte die Einstellung für die beiden Lautsprecher identisch sein. Zur Einstellung des Tieftonbereiches werden die Summe+Bass Signale verwendet.

SUMMENSIGNALE+BASS

Der Subwoofer
Der Bass wird bei der Surround Anlage von Subwoofer oder großen Lautsprechern für FL und FR wiedergegeben. Er ist im Dolby Digital Signal als eigener Kanal aufgezeichnet. Als Bass werden bei Dolby Digital die tiefen Töne mit einer Frequenz < 100Hz bezeichnet. Da bei der Aufnahme der Bass von den Mikrofonen für FL, Fr, C, SL und SR vereinfacht betrachtet gleich aufgenommen wird, wird er von den Kanälen getrennt und im SUB Kanal übertragen. Bei der Wiedergabe kann die Schallquelle für einen einzelnen Ton nicht geortet werden. Deshalb ist für die Wiedergabe vereinfacht betrachtet, auch nur ein Lautsprecher, der Subwoofer erforderlich. Bei der vereinfachten Betrachtung wird nicht berücksichtigt, dass der Kino Ton nicht aus einem einzelnen Signal mit einer Frequenz besteht. Der Ton besteht aus vielen Frequenzen die untereinander eine zeitliche Zuordnung, die Phase, besitzen. Deshalb kann aus der vereinfachten Betrachtung nicht geschlossen werden, dass sich ein Subwoofer überall im Raum befinden kann. Dies werden die folgenden Messungen auch zeigen. In einer Anlage kann der Subwoofer auch nicht als einzelnes Gerät betrachtet werden, weil der Frequenzbereich um die Trennfrequenz, 94Hz, vom Subwoofer und den Front und Surround Lautsprechern gleichzeitig wiedergegeben wird. Immer, wenn sich Schallwellen überlagern, ist die Phasenlage der einzelnen Wellen zueinander für den Schalldruck entscheidend. Deshalb besitzen Subwoofer den Phasenschalter oder sogar Regler. Es hat sich gezeigt, dass die richtige Einstellung des Verstärkers und Subwoofers ohne Messtechnik nur zufällig gelingt. Hierbei müssen die Messsignale von der DVD kommen, um die Eigenschaften und Einstellungen des Dolby Digital Decoders zu berücksichtigen.

Messung des Summensignals der Frontlautsprecher
Für diese Messung wird der Subwoofer ausgeschaltet, bleibt aber im Menü des Verstärkers aktiviert. Der Schalldruck wird mit dem Summensignal FL+C+FR+SW mit M *Mitteln* gemessen.
Da für diese Messung nur die tiefen Frequenzen betrachtet werden, ist die Bewegung des Mikrofons wie bei der vorherigen Summenmessung nicht nötig.

Messen des Subwoofers
Mit dem Einzelsignal SW wird die folgende Messung durchgeführt. Die Messung wird mit M+*D* gestartet.

