



# HANDBUCH

Audio Test-Box

ATB precision

## Entwicklung

Dipl.-Ing. Leo Kirchner

## Programmentwicklung

Dipl.-Inf. Elmar Meyer-Carlstädt  
Joachim Metzner

Copyright 1995 by  
Kirchner elektronik  
Wilhelm-Bode-Str. 38  
38106 Braunschweig  
Telefon +49(531)46412  
Fax +49(531)2407434  
Email: Kirchner-elektronik@t-online.de

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. DAS MESSSYSTEM STELLT SICH VOR.....</b>	<b>6</b>
1.1 DIE MESSUNGEN DES AUDIO TEST-BOARDS .....	8
<b>2. PC KARTE.....</b>	<b>13</b>
2.1 EINGÄNGE .....	13
2.2 AUSGANG .....	16
2.3 INSTALLATION DER HARDWARE .....	17
2.3 INSTALLATION DER SOFTWARE.....	17
<b>3. USB BOX.....</b>	<b>20</b>
3.1 EINGÄNGE .....	20
3.2 AUSGANG .....	21
3.3 DREHTISCHSTEUERUNG.....	21
3.4 ANSCHLUSS DER BOX .....	21
3.5 INSTALLATION DER SOFWARE.....	21
<b>4. PARAMETER .....</b>	<b>22</b>
4.1 MESSART .....	22
4.2 AMPLIFIER.....	22
4.3 DISTANCE.....	22
<b>5. KURVENVERWALTUNG .....</b>	<b>25</b>
5.1 BEARBEITUNG VON EINZELMESSUNGEN .....	25
5.2 CURSOR.....	27
<b>6. ALLGEMEINE PARAMETER.....</b>	<b>28</b>
6.1 SCALE .....	28
6.2 SMOOTH.....	28
6.3 DIE GLÄTTUNGSFUNKTION .....	28
6.4 GLÄTTUNG OPTITEST MESSUNG .....	29
<b>7. GRUNDEINSTELLUNGEN .....</b>	<b>30</b>
7.1 KARTENANSCHLUSSE FÜR DIE PC KARTE .....	30
7.2 dBu / dBV .....	30
7.3 MIKROFONEMPFLINDLICHKEIT.....	31
<b>8. DAS WINDOWS-PROGRAMM .....</b>	<b>32</b>
8.1 ATB PRECISION STARTEN.....	32
8.2 BENUTZERDEFINIERTES MESSPROGRAMM .....	33
8.3 TESTFUNKTION DER PC KARTE .....	34
8.4 TESTFUNKTION DER USB BOX .....	34
<b>9. DATEI ÖFFNEN.....</b>	<b>35</b>
<b>10. DATEI SPEICHERN.....</b>	<b>37</b>
<b>11. EXPORT VON DATEN .....</b>	<b>38</b>
<b>12. DRUCKEN.....</b>	<b>39</b>
12.1 EINSTELLUNGEN .....	39
12.2 DRUCKERSTART .....	40
<b>13. ARBEITEN MIT DER WINDOWS ZWISCHENABLAGE .....</b>	<b>41</b>

13.1	KOPIEREN .....	41
13.2	KOPIEREN VON EINZELMESSUNGEN .....	41
<b>14.</b>	<b>DIAGRAMM .....</b>	<b>42</b>
14.1	DIAGRAMMBESCHRIFTUNG .....	42
<b>15.</b>	<b>ANALOGMESSUNG .....</b>	<b>43</b>
15.1	M-TYPE .....	43
15.2	PARAMETER .....	43
15.3	SONDERFUNKTIONEN IMP-ADJ, VOLT-ADJ .....	44
15.4	SINUS-AMPLITUDE .....	48
15.5	IMPEDANZMESSUNG .....	49
15.6	PHASENMESSUNG-ELEKTRISCH .....	50
15.7	PHASENMESSUNG-AKUSTISCH .....	51
15.8	SPL .....	51
<b>16.</b>	<b>THIELE-SMALL .....</b>	<b>52</b>
16.1	M-TYPE .....	52
16.2	MESSANORDNUNGEN .....	53
16.3	SONDERFUNKTIONEN FÜR DIE PC KARTE .....	54
16.4	M-TYPE .....	55
16.5	MESSMETHODE .....	56
16.6	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG .....	57
<b>17.</b>	<b>DISTORTION .....</b>	<b>59</b>
17.1	MESS-TYP .....	59
17.2	PARAMETER .....	59
17.3	KLIRRFAKTOREN K2,K3 ODER THD .....	60
<b>19.</b>	<b>FFT MEASURE .....</b>	<b>61</b>
19.1	PARAMETER .....	61
19.2	FFT-MESSUNG THEORIE .....	62
19.3	FFT-MESSUNG .....	64
19.4	FFT-VERGLEICHSMESSUNG .....	66
19.5	FFT-MESSUNG MIT KORREKTUR .....	66
19.6	TERZ-FFT .....	67
19.7	MITTELN VON KURVEN .....	67
19.8	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG .....	68
<b>20.</b>	<b>WATERFALL (DECAY) .....</b>	<b>70</b>
20.1	PARAMETER .....	70
20.2	SONDERFUNKTIONEN .....	71
20.3	ZERFALLSPEKTRUM .....	71
20.4	ZERFALLSPEKTRUM THEORIE .....	72
20.5	MESSMETHODE MIT DEM ZERFALLSPEKTRUM .....	72
20.6	AUSSCHWINGVERHALTEN .....	74
20.7	DEUTUNG DES WASSERFALLDIAGRAMMS .....	74
20.8	EINSCHWINGVERHALTEN .....	75
<b>21.</b>	<b>OSCILLOSCOPE, ANALYZER .....</b>	<b>77</b>
21.1	PARAMETER .....	77
21.1	BETRIEBSART .....	77
21.3	GENERATOR .....	78
21.4	OSCILLOSCOPE .....	79
21.5	ANALYZER .....	80

<b>22.</b>	<b>POLAR PLOTS.....</b>	<b>81</b>
22.1	PARAMETER.....	81
22.2	SONDERFUNKTIONEN .....	82
22.3	DARSTELLUNG DER MESSUNG .....	82
22.4	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG .....	83
<b>23.</b>	<b>MLS, IMPULS RESPONSE.....</b>	<b>86</b>
23.1	MESS-TYP .....	86
23.2	PARAMETER.....	86
23.3	MLS MESSUNG THEORIE .....	87
23.4	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG .....	87
<b>24.</b>	<b>ANALYSER.....</b>	<b>89</b>
24.1	PARAMETER.....	89
24.2	SONDERFUNKTIONEN .....	90
24.3	LÄRMPEGELMESSUNG.....	90
24.4	NF-VOLTMETER .....	90
<b>25.</b>	<b>OPTITEST.....</b>	<b>91</b>
25.1	PARAMETER.....	91
25.2	BETRIEBSART .....	92
25.3	SONDERFUNKTIONEN .....	92
25.4	DAS MESSIGNAL .....	94
25.5	BESCHREIBUNG DER MESSUNG.....	96
25.6	MESSUNGEN IM AUTO .....	97
25.7	NAHFELDMESSUNG .....	98
25.8	EINMESSEN DER SURROUNDANLAGE.....	98
15.9	SURROUD-TEST DVD .....	107
25.10	DIGITALMESSUNGEN.....	108
<b>26.</b>	<b>PERIPHERIEGERÄTE, MIKROFON UND ADAPTER .....</b>	<b>109</b>

## 1. DAS MESSSYSTEM STELLT SICH VOR

Das ATB precision ist ein PC-basierendes Messsystem unter dem Betriebssystem WINDOWS 98, XP, 2000 und NT. Vorausgesetzt werden ein Festplatten- und ein Diskettenlaufwerk sowie ein Erweiterungssteckplatz halber Länge für die PC Karte oder eine USB Buchse für das USB Gerät. Der Arbeitsspeicher sollte 32MB nicht unterschreiten.

### KOMPONENTEN PC Karte

Der Hardwareteil befindet sich auf einer Platine, die mit dem PC über den Erweiterungssteckplatz Verbindung aufnimmt. Er besteht aus den Generator-, Filter-, Wandler- und Verstärkerbaugruppen. Nach außen stehen jeweils ein analoger und ein digitaler Ein- und Ausgang zur Verfügung. Der analoge Eingang und der analoge Ausgang sind symmetrisch ausgelegt.

### KOMPONENTEN USB Box

Das USB Gerät besitzt die Größe eines Notebooks und wird über die USB Schnittstelle mit dem PC verbunden. Es besitzt die Funktionen der PC Karte mit erweiterten ein und Ausgängen.

Die WinATB Software ermöglicht alle Funktionen, die auch in üblichen Windows-Programmen vorkommen. Die WinATB Grafik ist kompatibel und kann z.B. mit der Zwischenablage in alle Windows-Programme eingebunden werden. Ebenso kann sie über Windows ausgedruckt werden. Das Programm bietet Exportdatenformate an, die auch über die Zwischenablage exportiert werden können. Die Bedienung erfolgt mit einer Maus oder der Tastatur.

Die MESSPROGRAMME beinhalten im einzelnen folgende Messarten

#### DIGITALTEST

Frequenzgangmessungen von digitalen Geräten,  
digitale Audio Geräte mit OPTITEST

#### OSCILLOSCOPE

Oszilloskopbetrieb,  
manueller Generatorbetrieb

#### FFT ANALYZER

Frequenzanalyse mit der FFT

#### ANALOGMESSUNG

Amplitudenfrequenzgangmessungen mit Sinussignal  
Phasenfrequenzgangmessungen mit Sinussignal  
Lautsprecher-Impedanzmessungen  
Simultanmessung von Amplituden- und Phasenfrequenzgang bzw. von Impedanzbetrag und Phase  
Absolutmessung des Schalldruckpegels eines Lautsprechers (SPL 1W/1m)

#### THIELE-SMALL-PARAMETER

Widerstandsmessung  
Bestimmung der Thiele-Small-Parameter

## FFT MESSUNG

FFT-Frequenzgangmessungen  
Vergleichende FFT-Frequenzgangmessung  
Frequenzgangmessung mit Korrekturkurve  
Mitteln von Kurven

## ZERFALLSPEKTRUM

Ein- und Ausschwingen ( Wasserfalldiagramm )

## KLIRRFAKTOREN

Klirrfaktoren :  $k_2$  und  $k_3$  in %, THD

## MLS MESSUNG

Impulsantwort mit der Maximal Length Response Signal gemessen

## Terz Analyser

für akustische Lärmmessungen

## Polardiagramm

Mit Drehtischsteuerung

## Optitest Messung

Bei dieser Messung kommt ein Speziaalsignal zum Einsatz. Dieses Messsignal ist auch auf einer CD (optional) erhaeltlich, womit Meßtrecken auch ohne ATB-Direkteinspeisung getestet werden können.

Über den digital Ausgang von CD, DVD player oder Computer werden die Frequenzgänge digitale Audio Geräte gemessen

## LIEFERUMFANG PC Karte

Zum Lieferumfang gehören:

PC-Karte ATB precision  
2 Eingangsmodule LINE  
2 Eingangsmodule MIC  
3 Adapter  
Messprogramm Windows 95/98 , XP NT und 2000 in Englisch  
Handbuch in Deutsch oder Englisch auf CD  
Audio CD OPTITEST

## LIEFERUMFANG USB Gerät

USB Gerät

Messprogramm Windows 95/98 , XP NT und 2000 in Englisch  
Handbuch in Deutsch oder Englisch auf CD  
AUDIO CD OPTITEST

## GARANTIE 2 Jahre

Für die Fehlerlosigkeit der Programme und für Schäden, die durch die Benutzung der

Programme entstehen, kann leider keine Haftung übernommen werden.

## SYSTEMVORAUSSETZUNGEN

Rechner für Karte: PC ab 486 mit Coprozessor, min. 32 MB Arbeitsspeicher  
freier Steckplatz mit halber Größe

Rechner für USB Gerät: PC ab Pentium oder K6,32 MB Arbeitsspeicher  
USB Buchse oder USB PC Karte

Software: Windows 98, XP oder NT/2000

### 1.1 DIE MESSUNGEN DES AUDIO TEST-BOARDS

Die Computerunterstützte Messtechnik des ATB ermöglicht alle Messungen im Frequenzbereich von 1Hz-50kHz. Die Messungen sowie ihre Anwendung werden im folgenden Text beschrieben.

#### Messungen im Frequenzbereich

Die erste und wichtigste Gruppe sind die "Analoge Messungen", da sie dem analogen Messgerät, dem Pegelschreiber, entsprechen. Die digitale Erzeugung des analogen Messsignals, der Sinusschwingung, sowie die Wandlung des Messwertes in einen digitalen Wert mit digitaler Messwertauswertung erhöhen die Genauigkeit gegenüber den analogen Geräten. Das Ergebnis ist der Amplituden und Phasenfrequenzgang. Dieser beschreibt ein lineares Übertragungssystem vollständig. Elektrische Messungen von Verstärkern, Filterschaltungen und Impedanzen werden mit den für die einzelnen Messungen speziellen Unterprogrammen durchgeführt. Folgende Unterprogramme stehen zur Verfügung:

Amplituden-, elektrischer und akustischer Phasenfrequenzgang, Impedanzfrequenzgang und die Doppelmessung von Amplitude und Phase oder Impedanz und Phase.

Akustische Messungen von Lautsprecher und Mikrofonen werden auch mit den Sinusmessungen durchgeführt. Hierzu gehört auch die SPL-Messung. Die Funktion "Glätten" entspricht dem Wobbeln der Pegelschreiber. Beim Glätten werden mit Hilfe einer digitalen Filterfunktion die Resonanzen aus dem Frequenzgang herausgerechnet. Die Glattheit der Kurve kann gewählt werden, wobei dank der Filterfunktion die Charakteristik der Kurve erhalten bleibt. Bei der akustischen Phasenmessung muss die Laufzeit des Schalls zwischen Lautsprecher und Mikrofon ausgeglichen werden. Dies ist beim ATB durch die Funktion "Abstand" besonders einfach. Das Programm misst den Abstand und berechnet die erforderliche Phasenkorrektur, die bei der Anzeige des Phasenfrequenzganges berücksichtigt wird.

#### Messung im Zeitbereich

Neben der Sinusmessung im Frequenzbereich misst das ATB auch im Zeitbereich mit dem OSCILLOSCOPE- Programm. Beide Messungen beschreiben das Verhalten einer Teststrecke und können mit der Laplace-Transformation ineinander umgerechnet werden. Genauer und einfacher ist aber die direkte Messung. Das Speicher-Oszilloskop ermöglicht auch Messungen von langsamen Vorgängen. Die Messmöglichkeiten werden durch die Samplefrequenz von 100000 Hz begrenzt. Durch den spezial A/D-Wandler des Systems können Anstiegszeiten von 20 Mikrosekunden gemessen werden.

Bei der Messung kann als Anregung zwischen verschiedenen Signalen gewählt werden, die sich auch als Burst mit beliebiger Periodenanzahl einstellen lassen. Hauptsächlich werden Impuls, Sprung, Rechteck und Cosinusförmiger Burst benutzt. Werden die Signale auf ein Testobjekt

gegeben, kann durch die Änderung des Signals im Oszilloskop das Übertragungsverhalten abgelesen werden. Elektrische Schaltungen werden mit dem Rechteck gemessen. So kann bei Filterschaltungen das Ein- und Ausschwingverhalten sowie die Stabilität der Schaltung gemessen werden.

Bei Lautsprechern ist die Sprungantwort aussagekräftig. Als Testsignal wird ein Rechteck mit der Frequenz 10 Hz gewählt. Der Schalldruck wird mit einem Messmikrofon gemessen. Im Oszilloskop ist die Laufzeit des Schalls, die Strecke vom linken Rand bis zum Anstieg des Signals, abzulesen. Aus dem Anstieg wird die Anstiegszeit berechnet. Nach dem Anstieg entsteht durch das differenzierende Verhalten der Luft eine abfallende Flanke. Bei optimalen Systemen ist der Abfall gleichmäßig. Mehrweglautsprecher besitzen starke Einbrüche. Diese werden z.B. bei der gleichzeitigen Messung von Tief- und Mitteltönen durch entsprechende Weichenschaltungen minimiert. Am Ende der Flanke schwingt das Signal um die Nulllinie. Die Länge sowie Höhe des Ausschwingens ist ein Maß für die Dämpfung z.B. eines Tieftöners. Der Impuls wird bei elektrischen Messungen benutzt. Das ATB besitzt eine genaue zeitliche Zuordnung von Anregung und Zeitschrieb, da Messung und Generator synchronisiert sind. Bei der Untersuchung von fremden Signalen wird ein analoger oder digitaler Trigger benutzt. Eine Betriebsart des Oszilloskops ist die Echtzeitmessung. Hierbei wird dem analogen Oszilloskop entsprechend die Messkurve laufend neu geschrieben.

#### Messung im Frequenz und Zeitbereich

Die Messung, die nur mit dem Computer realisiert werden kann, ist das 3D Zerfallsspektrum. Es zeigt das Frequenz- und Zeitverhalten gleichzeitig. Beim ATB kann das Ein- und Ausschwingverhalten gemessen werden.

Die Standardmessung benutzt den Cosinusförmigen-Burst als Messsignal. Das Signal enthält 5 Sinusschwingungen. Ein normaler Burst erzeugt beim Ein- und Ausschalten eine große Anzahl von Oberwellen, die das Ergebnis verfälschen. Der Cosinusförmige-Burst besitzt keine Oberwellen, da er mit einer mathematischen Fensterfunktion berechnet wurde, so dass das Ein- und Abschalten sanft erfolgt. Mit diesem Signal wird für jede Frequenz ein Oszilloskopschrieb erzeugt und im Diagramm bei der Messfrequenz angeordnet. Da die einzelne Schwingung für die Darstellung keine Bedeutung besitzt, wird das Signal gleichgerichtet und die Hüllkurve berechnet und gezeigt. Nach der Messung sind die Zeitschriebe an den parallel zur Zeitachse von hinten nach vorn verlaufenden Linien zu erkennen. Die bekannte Darstellung mit von links nach rechts verlaufenden Linien gleicher Periode wird umgerechnet und dargestellt. Die Zeitachse kann beim ATB auch in Perioden skaliert werden. So wird die Darstellung eines großen Frequenzbereiches möglich. Bei einem Ausschwingvorgang ist die Anzahl der Schwingungen, die Perioden, bei der Beurteilung der Güte der Resonanz die entscheidende Größe. Ein weiterer Vorteil der Periodenskalierung ist die unterschiedliche Darstellung von Resonanzen und Reflexionen. Bei der Resonanz mit konstanter Frequenz entstehen Gebirgszüge entlang der Zeitachse, von rechts hinten nach links vorn. Die Reflexion mit konstanter Reflexionszeit zeigt einen Gebirgszug von links hinten nach rechts vorn. Das Zerfallsspektrum zeigt am Anfang der Zeitachse die Anregung. Der Kamm des Anregungssignals zeigt den Amplitudenfrequenzgang. Da die Anregung dargestellt wird, ist auch das Einschwingverhalten sichtbar.

Die Standardmessung mit dem Cosinusförmigen-Burst misst den eingeschwingenen Zustand. Das Einschwingen wird im uneingeschwingenen Zustands mit einem Sinus-Burst mit wahlweise 1,2,3,4 und 5 Perioden gemessen. Besonders die Messung mit einer Periode ist wichtig, da sie am ehesten der Musikwiedergabe entspricht. Hier zeigt der Kamm des Gebirges den Frequenzgang der Musikwiedergabe.

Das Zerfallspektrum dient zur elektrischen Messung von DCC Rekorden, Filterschaltungen, Equalisern, Prozessorschaltungen und Lautsprecherimpedanzen. Bei der Impedanzmessung werden Partialschwingungen der Lautsprechermembran oder stehende Wellen im Gehäuse sichtbar. Bei der akustischen Messung wird das Ein- und Ausschwingverhalten des Lautsprechers untersucht. Hierbei sind die Güte der Bassabstimmung, das zeitliche Verhalten der Frequenzweiche, Reflexionen der Schallwand und die Resonanzen der Lautsprechermembran zu erkennen.

#### Raumunabhängige Lautsprechermessung mit FFT

Die akustische Messung des Schalldruckfrequenzganges eines Lautsprechers erfordert bei der Sinusmessung einen schalltoten Raum. In normalen Räumen wird auch die Raumakustik gemessen und dadurch das Ergebnis verfälscht. Da der Mehrzahl der Entwickler kein schalltoter Raum zur Verfügung steht, muss der Raumeinfluss ausgeschaltet werden. Der Trick besteht in einer Messtechnik, die nur Signale in einem kurzen Zeitbereich auswertet, in dem noch keine Raumreflexionen das Mikrofon erreicht haben. Diese Gated-Technik wird auch beim ATB angewandt. Bei der raumunabhängigen Lautsprechermessung wird als Messsignal das KM-C Rauschen verwendet. Das KM-C Signal ist ein analoges Rauschen, das von dem digitalen Generator aus einem EPROM ausgelesen wird. Bei der Berechnung des Signals wird von dem linearen Amplitudenfrequenzgang einer FFT mit 1024 Punkten ausgegangen, der durch eine inverse FFT in den Zeitbereich zurücktransformiert wird. Das Signal besitzt eine Tiefpasscharakteristik, was bedeutet, dass es nur Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz enthält. Dies ermöglicht eine Analog / Digital Wandlung, bei der die Grenzfrequenz des Anti-Aliasingfilters oberhalb der Grenzfrequenz der Messung liegt. So kann der Einfluss des Filters auf Frequenz und Phasengang sowie die Antialiasingeffekte vermieden werden. Bei der Messung wird der Frequenzbereich von 18 Hz 24000 Hz in 4 Teilbereiche unterteilt, für die der Frequenzbereich des KM-C Signals angepasst wird. Durch die Aufteilung in 4 Bereiche ergibt sich im Tieftonbereich eine Frequenzauflösung, die einer FFT mit 32000 Punkten entspricht. Jeder Frequenzbereich benutzt bei der Messung nur eine Periode des KM-C Signals. Die Periodenlänge bestimmt die Zeit für das bei FFT Messungen notwendige Zeitfenster. Im Zeitfenster liegen die durch die FFT ausgewerteten Signale. Beim ATB sind die Zeitfenster so kurz, dass oberhalb von 300 Hz die Laufzeit der Reflexionen eines größeren Raumes länger als die Messzeit sind. So können sie das Messergebnis nicht verfälschen. Unterhalb 300 Hz hilft eine Nahfeldmessung bei der Vermeidung des Raumeinflusses. Bei den FFT Messungen muss auch der Anfangswert des Zeitfensters bestimmt werden, der vom ATB bei der Abstandsmessung automatisch festgelegt wird. Ein weiterer Vorteil ist die kurze Messzeit von 2 sec bei hinreichend schnellen Rechnern. Das Programm enthält auch eine vergleichende Messung. Hierbei wird erst eine Referenzkurve erstellt. Bei der Referenzmessung wird durch eine spezielle Einstellung der Anti-Aliasingfilter eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Messung erreicht, wobei die Messung aber nicht als normale Frequenzgangmessung benutzt werden kann. Bei der vergleichenden Messung werden die Abweichungen von der Referenzkurve gezeigt. Die Messung wird bei der Selektion von Bauteilen verwendet. Neben der kurzen Messzeit ist die Messung auch unempfindlich gegenüber Störgeräuschen. Die Messzeiten der 4 Einzelmessungen sind kurz und durch die Frequenzanalyse wird die Wahrscheinlichkeit gering, dass Fremdgeräusche bewertet werden. So sind selbst in lärmefüllten Produktionshallen genaue Messungen möglich.

#### OPTITEST analog

Die Optitest Messung ist eine spezielle Messung für das Auto. Bei der Messung kommt das Messignal von der CD. Durch eine aufwendige Korrelation des gemessenen Signals werden Laufzeiten, z.B. der Abstand von Lautsprecher und Mikrofon, berücksichtigt.

#### OPTITEST digital

Zur Messung digitaler Audio Geräte wie CD, DVD Player, Digitalweichen, Digitallautsprecher und Equaliser. Als Signalquelle dient der Digitalausgang von CD, DVD Player oder Computer.

#### SPL Messung

Bei Lautsprechern ist der Schalldruck bei der Leistung von 1 Watt, gemessen bei einem Mikrofonabstand von 1 m, eine wichtige Größe. Zur Bestimmung dient die SPL Messung. Bei ihr wird die Ausgangsspannung des Verstärkers mit einem im Programm integrierten digitalen Voltmeter eingestellt. Ausserdem wird die Mikrofonempfindlichkeit in mV / Pa im Parametermenü eingegeben.

#### Messung der Thiele-Small Parameter

Bei der Entwicklung von Lautsprechersystemen werden Berechnungsverfahren für Gehäuse und Weichenschaltungen verwandt. Bei der Gehäuseberechnung hat sich die Theorie von Thiele-Small bestens bewährt. Um die Berechnungen durchführen zu können, müssen die Thiele-Small Parameter des Lautsprechers bekannt sein. Diese werden mit dem ATB menügesteuert bestimmt. Bei der Messung wird die Impedanz des Lautsprechers gemessen und aus der Impedanzkurve werden die Parameter berechnet. Bei der Berechnung prüft das Programm die Genauigkeit. Ist diese nicht gegeben, erscheinen Hinweise zur Änderung des Frequenzbereiches oder der Anzahl der Messpunkte. Das Thiele-Small Programm besitzt 4 Unterprogramme. Mit der Freiluftmessung werden die Parameter Rdc, Qm, Qe, Qt und Fs bestimmt.

Die gleichen Parameter werden auch bei der Einbaumessung für den in einem geschlossenen Gehäuse eingebauten Lautsprecher bestimmt. Der Vas Parameter des Lautsprechers kann nur durch eine Doppelmessung bestimmt werden. Bei der Gehäusemethode wird der Lautsprecher in der freien Luft und in einem geschlossenen Gehäuse gemessen. Da das Gehäusevolumen dem Lautsprecher angepasst werden muss, gestaltet sich die Messung aufwändig. Die zweite Messmethode ist die Gewichtsmethode. Hierbei wird der Lautsprecher in der freien Luft mit und ohne bekanntes Zusatzgewicht gemessen. Nach der zweiten Messung werden vom Programm das Vas sowie die folgenden Parameter: Sd, Mms, Cms, Rms, BL, No% und SPL in dB/1 und dB/2 berechnet und angezeigt. Bei der Bestimmung der Thiele-Small Parameter müssen die Lautsprecher sich in einem festgelegten Betriebszustand, dem Kleinsignalverhalten, befinden. Da das Kleinsignalverhalten eine Funktion der Lautsprechergröße ist, ermöglicht das ATB eine Anpassung des Messstromes an den Lautsprecher. Dies wird durch die Wahl verschiedener Messwiderstände für die Impedanzmessung ermöglicht. Die Zuordnung von Vorwiderstand und Lautsprecher ist folgendermaßen:

1 kOhm für Hochtöner, Mitteltöner und Tieftöner mit einem Durchmesser kleiner 20cm;

200 Ohm für große HIFI Tieftöner und PA Lautsprecher

Die Messung wird durch ein im Programm integriertes digitales Ohmmeter, das zum Abgleich der Impedanzmessung dient, vereinfacht.

## Klirrfaktormessung

Bei den vorher beschriebenen Messungen wird von linearen Systemen ausgegangen. Bei der Klirrfaktormessung wird die Unlinearität von Lautsprechern und Elektronik gemessen. Bei diesen Systemen werden dem Ausgangssignal Signale hinzugefügt, die im Eingangssignal nicht vorhanden sind. Die Klirrfaktormessung vergleicht Ein- und Ausgangssignal und gibt Art und Größe der Differenz an. Beim Messen wird auf den Eingang des Testobjekts eine Sinusschwingung gegeben und die Ausgangsspannung mit der FFT auf ihre Frequenzanteile untersucht. Im Programmteil Spektrum werden die Frequenzen und ihre Amplituden gezeigt. Die größte Amplitude stellt die Grundwelle, das Eingangssignal des Testobjektes, dar. Bei der Messung sollte sie knapp unter der maximalen Aussteuerung liegen. Die Amplituden werden in -dB, der Klirrdämpfung, angegeben. Der Zusammenhang zwischen Klirrdämpfung und Klirrfaktor in % ist folgend: -20 dB = 10 %, -40 dB = 1 %, -60 dB = 0.1 dB, -80 dB = 0.01 %. Entscheidend für den Klirrfaktor sind Frequenzen, die ein Ganzzahliges der Grundwelle bilden. Sie werden mit K2, K3, K4, K5... bezeichnet. Die Messung kann als Dauer- oder Einzelmessung durchgeführt werden. Mit der Dauermessung lässt sich der Ruhestrom von Verstärkern einstellen. Bei der Einzelmessung wird der Generator ein- und ausgeschaltet. Diese dynamische Messung zeigt bei Leistungsverstärkern recht hohe Werte. Bei Verstärkern kann aus der Verteilung der K Werte auf den Klang geschlossen werden. Bei Lautsprechern ist das Klirrspektrum zur Bestimmung der Belastbarkeit und des optimalen Übertragungsbereiches wichtig, wobei die Einzelmessung vor thermischer Überlastung schützt. Bei Lautsprechern sind vor allen die erste und die zweite Oberwelle K2 und K3 klangentscheidend. Diese werden mit dem Unterprogramm KLIRRFAKTOREN über den Frequenzgang gemessen. Im Diagramm wird oben die Amplitude der Grundwelle gezeigt. Die Aussteuerung soll bis an den oberen Rand gehen. Bei der Messung wird für jede Frequenz mit der FFT eine Frequenzanalyse durchgeführt. Die Amplituden von K2 und K3 werden ins Verhältnis zur Grundwelle gesetzt und in % angezeigt.

## Generatorfunktion

Für viele Messungen im Audibereich wird ein hochwertiger Sinus- und Signalgenerator gebraucht. Im Oszilloskop Programm wird der Generator eingestellt. Folgende Signale stehen als Dauerfunktion oder Burst zur Verfügung: Sinus, Dreieck, Rechteck, Impuls, Cosinusförmiger Burst, Terz- und Oktaverauschen, KM-C Signal und weißes Rauschen. Die Frequenz lässt sich im Bereich von 1 Hz 50 KHz wählen.

## 2. PC KARTE

### 2.1 EINGÄNGE

Das ATB precision ist ein 2-Kanal Messgerät. CH1 ( Kanal 1 ) und CH2 ( Kanal 2 ) können mit den Eingangsmodulen MIC und LINE belegt werden. Die Belegung wird vom Messprogramm automatisch erkannt und das Messprogramm entsprechend eingestellt.

Das Eingangsmodul MIC ist Mikrofonvorverstärker und LINE ein Eingangsverstärker mit Eingangsspannungsteiler zur Anpassung an das Messobjekt.

CH1 und CH2 unterscheiden sich durch die Anti-Aliasingfilter.

CH1: CH1 ist der Hauptkanal dessen Anti-Aliasingfilter zwischen den Grenzfrequenzen 24kHz und 50kHz schaltbar ist. Entsprechend der Messung werden die Grenzfrequenzen vom Programm automatisch gewählt. Bei den Messungen Analogue, Distortion, Waterfall und Oscilloscope wird bei der Messung mit einem Kanal 50kHz eingestellt. Werden bei der Messung beide Kanäle benutzt, wird auf 24kHz umgeschaltet. Bei den FFT Messungen wird das Filter auf 24kHz eingestellt.

CH2: CH2 besitzt nur ein Anti-Aliasingfilter mit der Grenzfrequenz 24kHz.

Beschreibung der Eingangsmodule

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
Frequenzgang DC.....24kHz  $\pm 0,1$ dB , DC.....50kHz  $\pm 0,5$ dB  
Eingangsimpedanz 1M $\Omega$  balanced, 500k $\Omega$  unbalanced

Schaltbar für Impedanzmessungen mit 1k $\Omega$  Serienwiderstand

MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
Frequenzgang 10Hz.....50Hz  $\pm 0,2$ dB  
Eingangsimpedanz 100k $\Omega$  balanced, 50k $\Omega$  unbalanced  
Schaltbare Mikrofonspannungsversorgung 15V über 2,2k $\Omega$  Serienwiderstand

Wahl der Eingangsmodule

#### 1. Aufgabengebiet Lautsprechermessung

Lautsprechermessung mit Elektret Mikrofon Versorgungsspannung 15V

CH1 = MIC für FFT, SPL, Waterfall, Distortion

CH2 = LINE für FFT, Impedance, Thiele-Small

Lautsprechermessung mit Mikrofon mit eigener Spannungsversorgung und Vorverstärker

CH1 = LINE für FFT, SPL , Waterfall, Distortion, Impedance, Thiele-Small

CH2 = LINE für FFT

Lautsprechermessungen mit 2 Mikrofonen mit Versorgungsspannung 15V

CH1 = MIC für FFT, SPL, Waterfall, Distortion

CH2 = MIC für FFT

#### 2. Aufgabengebiet Labormessungen

CH1 = LINE für Magnitude right channel, Distortion, Impedance, Oscilloscope

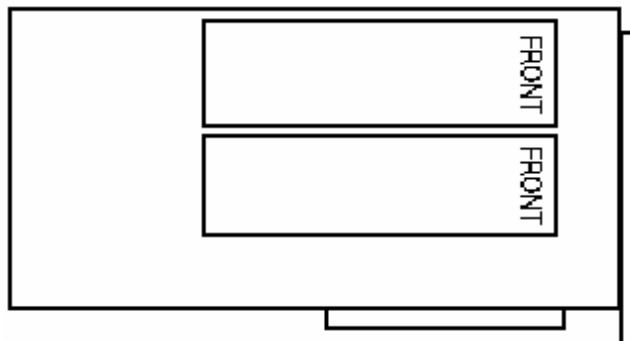
CH2 = LINE für Magnitude left channel, Distortion, Impedance, Oscilloscope

#### 3. Aufgabengebiet Messungen im Studio und bei Veranstaltungen

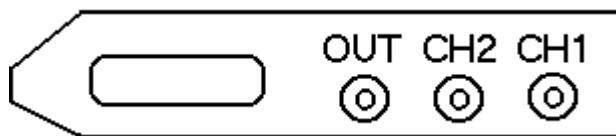
CH1 = LINE für 2-Kanal FFT elektrisches Signal, Magnitude, Distortion

CH2 = MIC für 2-Kanal FFT akustisches Signal, FFT, SPL, Raumakustik

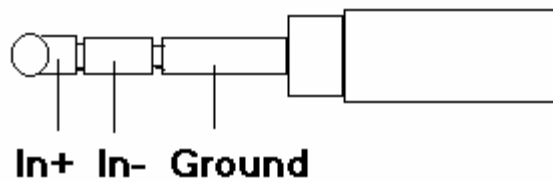
Lage der Eingangsmodule



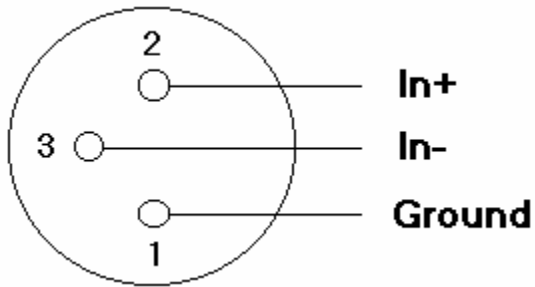
Beschaltung Eingangsverstärker



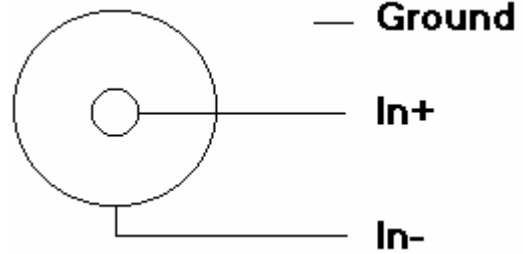
Ein- und Ausgang der Messkarte sind mit Klinkenbuchsen 3,5mm Durchmesser bestückt.



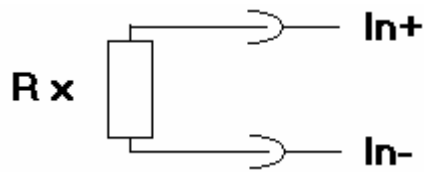
Eingang LINE balanced XLR  
MIC balanced XLR



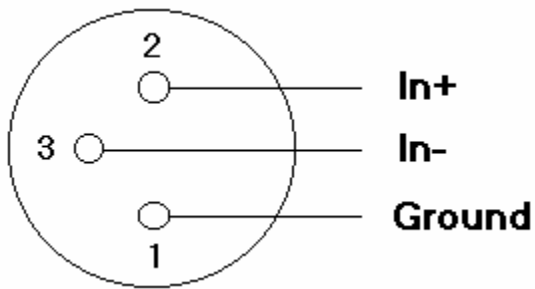
Eingang LINE unbalanced Chinch, BNC  
MIC unbalanced Chinch



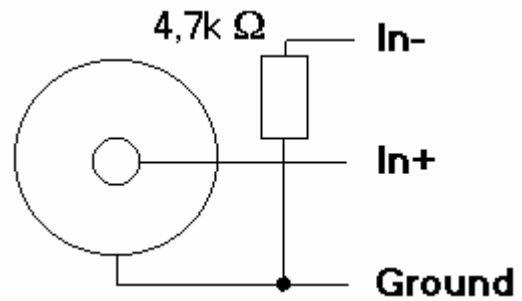
Eingang LINE mit Imp ( Impedanzmessung )



Eingang MIC balanced mit Vmic



Eingang MIC unbalanced mit Vmic



## 2.2 AUSGANG

Der Ausgang ist balanced ( symmetrisch ), aber massebezogen. Dies bedeutet, dass die Ausgangsspannung von der Beschaltung, balanced oder unbalanced, abhängig ist. Die Beschaltung wird im Messprogramm eingestellt, so dass die Ausgangsspannung der dem Wert des Ausgangsspannungsstellers entspricht.

**Wichtig:** Da der symmetrische Ausgang massebezogen ist, darf bei unsymmetrischer Beschaltung der nichtbenutzte Ausgang OUT- nicht mit Masse verbunden werden. Er wird nicht angeschlossen.

### Beschreibung des Ausganges

Ausgangsspannung	2dBV.....16dBV balanced	entspricht	1,26V.....6,31V
	-4dBV.....10dBV unbalanced	entspricht	0,63V.....3,15V
	2dBu.....16dBu balanced	entspricht	0,89V.....4,48V
	-4dBu.....10dBu unbalanced	entspricht	0,45V.....2,24V
	in 1-dB-Stufung		
Frequenzbereich	DC.....24kHz $\pm$ 0.1dB, DC.....50kHz $\pm$ 0.5dB		
Ausgangswiderstand	44 $\Omega$ balanced, 22 $\Omega$ unbalanced		
Minimaler Lastwiderstand	600 $\Omega$ balanced, 300 $\Omega$ unbalanced		

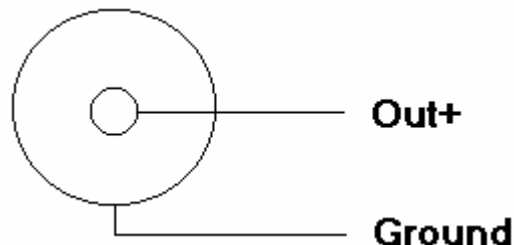
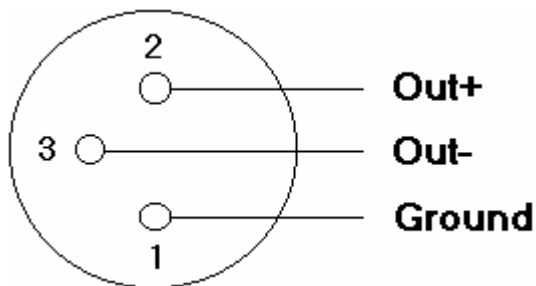
Bei Lautsprechermessungen wird ein externer Leistungsverstärker angeschlossen. Hierbei wird die Ausgangsspannung des Verstärkers mit dem Lautstärkereger des Verstärkers eingestellt. Der Ausgangsspannungsregler des Messprogrammes wird zur Anpassung der Ausgangsspannung für unterschiedliche Messungen benutzt.

**Wichtig:** Bei der Impedanzmessung wird die Ausgangsspannung automatisch auf 6V balanced, 3 V unbalanced, geschaltet. Dies muss bei angeschlossenem Leistungsverstärker bedacht werden: durch Lautstärkereger auf null ( zu ) drehen und Lautsprecher vom Ausgang des Verstärkers entfernen.

### Beschaltung Ausgangsverstärker

Ausgang balanced

Ausgang unbalanced



## 2.3 INSTALLATION DER HARDWARE

Standardmäßig sind sowohl die Karte als auch die Software auf den Adressbereich H 320 - H 32F konfiguriert. Wenn keine Zusatzkarten vorhanden sind, dürfte dies zu keinerlei Konflikten mit bestehender Hardware führen, die Platine wird möglichst in den äußersten Slot gesteckt.

Bei einem Adressenkonflikt oder wenn der Rechner mit Zusatzkarten bestückt ist, z.B. mit Telefax-, Eprommer- oder Netzwerkkarten, muss die Voreinstellung der Adresse auf der Platine und im Programm geändert werden.

### ADRESSBEREICH ÄNDERN ?

Auf der Platine legen die Steckverbindungen den Adressbereich folgendermaßen fest

	A4	A5	A6	A7	A8	A9
H300-H30F						
H310-H31F						
H320-H32F						<b>[Basic-setting]</b>
H330-H33F						
H340-H34F						
H350-H35F						

## 2.3 INSTALLATION DER SOFTWARE

Die Installation für Windows NT ist aufwändig, da der Treiber Tinyport installiert werden muss. Dies wird in der Datei NTreadme sowie in TINYPORT.TXT beschrieben. Die Beschreibung ist in Englisch. Sollten bei der Übersetzung Schwierigkeiten auftreten, bitten wir um Ihre Rückfrage.

Zur Installation der Software sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Installationsdiskette in das entsprechende Laufwerk (A:) einlegen oder CD in entsprechendes Laufwerk.
2. ARBEITSPLATZ durch Doppelklick der linken Maustaste aufrufen.
3. Menü ARBEITSPLATZ erscheint.
4. Doppelklick auf 3,5 - Diskette (A:) oder Laufwerk.
5. Menü 3,5 - Diskette (A:) oder Laufwerk erscheint.
6. Doppelklick auf ATB setup zum Ordner öffnen.
7. Menü ATB setup erscheint.
8. Mit Doppelklick auf SETUP Installation starten.

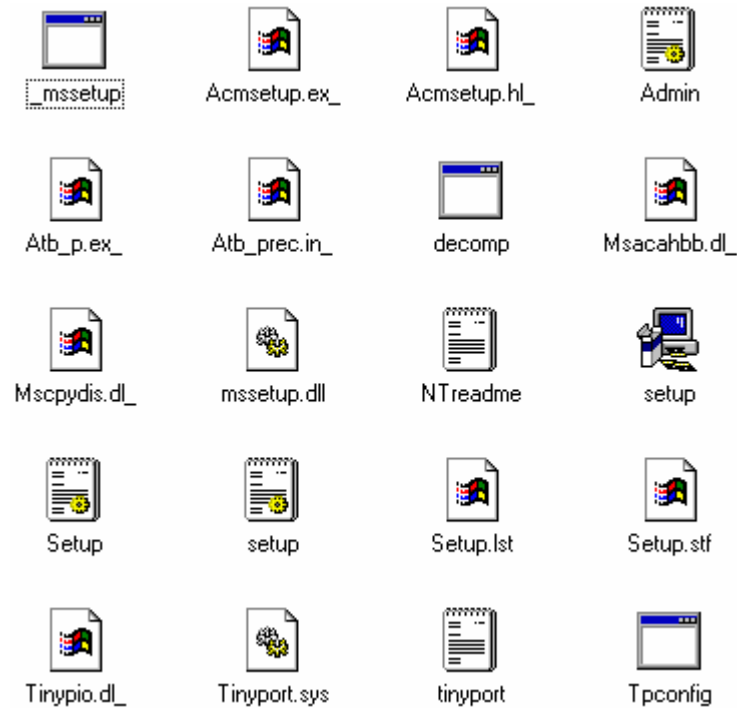


Das Installationsprogramm prüft, ob alle Dateien richtig kopiert worden sind. Erscheint eine Fehlermeldung, so kann es an Ihrem Rechner oder an der Diskette liegen.

Läßt sich das Programm ebenfalls nicht auf einem anderen Rechner installieren, so fordern Sie eine neue Diskette an.

## DATEILISTE

Auf der ATB Setup Diskette oder CD Rom befinden sich folgende Dateien.



### 3. USB BOX



#### 3.1 EINGÄNGE

Das ATB precision ist ein 2-Kanal Messgerät. CH1 ( Kanal 1 ) und CH2 ( Kanal 2 ) besitzen einen MIC und einen LINE Eingang. Die Eingänge werden im Messprogramm im Menü SETTING mit USB conf. gewählt

Der MIC Eingang ist Mikrofonvorverstärker und der LINE Eingang ein Eingangsverstärker mit Eingangsspannungsteiler zur Anpassung an das Messobjekt.

Die LINE Eingänge sind balanced (symmetrisch) oder unbalanced (unsymmetrisch) ausgelegt. Die Wahl des Einganges erfolgt über den Schalter auf der Frontplatte der Box.

CH1 und CH2 unterscheiden sich durch die Anti-Aliasingfilter.

CH1: CH1 ist der Hauptkanal, dessen Anti-Aliasingfilter zwischen den Grenzfrequenzen 24kHz und 50kHz schaltbar ist. Entsprechend der Messung werden die Grenzfrequenzen vom Programm automatisch gewählt. Bei den Messungen Analogue, Distortion, Waterfall und Oscilloscope wird bei der Messung mit einem Kanal 50kHz eingestellt. Werden bei der Messung beide Kanäle benutzt, wird auf 24kHz umgeschaltet. Bei den FFT Messungen wird das Filter auf 24kHz eingestellt.

CH2: CH2 besitzt nur einen Anti-Aliasingfilter mit der Grenzfrequenz 24kHz.

Beschreibung der Eingänge:

LINE: Eingangsspannungsbereich	-15dBV.....38dBV	entsprechend 0,1V.....80V
Frequenzgang	DC.....24kHz $\pm 0,1$ dB , DC.....50kHz $\pm 0,5$ dB	
Eingangsimpedanz	1M $\Omega$ balanced, 500k $\Omega$ unbalanced	
MIC: Eingangsspannungsbereich	-35dBV.....-5dBV	entsprechend 20mV.....560mV
Frequenzgang	10Hz.....50Hz $\pm 0,2$ dB	
Eingangsimpedanz	100k $\Omega$ balanced, 50k $\Omega$ unbalanced	
Schaltbare Mikrofonspannungsversorgung	15V über 2,2k $\Omega$ Serienwiderstand	



## 4. PARAMETER

### 4.1 MESSART

Mit der Einstellung der Messart findet eine Grundeinstellung des Messsystems statt, der gesamte Parametersatz ist messartspezifisch.

### 4.2 AMPLIFIER

#### EINGANG

LINE: Eingangsspannungsbereich	-15dBV.....38dBV	entsprechend	0,1V.....80V
MIC: Eingangsspannungsbereich	-35dBV.....-5dBV	entsprechend	20mV.....560mV

#### GENERATOR

Ausgangsspannung Karte	2dBV.....16dBV balanced	entspricht	1,26V.....6,31V
	-4dBV.....10dBV unbalanced	entspricht	0,63V.....3,15V
	2dBu.....16dBu balanced	entspricht	0,89V.....4,48V
	-4dBu.....10dBu unbalanced	entspricht	0,45V.....2,24V
		in 1-dB-Stufung	
Ausgangsspannung USB	-38dBV.....16dBV	entspricht	0.0125V.....6,31V
	-38dBu.....16dBu	entspricht	0.0096V.....4,48V
		in 1-dB-Stufung	

### 4.3 DISTANCE

Bei sämtlichen Akustikmessungen fällt dem Abstand zwischen Messaufnehmer und Signalquelle eine wichtige Bedeutung zu. Mit zunehmendem Abstand vergrößert sich auch die Signallaufzeit, was dazu führt, dass das ATB eine immer längere Zeit zwischen dem Beginn der Anregung und dem Anfang des Einsammelns der Messwerte verstreichen lassen muss. Wird in diesem Direkteingabefeld ein zu kleiner Abstand eingegeben, so führt dies dazu, dass der Wandler zu früh anfängt Messwerte einzusammeln. Dies wiederum bewirkt, dass unsinnige Messwerte in die Auswertung einfließen.

Sieht man einmal ab von der Phasenmessung, bei der der genaue Abstand eine wesentliche Rolle spielt, so befindet man sich immer auf der sicheren Seite, wenn der Abstand etwas länger angesetzt wird, als er tatsächlich ist. Durch gezielte Manipulation des Abstandes kann auch festgelegt werden, ob das Einschwingverhalten oder das stationäre Verhalten eines Bauteiles gemessen werden soll. Entspricht der eingestellte Abstand dem geometrischen Abstand, so fließen schon die ersten Messwerte in die Auswertung mit ein. Es wird also das Einschwingverhalten analysiert.

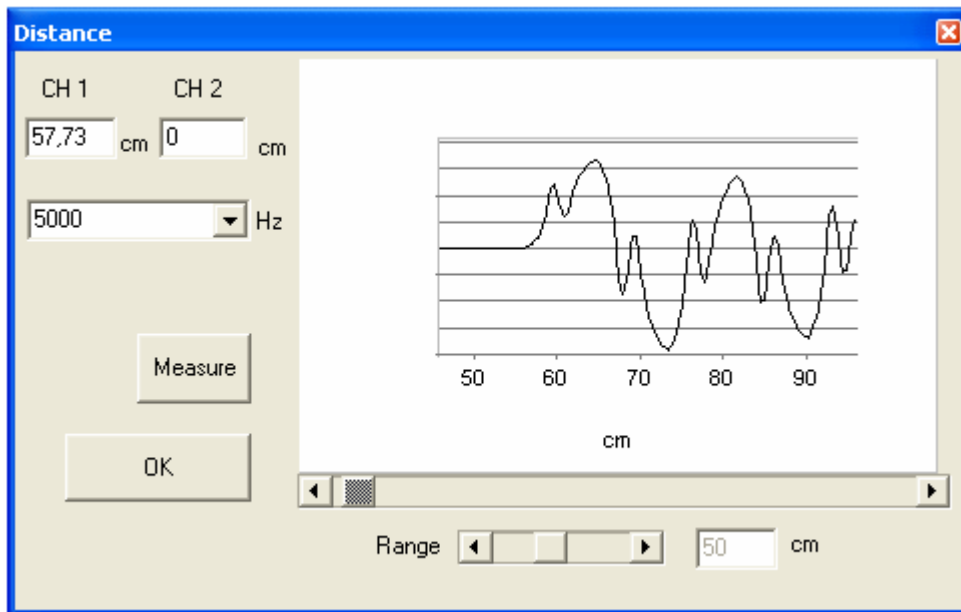
Eine Vergrößerung des Abstandes über den geometrischen Abstand hinaus bewirkt, dass die eigentliche Auswertung sich immer mehr auf spätere Werte bezieht. Bei Bauteilen mit einem ausgeprägten Einschwingverhalten führt dies dazu, dass verschiedene Abstandseinstellungen auch zu verschiedenen Messkurven führen.

Die Abstandsmessung, DISTANCE, wird durch folgende Befehle aufgerufen.



oder F6

## AUSSTEUERUNGSMESSUNG UND ABSTANDSMESSUNG



### PARAMETER

#### FREQUENZ

Bereich: 1Hz bis 20kHz

#### ABSTAND

Bis 30m Einheit in cm

#### Eingang

LINE: Eingangsspannungsbereich

-15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich

-35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

#### BEREICH

Bereiche: 30m

#### SPRUNG

Durch die Frequenzeinstellung 10Hz wird die Sprungantwort ( step response ) gemessen.

## AUSSTEUERUNGSMESSUNG

Nach der Messung wird das von der ATB empfangene Signal angezeigt. Hierbei entsprechen die Unter- und Obergrenze des Diagramms in Y-Richtung den Aussteuerungsgrenzen des Gerätes. Ein gut ausgesteuertes Signal sollte den gesamten Bereich ausnutzen ohne jedoch die Grenzen zu überschreiten. Ist das Diagramm vom Signal nicht richtig ausgesteuert, so wird die Empfindlichkeit vom AMPLIFIER CH1, CH2 solange erhöht oder erniedrigt, bis die Aussteuerung stimmt.

## ABSTANDSMESSUNG

Die Abstandsmessung wird bei ATB folgendermaßen durchgeführt:

Nach dem Klick auf die Schaltfläche DISTANCE (Abstand) wird im Abstandsmenü die Messung mit MEASURE (Messen) gestartet.

Mit dem Balken unter dem Messfenster wird der Anzeigebereich für die Entfernung gewählt. Die Skalierung wird so lange verschoben, bis das Messsignal sichtbar ist. Mit dem Einsteller RANGE wird eine Lupenfunktion durchgeführt. Der Anzeigebereich in cm wird gestreckt oder gestaucht.

Durch Führen des Mauscursors in das Messfeld erscheint ein Cursor, der auf den Anfang des Signals geführt wird. Durch einen Klick auf die linke Maustaste wird der ermittelte Abstand im Feld DISTANCE durch einen Zahlenwert in cm angezeigt.

Will der Anwender den Abstandswert selbst bestimmen, so kann der Abstand im Feld DISTANCE neu eingetragen werden. Ebenso kann der Abstandscursor durch Anklicken mit der Maus verschoben werden, wobei der Abstandswert in das Feld DISTANCE durch einen Klick übernommen wird.

Beim Verlassen des Abstandsfensters mit OK werden die Abstandswerte vom Programm übernommen.

Beim Verlassen des Fensters durch Schließen werden keine Parameter übernommen.

Mit einem Mausklick auf die Schaltfläche MEASURE wird die Abstandsmessung erneut durchgeführt.

Für eine erneute Messung können folgende Parameter gewählt werden:

### 1. FREQUENZ

Da mit einem Rechtecksignal gemessen wird, kann der ermittelte Abstand von dem geometrischen Abstand abweichen. Maßgebend hierfür ist die Kombination von Testfrequenz und Übertragungsverhalten der Messstrecke. Deshalb kann der Benutzer die Testfrequenz im Feld FREQUENCY wählen. Nach dem Öffnen des Menüs wird die Frequenz angeklickt.

### 2. Messen mit der SPRUNGANTWORT

Bei Wahl von 10Hz für die Messfrequenz wird die Sprungantwort der Teststrecke gemessen und im Diagramm angezeigt.

### 3. Bereichswahl für die ABSTANDSMESSUNG

Standardmäßig wird der Abstand im Diagramm bis zu einer Länge von 30 Meter angezeigt. Mit dem Einstellbalken unter dem Anzeigefeld wird eine Lupenfunktion für kleine Abstände durchgeführt. In der Beschallungstechnik können aber auch größere Abstände zwischen Lautsprecher und Mikrophon auftreten. Deshalb können für die Abstandsmessung größere Bereiche gewählt werden.