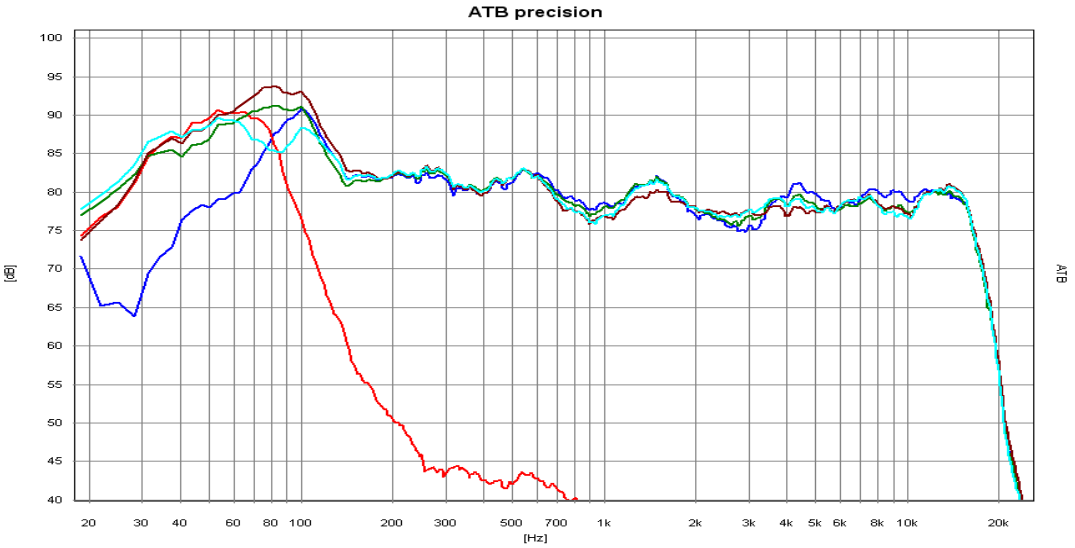


Das Bild zeigt die Kurven für Frontlautsprecher und SW

Während der laufenden Messung wird der Regler des Subwoofers für die Trennfrequenz so lange bedient, bis die Kurve für die Frontlautsprecher und die Bass Kurve sich spiegelverkehrt symmetrisch verhalten. Die Steilheit der Basskurve kann, falls vorhanden, mit dem Regler oder Schalter für die Filtersteilheit an der Steilheit der Kurve für die Frontlautsprecher angepasst werden. Der Schnittpunkt der beiden Kurven sollte bei –3dB bezogen auf die Kurve der Frontlautsprecher liegen. Die Bass Kurve kann 4db höher als die Frontlautsprecher Kurve sein.

Messen des Summen+Bass Signals

Nach der vorher beschriebenen Einstellarbeit passen die Summen und die Bass Kurve getrennt gemessen zusammen. Jetzt muss noch getestet werden, wie sich die Schallwellen überlagern. Dies wird von den Phasenverhalten der einzelnen Lautsprecher bestimmt. Bei gleicher Phasenlage addieren sich die Schallwellen, und bei einer Phasendifferenz von 180° löschen sich die Schallwellen, es entsteht ein Einbruch in der Frequenzgangkurve. Die Phasenlagen können mit dem Phasen Regler eingestellt werden. Mit dem FL+C+FR+SW Signal und M+*D* wird die Messung gestartet



Die Kurven zeigen das Zusammenspiel von Front Lautsprechern und Subwoofer und den Einfluss des Phasenreglers. Hellgrün, grün und braun zeigt den Einfluss des Phasenreglers. Die braune Kurve ist die Einstellung ohne Auslöschungen im
Tieftonbereich. Die Unregelmäßigkeiten im Mittel- und Hochtonbereich entstehen durch Personen im Raum, die sich bewegen.

Während der Messung wird der Phasenregler so lange gedreht, bis kein Einbruch in der Kurve zu sehen ist. Bei Subwoofern mit Phasenschalter wird die Einstellung mit dem geringsten Einbruch gewählt. Besteht bei beiden Einstellungen ein Einbruch, sollte der Subwoofer anders aufgestellt werden.