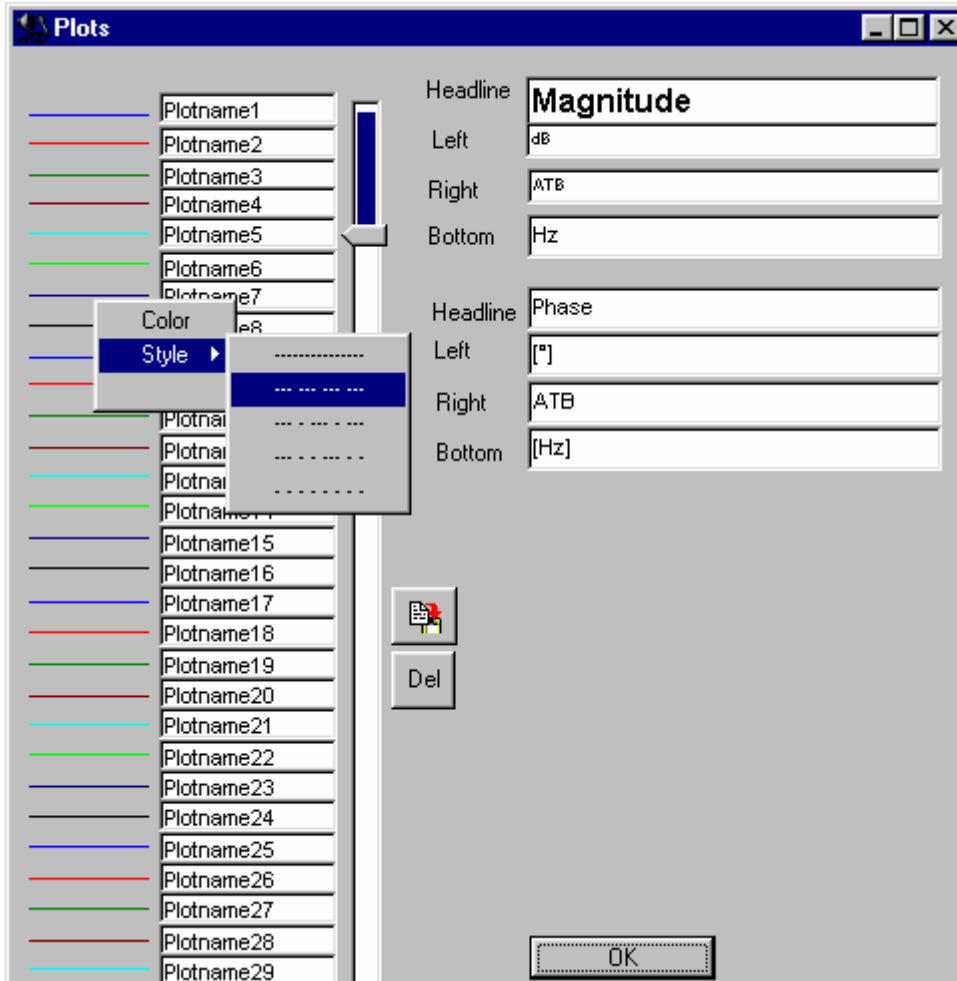
## 5. KURVENVERWALTUNG

### 5.1 BEARBEITUNG VON EINZELMESSUNGEN

Bis zu 32 Einzelmessungen werden im Menü PLOTS verwaltet. Das Menü wird mit



geöffnet.



Das PLOT-Parameter-Menü erfüllt folgende Aufgaben:

1. Wahl der Farbe für die Messkurve:

In dem Menü wird Color angeklickt und im Color Menü die Farbe gewählt.

2. Wahl der Linie einer Messkurve:

Vor dem Feld für den Namen der Messkurve wird die Farbe sowie Linienart gezeigt.

Nach Auswahl der zu ändernden Kurve mit dem Cursor wird durch einen Klick mit der rechten Maustaste das Color, Style Menü geöffnet. Nach Auswahl von Style erscheint das Menü mit den verschiedenen Strichformen, in dem die gewünschte angeklickt wird.

Diese Funktion ermöglicht auch bei einem schwarz/weiß Drucker die Unterscheidung von verschiedenen Messungen.

Achtung: Diese Funktion gilt nur für Kurven mit der Strichstärke (Print-linewidth) 1.

Im Oscilloscope wird Kanal 1 und Kanal 2 durch die Linienart unterschieden.

2. Namengebung für die Messkurve:

Im Fenster NAME wird der Name der Messung eingetragen.

3. Kopieren der Messung in die Zwischenablage:

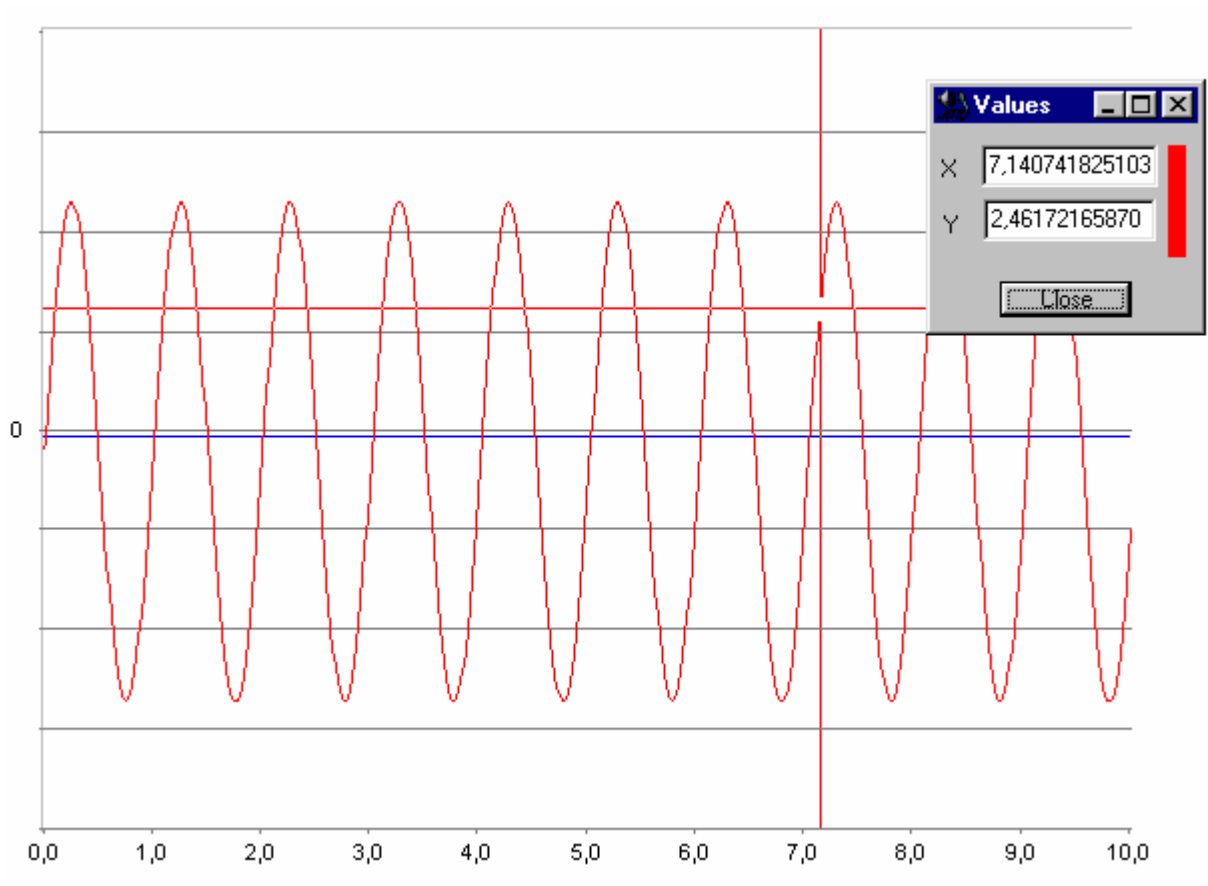
Hierbei wird die Schaltfläche COPY angeklickt. Die Messwerte werden im ATB-Format in die Zwischenablage kopiert. Von dort aus können sie von allen Windows-Programmen importiert werden.

4. DEL (Löschen) einer Messung:

Bei der Betätigung der Schaltfläche DEL (Entfernen) wird die Kurve , auf die der Zeiger zeigt, gelöscht.

## 5.2 CURSOR

Der Cursor dient zum Auslesen von Kurvenwerten. Durch Führen des Mausursors auf den Messschrieb erscheint das Cursorkreuz. Durch einen Doppelklick auf die linke Maustaste erscheint das Fenster VALUES (Werte), in dem die Messwerte angezeigt werden.



Das VALUES Fenster zeigt folgende Werte:

X = Frequenz

Y = Amplitude oder Impedanz oder Phase

Beim Auslesen der Werte wird die Frequenz vorgegeben. Mit der Maus wird der X-Wert mit dem Mauscursor gewählt.

## 6. ALLGEMEINE PARAMETER

### 6.1 SCALE

Die SCALE (Auflösung) gibt den Umfang der Y-Achse an. Der maximale Wert wird absolut angezeigt. Dies bedeutet, dass die Anzeige in Abhängigkeit des Eingangsspannungsbereiches erfolgt. Bei der Analogmessung MAGNITUDE ist die Bereichseinstellung der größte Anzeigewert und bei den SPL Messungen ANALOG MEASURE und FFT ein von der Mikrofonempfindlichkeit abhängiger Wert. Durch Verkleinerung von SCALE wird der obere Bereich der Anzeige gestreckt. Das Verkleinern des Anzeigebereiches kann also verglichen werden mit dem Hereinzoomen in ein bestehendes Diagramm. Voraussetzung für das 'Zoomen' ist allerdings eine ausreichende Aussteuerung des Wandlers.

### 6.2 SMOOTH

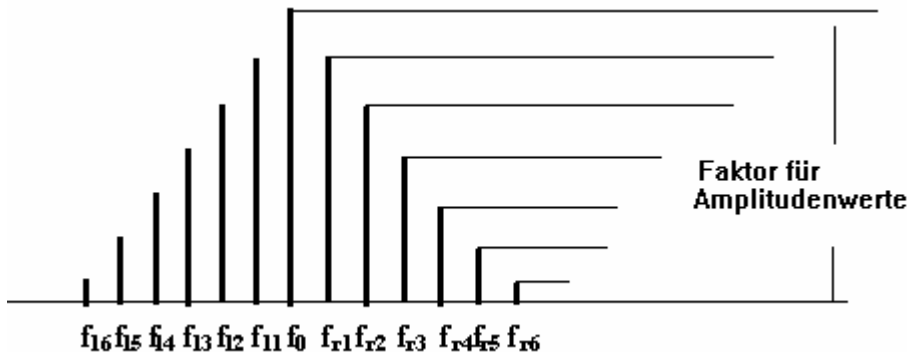
Der Parameter SMOOTH (Glätten) dient zur Glättung einer Kurve.

Es liegt speziell in der Natur von akustischen Messkurven, dass sie mit einer gewissen Rauheit behaftet sind. Dieses unregelmäßige Verhalten der Kurve kann mitunter die Sicht auf ihre wesentlichen Charakteristiken versperren, deshalb die Glättungsfunktion.

Der Parameter SMOOTH 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 reicht von 0 bis 20, die Schrittweite beträgt 1.

### 6.3 DIE GLÄTTUNGSFUNKTION

Die Funktion des Glättens entspricht einem digitalen Filter.



Die Amplitudenwerte links und rechts von  $f_0$  werden entsprechend der Zeichnung mit einem Faktor multipliziert und zusammen mit  $f_0$  addiert. Dieser Wert wird dividiert und für  $f_0$  angezeigt. Der Vorteil dieser Glättung ist, dass die Charakteristik der Kurve erhalten bleibt.

Beim Glätten werden die einzelnen Kurven neu dargestellt, während die Messwerte unverändert erhalten bleiben. So kann die Glättung wieder rückgängig gemacht werden, indem der Glättungsfaktor auf 0 gesetzt wird. Sieht man einmal ab von dem Wasserfalldiagramm, bei dem aus optischen Gründen eine gewisse Glättung einfach unumgänglich ist, so bedeutet ein Glättungsparameter 0, dass tatsächlich keinerlei Glättung erfolgt. Ausser dieser gewollten Glättung findet keine verdeckte Messwertbeschönigung statt. Das Ergebnis der Glättungsfunktion ist eine Kurvendarstellung, die der einer Wobbel-Messung entspricht, bzw. entspricht der Glättungsradius dem Wobbelbereich der Sinuswelle. Wie glatt die Kurve

letztendlich auf dem Bildschirm erscheint, hängt jedoch auch von der Anzahl der Messwerte und ihrer Verteilung ab. Bei gleichem Glättungsradius sehen Kurven mit einer hohen Anzahl von Messwerten rauher aus, als Schriebe mit wenigen Messwerten. Dies liegt daran, dass sich der Glättungsradius über einen kleineren Bereich des Bildschirms erstreckt. Bei logarithmischer Darstellung erscheinen die Kurven von FFT-Messungen im Hochtonbereich rauher als im Tieftonbereich, da die Frequenzverteilung prinzipbedingt linear ist.

#### 6.4 GLÄTTUNG OPTITEST MESSUNG

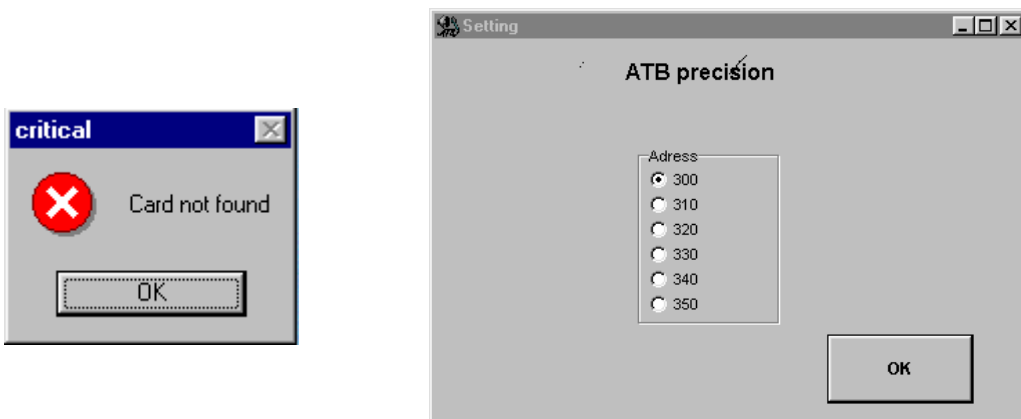
Die Messung Optitest besitzt eine eigene Glättungsfunktion. Im Gegensatz zu der vorher beschriebenen Glättung wird der Glättungsradius in Oktaven angegeben.

## 7. GRUNDEINSTELLUNGEN

Zu den Grundeinstellungen gehören die Parameter  
Kartenadresse, dBU / dBV und Mikrofonempfindlichkeit

### 7.1 KARTENANSCHLUSSE FÜR DIE PC KARTE

Beim ersten Start des Messprogrammes erscheint das STARTUP Menü. Hier wird die auf der Messkarte eingestellte Portadresse eingetragen. Ist die Kartenadresse nicht richtig, erscheint die Meldung CARD NOT FOUND. Diese wird mit OK geschlossen und im Menue SETTING, CARD die richtige Adresse eingetragen.



Wenn Sie die Voreinstellung auf der Platine nicht geändert haben, braucht die Portadresse für die Programme nicht angepasst zu werden.

### 7.2 dBU / dBV

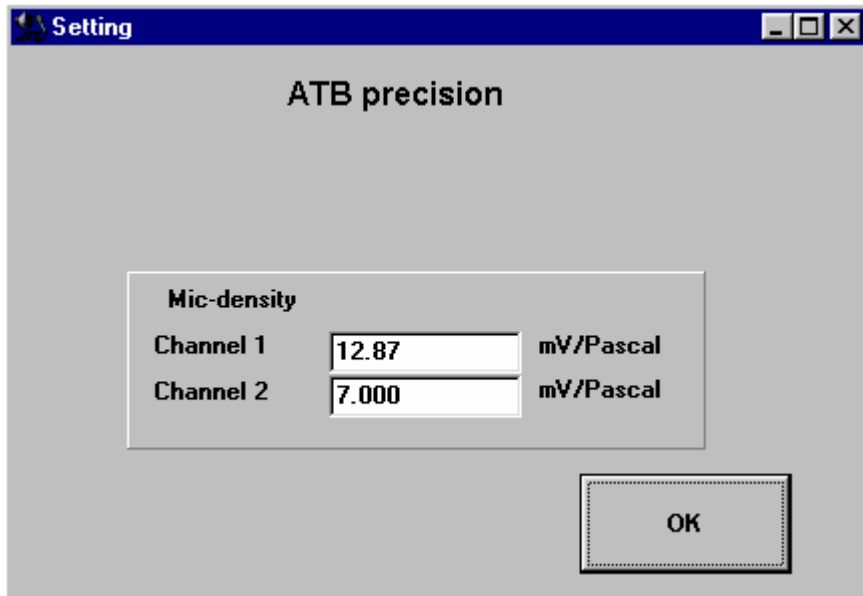
Im Programm kann im Hauptmenue unter SETTING als weitere Funktion die Einstellung des Bezugwertes für die Ein- und Ausgangsspannungen eingestellt werden. Für die meisten Messungen ist dBV richtig. Werden Messungen im Studiobereich durchgeführt, wird dBU gewählt.

$$0\text{dBV} = 1\text{V eff}$$

$$0\text{dBU} = 0,7746\text{ V eff}$$

### 7.3 MIKROFONEMPFINDLICHKEIT

In der Messart SPL muss die Empfindlichkeit des verwendeten Mikrofones bekannt sein. Diese wird im Menüpunkt PARAMETER unter MIKROFONEMPFINDLICHKEIT eingetragen. Hier können mehrere Mikrofone eingetragen werden.



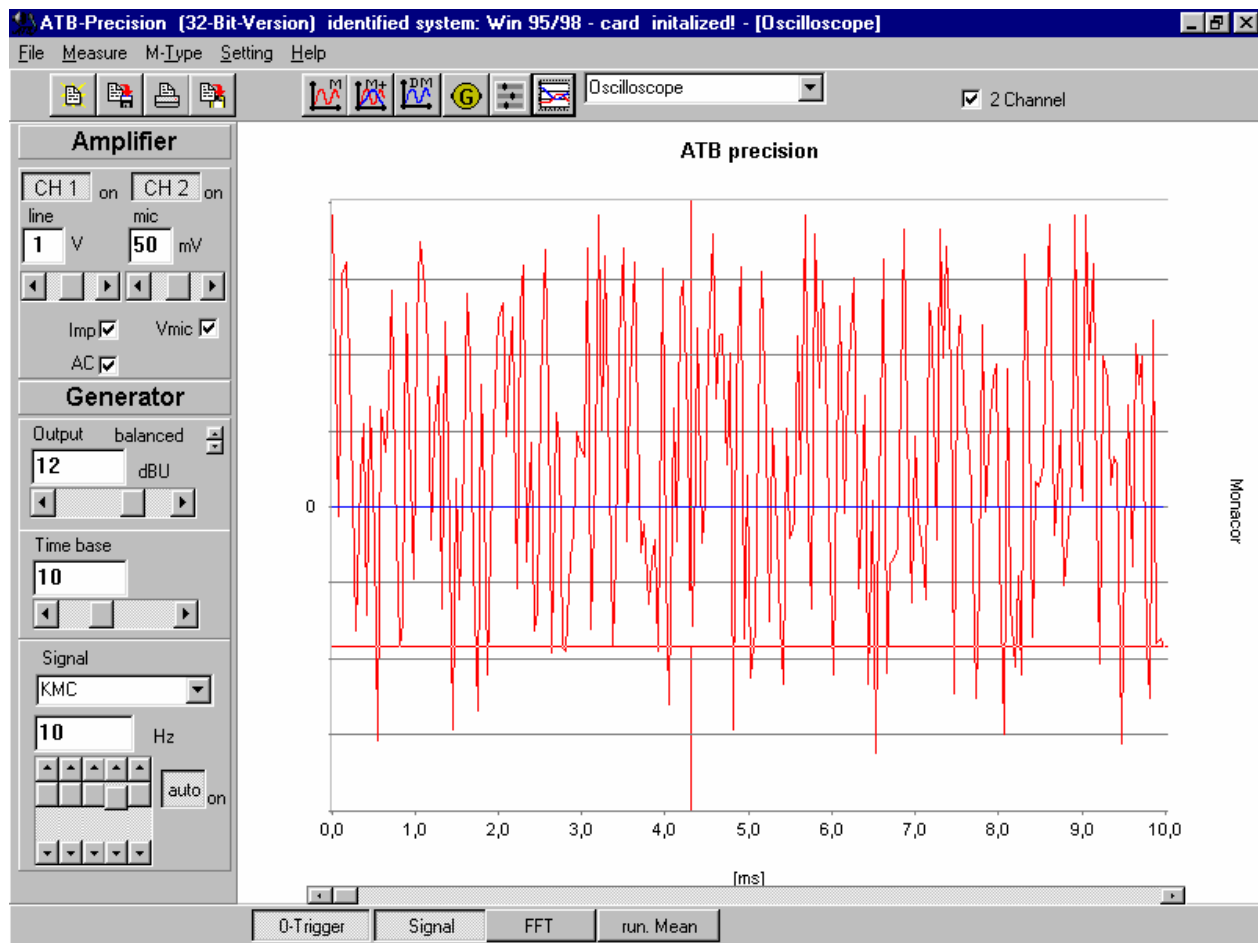
## 8. DAS WINDOWS-PROGRAMM

### 8.1 ATB PRECISION STARTEN

Falls die Programmgruppe ATB für Windows als Symbol dargestellt wird, muss diese durch einen Doppelklick auf ihr Symbol geöffnet werden. Anschließend wird ATB durch einen Doppelklick auf sein Programmsymbol gestartet.



Die Benutzeroberfläche von ATB für Windows:



Die Bedienung des Programms entspricht dem unter Windows üblichen Standard.

## 8.2 BENUTZERDEFINIERTES MESSPROGRAMM

Das Messprogramm ATB precision speichert beim Verlassen die aktuellen Einstellungen. Wird das Programm wieder aufgerufen, werden die Einstellungen automatisch übernommen, so dass die zuletzt ausgeführte Messung sofort gestartet werden kann. Die Daten werden standardmäßig in der INI-Datei ATB.INI gespeichert.

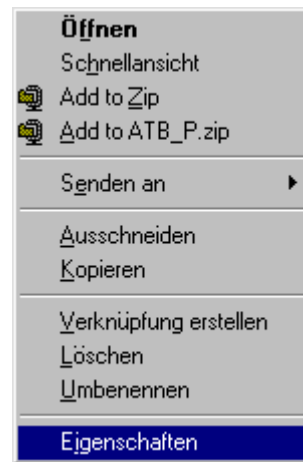
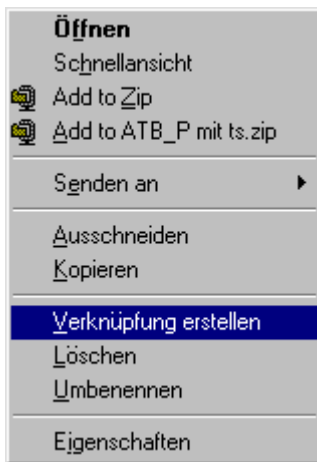
Da mehrere Anwender das System benutzen oder aber ein Anwender bestimmte Messabläufe mit entsprechenden Parametereinstellungen durchführt, kann das Messprogramm mit vom Anwender definierten Parametersätzen (Grundeinstellungen) aufgerufen werden.

Dies wird durch eine Verknüpfung des Programmes mit einer \*.INI Datei durchgeführt. In der INI Datei werden die Einstellungen beim Verlassen des Programmes gespeichert.

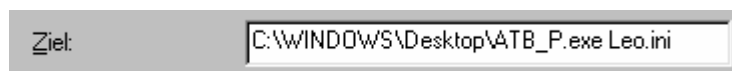
Erstellen des Messprogrammes mit anwenderspezifischer \*.INI Datei:



Nach einem Klick auf die rechte Maustaste auf das Icon zum Start des ATB Programmes erscheint folgendes Menü, in dem der Menüpunkt VERKNÜPFUNG ERSTELLEN gewählt wird.



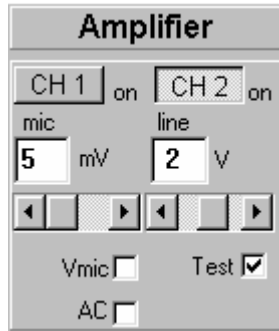
Es erscheint das Icon „Verknüpfung mit ATB\_P, das ebenfalls mit der rechten Maustaste angeklickt wird. In dem Menü wird „Eigenschaften“ gewählt und im Menü EIGENSCHAFTEN VON VERKNÜPFUNG MIT ATB\_P in VERKNÜPFUNG unter ZIEL nach einem Leerzeichen ein frei zu wählender Name mit der Erweiterung .INI eingetragen, z.B. für den Anwender Leo LEO.INI.



Achtung: Bei dem USB Gerät darf nur immer ein Programm geöffnet sein.

### 8.3 TESTFUNKTION DER PC KARTE

Nach dem Start des Programmes ist eine Funktionskontrolle des Messsystems nützlich. Zur einfachen Durchführung der Funktionsprüfung befindet sich auf der Messoberfläche unter den Bedienelementen für den LINE Eingang die Funktion TEST.



Die TEST Funktion wird durch einen Mausklick aktiviert.

Hierbei wird der Ausgang der Messkarte mit dem LINE Eingang über einen 500Ω Widerstand kurzgeschlossen. Nach der Kontrolle der Ein- und Ausgangsregler, der Eingangsspannungsbereich muss größer als die Ausgangsspannung sein, wird die Messung gestartet. Das Messergebnis zeigt im OSCILLOSCOPE das gewählte Signal.

Durch folgenden Test kann die störungsfreie Funktion des Messsystems getestet werden.

Im Messprogramm OSCILLOSCOPE werden folgende Einstellungen gewählt:

1. AMPLIFIER LINE CH1 oder CH2 2V und TEST eingeschaltet
2. OUTPUT 15dB
3. SIGNAL SINUS
4. Frequenz 1kHz und Auto ON
5. Time base 1 ms

Start der Messung mit



Im Oscilloscope erscheint eine Sinussignal.

Durch Betätigen der Funktion FFT



wird die Frequenzanalyse des Signals gezeigt. Neben den Oberwellen K1 bei 2kHz und K3 bei 3kHz sollen die anderen Linien unterhalb 100dB liegen.

### 8.4 TESTFUNKTION DER USB BOX

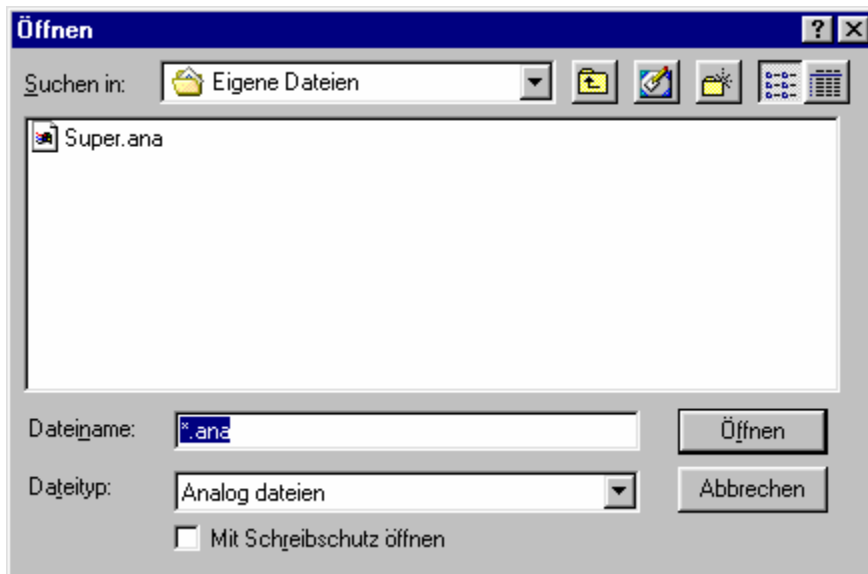
Bei der USB Box wird eine externe Verbindung vom Ausgang zu dem zu testenden Eingang hergestellt. Der Test erfolgt dann wie oben beschrieben

## 9. DATEI ÖFFNEN

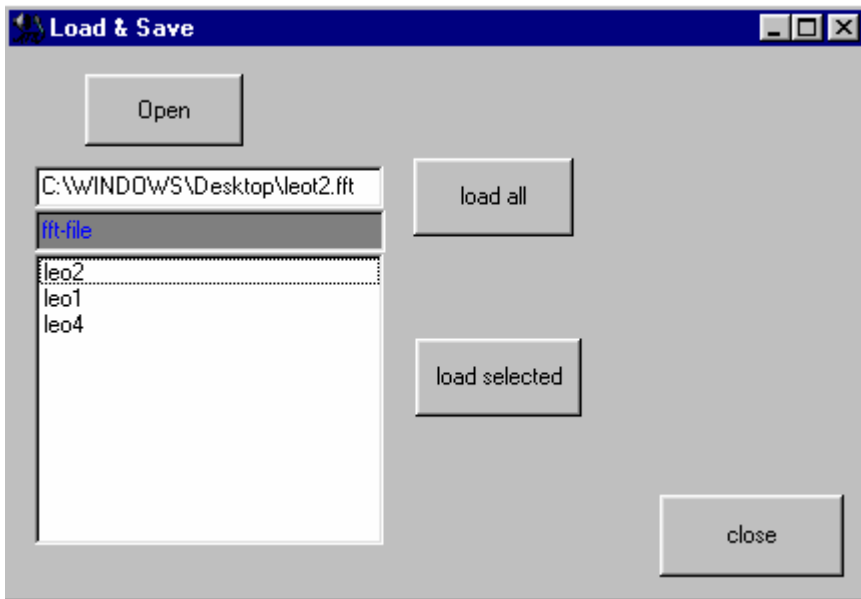
Mit dem Befehl DATEI • ÖFFNEN können Sie ein auf einem Datenträger gespeichertes Dokument laden. Diese werden nach Anwählen sofort gestartet.