DER HÖRTEST

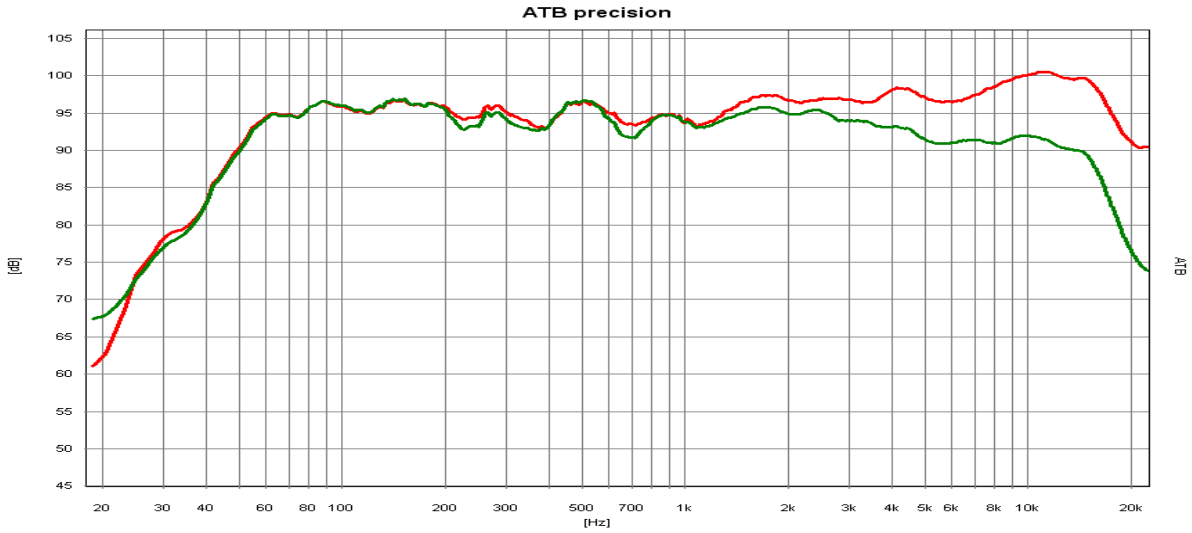
Mit dem Hörtest kann die Qualität einer Surround Anlage einfach getestet werden. Das Signal für den Hörtest ist ein im Raum rundlaufendes Rauschen. Nach dem Einmessen dient er auch zum Feinabgleich der Anlage im Menü CHANNEL BALANCE des Verstärkers. Bei einer optimalen Anlage bewegt sich der Ton frei im Raum, ohne dass die Schallquellen wahrgenommen werden. Gleichzeitig sollte sich das Rauschen auch gleich anhören. Als erstes wird für den Feinabgleich die Lautstärke für den Center eingestellt. Diese kann im Bereich von 1-3 dB verändert werden. Ist der Center bei in der Front laufendem Signal zu hören, wird die Lautstärke erniedrigt. Ist das Rauschen in der Mitte zu leise, muss die Lautstärke für den Center erhöht werden. Bei den nächsten Durchgängen wird der gleiche Vorgang mit den Surround Lautsprechern durchgeführt. Im Gegensatz zu den FL und FR Lautsprechern dürfen die auch unterschiedliche Lautstärke besitzen.
Das zweite Signal läuft diagonal durch den Raum. Dieses Signal stellt die höchsten Anforderungen an die Anlage. Es dient zum Test der Anlage eines Aufnahmestudios.

15.5 EINMESSEN DER HIFI STEREOANLAGE

MIKROFON

Dieses Kapitel richtet sich an den Lautsprecherentwickler. Für den bietet das ATB Audio Analyzer die Summenbildung von Frequenzgangmessungen, ein Werkzeug, auf das kein Entwickler verzichten kann. Als Messsignal wird als Standart 48kHz und 24Bit benutzt.

Die üblichen Frequenzgangmessungen werden mit einer vorgegebenen Mikrofonposition auf Achse und unter einem Winkel gemessen. So kann der Entwickler den Frequenzgang für diese Positionen optimieren. Diese Diagramme als den gelogenen Frequenzgang zu bezeichnen ist eine etwas zu harte Aussage. Tatsache ist, dass Lautsprecher mit vergleichbaren Frequenzgängen total unterschiedlich klingen. Zu einer aussagekräftigeren Messung gelangt der Entwickler durch die Messung der abgestrahlten Energie. Diese entspricht dem Gehörten, da in Wohnräumen der indirekte Schall den größeren Anteil hat. Diese Schallwellen, die vom Boden, der Wand und der Decke reflektiert werden, müssen auch eine der Musik entsprechende Lautstärke besitzen. Deshalb muss der Frequenzgang des Lautsprechers auch außerhalb der üblichen Mikrofonpositionen ausgeglichen sein. Die Fachzeitschrift HiFi Vision hat vor Jahren diese aussagefähige Messung mit einem rotierenden Mikrofon durchgeführt. Dank dem ATB Audio Analyzer Messprogramm ist der wahre Frequenzgang einfach mit der PC Soundkarte zu messen. Das Programm besitzt in der SPL Messung die Funktion der Summation von Frequenzgängen. Für das Mikrofon werden im Abstand von 60cm auf einem Kreis mit dem Radius von 60cm 10 Positionen gewählt. Diese Messungen werden mit der Summations Funktion summiert. Es zeigt sich, das ein Fehler in der Weiche immer zu erkennen sind.

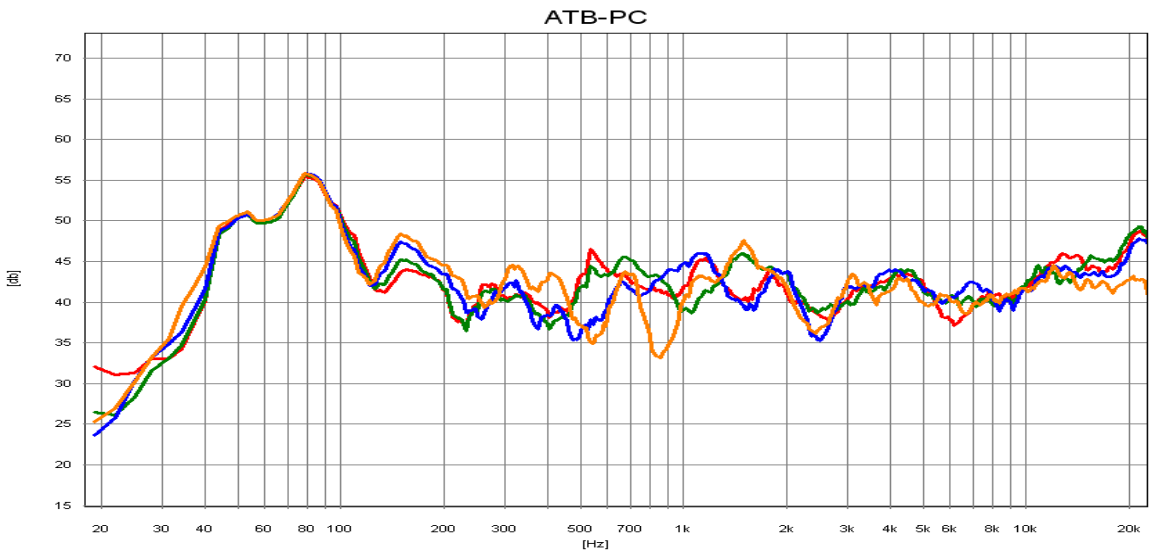


Frequenzgang eines Lautsprechers auf Achse gemessen rot
und sein richtiger Frequenzgang grün.