Es wird folgende Dialogbox geöffnet:



Die Dialogbox zeigt die im Ordner vorliegenden Dateien. Laufwerk und Ordner werden unter SUCHEN IN: gewechselt. Mit einem Doppelklick wird eine Datei in das Feld DATEINAME geschrieben und nach ÖFFNEN erscheint folgendes Menü.



Die Schaltflächen des Menüs haben folgende Funktion:

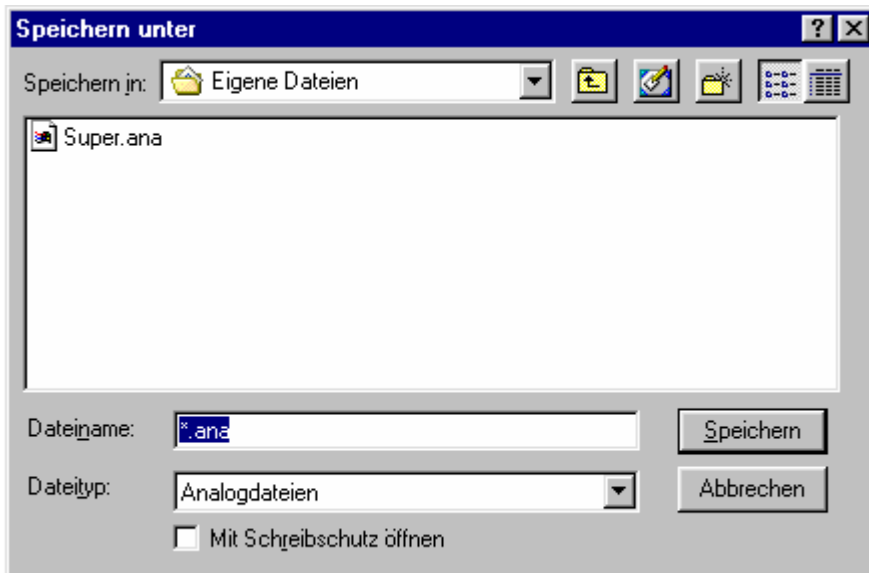
- |               |   |
|---------------|---|
| OPEN          | Mit OPEN wird in das Menü ÖFFNEN zurückgesprungen um eine andere Messung auszuwählen.   |
| LOAD ALL      | lädt alle Messkurven der Messung in das Diagramm, wobei die vorherigen Messungen gelöscht werden.   |
| LOAD SELECTED | schreibt eine in der Tabelle ausgewählte Messkurve in das Diagramm. Dieser Vorgang kann entsprechend der Anzahl der Messkurven wiederholt werden. |
| CLOSE         | beendet die Funktion LOAD SELECTED  |

## 10. DATEI SPEICHERN

Nachdem Sie ein Dokument erstellt oder geändert haben, sollten Sie es speichern. Damit haben Sie die Möglichkeit, zu einem späteren Zeitpunkt dieses Dokument zu erweitern oder zu ändern.



Es wird beim ersten Speichern folgende Dialogbox geöffnet:



In dem Feld *Dateiname* tragen Sie den Dateinamen ein, unter dem Ihr Dokument gespeichert werden soll. Die Erweiterung .ana wird entsprechend der Messung vorgeschlagen. Im Feld SPEICHERN IN wird Laufwerk und Ordner gewählt, in dem Ihr Dokument gespeichert werden soll. Die Dialogbox SPEICHERN UNTER wird durch Betätigung von SPEICHERN beendet

## 11. EXPORT VON DATEN

Für den Export von Daten besitzt das ATB das Exportformat. Es ist ein ASCII Text Format. So können die Daten von vielen Programmen gelesen werden.

Bei vielen CAD Programmen wird ein spezielles Format zum Einlesen der z.B. Lautsprecher Daten verlangt. Um mit fast allen bekannten Programmen kompatibel zu sein, gibt es das Programm ATBeprt.exe. ein Monacor Programm. Das Programm wird mit der Monacor Programm CD ausgeliefert. Mit dem Programm werden die ATB.txt Dateien konvertiert.

Bei der Speicherung von Daten in ATB Exportformat unterscheidet man zwischen dem Speichern von Messungen mit mehreren Kurven und Einzelmessungen.

### 1. Speichern von Messungen.

Im Menü FILE wird EXPORT aufgerufen. Mit dem Menü SPEICHERN UNTER werden die Messungen gespeichert.

### 2. Speichern von Kurven über die Zwischenablage

Nach der Messung wird das PLOTS Menü aufgerufen. Dort wird der Zeiger mit der Maus auf die zu speichernde Messung gesetzt. Danach werden mit dem Zwischenablage Button



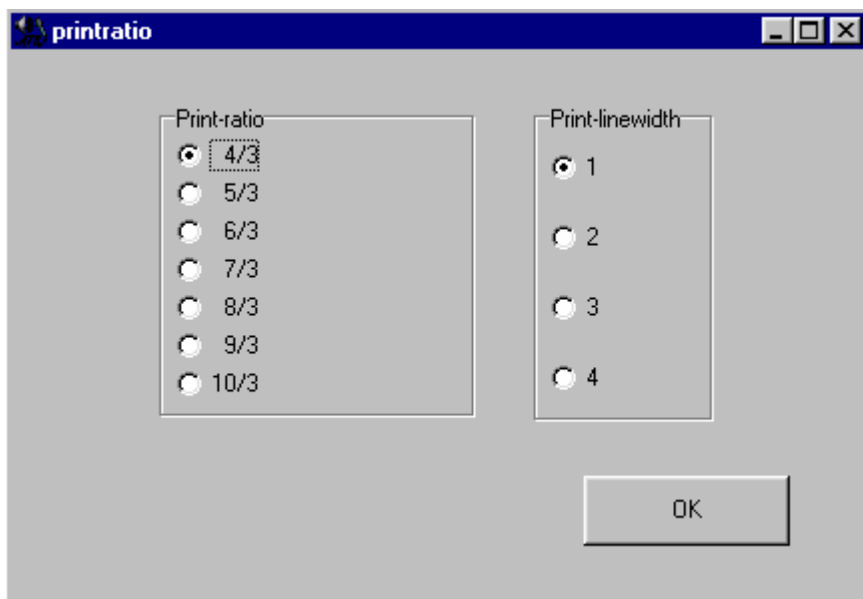
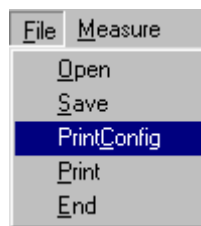
die Daten der Kurve im ASCII Format in die Zwischenablage geschrieben.

## 12. DRUCKEN

Sicher wollen Sie Ihr Dokument auch schwarz auf weiß sehen, dazu wird es ausgedruckt. Natürlich muss ein Drucker an Ihrem PC angeschlossen sein, damit Sie ein Diagramm ausdrucken können. Der Drucker muss richtig installiert, angestellt und auf »On Line« (=Betriebsbereit) geschaltet sein. Nur wenn der Drucker On Line geschaltet ist, kann er Daten von Ihrem PC empfangen.

### 12.1 EINSTELLUNGEN

Im Menü File, PrintConfig wird das Verhältnis von Länge und Höhe eines Messschiebes sowie die Strichstärke der Messkurve eingestellt.

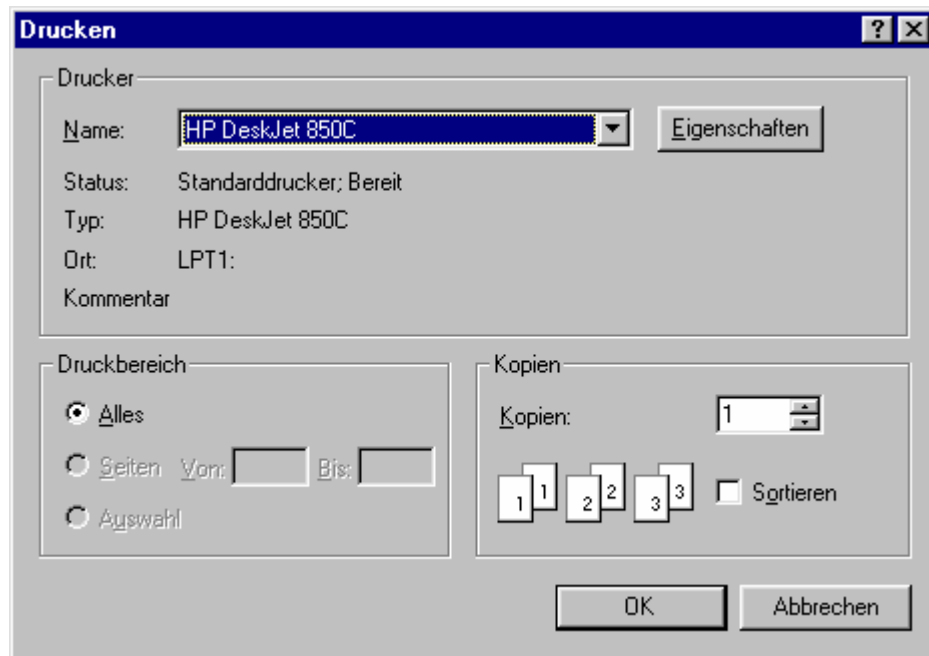


## 12.2 DRUCKERSTART



Das Feld  in der Funktionsleiste druckt das gesamte Dokument.

Wird das Drucken im Menü FILE, PRINT aktiviert, erscheint folgendes DRUCKEN Menü, in dem die Druckereinstellungen vorgenommen werden



In KOPIEN kann eingestellt werden, wie oft die Messung gedruckt werden soll.

## 13. ARBEITEN MIT DER WINDOWS ZWISCHENABLAG

Die Windows-Zwischenablage steht allen Anwendungen zur Verfügung. Sie ist ein hervorragendes Hilfsmittel, um Daten zwischen verschiedenen Anwendungen auszutauschen.

### 13.1 KOPIEREN

Kopieren des Diagramms sämtlicher Messungen in die Windows-Zwischenablage.



### 13.2 KOPIEREN VON EINZELMESSUNGEN

Einzelmessungen können auch in die Zwischenablage kopiert werden. Das Format für die abgespeicherten Dateien ist das ATB-Format. Diese Dateien sind ASCII-Dateien. Beschrieben wird das Kopieren von Einzelmessungen im Kapitel EXPORT VON DATEN.

## 14. DIAGRAMM

### 14.1 DIAGRAMMBESCHRIFTUNG

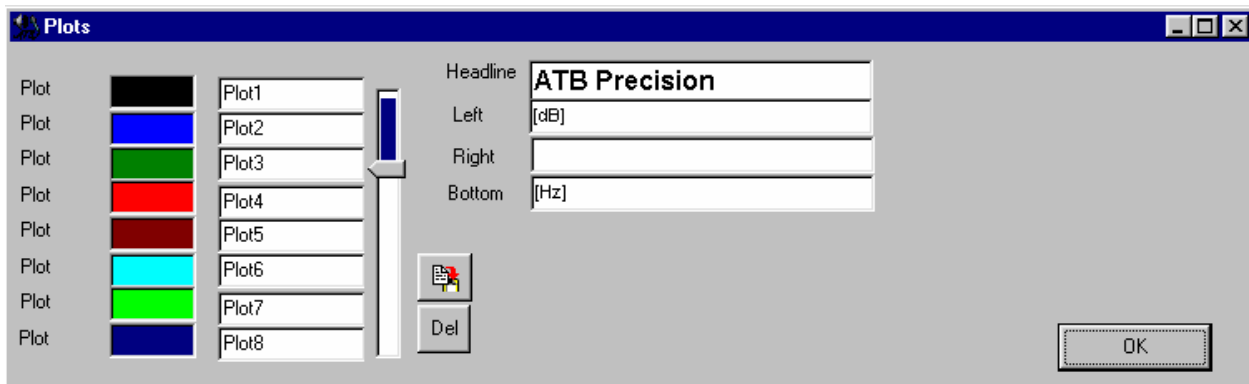
Im Fenster PLOTS kann das Messdiagramm beschriftet werden. PLOTS wird mit



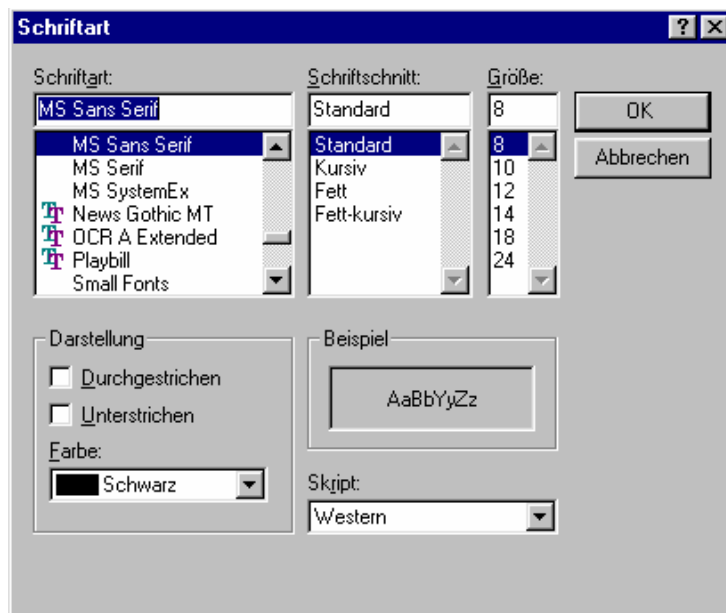
geöffnet.

Das Diagrammelement HEADLINE befinden sich über dem Messdiagramm. Ebenfalls können die Beschriftung der Diagrammachsen sowie deren Einheiten gewählt werden. Dieses Fenster ist auf den jeweiligen M-TYPE (Mess-Typ) angepasst.

Im Feld RIGHT steht der Name der Firma, die das System vertreibt. Dieser kann nur für die aktuelle Messung geändert werden.

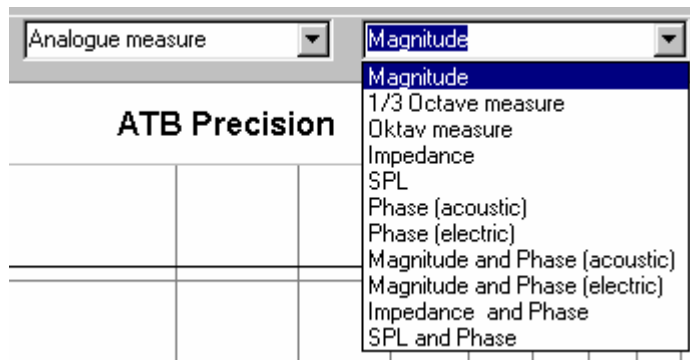


Durch Setzen des Mauscurors in das Schriftfeld und einem Doppelklick mit der linken Maustaste erscheint das Menü SCHRIFTART.

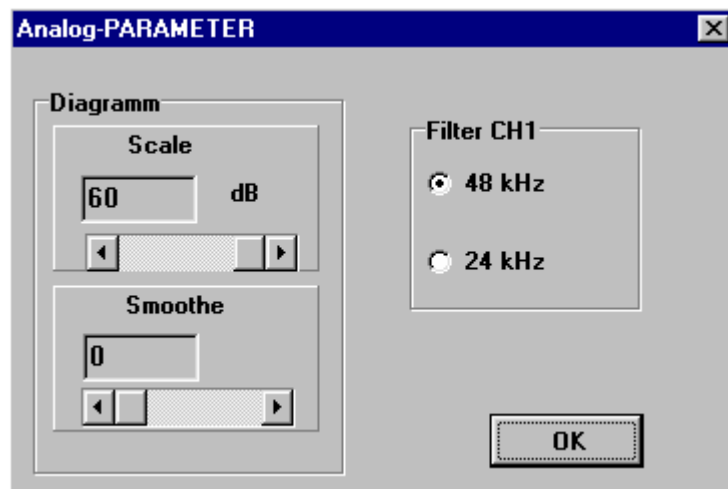


## 15. ANALOGMESSUNG

### 15.1 M-TYPE



### 15.2 PARAMETER



## AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

### EINGANG

LINE: Eingangsspannungsbereich

-15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich

-35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte    2dBV.....16dBV balanced    entspricht 1,26V.....6,31V  
                                 -4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
                                 2dBU.....16dBU balanced    entspricht 0,89V.....4,48V  
                                 -4dBU.....10dBU unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
                                 in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB    -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
                                 -38dBU.....16dBU entspricht 0.0096V.....4,48V  
                                 in 1-dB-Stufung

## GENERATOR

LOWER LEVEL (Untergrenze):    1 Hz  
UPPER LEVEL (Obergrenze):    50kHz

MEASURED VALUE (MESSWERTE)  
Anzahl der Messpunkte 25 / 50 /100 /250 /500

SMOOTHING (GLÄTTEN)  
Glättungsradius von 0 bis 20

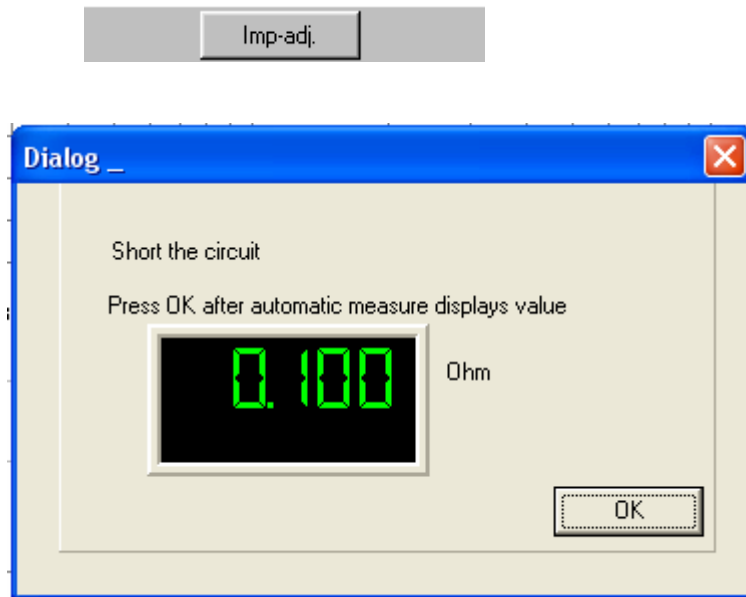
SCALE (AUFLÖSUNG)  
Anzeigebereich von 5 bis 60dB

## 15.3 SONDERFUNKTIONEN IMP-ADJ, VOLT-ADJ

Für die USB Box

Bei der USB Box wird bei Aufruf der Programme ANALOG, IMPEDANZ, IMPEDANZ UND PHASE und den THIELE-SMALL Programm die Impedanzmessung automatisch von der Box eingestellt. Der Lautsprecher oder zu messende Widerstand wird an die COM Buchsen angeschlossen.

Zur Berücksichtigung der Anschlussleitungen dient die IMP-ADJ Funktion. Bei dem Abgleich werden die Enden der Messleitung kurzgeschlossen.



Danach wird die IMP-ADJ Funktion aufgerufen. Der Widerstand der Messleitung wird angezeigt und sollte  $< 1\Omega$  sein. Nach dem Schließen des Anzeigefensters wird der Wert bei den folgenden Messungen berücksichtigt.

Bei der USB Box wird die Funktion VOLT-ADJ nicht zum Abgleich der Impedanzmessung benötigt. Die Messung ist fest kalibriert.

Für die PC Karte

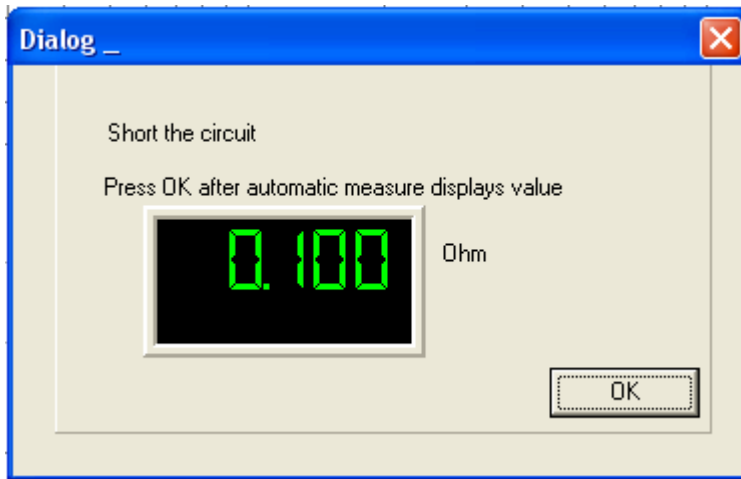
In den Messarten IMPEDANCE und IMP&PHASE erfolgt die Messung mit einem Vorwiderstand von 1000 Ohm. Der Vorwiderstand ist auf dem LINE Eingangsmodul integriert und wird durch die Einstellung INTERNAL aktiviert.

Um die Impedanzmessung richtig durchführen zu können, besitzt das Messprogramm die Sonderfunktionen IMP-ADJ, Impedanzabgleich.

Vor der Messung wird wird INTERNAL aktiviert.

Die Funktion Impedanzabgleich, IMP-ADJ, misst den Widerstand von Messleitung und Stecker und kompensiert ihn. Der im Fenster angezeigte Widerstandswert wird bei der Messung automatisch abgezogen.

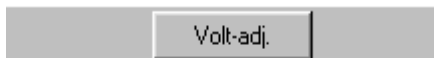
**ACHTUNG:** Vor der Messung muss wegen der 6V Ausgangsspannung am Ausgang der Messkarte sichergestellt sein, dass kein Verstärker an OUT der Messkarte angeschlossen ist oder der Lautstärkeregler zuge dreht ist.



MP-ADJ ruft ein digitales Ohmmeter auf. Bei Kurzschluss der Eingangskabel des Adapters für Impedanzmessungen erscheint ein  $\Omega$  Wert  $< 1 \Omega$ . Nach einem Klick auf das OK Feld wird der angezeigte Wert in das Messprogramm übernommen.

Bei Verwendung eines externen Verstärkers ist ein weiterer Abgleich erforderlich. Hierbei wird die Sonderfunktion VOLT ADJ. , die in den Analogmessungen SPL aufgerufen wird, verwendet. Entsprechend der Messanordnung wird die Ausgangsspannung des externen Verstärkers auf 6V eingestellt.

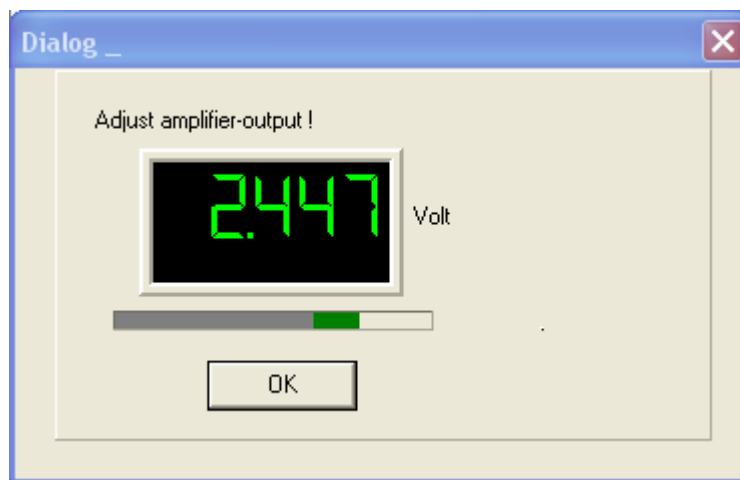
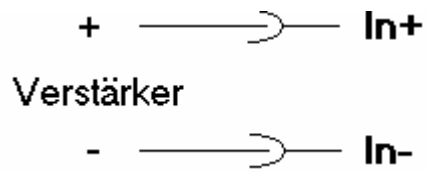
#### Spannungsabgleich für SPL-MESSUNG



Die Funktion VOLT ADJ. dient bei den SPL Messungen für Analogmessung und FFT zur Einstellung der Ausgangsspannung des Verstärkers auf 2V 4 $\Omega$  Lautsprecher oder 2,8V 8 $\Omega$  Lautsprecher.

Eine andere Funktion ist die Spannungsmessung für die 6V Spannung bei der Impedanzmessung mit externem Verstärker.

Bei der Messung wird der LINE Eingang von USB Box und Messkarte benutzt. Angeschlossen wird der Verstärker mit dem Adapter für die Widerstandsmessung entsprechend der unten gezeigten Schaltung.

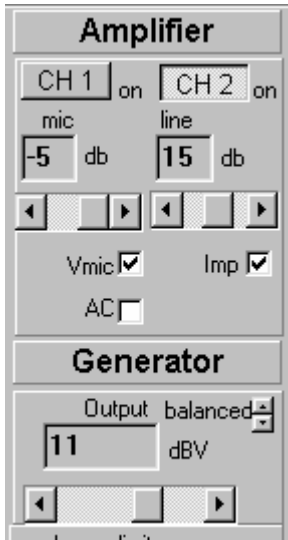


## 15.4 SINUS-AMPLITUDE

Bei der Messart SINUSMESSUNG arbeitet das Messgerät als Pegelschreiber.

Messablauf:

### 1. Einstellen der Messparameter



Im Menüfeld wird CH1 und CH2 oder beide eingeschaltet. Danach kann der Eingangsspannungsbereich entsprechend der höchstmöglichen Ausgangsspannung der Messstrecke gewählt werden z.B. -10dB für Mikrofonmessungen, +40dB für Leistungsverstärkermessungen.

Im Menüfeld GENERATOR, OUTPUT wird bei angeschlossenem Leistungsverstärker der niedrigste dB Wert gewählt ( -4dB, 2dB ) und das Eingangspotentiometer des Leistungsverstärkers auf 0 gestellt. Durch Aufdrehen des Potis wird die günstigste Aussteuerung der Messstrecke eingestellt.

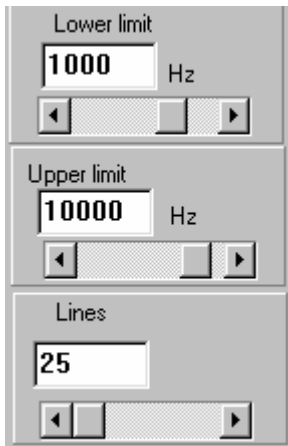
Mit der Funktion DISTANCE wird die Aussteuerung der Messplatine kontrolliert.



oder F6

1. Die Empfindlichkeit des Eingangsverstärkers wird schrittweise mit AMPLIFIER, INPUT erhöht, bis im Oszilloskop-Fenster die Amplitude des Messsignals das Fenster ganz ausfüllt. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Messfrequenz im Übertragungsbereich des Messobjektes liegt. Gegebenenfalls kann sie in DISTANCE, FREQUENCY angepasst werden.

2.



Die Messparameter LOWER LIMIT, UPPER LIMIT und MESURED VALUES werden in der Oberfläche eingestellt.