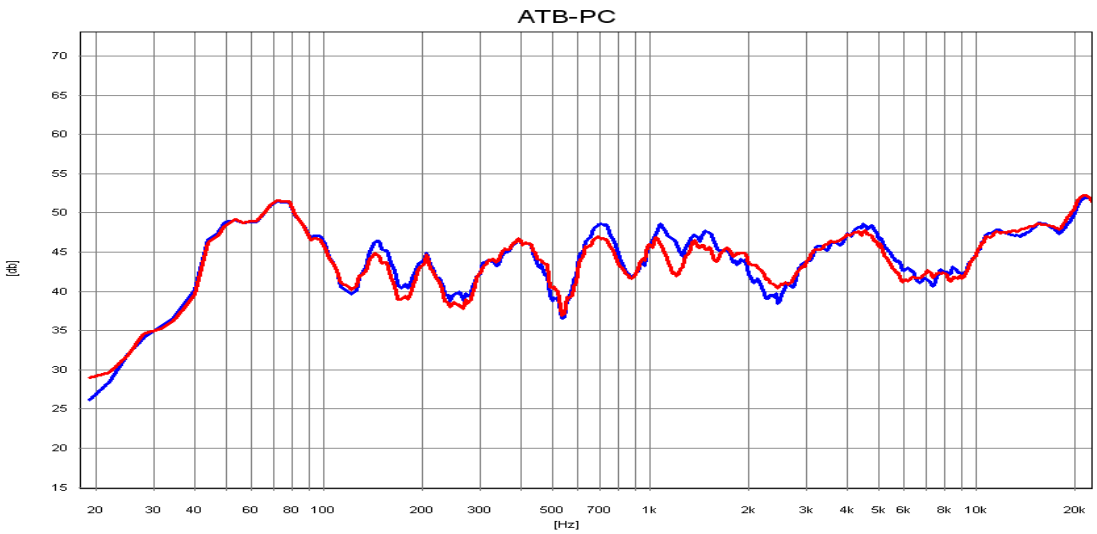
Bei einem gut konstruierten Lautsprecher unterscheiden sich beide Kurven nur durch den Abfall der Kurve zu den Höhen hin. Der richtig gemessene Frequenzgang ist auch ausgeglichen. Der Abfall im Hochtonbereich ist im Wohnraum sogar von Vorteil, da eine wandnahe Aufstellung die Höhen anhebt.

AUFSTELLUNG DER LAUTSPRECHER UND SITZPOSITION

Bei einer Stereoanlage werden hohe Anforderungen an Klangqualität und räumlicher Wiedergabe gestellt. Zuerst soll die Aufstellung der Lautsprecher bezüglich des Wandabstandes untersucht werden.



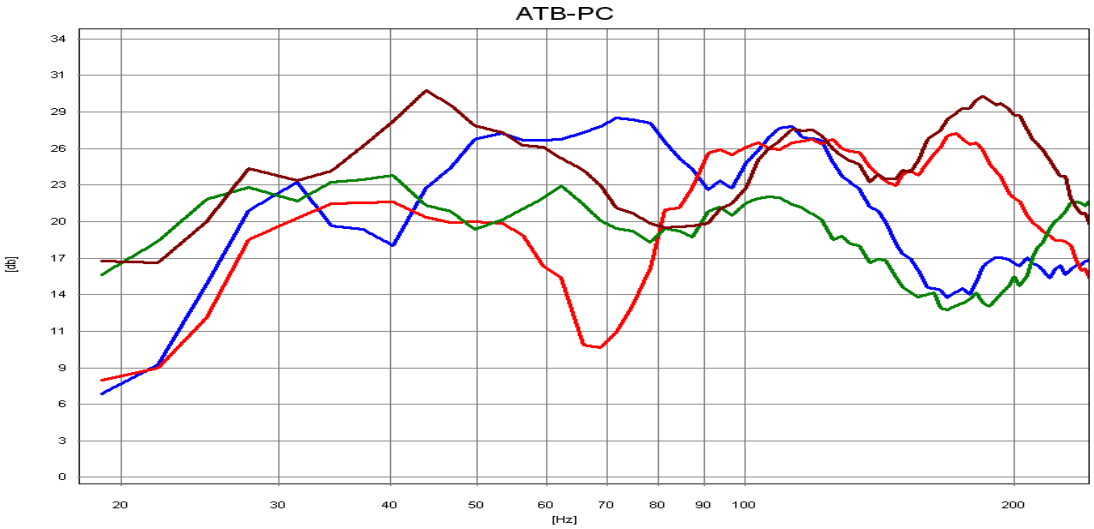
Die Kurven zeigen den Frequenzgang des Lautsprechers in Bezug auf den Abstand zur seitlichen Wand. Orange hat einen Abstand von 8cm. Deutlich ist die zackige Kurve zu erkennen. Die Überhöhungen und Einbrüche entstehen durch Interferenzen (Überlagerungen) des direkten mit dem von der Wand reflektierten Schalls. Bei blau wurde der Abstand auf 16cm vergrößert. Die Kurve ist schon ausgeglichener. Zwischen grün 24cm und rot 32cm ist der Unterschied nicht mehr so groß. Dieser Wandabstand ist für diesen Lautsprecher zu wählen. Bei den größeren Abständen ist auffällig, dass in den Höhen ein starker Anstieg auftritt. Dies zeigt, dass der rundstrahlende Kalottenhochtöner im Wohnraum nicht die günstigste Lösung ist. Die richtig gemessenen Frequenzgänge aus den vorherigen Kapitel, die durch ihren Hochtonabfall als ungünstig erscheinen, zeigen für den Wohnraum ein optimales Ergebnis.
Ist der Platz für einen ausreichenden Wandabstand nicht vorhanden, kann die Wandreflexion durch Wandteppich oder Übergardinen verringert werden.
Bei der Sitzposition ist für den Mitteltonbereich der Abstand zur Rückwand entscheidend. Ein geringer Abstand macht den Frequenzgang im mittleren Frequenzbereich zackig. Dies kann durch Wandteppich oder Akustikmatten verhindert werden.



Das Bild den Eilfuß der Wand hinter der Sitzposition. Die Welligkeit im Mitteltonbereich der blauen Kurve entsteht durch die Interferenzen des direkten und von der Wand reflektierten Schalls. Der von der Wand reflektierte Schall kommt verzögert und erzeugt einen störenden Hall. Durch eine Lage Noppenschaumstoff auf der Rückwand werden die Reflexionen verringert, rote Kurve. Der Klang wird angenehmer.

RAUMAKUSTIK MESSUNGEN

Die Raumakustik beschreibt die Schallwellen in einem Raum. Wird eine Schallwelle in einem Raum erzeugt, bilden sich die Moden. Die Moden sind Punkte an denen die Schallwelle die kleinste oder größte Energie besitzt. Dies ist besonders für den Tieftonbereich wichtig. Jeder hat schon einmal die Erfahrung gemacht, dass an einer bestimmten Stelle im Raum die Tiefen Töne schwach zu hören sind, während im gleichen Raum an einer anderen Stellen der Tieftonbereich zu laut ist.
Das Bild zeigt die Frequenzgänge an unterschiedlichen Stellen im Raum gemessen. Bei der roten und



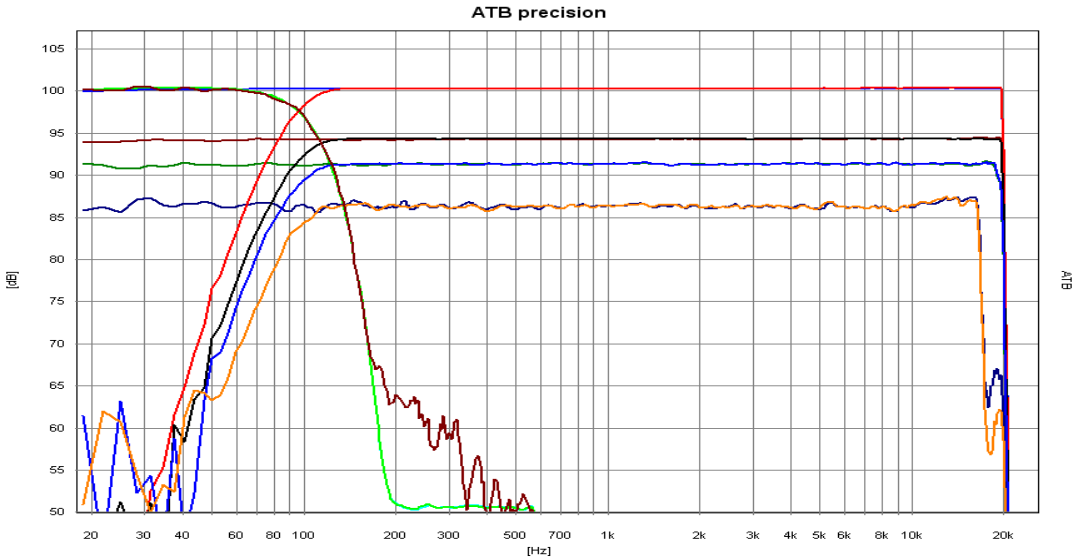
braunen Kurve werden die Moden, während grün eine günstige Sitzposition zeigt.