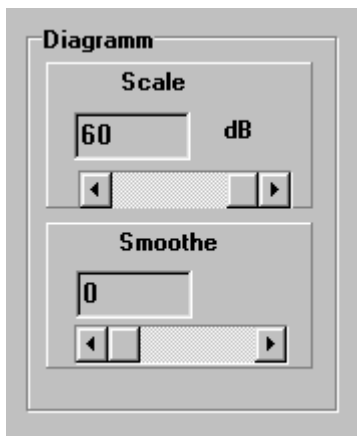
3. Die Messung wird mit folgenden Befehlen gestartet.



oder F7

#### 4. PARAMETER

Das PARAMETER Fenster wird wie folgt aufgerufen.



Die Messwerte werden während der Messung ungeglättet angezeigt. Nach der Messung wird die Darstellung mit dem eingestellten Glättungsfaktor aktualisiert. Das Diagramm wird neu gezeichnet. Die Darstellung der Messkurve kann im DIAGRAM Fenster durch SMOOTH und SCALE verändert werden. Beim Verlassen des Fensters wird die Kurve entsprechend der gewählten Parameter neu gezeichnet.

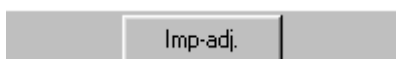
### 15.5 IMPEDANZMESSUNG

Bei der Messart IMPEDANCE wird der Betrag einer komplexen Impedanz gemessen. Die Impedanz kann in 4 Messbereichen gemessen werden. Die Bereiche sind 25  $\Omega$  / 50 $\Omega$  / 150  $\Omega$  / und 400  $\Omega$ .

Für die USB Box

Bei der USB Box wird bei Aufruf der Programme ANALOG, IMPEDANZ, IMPEDANZ UND PHASE und den THIELE-SMALL Programm die Impedanzmessung automatisch von der Box eingestellt. Der Lautsprecher oder Widerstand wird an die COM Buchsen angeschlossen.

Zur Berücksichtigung der Anschlussleitungen dient die IMP-ADJ Funktion. Bei dem Abgleich werden die Enden der Messleitung kurzgeschlossen.



Danach wird die IMP-ADJ Funktion aufgerufen. Der Widerstand der Messleitung wird angezeigt und sollte  $< 1\Omega$  sein. Nach dem Schließen des Anzeigefensters wird der Wert bei den folgenden Messungen berücksichtigt.

Bei der USB Box wird die Funktion VOLT-ADJ nicht zum Abgleich der Impedanzmessung benötigt. Die Messung ist fest kalibriert.

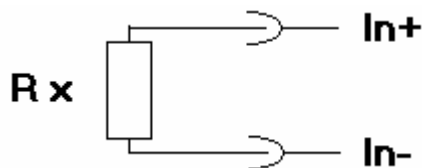
Für die PC Karte

Die Impedancemessung kann mit oder ohne externen Leistungsverstärker durchgeführt werden.

1. Bei der genaueren Messung ohne angeschlossenen Verstärker wird durch die Funktion INTERNAL der LINE Eingang auf die Impedancemessung umgeschaltet.

**ACHTUNG:** Vor der Messung muss wegen der 6V Ausgangsspannung am Ausgang der Messkarte sichergestellt sein, dass kein Verstärker an OUT der Messkarte angeschlossen ist oder der Lautstärkeregelung zugeordnet ist.

Eingang LINE mit INTERNAL ( Impedanzmessung )



Vor der Messung wird die Sonderfunktion IMPEDANCE ADJUSTMENT durchgeführt.

2. Bei Verwendung eines externen Verstärkers ist ein weiterer Abgleich erforderlich. Hierbei wird die Sonderfunktion VOLT ADJ. , die in den Analogmessungen SPL aufgerufen wird, verwendet. Entsprechend der Messanordnung wird die Ausgangsspannung des externen Verstärkers auf 6V eingestellt.

Die Widerstandsmessung wird dannach wie folgend durchgeführt:

Ein  $1\text{ k}\Omega$  Widerstand wird an den Leistungsverstärker Ausgang+ (rot) angeschlossen und der zu messende Widerstand von dem freien Ende des  $1\text{ k}\Omega$  Widerstandes mit dem Ausgang - (schwarz) des Verstärkers verbunden. Der EINGANG In+ der Messkarte wird über dem zu messenden Widerstand und der EINGANG In- mit dem Verstärkerausgang - (schwarz) angeschlossen.

## 15.6 PHASENMESSUNG-ELEKTRISCH

Die Phase wird mit Sinussignalen gemessen um eine hohe Genauigkeit zu erreichen. Bei der Phasenmessung wird das Generatorsignal mit dem Eingangssignal verglichen. Dies geschieht beim ATB intern, da dem Messsystem die Phasenlage des Generatorsignals bekannt ist, deshalb ist nur ein Eingang notwendig.

Die Phase wird im Bereich von  $-180$  Grad bis  $+180$  Grad angezeigt. Die Phase ist eine stetige Funktion. Wenn der Phasenwinkel z.B. größer als  $-180$  Grad wird, entsteht in der Darstellung ein Sprung von  $360$  Grad, die Kurve wird bei  $+180$  Grad fortgesetzt.

Bei der ELECTRICAL PHASE MEASUREMENT wird der Abstand automatisch auf 0 gesetzt. Der Parameter SMOOTHING sollte auf 0 gesetzt, und der Eingangsverstärker muss hoch angesteuert sein. Bei sehr geringen Eingangssignalen kann die Phase nicht mehr bestimmt werden.

## 15.7 PHASENMESSUNG-AKUSTISCH

Die akustische Phasenmessung wird wie die elektrische Phasenmessung durchgeführt. Die Phasendrehung, die bei akustischen Messungen durch die Laufzeit des Schalls gemessen wird, wird über den Abstand zurückgerechnet. Hierzu muss der Abstand zwischen Schallquelle und Mikrofon bekannt sein.

Das ATB bietet die Möglichkeit, den Abstand mit der DISTANCE Funktion zu bestimmen. Die Aussteuerung im Anzeigefenster sollte mindestens 25% der maximalen Aussteuerung betragen. Nach dem Klick auf die Schaltfläche DISTANCE (Abstand) wird im Abstandsmenü die Messung mit MEASURE (Messen) gestartet. Durch Führen des Mausursors in das Messfeld erscheint ein Cursor, der auf den Anfang des Signals geführt wird. Durch einen Klick auf die linke Maustaste wird der ermittelte Abstand im Feld DISTANCE durch einen Zahlenwert in mm angezeigt.

Es ist möglich, den Abstand zu korrigieren. Eine Änderung des Abstandes verändert nicht die Charakteristik der Phasenkurve, sondern zeigt entweder einen stärker ansteigenden oder stärker abfallenden Verlauf.

Bei der Messung von Lautsprecherkombinationen wird ein Abstand des Messmikrofones von 30cm bei 2-Wege Kombinationen, bis 50cm bei 3-Wege oder größeren Lautsprechern empfohlen. Massgeblich ist der Abstand zum Hochtöner. Deshalb wird im DISTANCE Fenster bei der FREQUENCY Einstellung eine Frequenz im Übertragungsbereich des Hochtöners z.B. 8kHz gewählt und mit einem Mausklick auf die Schaltfläche MEASURE aktiviert.

Die Charakteristik der Kurve wird durch die Verwendung der Glättungsfunktion deutlicher.

## 15.8 SPL

Die SPL Messung bestimmt den absoluten Schalldruck eines Lautsprechers ( 1W / 1m). Für diese Messung müssen folgende Einstellungen gewählt werden:

1. Die Mikrofonempfindlichkeit des verwendeten Messmikrofones muss im MenüSETTING, MICROPHONE SENSITIVITY eingetragen werden.
2. Der Abstand zwischen Lautsprecherfront und Mikrofon wird mit einem Metermaß auf 1m ausgerichtet. Hierbei wird der Schalldruck auf Achse, d.h. unter einem Winkel von 0° gemessen.
3. Die Ausgangsspannung des Verstärkers wird mit der Funktion VOLT ADJ. auf 2V oder 2.8V eingestellt

SINE- und PHASE ACUSTICAL / ELECTRICAL

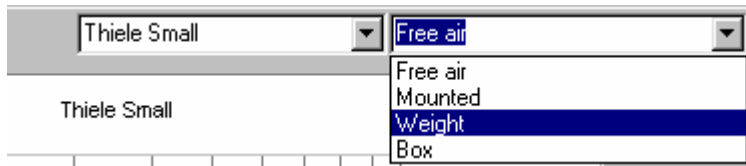
SPL und PHASE

IMPEDANCE und PHASE

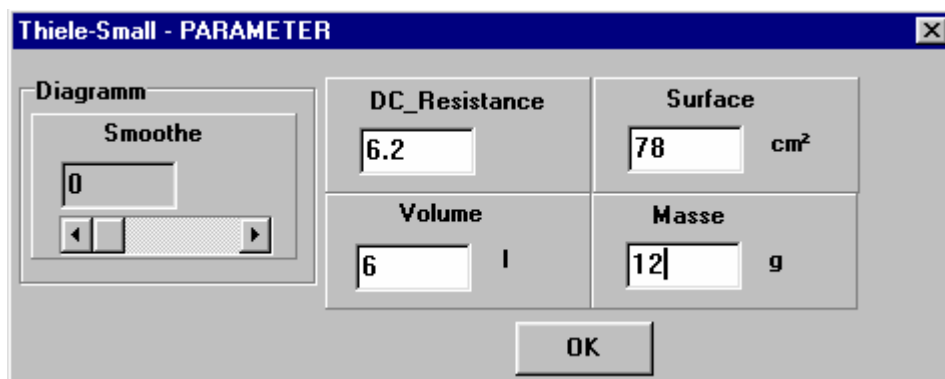
Bei diesen Messtypen werden die Amplituden- und Phasenfrequenzgänge jeweils in einem Diagramm dargestellt. Es können elektrische wie akustische Messungen durchgeführt werden. Die Einzelfunktionen entsprechen den vorher beschriebenen Messungen.

## 16. THIELE-SMALL

### 16.1 M-TYPE



### 16.2 PARAMETER



### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

#### EINGANG LINE

25 $\Omega$ , 50 $\Omega$ , 150 $\Omega$ , 400  $\Omega$

Bei der USB Box ist bei Aufruf des Programmes und bei der PC Karte ist die Ausgangsspannung bei im Menü eingeschalteter Impedanzmessung INTERNAL fest mit dem Wert 6V balanced.

### GENERATOR

LOWER LEVEL (Untergrenze): 1 Hz

UPPER LEVEL (Obergrenze): 50kHz

### MEASURED VALUE (MESSWERTE)

Anzahl der Messpunkte 25  $\Omega$  / 50 $\Omega$  /100 $\Omega$  /250  $\Omega$ /500 $\Omega$

### DC-RESISTENCE (DC-WIDERSTAND)

Der Wert des Gleichstromwiderstandes wird gemessen

### VOLUME (VOLUMEN VT)

Bei der Gehäusemethode wird das Nettovolumen benötigt. [ 1.....1000 Liter ]

## MASS (ZUSATZMASSE)

Bei der Gewichtsmethode wird die Hilfsmasse in Gramm eingegeben. [ 1.....500 Gramm]

## SURFACE (FLÄCHE)

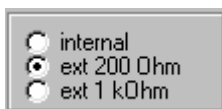
Die Gewichtsmethode erfordert die Eingabe der effektiven Membranfläche [ 1.....2300 cm<sup>2</sup>]

## 16.2 MESSANORDNUNGEN

### Für die USB Box

Der Lautsprecher wird an den COM Buchsen angeschlossen. Der Messwiderstand wird entsprechend der Lautsprechergröße gewählt und vom Gerät eingestellt. Zu einer genauen Impedanzmessung ist nur die Funktion IMP-ADJ nötig.

### Für die PC Karte



Das ATB Messprogramm ermöglicht bei den der Thiele-Small Parametermessung 3 Messanordnungen zur Messung der Impedanz.

#### 1. INTERNAL

Bei dieser Messanordnung kann die Impedanz direkt mit dem ATB gemessen werden. Als Messwiderstand wird ein 1k $\Omega$  Widerstand verwendet. Der zu messende Lautsprecher wird entsprechend der Beschreibung in der ANALOG IMPEDANCE Messung angeschlossen.

**ACHTUNG:** Vor der Messung muss wegen der 6V Ausgangsspannung am Ausgang der Messkarte sichergestellt sein, dass kein Verstärker an OUT der Messkarte angeschlossen ist oder der Lautstärkeregelzugler zuge dreht ist.

#### 2. EXT 200 OHM

Bei der Messanordnung EXT 200 OHM wird ein externer Leistungsverstärker verwendet. Als Messwiderstand dient ein 200  $\Omega$  Widerstand. Diese Messanordnung unterstützt die Parameterbestimmung von Tieftonlautsprechern, die einen höheren Messstrom benötigen.

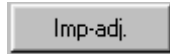
#### 3. EXT 1K OHM

Bei der Messanordnung EXT 1K OHM wird ein externer Leistungsverstärker verwendet. Als Messwiderstand dient ein 1k $\Omega$  Widerstand

### 16.3 SONDERFUNKTIONEN FÜR DIE PC KARTE

Die Grundlage für die Bestimmung der THIELE-SMALL Parameter ist die Impedanzmessung. Um die Impedanzmessung richtig durchführen zu können, besitzt das Messprogramm folgende Sonderfunktionen:

#### 1. Impedanzabgleich



Die Funktion Impedanzabgleich dient bei der Messanordnung INTERNAL Impedanzmessung zur Kompensation des Widerstandes der Messleitung.

**ACHTUNG:** Vor der Messung muss wegen der 6V Ausgangsspannung am Ausgang der Messkarte sichergestellt sein, dass kein Verstärker an OUT der Messkarte angeschlossen ist oder der Lautstärkeregerler zugedreht ist.

Der Widerstand wird nach dem Aufruf von IMP-ADJ. durch Kurzschließen der Messleitung, In+ mit In- verbinden, gemessen. Der Wert sollte zwischen  $0 \Omega$  und  $1 \Omega$  liegen. Mit OK wird der Wert in das Messprogramm übernommen und bei folgenden Impedanzmessungen als Korrekturwert verwendet.

#### 2. Spannungsabgleich



Die Funktion Spannungsabgleich dient bei der Messanordnung EXT 1KOHM oder EXT 200 OHM Impedanzmessung zum Abgleich der Ausgangsspannung des Leistungsverstärkers. Hierbei wird der Ausgang des Verstärkers über die Messleitung mit dem Eingang LINE des ATB's verbunden. Mit dem Lautstärkeregerler des Verstärkers wird die Ausgangsspannung auf 6V eingestellt. Ein weiterer Abgleich ist nicht nötig.

#### 3. Messung des Gleichstromwiderstandes

Für die USB Box

Mit dem R-DC Button wird die Messung des Gleichstromwiderstandes aufgerufen.





Der Wert wird im DIALOG Fenster angezeigt.  
Mit der Schaltfläche TRANSFER TO SPEAKER-PARAMETERS wird der gemessene Wert in das Menü PARAMETER eingetragen.  
Mit OK wird die Messung abgeschlossen.

Für die PC Karte

Der Gleichstromwiderstand des Lautsprechers kann nur in der Messanordnung INTERNAL Impedanzmessung gemessen werden. Bei der EXT 1KOHM oder 200 OHM Messanordnung wäre ein Gleichspannungsverstärker notwendig.

**ACHTUNG:** Vor der Messung muss wegen der 6V Ausgangsspannung am Ausgang der Messkarte sichergestellt sein, dass kein Verstärker an OUT der Messkarte angeschlossen ist oder der Lautstärkereglер zuge dreht ist.

Nach dem Abgleich IMP-ADJ. wird R-DC aufgerufen und nach Anschluss des Lautsprechers die Messung mit MEASURE gestartet.  
Mit der Schaltfläche TRANSFER TO SPEAKER-PARAMETERS wird der gemessene Wert in das Menü PARAMETER eingetragen.  
Mit OK wird die Messung abgeschlossen.

## 16.4 M-TYPE

Mit dem M-TYPE (Mess-Type) FREILUFT werden die Freiluftwerte des Lautsprechers ermittelt. Bei der Freiluftmessung ist das Chassis senkrecht zu halten, also wie beim normalen Gehäuseeinbau, die Entfernung zu allen größeren Flächen soll mindestens einen Meter betragen.

Der M-TYPE MOUNTED erlaubt die Eingabe des Gehäusevolumens. Dieser Wert wird lediglich beim Export berücksichtigt.

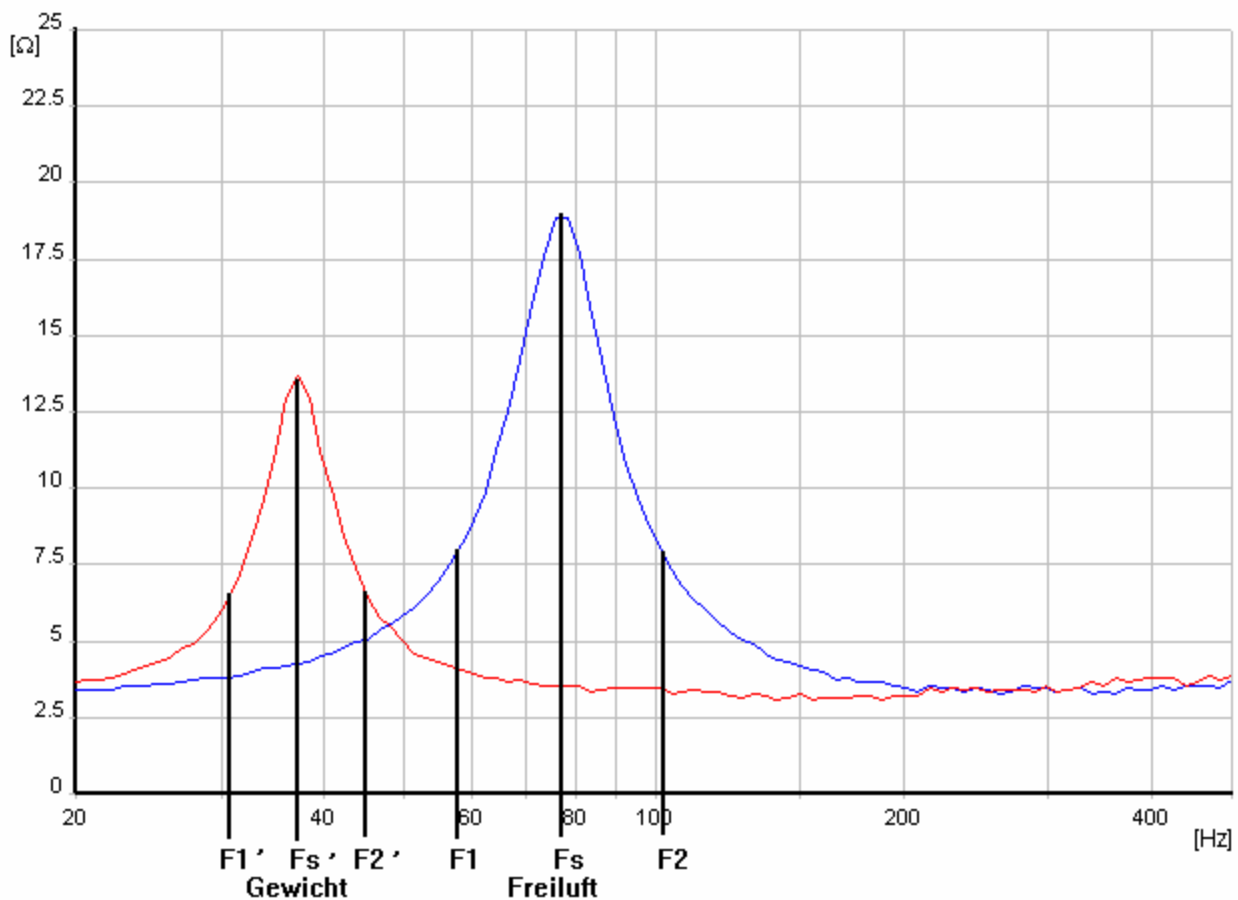
Der gesamte Parametersatz, d.h. die Freiluftwerte inklusive VAS, kann wahlweise mit der Gehäusemethode oder mit der Gewichtsmethode ermittelt werden. Hierzu wird im Menü M-TYPE

WEIGHT oder BOX gewählt. Je nach Methode sind entweder die Größe des Testgehäuses oder die Membranfläche und die Hilfsmasse einzugeben.

Bei der Gehäusemethode wird von einem ungedämpften, luftdichten Gehäuse ausgegangen. Das Chassis selbst darf also keine luftdurchlässige Sicke oder Staubschutzkalotte haben. Die Gehäusegröße ist so zu wählen, dass die Änderung der Resonanzfrequenz ca. 50% bis 100% beträgt. Bei der Gehäusemethode wird von einem ungedämpften, luftdichten Gehäuse ausgegangen. Das Nettovolumen des Testgehäuses beträgt für 20cm und 25cm-Chassis ca. 30l, für 30cm- und 38cm-Chassis ca. 60l. Mit der Gewichtsmethode können auch Chassis gemessen werden, die eine luftdurchlässige Sicke und / oder Staubschutzkalotte aufweisen. Das Zusatzgewicht ist so zu wählen, dass die Änderung der Resonanzfrequenz mindestens 20% beträgt. Für Konuslautsprecher mit einem Membrandurchmesser bis 13 cm kann das Gewicht ca. 10 Gramm betragen, für großflächige Tieftöner können mehr als 100 Gramm erforderlich sein.

### 16.5 MESSMETHODE

Die Thiele-Small Messung ermittelt die Parameter entsprechend der klassischen Drei Punkte Methode.



Das Bild zeigt die Impedanzkurven eines Lautsprechers.  
 Blau = Freiluft Messung, rot = Messung mit Gewicht

In die Kurven sind die Werte, die das Programm bei der Berechnung benutzt, eingezeichnet. Diese Werte werden vom Programm selbständig gesucht und bei der Messung nicht angezeigt. Im Bild sind die Impedanzkurven für die Messung Freiluft sowie Gewicht (niedrige Resonanzfrequenz).

Zur Bestimmung der Werte muss folgendes erwähnt werden:

Die Theorie der Thiele-Small-Parameter-Bestimmung benutzt ein stark vereinfachtes Ersatzschaltbild des Lautsprechers. Hieraus folgt, dass sich ein Teil der Lautsprecher nicht entsprechend der Theorie verhält. Die Impedanzkurven dieser Lautsprecher zeigen nicht den der Theorie entsprechenden Verlauf. Deshalb besitzt das ATB-Programm einen Algorithmus, der die gemessene Impedanzkurve an die theoretische anpasst. Die hierbei ermittelten Parameter entsprechen der Thiele-Small Theorie und ermöglichen die Berechnung von Lautsprechergehäusen. Dass diese TS-Parameter rechnerische Größen sind, zeigt sich bei dem Vergleich von der gemessenen Resonanzfrequenz mit der angezeigten. Hierbei unterscheiden sich das Maximum der gemessenen Resonanzkurve mit der in dem Parametersatz berechneten  $F_s$ . Im ATB 2.4 Programm wird bei einer Differenz von 5% zwischen gemessener und berechneter Resonanzfrequenz die Meldung "Parameter fehlerhaft" auf dem Bildschirm ausgegeben. Diese Meldung weist auf den vorherbeschriebenen Zusammenhang hin, ist aber im Sinne von Thiele-Small unwirksam. Der Algorithmus zur Annäherung von gemessenen zur theoretischen Impedanzkurve entspricht den bekannten Curve-Fitting, ist aber entscheidend genauer als die mit der FFT arbeitenden Messgeräte. Die FFT-Messung liefert im Tieftonbereich nur eine sehr begrenzte Anzahl von Messwerten ( Stützstellen ).

So wird aus wenigen Werten die Impedanzkurve berechnet, die immer eine Näherung darstellt. Das ATB benutzt bei der Thiele-Small-Messung Sinusschwingungen. Hierbei können bis zu 500 Messwerte in Frequenzabstände von 0,01Hz verwendet werden. Da der Frequenzfehler kleiner 1% ist, ist das ATB eines der genauesten Thiele-Small-Messgeräte.

## 16.6 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG

Alle Parametermessungen sollen mit einem "eingespielten" Lautsprecher erfolgen, da sich die Resonanzfrequenz eines neuen Chassis nach fünf bis zehn Stunden Spielzeit um bis zu 15% ändert ! Tieftöner können eingespielt werden, indem dem Chassis für ca. eine Stunde ein Sinussignal mit ca. 25 Hz zugeführt wird. Die Membran soll sich sichtbar bewegen, der lineare Hub soll allerdings nicht überschritten werden.

Folgende Einstellungen werden vorgenommen:

### 1. AMPLIFIER , EINGANG

Entsprechend dem Maximalwert der Impedanz

### 2. Die Messanordnung INTERNAL wird gewählt, entfällt bei USB Box.

### 3. GENERATOR , UNTERGRENZE

Untergrenze : ca. 1 Oktave unterhalb der Resonanzfrequenz

### 4. GENERATOR , OBERGRENZE

Obergrenze : ca. 2-3 Oktaven oberhalb der Resonanz

### 5. MEASURED VALUE (MESSWERTE)

Messwerte : 100

### 6. DC-RESISTENCE (DC-WIDERSTAND)

Der mit R-DC ermittelte Gleichstromwiderstand.

### 7. SURFACE (FLÄCHE)

Bei der Gewichtsmethode werden noch die Parameter Membranfläche des Lautsprechers in das Feld SURFACE eingetragen. Falls die Membranfläche nicht aus einem Datenblatt bekannt ist, wird sie durch die Formel

$d \times d \times 3.14 = F$  berechnet,  $d = \text{Membranradius} + 0.5 \times \text{Sicke}$

## 8. MASS (ZUSATZMASSE)

Bei der Gewichtsmethode wird die Zusatzmasse in das Feld MASS eingetragen.

## 9. VOLUME (VOLUMEN VT)

Bei der Gehäusemethode wird in das Feld VOLUME das Volumen des Testgehäuses eingetragen.

Danach wird das PARAMETER-Fenster geschlossen.

Zum Impedanzabgleich wird die Funktion IMP.ADJ aufgerufen und die beiden Messleitungen kurzgeschlossen. Wenn der gemessene Wert  $< 1\Omega$  angezeigt wird, die Messung mit OK schließen.

Vor der Messung muss entschieden werden, ob die Gewichts- oder Gehäusemethode benutzt werden soll. Dazu wird das Menü MESS-TYP aufgerufen.



Jetzt die gewünschte Methode auswählen.

Bei den Messmethoden WEIGHT und BOX werden zwei Messungen benötigt.

Die erste Messung ist die Freiluftmessung, die folgendermaßen gestartet wird.



oder F7

Nach der Messung werden unter dem Diagramm die Parameterwerte  $F_s$ ,  $Q_e$ ,  $Q_M$  und  $Q_t$  angezeigt. Bevor die Messung fortgeführt wird, sollten die Werte auf Plausibilität geprüft werden, z.B. alle Werte gleich 1,00 bedeutet, dass eine Auswertung nicht möglich war.

Die Impedanzkurve muss so aussehen, dass die Amplitudenwerte für  $F_1$ ,  $F_s$ , und  $F_2$  im Diagramm erscheinen (siehe Abb. Theorie Thiele-Small)

Ist dies nicht der Fall, müssen die Parameter EINGANG, UNTER- und OBERGRENZE anders gewählt werden.

Zur Bestimmung des Parameters VAS wird die 2. Messung gestartet.



oder F8

Danach erscheint die zweite Impedanzkurve.

Für eine korrekte Messung müssen Gewicht und Gehäuse nach folgenden Bedingungen gewählt werden:

Dies ist erkennbar an den Resonanzen der Impedanzkurven. (siehe Abb. Theorie Thiele Small)

$F_s$  = Resonanz der Freiluftmessung

$F_s'$  = Resonanz der Gewichtsmessung oder der Gehäusemessung

Bei der Gewichtsmessung ist die Zusatzmasse zu gering, wenn

$$F_s' > F_s \times 0.8$$

Bei der Gehäusemessung ist das Gehäuse zu groß, wenn

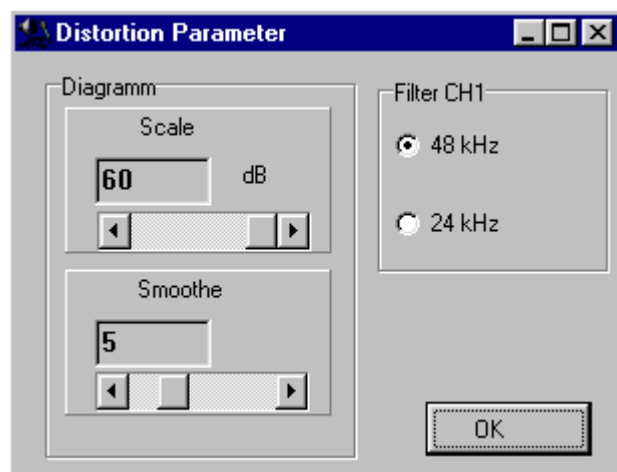
$$F_s' < F_s \times 1.4$$

## 17. DISTORTION

### 17.1 MESS-TYP



### 17.2 PARAMETER



## AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

### INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBu.....16dBu balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBu.....10dBu unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0,0125V.....6,31V  
-38dBu.....16dBu entspricht 0,0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

## GENERATOR

LOWER LIMIT (UNTERGRENZE)  
5Hz

UPPER LIMIT (OBERGRENZE)  
15kHz für K2, K3, THD

MEASURED VALUES (MESSWERTE)  
10 / 25 / 50 / 100 / 250 / 500

SMOOTHING (GLÄTTEN)  
Der Glättungsradius ist einstellbar im Bereich 1...20 , er sollte auf 0 eingestellt sein !

SCALE (AUFLÖSUNG)  
Dient bei Klirrfaktoren zum Einstellen des Anzeigebereichs [ 0.1... 100 % ] .

### 17.3 KLIRRFAKTOREN K2,K3 ODER THD

Im Messtyp DISTORTION K2,K3 misst das ATB die Klirrfaktoren K2 und K3 in dem mit den Parametern LOWER LIMIT und UPPER LIMIT eingestellten Frequenzbereich. Die Frequenzverteilung ist logarithmisch, das Messsignal ist ein Sinussignal.

Das vom Messobjekt gelieferte Signal wird einer FFT-Analyse unterzogen. Die Amplituden der ersten und zweiten Oberwelle werden für eine Messfrequenz jeweils ins Verhältnis zur Amplitude der Grundschwingung gesetzt und in % angezeigt, zusätzlich wird die Amplitude der Grundwelle im oberen Teil des Diagramms angezeigt. Die Skalierung für die Grundwelle befindet sich auf der rechten Seite des Diagramms. Die Aussteuerung ist so zu wählen, dass der Amplitudenverlauf der Grundwelle dicht unter der Obergrenze des Diagramms verläuft. Die Aussteuerung sollte nicht weniger als dreiviertel des Anzeigebereiches betragen.

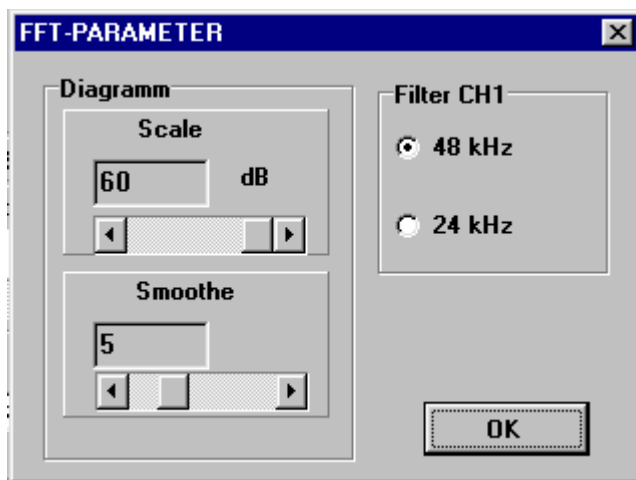
Bei der Messung DISTORTION THD wird die Summe der Oberwellen K2.....K8 gebildet und angezeigt.

Bei der Klirrfaktormessung von Lautsprechern bewirken Einbrüche im Frequenzgang, die durch Interferenzen zwischen den Einzellautsprechern entstehen, durch das ungünstige Verhältnis von Grund und Oberwellen einen Anstieg des gemessenen Klirrfaktors. Die Mikrofonanordnung soll so gewählt werden, dass der Frequenzgang möglichst linear ist.

## 19. FFT MEASURE



### 19.1 PARAMETER



#### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

#### INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

Die Anzeige erfolgt in SPL, wenn die Bedingungen der ANALOG-SPL Messungen eingehalten werden

#### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBu.....16dBu balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBu.....10dBu unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
-38dBu.....16dBu entspricht 0.0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

## RANGE (BEREICH)

5	-	390 Hz	:1
18	-	300 Hz	:1
300	-	1500 Hz	:1
1000	-	6250 Hz	:1
6000	-	24k Hz	:1
18	-	1500 Hz	:2
300	-	6250 Hz	:2
49	-	24k Hz	:2
18	-	6250 Hz	:3
18	-	24k Hz	:3
305	-	24k Hz	:3
18	-	24k Hz	:4
100	-	20k Hz	:4
305	-	20k Hz	:3
18	-	24k Hz	:4

## VERSTÄRKER

### SMOOTHING (GLÄTTEN)

Der Glättungsradius ist einstellbar im Bereich 1...20 , er sollte auf 0 eingestellt sein !

### SCALE (AUFLÖSUNG)

Dient bei der FFT-MESSUNG zum Einstellen des Anzeigebereichs [ 10dB...60dB ] .

## 19.2 FFT-MESSUNG THEORIE

Die FFT-Messungen benutzen als Testsignal (stimulus) Impulse oder Impulsfolgen. Die Impulse werden auf die Teststrecke gegeben und die Impulsantwort in ein digitales Signal gewandelt. Danach wird es im Rechner mit der Fast-Fourier-Transformation auf die enthaltenen Frequenzen untersucht. Das Übertragungsverhalten der Teststrecke wird aus dem Vergleich von Ein- und Ausgangssignal gewonnen. Da das Eingangssignal digital erzeugt wird, kann es vom Rechner mit der Impulsantwort verglichen werden.

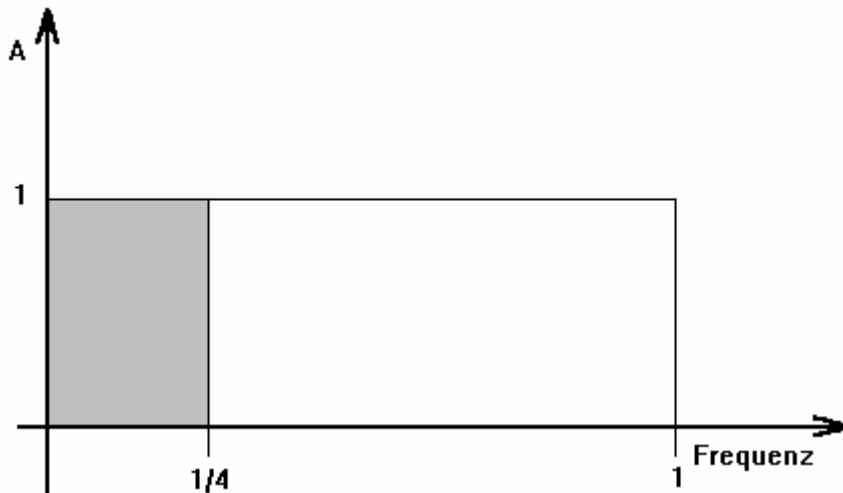
Die bekannteste Impulsfolge ist die Maximum Length Sequence, MLS. Die Maximalfolge ist eine periodische, binäre und pseudostochastische Folge. Dieses digitale Signal besitzt nur die Zustände -1, 0 und +1. Bei der Messung wird das Eingangssignal mit dem Ausgangssignal durch eine Autokorrelationsfunktion zu einem Dirac-Impuls umgerechnet. Der Impuls wird mit der FFT auf die enthaltenen Frequenzen untersucht. Das Ergebnis ist dann der Amplitudenfrequenzgang der Teststrecke.

Die Nachteile der Messmethode bestehen in der digitalen Anregung. Dies zeigt sich bei der Messung von Lautsprechern, die durch den starken Obertonbereich des Signals schnell übersteuert werden. Deshalb können z.B. keine Elektrostaten gemessen werden. Ein weiteres Manko der Messmethode ist die sehr aufwändige Mathematik. Da eine der Theorie entsprechende Berechnung selbst mit schnellen PC's zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde, wird über Reihenentwicklungen eine Näherung durchgeführt. Beim mathematischen Aufwand besteht auch der Unterschied zwischen teuren und günstigen MLS Messsystemen, die durchaus nicht das gleiche Ergebnis liefern. Ebenso ist bei der Messmethode der Einfluss von Anti-Aliasingfilter und Wandler groß. Bei den meisten Systemen wird der Fehler durch eine

Testmessung ermittelt um dann das Messergebnis zu korrigieren. Dies funktioniert nicht, da das Verhalten der Teststrecke bei Ansteuerung mit einem digitalen Signal nicht bekannt ist.

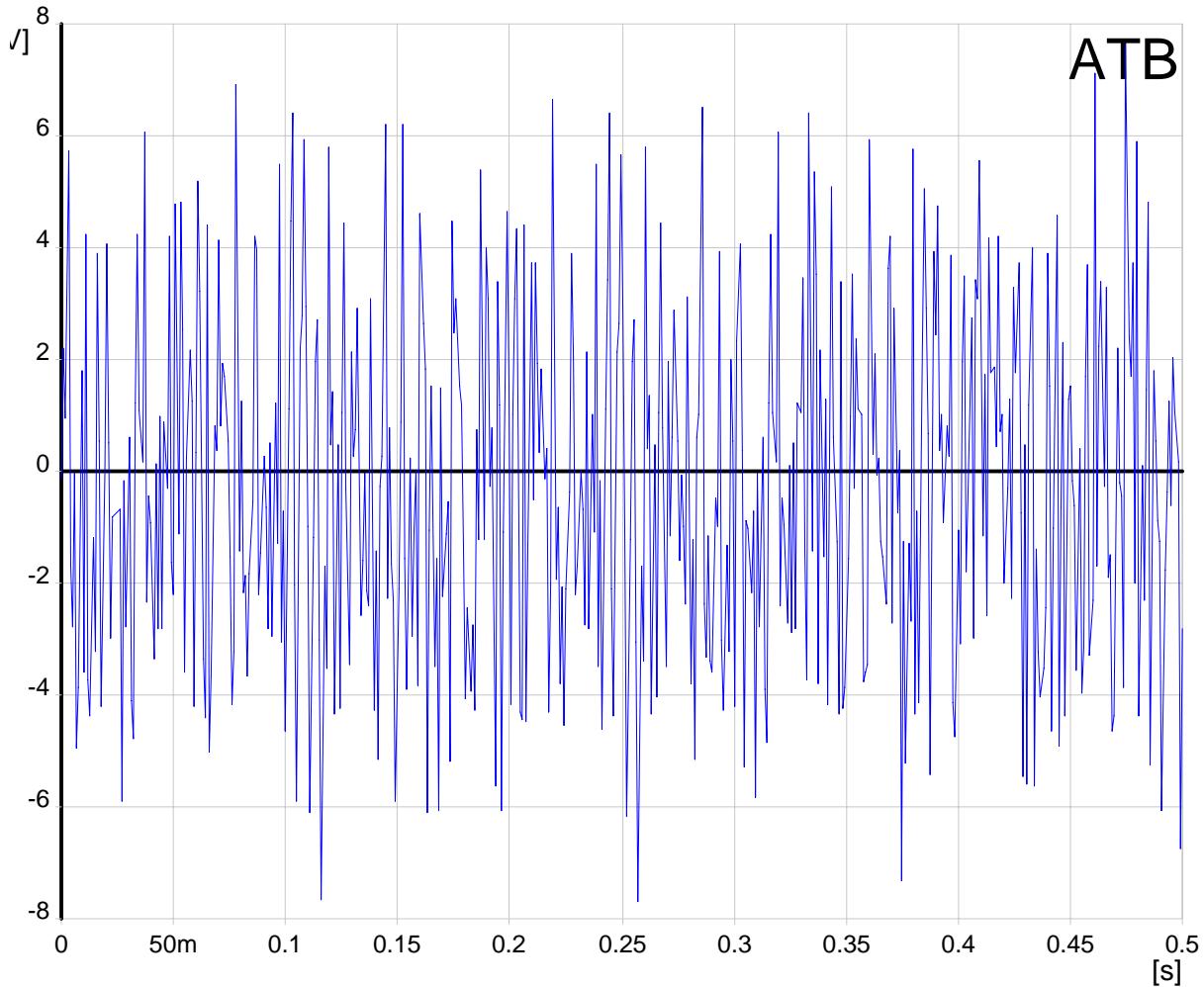
Beim ATB wird bei der FFT Messung ein analoges Signal verwendet, das die vorher beschriebenen Nachteile des MLS Signals nicht besitzt. Das Signal wurde von den Ingenieuren Kirchner und Meyer-Carlstädt entwickelt und KM-C Signal genannt. Entwicklung und Eigenschaften des Signals werden im folgenden beschrieben.

Entwicklung des KM-C Signals:



Das Bild zeigt den Frequenzbereich des Signals, von dem bei der Berechnung des KM-C Signals ausgegangen wird. In dem Bereich von 0 bis 1 befinden sich 2048 Frequenzen. Die Frequenzen haben alle die Amplitude 1. Mit der Inversen FFT wird das Signal vom Frequenz- in den Zeitbereich transformiert. Hierbei entsteht durch die geringe Anzahl von Wandlerwerten bei hohen Frequenzen, 2 Werte für  $F = 1$ , ein oberwellenreiches Signal. Die Oberwellen müssten durch ein steiles Tiefpassfilter unterdrückt werden. Deshalb wird bei der Inversen FFT nur der Bereich bis  $1/4 F$  benutzt. Das berechnete Zeitsignal enthält  $2048/4 = 512$  Frequenzen mit gleicher Amplitude, ein Dirac. Da der Dirac aus einem Impuls mit beliebig hoher Amplitude besteht, ist er fürs Messen nicht geeignet. So wird durch Variation der Phasenlage der Einzelfrequenzen erreicht, dass alle Amplituden des Zeitsignales annähernd die gleiche Höhe besitzen.

# Oszilloskop



Das Bild zeigt das Oszillogramm des KM-C Signals.

Eigenschaften des KM-C Signals:

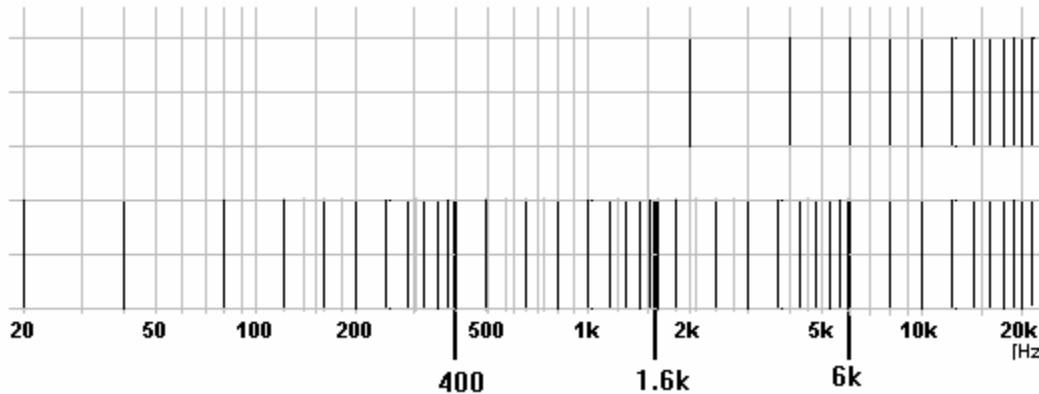
Das KM-C Signal ist ein analoges Signal für FFT Messungen. Es enthält 512 Frequenzen mit gleicher Amplitude. Durch eine obere Grenzfrequenz besitzt es eine Tiefpasscharakteristik, so dass die Grenzfrequenz des Anti-Aliasingfilters eines A/D Wandlers außerhalb des Übertragungsbereiches liegen kann. Durch die gleichmäßige Amplitudenverteilung kann die Messstrecke optimal angesteuert werden.

## 19.3 FFT-MESSUNG

Mit dem MESS-TYP FFT-MESSUNG wird eine Frequenzgangmessung durchgeführt. Als Messsignal wird das KM-C Rauschen verwendet (siehe auch "Die Messungen des Audio Test-Boards). Zur Auswertung wird die Fast-Fourier-Transformation benutzt.

Dieser MESS-TYP wird bei der raumunabhängigen Lautsprechermessung und zur schnellen Messung der Frequenzgänge von Verstärkern und Filterschaltungen benutzt.

#### Die ATB 4-fach Messung



Das Bild zeigt den Vergleich einer normalen FFT mit der 4-fach FFT. Die dargestellte FFT besitzt 12 Punkte oder Stützstellen. Durch die 4-fach Messung besteht eine annähernd lineare Frequenzverteilung, so dass die Messgenauigkeit ( Anzahl der Stützstellen) von Tief- und Hochtonbereich fastgleich ist.

Der Frequenzbereich von 18 Hz bis 24 kHz wird in vier Bereiche unterteilt und für jeden Bereich eine Messung mit 512 Punkten durchgeführt. Die Daten werden zusammengefasst und in einem Messschrieb dargestellt. Die Messung besitzt im Tieftonbereich die Auflösung einer  $512 \times 64 = 32768$  Punkte FFT. Die gleiche Auflösung kann auch mit einer FFT erreicht werden. Diese 32k Punkte FFT bedingt allerdings eine verlängerte Messzeit. Für akustische Messungen ist die einzelne FFT nicht geeignet, da während der langen Messzeit garantiert Störgeräusche auftreten, die das Messergebnis verfälschen.

Die Anzahl der Messungen wird im Parametereingabefeld BEREICH angezeigt, FFT4 bedeutet, dass vier Messungen durchgeführt werden. Diese Einstellung sollte gewählt werden, da sie die beste Frequenzauflösung liefert.

Bei allen FFT-Messungen muss ein Zeitfenster gesetzt werden. Der Anfang des Zeitfensters wird mit der Funktion ABSTAND bestimmt. Das Ende des Zeitfensters wird vom Messprogramm festgelegt. Hierdurch werden Bedienfehler vermieden und ein richtiges Messergebnis gewährleistet. Ab 305 Hz werden die Zeitfenster so kurz, dass bei der Lautsprechermessung keine bedeutenden Raumreflexionen die Auswertung beeinflussen, das Messergebnis wird so raumunabhängig.

Unterhalb von 300 Hz kann der Raumeinfluss nur durch eine Nahfeldmessung eliminiert werden. Hierzu wird im PARAMETER-Fenster der BEREICH auf  $< 18...300 \text{ Hz FFT} >$  eingestellt. Für eine Messung oberhalb von 300 Hz wird der BEREICH auf  $< 305 \text{ Hz}...24 \text{ kHz FFT3} >$  gewählt und mit MESSEN + wird der gesamt Frequenzbereich von 18 bis 24 kHz dargestellt.

Alle FFT-Messungen besitzen im Tieftonbereich eine begrenzte Anzahl von Messwerten (Stützstellen). Dadurch besitzt der einzelne Messwert eine so hohe Bedeutung, dass die Reproduzierbarkeit im 20 Hz Bereich für sehr kleine Pegel von z.B. -40 dB nicht mehr gegeben ist.

## 19.4 FFT-VERGLEICHSMESSUNG

Zur Durchführung der FFT-VERGLEICHSMESSUNG wird eine Referenzkurve benötigt. Nach dem Aufruf des MESS-TYP FFT-VERGLEICHSMESSUNG wird die Referenzmessung durchgeführt.



Die Einstellung der Parameter und die Messdurchführung entspricht der Messart FFT-MESSUNG. Bei dem MESS-TYP FFT-VERGLEICHSMESSUNG werden die Anti-Aliasingfilter so gesetzt, dass sich eine sehr hohe Reproduzierbarkeit der Messung ergibt.

Nach dem Erstellen der Referenzkurve wird die aktuelle Messung mit der Referenzmessung verglichen. Die Abweichung von der Referenz wird in einem speziellen Diagramm dargestellt, wobei die 0 dB-Linie der Referenzmessung entspricht. Es wird hierbei nur die Differenz zwischen den einzelnen Messungen dargestellt. Diese Kurve wird als Korrekturkurve für die FFT-Messung mit Referenz gespeichert.

## 19.5 FFT-MESSUNG MIT KORREKTUR

Bei den FFT-Messungen besteht die Möglichkeit zur Korrektur, CORRECTION, der Messung. Durch die Korrektur des Frequenzgangschriebes können das Messergebnis verfälschende Messbedingungen beseitigt werden.

Ein Beispiel für verfälschende Messbedingungen ist die Lautsprechermessung in einem Raum, der die Bedingungen des schalltoten Messraumes nicht erfüllt. Wenn bei der Serienkontrolle von Lautsprechern kein schalltoter Raum zur Verfügung steht, kann mit der FFT-MESSUNG mit Korrektur der richtige Frequenzgang gemessen werden. Hierzu wird im schalltoten Raum oder durch Freifeldmessung die Referenzkurve gemessen. Mit der FFT-MESSUNG mit Referenz wird im Raum für die Serienprüfung der Lautsprecher als Vergleichsmessung gemessen und so die Abweichungen zur Referenzkurve ermittelt. Diese Abweichungen werden als Korrekturkurve gespeichert. In der FFT-MESSUNG wird die Messung mit Korrektur durch Laden der Korrekturkurve aufgerufen. Die folgenden Messungen zeigen dann den Frequenzgang des Lautsprechers im schalltoten Raum gemessen.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung der FFT-MESSUNG mit Korrektur ist die Messung von Mikrofonen. Die Mikrofone werden in einer Messbox gemessen, die keine idealen akustischen Eigenschaften besitzt. Mit der FFT-MESSUNG mit Referenz können die akustischen Eigenschaften der Messbox gemessen und eine Korrekturkurve erstellt werden. Bei der Mikrofonmessung dient als Referenzkurve der Messschrieb eines bekannten, sehr linearen Messmikrofones. Dieser Messschrieb entspricht dem einer Frequenzgangmessung, bei der der Ausgang des ATB's über einem Spannungsteiler, z.B. 1:100, verbunden wird. Der Spannungsteiler passt die hohe Ausgangsspannung an die niedrige Mikrofonspannung an. Mit dieser Referenz wird die Vergleichsmessung mit dem Messmikrofon durchgeführt und die Korrekturkurve erstellt. Mit der Korrekturkurve werden dann in der FFT-MESSUNG mit Korrektur die Frequenzgänge der Serienmikrofone ohne die akustischen Eigenschaften der Messbox gemessen.

Durchführung der FFT-MESSUNG mit Korrektur



Die Korrekturkurve wird in der FFT-MESSUNG mit Referenz erzeugt und gespeichert. Hier gilt

$$\text{Ergebnis} = \text{Vergleichsmessung} - \text{Referenzmessung}$$

Das Ergebnis wird gespeichert und in der FFT-MESSUNG mit der Schaltfläche COOR aufgerufen. Bei den folgenden Messungen wird die Korrektur der Frequenzgangskurve mit Hilfe der Korrekturkurve durchgeführt. Hierbei besteht folgender Zusammenhang

$$\text{Ergebnis} = \text{Messung} - \text{Korrektur} \quad \text{oder}$$

$$\text{Ergebnis} = \text{Messung} - \text{Referenz} + \text{Vergleich}$$

## 19.6 TERZ-FFT

Die Messung TERZ-FFT ermöglicht die Darstellung der Messkurve in Terz-Schritten. Diese Darstellung entspricht einer besonderen Art der Glättungsfunktion.

In der normalen FFT gemessene Kurven werden durch Aufruf der TERZ-FFT in Terzen dargestellt. Ebenso können in der TERZ-FFT gemessene Kurven im FFT Programm betrachtet werden.

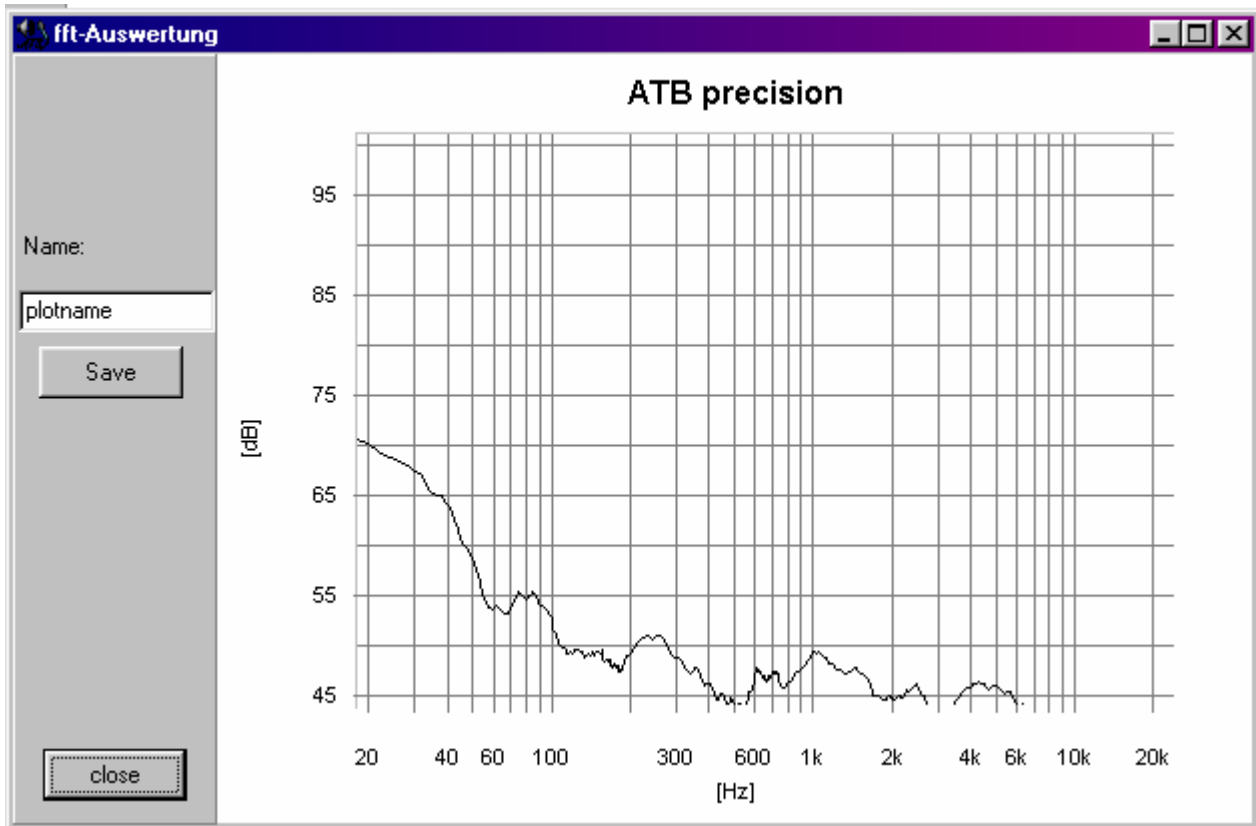
Das Speichern der Messungen erfolgt als FFT Messung. Die TERZ-FFT hat kein eigenes Format.

## 19.7 MITTELN VON KURVEN

Um die abgestrahlte Energie eines Lautsprechers zu ermitteln, werden bis zu 32 Frequenzgangmessungen mit unterschiedlichen Mikrofonpositionen durchgeführt. Mit der Funktion MEAN ( MITTELN ) werden die Kurven gemittelt und als eine Kurve dargestellt.



Die gemittelte Kurve erscheint im Menü FFT Auswertung.

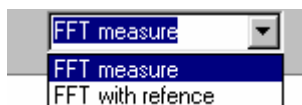


Dort können sie gespeichert werden.