Bei diesen Messungen stand der Lautsprecher in der Mitte zwischen den Hauptlautsprechern. Die Messungen zeigen, wie kritisch die Aufstellung eines Subwoofers ist.

Weitere Messungen werden mit speziellen Raumakustik Messprogrammen durchgeführt. Mit denen wird hauptsächlich die Nachhallzeit gemessen. Dieser Wert ist nur für den Akustiker von Bedeutung, da die Nachhallzeit eines Raumes nur durch bauliche Maßnahmen zu verändern ist.
Für den Hi-Fi Hörer sind die Messungen des ATB PC ausreichend zur Bestimmung von Lautsprecher- und Sitzposition. Die optimale Lautsprecherposition ist erreicht, wenn der Frequenzgang, an der Sitzposition gemessen, ausgeglichen ist. An der Sitzposition wird der Lautsprecher plus Raumakustik gemessen.

SURROUND-TEST DVD

Die Messsignale
Die gezeigten Kurven der Messsignale wurden von dem DVD Spieler wiedergegeben und mit dem ATB precision USB gemessen.



Die Signale:

Blau oben	= Einzelsignal FL, C, FR, SL, SR
Hellgrün	= Einzelsignal SW, beim Surround Verstärker Ausgang +10dB
Braun	= Summensignale FL+FR, SL+SR
Grün	= Summensignal FL+C+FR
Blau unten	= Summensignal FL+C+FR+SL+SR
Rot	= Summensignal+Bass FL, C, FR, SL, SR
Schwarz	= Summensignal+Bass FL+FR, SL+SR
Blau Mitte	= Summensignal+Bass FL+C+FR
Orange	= Summensignal+Bass FL+C+FR+SL+SR
Braun	= Summensignal+Bass SW

Die nicht mehr ganz glatten Frequenzgänge entstehen durch den hohen Kompressionsgrad bei den Summensignalen.
Das PCM Signal entspricht den Einzelsignalen mit der Grenzfrequenz von 24kHz.
Die Hörsignale bestehen aus rund sowie diagonal durch den Raum laufendendes Rauschen.

14.6 DIGITALMESSUNGEN

Die [mn]Audio ATB Messung dient auch zur Frequenzgangmessung digitaler Audio Geräte wie DVD Spielers, Digitalweichen, Digitallautsprecher und Equalizer. Als Signalquelle dient der Digitalausgang der Soundkarte.
Als Messsignal wird das PCM Signal mit 48kHz verwendet.

PERIPHERIEGERÄTE, MIKROFON UND ADAPTER

LEISTUNGSVERSTÄRKER

Für Lautsprechermessungen ist ein stabiler Leistungsverstärker erforderlich. Dieser sollte eine ausreichende Bandbreite aufweisen.

MIKROFON

Das Mikrofon sollte einerseits über gute Linearität, hohe Bandbreite verfügen, andererseits darf es nicht zu unempfindlich sein. Mikrofone, bei denen der Frequenzgang kompensiert werden muss sind nicht geeignet, da ihr Impulsverhalten ungenügend ist.