## 19.8 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG

Die Messdurchführung erfolgt nach folgendem Schema:

### 1. Wahl der FFT-MESSART



### 2. Parameter bestimmen

Bei der Auswahl des Frequenzbereiches wird die maximale Anzahl von Einzelmessungen ( z.B. < 18..25KHz FFT4 > ) gewählt.

### 3. Messen des Abstandes und der Aussteuerung



oder F6

Damit die FFT-Messung raumunabhängig wird, wird entsprechend der Gated-Technik das Messsignal nur in einem kurzen Zeitraum aufgenommen. Dieser Zeitraum wird auch Zeitfenster genannt. Für dieses Fenster muss ein Anfangswert bestimmt werden, den das ATB mit der Funktion DISTANCE ermittelt. Das Ende des Zeitfensters wird vom Programm entsprechend dem Frequenzbereich festgelegt. So werden Bedienungsfehler ausgeschlossen.

Hinweis: Ein zu kurz eingestellter Abstand führt zu Welligkeiten im oberen Frequenzbereich des Frequenzganges.

Mit der Funktion DISTANCE wird ebenfalls die Aussteuerung eingestellt. Mit einer FREQUENCY, die im Übertragungsbereich des Messobjektes liegt, wird der AMPLIFIER so eingestellt, dass das Oszilloskopfenster von der Signalamplitude zu 2/3 ausgefüllt wird.

Soll die Anzeige in dB SPL erfolgen, wird erst im ANALOG-SPL Programm die Ausgangsspannung des Verstärkers auf 2V für 4Ω oder 2,8V für 8Ω Lautsprecher eingestellt. Als weiteres wird der Abstand von Lautsprecher zum Mikrofon auf 1m gebracht.

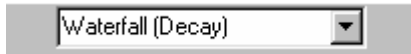
Danach wird die Messung wie folgt gestartet.



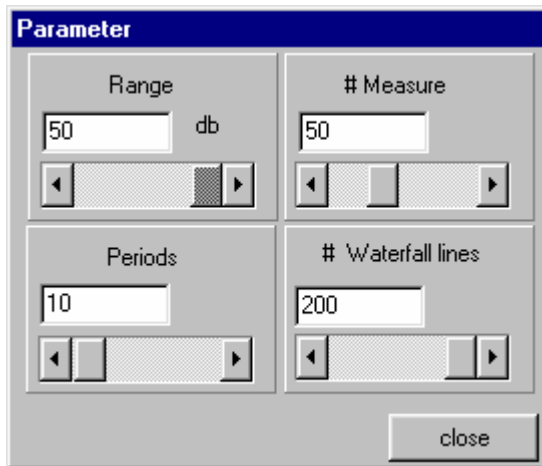
oder F7

Mit MESSEN+ kann eine weitere Messung gestartet werden, die zusammen mit der vorherigen Messung abgebildet wird.

## 20. WATERFALL (DECAY)



### 20.1 PARAMETER



#### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

##### INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung  
MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

##### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBV.....16dBV balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung  
Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
-38dBV.....16dBV entspricht 0.0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

#### GENERATOR

##### LOWER LIMIT (UNTERGRENZE)

5Hz

##### UPPER LIMIT (OBERGRENZE)

30kHz

## SIGNAL

Cosinus-Burst

## NUMBER OF MEASURES

10.....300

## NUMBER OF WATERFALL LINES

10.....200

## RANGE (AUFLÖSUNG)

10.....50 dB

## PERIODS

10.....200

## 20.2 SONDERFUNKTIONEN

### DISPLAY



Das Menü ermöglicht die Umschaltung von der Darstellung nach der Messung , DECAY zur Wasserfalldarstellung, WATERFALL.

Ebenso kann zwischen der Frontansicht, FRONT und Rückansicht, BACK umgeschaltet werden

## 20.3 ZERFALLSPEKTRUM

Die Messung wird mit der DISTANCE begonnen. Mit der Abstandsmessung wird der Abstand zwischen Lautsprecher und Mikrofon gemessen und die akustische Laufzeit bei der Messung automatisch herausgerechnet. Nachdem die Aussteuerung beendet ist, wird die Messung gestartet.



oder F7

Nach der Messung ist die Darstellung als DECAY, BACK.



In diesem Fenster wird die Auswahl der Darstellung vorgenommen. Im DECAY (Hüllkurvendiagramm) werden die Kurven der Amplitudenwerte gleicher Frequenz und im WATERFALL (Wasserfalldiagramm) die Kurven der Amplitudenwerte gleicher Zeit dargestellt. In diesem Fenster wird auch die Wahl zwischen FRONT (Einschwingen) und BACK (Ausschwingen) getroffen.

## 20.4 ZERFALLSPEKTRUM THEORIE

Die Darstellung des Übertragungsverhaltens einer Teststrecke ist durch das Zeitverhalten (Oszilloskop) oder das Frequenzverhalten beschrieben. Aus dem Zeitverhalten lässt sich das Frequenzverhalten berechnen und umgekehrt aus dem Frequenzverhalten das Zeitverhalten. Das Zeitverhalten wird mit dem Oszilloskop und das Frequenzverhalten mit dem Pegelschreiber (AMPLITUDE und PHASE) gemessen. Das Ziel des Entwicklers ist die Optimierung des Übertragungsverhaltens. Hierzu sind ein linearer Amplitudenfrequenzgang mit optimalen Ein- und Ausschwingverhalten sowie kurze Laufzeiten erforderlich. Mit Hilfe des Speicher Oszilloskops und des Pegelschreibers wird das Übertragungsverhalten gemessen und optimiert. Entschieden einfacher gestaltet sich eine Entwicklung, wenn das Messgerät das Zeit- und Frequenzverhalten gleichzeitig zeigt.

Das 3-D Diagramm der Computer Messgeräte zeigt den Amplitudenfrequenzgang über die Zeit. Die x-Achse ist die Frequenz-, die y-Achse die Amplituden- und die z-Achse die Zeitachse. Diese Darstellung wird Wasserfalldiagramm genannt. Dieses Diagramm zeigt aber nur das Ausschwingverhalten, da das Einschwingverhalten, sowie die Laufzeit hinter dem Gebirge verborgen bleiben. Deshalb besitzt das ATB zwei Darstellungsarten für das Wasserfalldiagramm. Eine Darstellung für das Einschwingverhalten (front slope) und die andere für das Ausschwingverhalten (rear slope). Beide Darstellungen beschreiben das Übertragungsverhalten vollständig und leicht verständlich.

Bislang gibt es zwei Messmethoden zur Darstellung des Ausschwingverhaltens im Wasserfalldiagramm. Die genaueste, aber auch sehr aufwändige Messung und bei der Wahl der Einstellparameter kritische Messmethode benutzt als Testsignal den Sinus-Sweep. Bei ihr wird durch eine Kreuzrelation von Generator und Messsignal aus mehreren Frequenzgangmessungen das Zeitverhalten berechnet.

Die zweite Messung ist nicht so aufwändig und erscheint in der Wahl der Einstellparameter unkritischer, wobei die Wahl des Zeitfensters eine meist langjährige Erfahrung erfordert. Bei ihr wird mit dem Signal "Maximum Length Sequence" im Zeitbereich gemessen, wobei schon die Darstellung der Sprungantwort eine aufwändige Berechnung mit der Hadamard-Transformation erfordert. Das Wasserfalldiagramm wird danach mit der Fast-Fourier-Transformation berechnet. Diese Transformation ist aber nicht für abklingende Amplituden zulässig. So entstehen durch die Rechenmethode Gebirgszüge im Diagramm, die bei der Schallabstrahlung nicht vorhanden sind. Dieser Teil des Diagramms wird von erfahrenen Entwicklern bei der Veröffentlichung durch ein Bild abgedeckt.

Beide Messmethoden wurden entwickelt, als die Technik des digitalen Generators noch nicht verbreitet war. Durch ihn ermöglicht das ATB eine verbesserte Messmethode. Der digitale Generator erzeugt Impulsformen mit einer Wandlerrate von 3.8 MHz, die dem 1 bit CD-Player entspricht. Da die Auflösung des ATB's 16 bit beträgt, ist das ATB-Generatorsignal viel genauer als das eines CD-Players.

## 20.5 MESSMETHODE mit dem ZERFALLSPEKTRUM

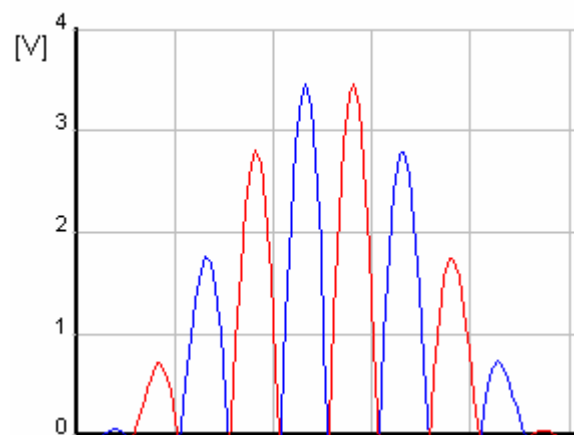
Die Grundüberlegung bei der ATB-Messung des Zerfallspektrums war die Vermeidung von aufwändigen mathematischen Verfahren. Die Messmethode greift auf die einfache Oszilloskopmessung zurück. Für jede Frequenz wird ein Oszillogramm erstellt und im Wasserfalldiagramm als Gebirge dargestellt. Das einzelne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

zur Untersuchung des Ein- und Ausschwingverhaltens bei dieser bestimmten Frequenz verwendet werden.

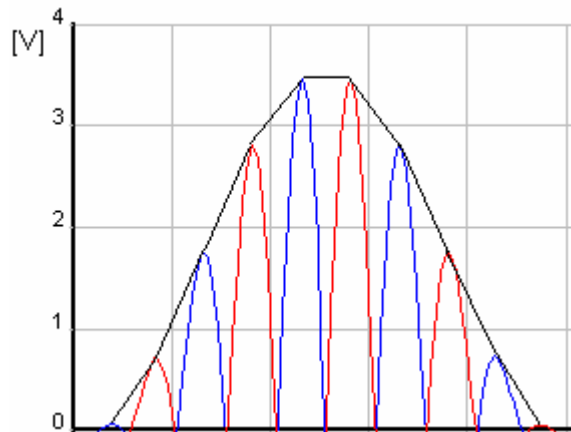
Der WEG vom OSZILLOSKOP zum ZERFALLSPEKTRUM



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.



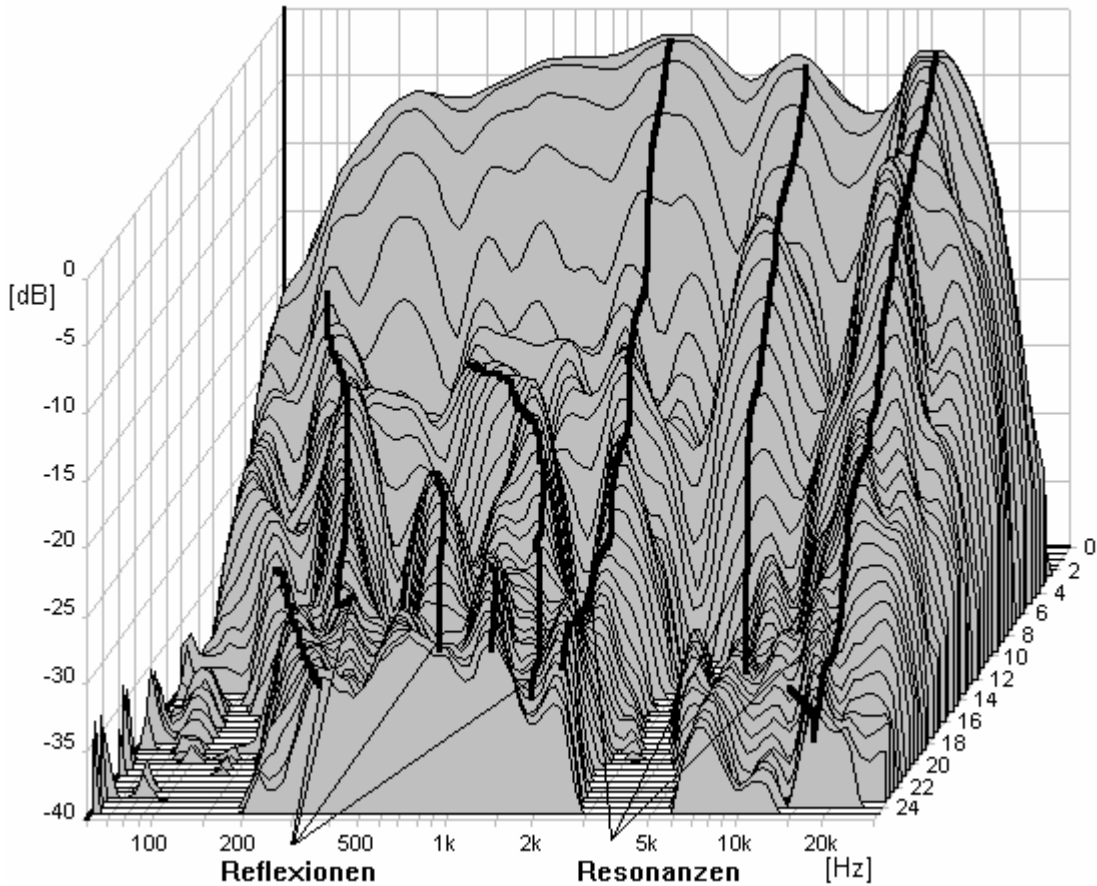
Die einzelnen Hüllkurven werden im Zerfallspektrum dargestellt. Jede Hüllkurve zeigt das zeitliche Verhalten für eine Frequenz.  
Im Wasserfalldiagramm werden die Punkte gleicher Zeit ( Periode ) mit Linien verbunden.

Im Menü OPTIONEN kann zwischen Ausschwingen ( rear slope ) und Einschwingen ( front slope ) gewählt werden.

## 20.6 AUSSCHWINGVERHALTEN

Bei der Messung des Ausschwingverhaltens wird als Generatorsignal der cosinusförmige 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  $T=(1/f) \times \text{Periode}$  berechnet.

## 20.7 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.

## 20.8 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.

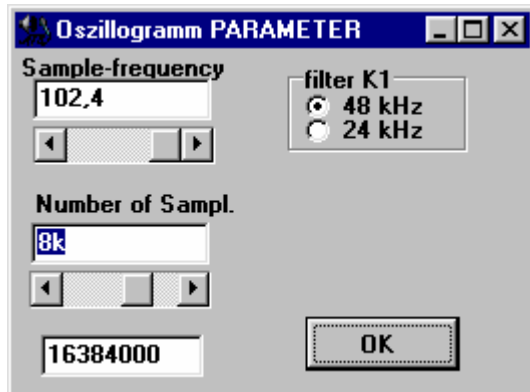
Soll eine Übertragungsstrecke auf ihre Eigenschaften bei der Übertragung von Musiksignalen untersucht werden, so ist dies mit der Musik entsprechenden Impulsen am aussagekräftigsten. Die Notwendigkeit der Untersuchung von Anstieg sowie Verzögerung eines Impulses zeigt die Betrachtung des Hörvorganges. 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 Cosinusförmiger Burst gemessen, wird gezeigt, wie die Übertragungsstrecke ihren eingeschwingenen 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.

## 21. OSCILLOSCOPE, ANALYZER

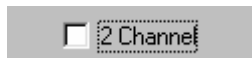


### 21.1 PARAMETER



### 21.1 BETRIEBSART

Das Oszilloskop ist ein 2-Kanal Messgerät. Für den 2-Kanal Betrieb wird es mit folgender Funktion umgeschaltet



### AMPLIFIER (VERSTÄRKER) INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich 50mV .....20V /scale entsprechend 0,1V.....80V  
1 / 2 / 5 Stufung  
MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
1 / 2 / 5 Stufung

### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBV.....16dBV balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
-38dBV.....16dBV entspricht 0.0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

### TIME-BASE (ZEITBASIS)

Bereich: 1 / 2 / 5 / 10 / 20 / 50 / 100 / 200 / 500 / 1000msec

### SIGNAL

SINUS / DREIECK / RECHTECK / IMPULS / HÜLLE / FFT / OKTAV / TERZ /

## GROSSE FFT / KEIN SIGNAL

### GENERATORFREQUENZ

1Hz.....50KHz

### TRIGGER

Auf Nulldurchgang

### SAMPLES-FREQUENCY (Abtastrate)

5k.....102k

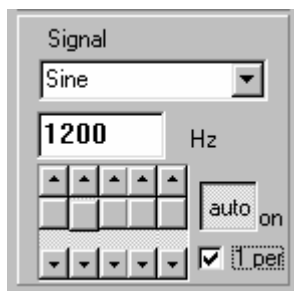
### NUMBER OF SAMPLES (Messwerte)

8K

## 21.3 GENERATOR

In der Messart OSCILLOSCOPE lassen sich die Signalform und die Frequenz des digitalen GENERATOR (Generator) manuell einstellen.

Das ATB dient als ein hochwertiger Sinus- und Signalgenerator.



Mit SIGNAL wird die Form und Frequenz des Generatorsignals eingestellt. Der Schalter AUTO, on schaltet den Generatorbetrieb bei Oszilloskop Betrieb ein, wobei Generatorstart und Start der Messung synchronisiert sind.

Der Generator wird wie folgt aktiviert.



Bei folgenden Signalformen besteht ein spezieller Zusammenhang zwischen den Signalfrequenzen und der einzugebenden Generatorfrequenz :

Signalform	Generatorfrequenz
Hülle-Signal	Signalfrequenz / 5
Oktav-FFT-Signal	Signalfrequenz / 42
Terz-FFT-Signal	Signalfrequenz / 85

Der Generator wird mit erneuten Betätigen der oben gezeigten Funktionen abgeschaltet.

## DAUERBETRIEB

Im DAUERBETRIEB entspricht das ATB-OSZILLOSKOP der Funktion eines herkömmlichen Oszilloscops.

Entsprechend der in ZEITBASIS eingestellten Messzeit wird das Signal kontinuierlich gemessen und dargestellt. Die Funktion DAUERBETRIEB wird wie folgt gestartet.



oder F9

Der DAUERBETRIEB des ATB wird ebenfalls mit Betätigen der oben gezeigten Funktionen gestoppt.

## 21.4 OSCILLOSCOPE

In der Messart OSCILLOSCOPE wird das ATB als Oszilloskop betrieben. Bei Benutzung des digitalen Generators sind SIGNAL und FREQUENCY in den gleichnamigen Parameter-eingabefeldern festzulegen. Die TIME-BASE (Ablenkzeit) wird entsprechend dem zu messenden Signal eingestellt. Die Länge des Zeitschriebes ist von der im PARAMETER Menü eingestellten SAMPLEFREQUENZ abhängig.

Bei der Messung werden OSCILLOSCOPE und GENERATOR synchron gestartet. Hierdurch entsteht eine genaue zeitliche Zuordnung, die die Messung von Laufzeiten ermöglicht.

Die Synchronisation von fremden Signalen geschieht über die Triggerfunktion. In der Befehlsleiste wird mit 0-TRIGGER der Trigger eingeschaltet. Dies gilt ebenfalls für den GENERATOR - DAUERBETRIEB.

Die OSCILLOSCOPE Messung wird wie folgt gestartet.



oder F7

Eine zusätzliche Messung kann folgendermaßen gestartet werden.



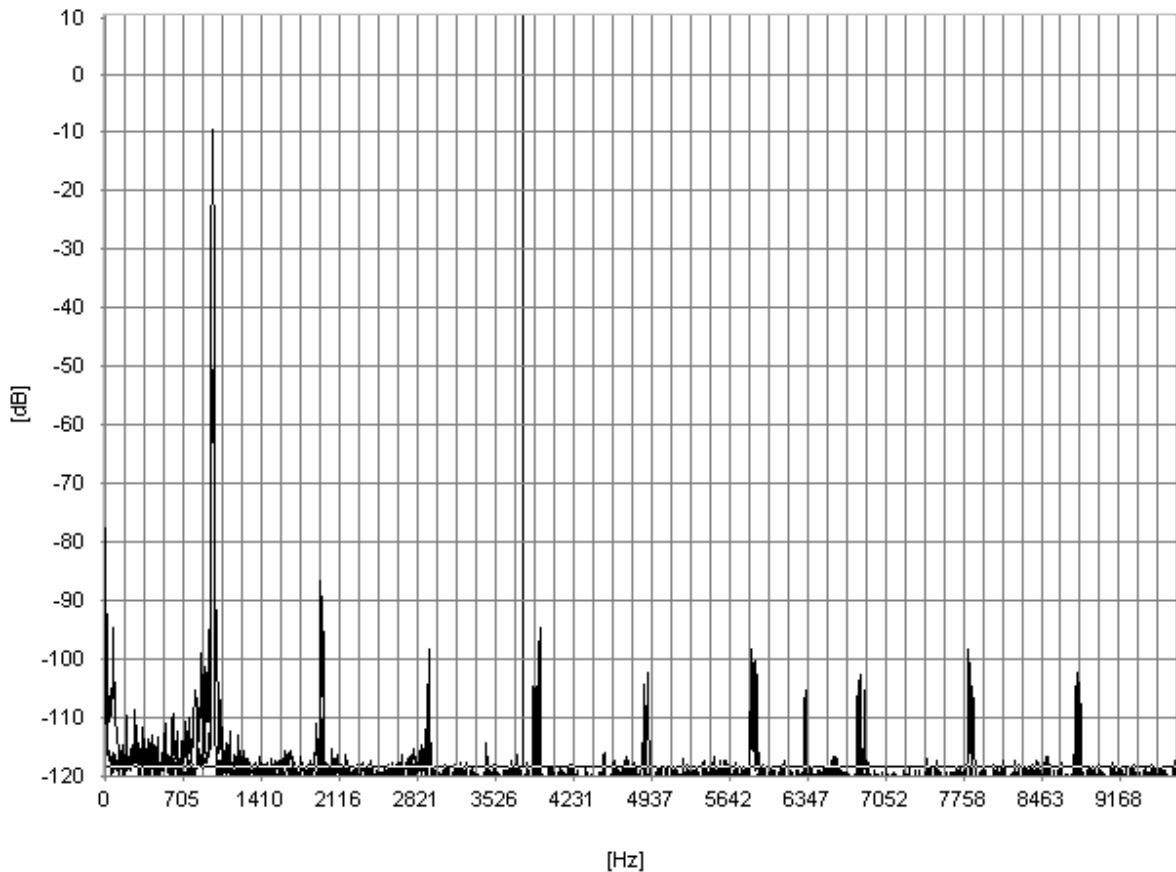
oder F8

Im Menü PARAMETER kann die SAMPLE-FREQUENCY (Abtastrate) zur Darstellung von längeren Zeitschrieben reduziert werden.

## 21.5 ANALYZER



Eine weitere Funktion der OSCILLOSCOPE Messung ist der Frequenzanalyzer. Mit Hilfe der FFT werden die Frequenzanteile des Oszilloskop Signals gezeigt. So können Klirrspektren oder Rauschspektren dargestellt werden.

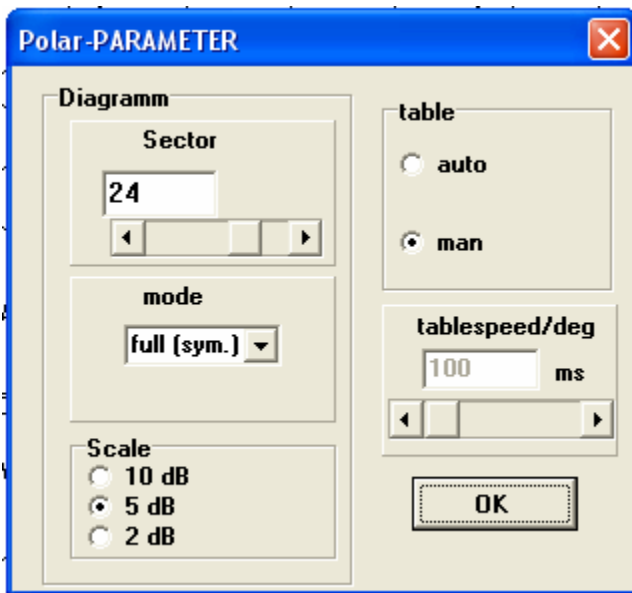


Im Menü PARAMETER wird die SAMPLE-FREQUENCY (Abtastrate) so eingestellt, dass sie ca. dem 10 fachen der zu analysierenden Frequenz entspricht.  
Durch die Funktion RUN. MEAN (Mittelung der FFT's) werden bei der FFT die Rauschanteile der Elektronik unterdrückt.

## 22. POLAR PLOTS



### 22.1 PARAMETER



### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

#### INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

Die Anzeige erfolgt in SPL, wenn die Bedingungen der ANALOG-SPL Messungen eingehalten werden

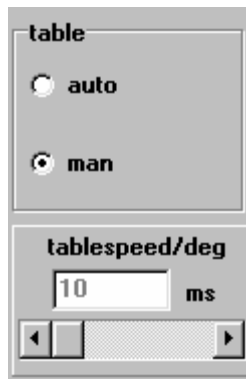
#### OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBV.....16dBV balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
-38dBV.....16dBV entspricht 0.0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

## 22.2 SONDERFUNKTIONEN

Automatische oder manuelle Messdurchführung. Bei der Messung der Polar Plots werden mehrere Messungen in verschiedenen Winkeln durchgeführt. Die dazu erforderliche Drehung des Lautsprechers kann von Hand, manuell, oder automatisch mit einem Drehtisch durchgeführt werden. Die Betriebsart wird im Parametermenü eingestellt.



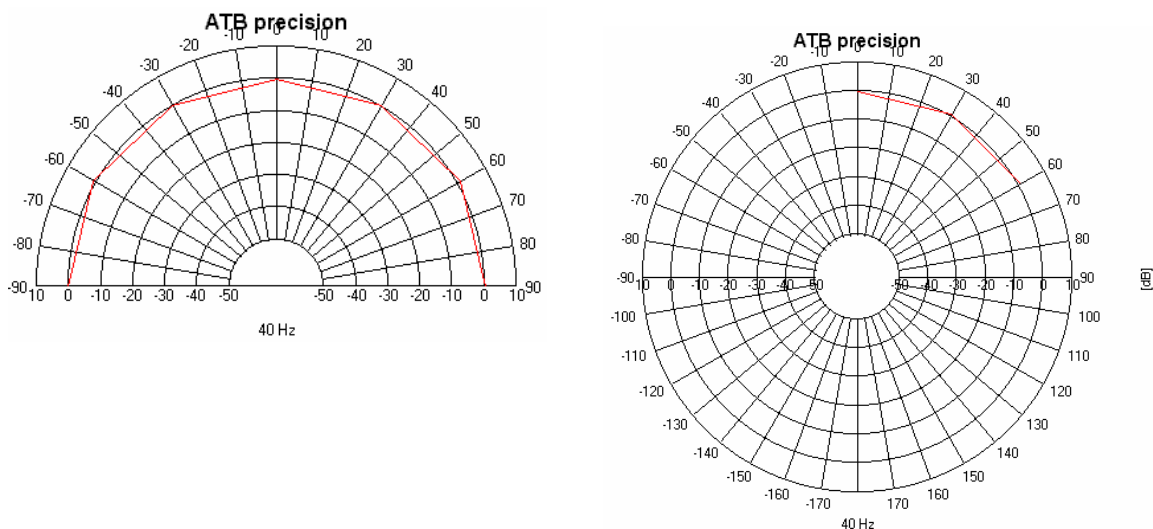
Ist bei TABLE wird für den Drehtisch AUTO gewählt, wird nach jeder Messung ein digitales TTL, 5V, Signal erzeugt. Dieses Signal schaltet den Drehtisch weiter. Die Zeit, die der Drehtisch braucht, um sich automatisch um den Winkel 1° zu drehen, wird unter TABLESPEED/DEG (Geschwindigkeit des Drehtisches) eingestellt. Nach Ablauf der Zeit wird die nächste Messung gestartet.

Anschlussbelegung der digitalen Ausgänge:

Das TTL Signal liegt an PIN 15 der Sub 15 Buchse der PC Karte. PIN 1 ist die Masse.

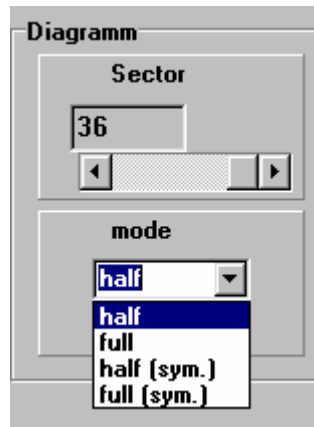
Bei der USB Box liegt das Signal an PIN 6, das invertierte Signal an PIN 7 der Sub 9 Buchse des digitalen Ausganges der Box.

## 22.3 DARSTELLUNG DER MESSUNG



Das Polardiagramm kann als Halbkreis 180° oder Vollkreis 360° dargestellt werden.

Die Darstellung wird im Parametermenü eingestellt.



Bei SECTOR werden die Anzahl der Sektoren pro Vollkreis eingestellt.  
Mit MODE wird bei HALF der Halbkreis und bei FULL der Vollkreis gewählt.  
Der Zusatz SYM. bezieht sich auf die Messdurchführung. SYM. wird bei symmetrisch aufgebauten Lautsprechern gewählt. Bei den Lautsprechern wird nur eine Hälfte des Diagrammes gemessen, die andere automatisch ergänzt.

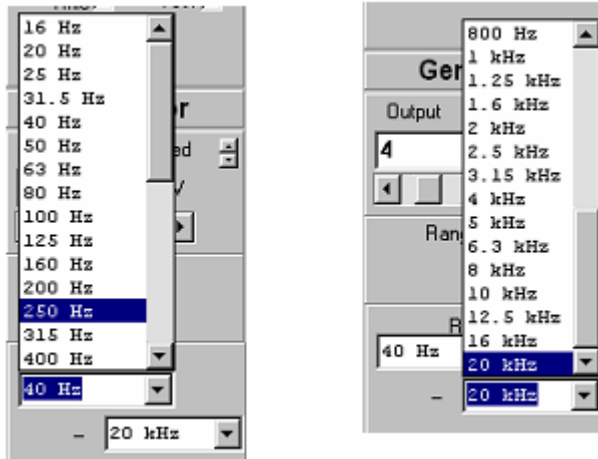
Bei der Betrachtung der Polardiagramme wird die Amplitudenverteilung über den Drehwinkel für den Frequenzbereich einer Terz ( 1/3 Oktav ) dargestellt.  
Die dargestellte Terz wird in folgendem Menü mit dem Schieber gewählt.



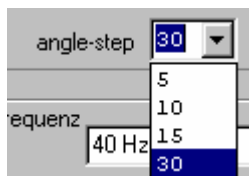
## 22.4 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG

Die Polar Plot Messung dient zur Messung des Abstrahlverhaltens eines Lautsprechers. Das Abstrahlverhalten oder auch das Schallfeld ist eine wichtige Größe bei der Beurteilung eines Lautsprechers. Besonders bei Beschallungsanlagen muss das Abstrahlverhalten bekannt sein, um eine gleichmäßige Beschallung zu erreichen.

Bei der Messung der Polar Plots wird die FFT Messung verwendet. Beschreibung der Messung in Kapitel 19. Im Gegensatz zu der normalen Messung wird die Messkurve in Terzen umgerechnet. Die Einstellung des Messbereiches erfolgt deshalb ebenfalls in Terzsritten. Der entsprechende FFT Messbereich wird von dem Programm automatisch gewählt.  
Bei der Einstellung wird die untere Grenze im Pullup Menü RANGE für die untere Grenze und die obere Grenze im Pullup Menü für die obere Grenze eingestellt.

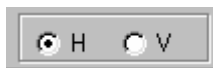


Als weiteres wird der Drehwinkel und damit die Anzahl der Messungen gewählt.



Die Einstellung erfolgt im Menü ANGLE-STEP. Hier sind die Drehwinkel von 5°, 10°, 15° und 30° wählbar.

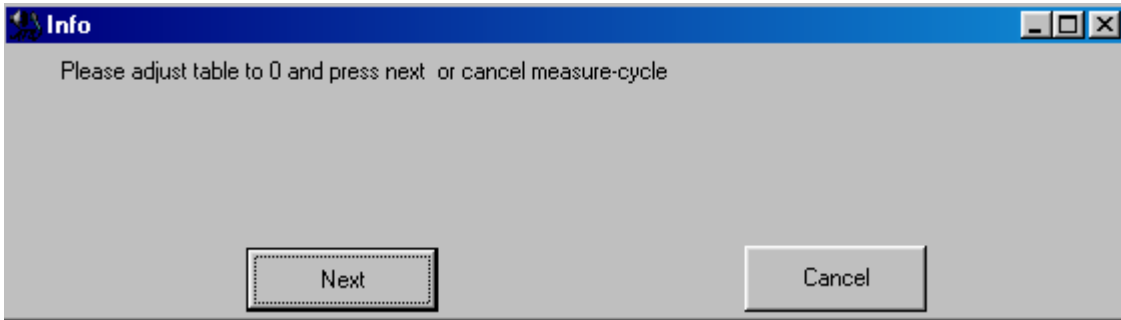
Ebenfalls im Hauptmenü wird die Messebene festgelegt.



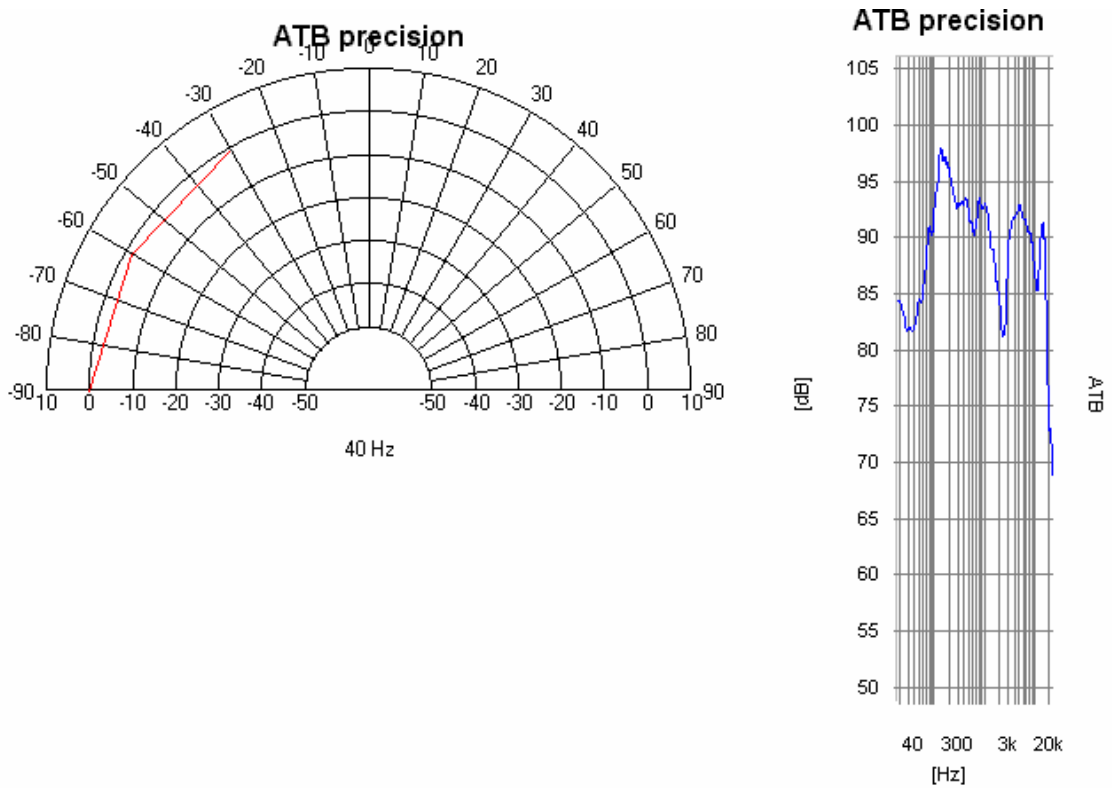
H wird bei der horizontalen und V bei der vertikalen Messebene gewählt.

Die Messung wird immer mit H begonnen. Nach der Messung der horizontalen Messebene wird auf V umgeschaltet und die vertikale Ebene gemessen. Die Messungen werden automatisch in das Diagramm der horizontalen Messung übernommen.

Nach der Wahl der Darstellung wird mit DISTANCE der Abstand eingestellt und die Messung mit der Schaltfläche M gestartet.



In dem gezeigten Menü wird der Messvorgang mit NEXT gestartet. Wichtig ist hierbei, dass vorher im Parametermenü Messablauf der manuelle oder automatische Tisch Modus gewählt wurde. Es erscheint folgendes Bild:



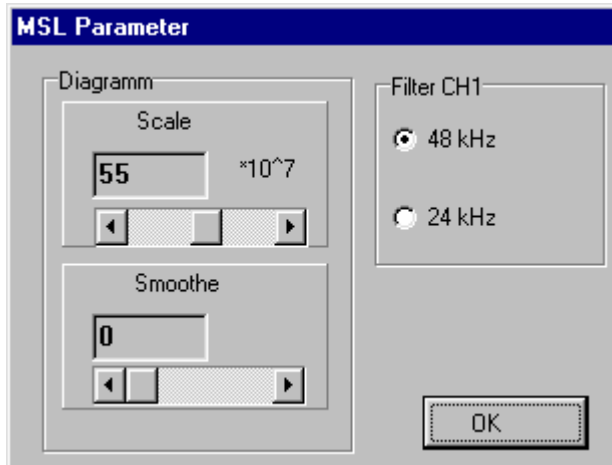
Auf der linken Seite wird die Messung als FFT Messung gezeigt. Das Diagramm dient als Kontrolle für die Messung. Im Polardiagramm wird die Amplitude im Frequenzbereich der gewählten Terz gezeigt.

23. MLS, IMPULS RESPONSE

23.1 MESS-TYP



23.2 PARAMETER



AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

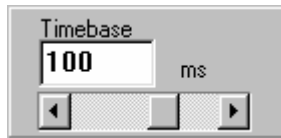
INPUT (EINGANG)

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung  
MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

OUTPUT (AUSGANG)

Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBu.....16dBu balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBu.....10dBu unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung  
Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0.0125V.....6,31V  
-38dBu.....16dBu entspricht 0.0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

## Timebase



Einstellung des Anzeigebereichs der Messung in ms.

## SCALE

Scale skaliert die y-Achse zur Anzeige des Impulses.

### 23.3 MLS Messung Theorie

Die MLS Messung ist als akustische Messung weit verbreitet. Sie erfordert durch die Verwendung eines PCs nur einfache Zusatzhardware. Zur Erzeugung des MLS Signals wird nur ein digitales Bauteil und kein analoger Generator benötigt. Die Erfassung der Messwerte erfolgt mit einfachen Convertern. So kann schon mit billigen Geräten gemessen werden, da die auftretenden Fehler durch den Vergleich mit einer Testmessung herausgerechnet werden, rein theoretisch.

Die Grundlage der Messung ist das MLS Signal ( Maximum Length Sequence ). Die Impulsfolge ist ein digitales Signal mit der Amplitude  $\pm 1$ . Sie ist ein deterministisches Rauschen mit einer dem weißen Rauschen entsprechenden Energieverteilung. Die höchste Frequenz entspricht der halben Taktfrequenz und die niedrigste wird durch die Länge, die Anzahl der Takte einer Periode, bestimmt.

Das gemessene Signal wird mit einem A/D Converter gewandelt. Mit Hilfe der mathematischen Funktion der Kreuzkorelation wird die Impulsantwort ( Impuls Response ) berechnet und dargestellt. Aus dem Impuls werden dann Amplituden- und Phasenfrequenzgang, Sprungantwort und Zerfallsspektrum berechnet. In der Raumakustik werden ebenfalls alle Parameter aus diesem Impuls abgeleitet.

Für die MLS des ATB's wurde ein spezielles Bauteil entwickelt. So ist das ATB precision allen anderen Messsystemen überlegen. Dies ist an der Höhe des Impulses zu erkennen. Dieser Wert kommt dem idealen Dirak Impuls mit unendlicher Höhe schon recht nahe.

### 23.4 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG

Die Messung wird mit folgender Schaltfläche oder der F7 Taste gestartet.



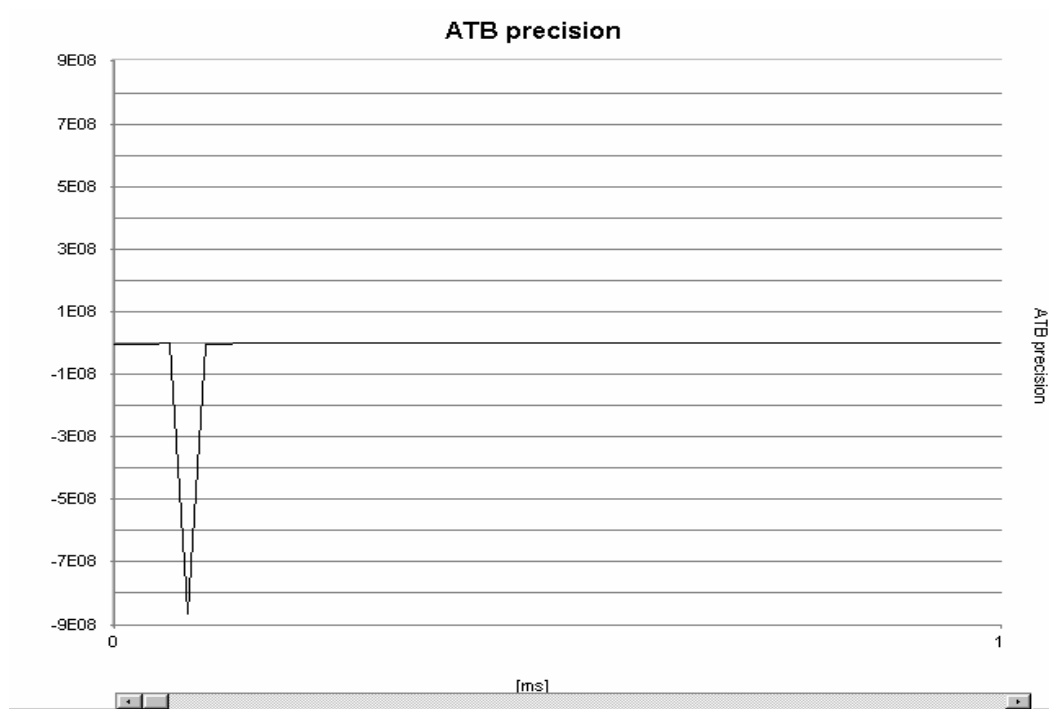
Der Impuls wird nach einer Rechenzeit von ca. 2 Sekunden dargestellt.

Zur Kontrolle der Aussteuerung erscheint unter der Kurve die Aussteuerungsanzeige.



Bei der Farbe Grau kann mit dem Regler INPUT die Aussteuerung vergrößert werden, bei Grün ist die Aussteuerung richtig und rot zeigt eine Übersteuerung. Hier muss mit INPUT ein größerer dB Wert gewählt werden.

### 23.5 AUSWERTUNG DER MESSUNG



#### Änderung der Grafik

Der Anzeigebereich lässt sich mit dem Einsteller TIMEBASE einstellen.

Da die Abtastrate 50kHz beträgt, werden in dem kleinsten Anzeigebereich von 1ms 50 Werte dargestellt.

Der Anfangswert der Anzeige wird mit dem Balken unter der Grafik gewählt. So kann die Laufzeit des Schalles vom Lautsprecher zum Mikrofon ausgeblendet werden oder späte Reflexionen betrachtet werden.

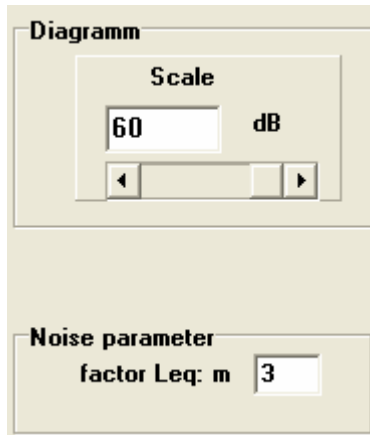
Zur weiteren Auswertung des Impulses mit externen Programmen wird die Messung in die Zwischenablage als ASCII File, der dem MLLSA file entspricht, gespeichert.

Der ATB Benutzer nimmt die Messung zur Ermittlung von Laufzeiten oder zur Darstellung von Reflexionen.

## 24. ANALYSER



### 24.1 PARAMETER



#### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

##### EINGANG

LINE: Eingangsspannungsbereich

-15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich

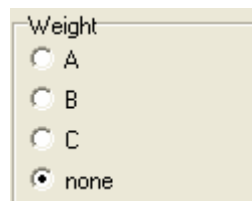
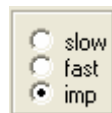
-35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

##### SCALE (AUFLÖSUNG)

Anzeigebereich von 5 bis 60dB

##### ANZEIGE

Imp, fast ,slow



##### BEWERTUNGSFILTER

A, B, C

## 24.2 SONDERFUNKTIONEN



NF-Voltmeter



Pegelmeter zur Bestimmung des Lärmpegels

## 24.3 LÄRMPEGELMESSUNG

Der Real Time Analyzer dient zur Messung von akustischen Signalen. Der Frequenzbereich wird in Terzen angezeigt. Drei große Anzeigen zeigen die speziellen Lärmpegel LA, LmA und LeqA.

Durch die Anzeigeparameter imp, fast und slow wird die Reaktionszeit auf Pegelsprünge eingestellt. Parameter imp zeigt ein Bild mit schnellen Änderungen der Balkenhöhe, da die Anzeige jeder Änderung sofort folgt. Die Einstellung "fast" zeigt ein ruhigeres Bild. Bei slow werden die Schwankungen der Balkenhöhe langsam, die Reaktion auf Impulsspitzen dagegen gering.

Die Beschreibung der Lärmpegel geht über den Umfang des Handbuches hinaus.

## 24.4 NF-VOLTMETER

Das NF-Voltmeter dient zum Messen von Wechselstrom Spannungen, die im Frequenzbereich von 20Hz bis 50Hz liegen. Es wird zum Einstellen von Normpegeln, dem Messen von Verstärkungsfaktoren oder der Ausgangsspannung eines Leistungsverstärkers benutzt.

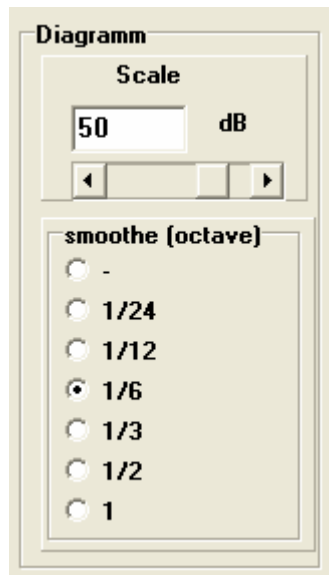
Störspannungsabstände werden mit dem MIC Eingang bei ausgeschalteter Vmic, Mikrofon Versorgungsspannung, gemessen. Der Messbereich reicht dann bis  $-103\text{dB}$ . Im Gegensatz zu den analogen Voltmetern ist die niedrigste angezeigte Spannung vom Eingangsbereich abhängig. Die Empfindlichkeit steigt mit der Erniedrigung des Wertes für den Eingangsspannungsbereich.

Die max. Empfindlichkeit wird bei  $-40\text{dB}$  erreicht.

## 25. OPTITEST



### 25.1 PARAMETER



#### AMPLIFIER (VERSTÄRKER)

##### EINGANG

LINE: Eingangsspannungsbereich -15dBV.....38dBV entsprechend 0,1V.....80V  
in 5-dB- Stufung

MIC: Eingangsspannungsbereich -35dBV.....-5dBV entsprechend 20mV.....560mV  
in 5-dB- Stufung

##### OUTPUT (AUSGANG)

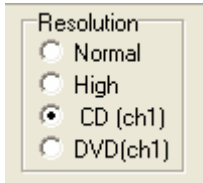
Ausgangsspannung Karte 2dBV.....16dBV balanced entspricht 1,26V.....6,31V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,63V.....3,15V  
2dBV.....16dBV balanced entspricht 0,89V.....4,48V  
-4dBV.....10dBV unbalanced entspricht 0,45V.....2,24V  
in 1-dB-Stufung

Ausgangsspannung USB -38dBV.....16dBV entspricht 0,0125V.....6,31V  
-38dBV.....16dBV entspricht 0,0096V.....4,48V  
in 1-dB-Stufung

## GENERATOR

PPN Signal (Pseudo-Pink-Noise)

## RESOLUTION



Signalarten NORMAL, HIGH, CD und DVD

## SMOOTHING (GLÄTTEN)

Glättungsradius in Oktaven, 1/24, 1/12, 1/6, 1/3 = Terz, 1/2, 1

## SCALE (AUFLÖSUNG)

Anzeigebereich von 5 bis 60dB

## 25.2 BETRIEBSART

### Messung mit Signal NORMAL

Die Optitest Messung kann in zwei Betriebsarten durchgeführt werden. Die fast immer verwendete Messung benutzt das Messsignal NORMAL. Mit einer Messzeit von 1/3 s ist die Messung sehr schnell. Das Messsignal ist durch 4-faches Oversamplen fast analog. Dies zeigt sich durch die gute Reproduzierbarkeit der Messung auch für hohe Frequenzen.

### Messung mit Signal HIGH

Für elektrische Messung, die eine besonders hohe Auflösung im Tieftonbereich erfordern, ist das Messsignal HIGH vorhanden. Die Messung erfordert ein längeres Messsignal, das zu einer längeren Messzeit führt, ca 1s. Die Vorteile des HIGH Signals bestehen nur im Tieftonbereich. Da eine Periode des Signals sehr lang ist, ist es nur 2-fach overgesampled. Hierdurch ist die Reproduzierbarkeit für höchste Frequenzen nicht mehr entsprechend dem NORMAL Signal.

### Messen mit dem Signalen CD und DVD

Die Messung benutzt als Quelle die Surround-Test DVD. Die CD und DVD Messung unterscheiden sich nur durch die obere Grenzfrequenz, 24kHz für CD und 50kHz. Die auf der Surround-Test DVD enthaltenen Dolby Digital Signale haben eine obere Grenzfrequenz von 20kHz und werden so mit der Einstellung CD gemessen. Zu den Signalen NORMAL und HIGH der Optitest CD sind die Messungen nicht kompatibel.

## 25.3 SONDERFUNKTIONEN

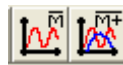
### MESSUNG MIT CD, DVD

Das Messsignal für die Optitest Messung kann vom USB Gerät oder einem CD / DVD Player kommen. Die zu dem Programm gehörende Optitest CD und die Surround-Test DVD enthalten die Messsignale. Besonders für die Auto Sound Systeme ist die Messung mit CD wichtig. Die Vorteile sind:

1. Es ist keine aufwändige Verkabelung vom ATB Ausgang zu einem nicht leicht zu erreichenden Eingang des Sound Systems nötig. Dies ist besonders bei der Serienprüfung wichtig.
2. Es wird die gesamte Anlage gemessen. Die Eigenschaften von CD Player, Equalizer, Verstärker und Lautsprecher werden zusammen gemessen. Dies ist besonders wichtig bei der Messung der Surround Anlagen. Hier werden die Eigenschaften und Einstellungen des Dolby Digital Dekoders mit in die Messung einbezogen.

## DIE MESSUNGEN

Eine besonders wichtige Funktion der Optitest Messung ist das Mitteln der Messungen. Bei der Funktion Mitteln werden die Messungen in Echtzeit gemittelt, so dass während der Messung immer das aktuelle Ergebnis gezeigt wird.



Die Messungen M Mitteln und M+ Mitteln werden mit den Buttons gestartet und gestoppt. Hierbei ist die Anzahl der Mittlungen, die Dauer der Messung, nicht begrenzt.

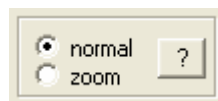
Eine andere Messfunktion der Optitest Messung ist die M D und M+D Dauer Messung. Diese Messung ist eine Dauermessung, bei der die aktuelle Messung gezeigt wird. Dies ermöglicht den Abgleich von Geräten, da eine neue Einstellung sofort angezeigt wird. Mit dem Button wird die Messung gestartet und gestoppt. Nach dem Neustart der Messung kann durch dem Eingabefeld neben dem M+D Button festgelegt werden, ob beim Neustart der Messung die alte Kurve gelöscht werden oder als Vergleichskurve erhalten bleiben soll.



Zum Abgleich von Geräten wird als erstes eine Zielkurve gemessen oder geladen. Danach wird die Messung an dem abzugleichenden Gerät mit M+D vortgesetzt. Hierbei wird nur immer die letzte Messung gezeigt. Entspricht die Messung der Referenzmessung ist das Gerät abgeglichen und die Messung wird gestopt.

## Die Zoom Funktion

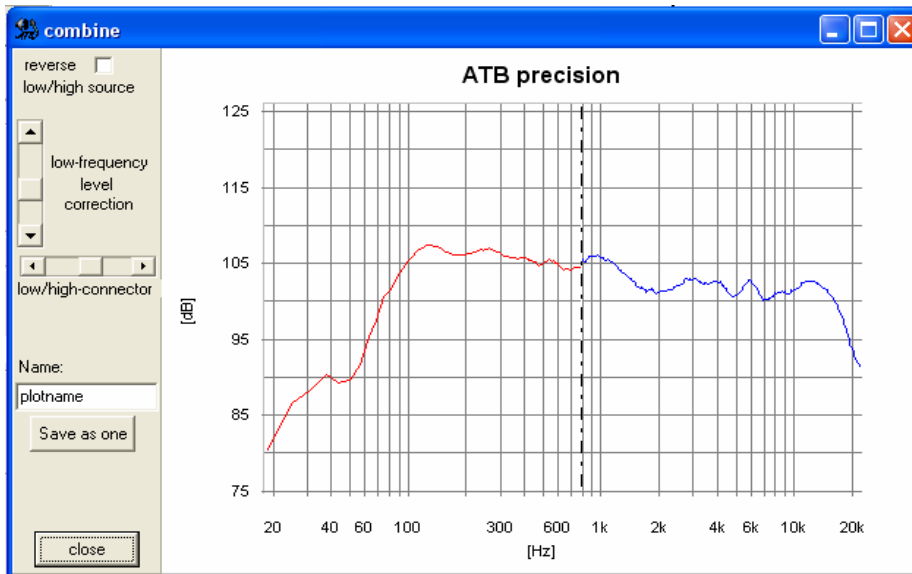
Im Grundmenü der Optitest Messung ist ein Zoomen in der Grafik möglich. Nach dem Anklicken von ZOOM mit der linken Maus Taste



wird mit gedrückter linken Maustaste ein Kasten um den näher zu betrachtenden Bereich der Kurve gezogen. Danach wird der umschlossene Bereich groß gezeigt. Der Frequenzbereich bleibt für weitere Messungen erhalten. Das Rücksetzen der Zoom Funktion erfolgt durch das Anklicken von NORMAL.

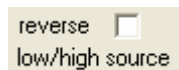
## Combine

Die Optitest Messung besitzt die Sonderfunktion COMBINE



Das Menü ermöglicht die einfache Zusammensetzung von Nahfeld- und Abstandsmessung. Beim Aufruf des Menüs mit dem

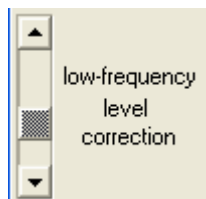
Button werden die letzten beiden Kurven in das Menü übernommen. Durch die Schaltfläche



wird die Zuordnung als Nahfeld- oder Abstandsmessung durchgeführt, die Kurven getauscht. Als nächster Schritt wird die Schnittstelle zwischen den Kurven bestimmt. Mit dem Steller



Low/high-connector läßt sie sich so legen, dass die Raumeinflüsse nicht mehr sichtbar sind. Damit beide Kurven eine geschlossene Linie bilden, wird die Nahfeldmessung mit dem Steller



Low-frequency level connection verschoben.

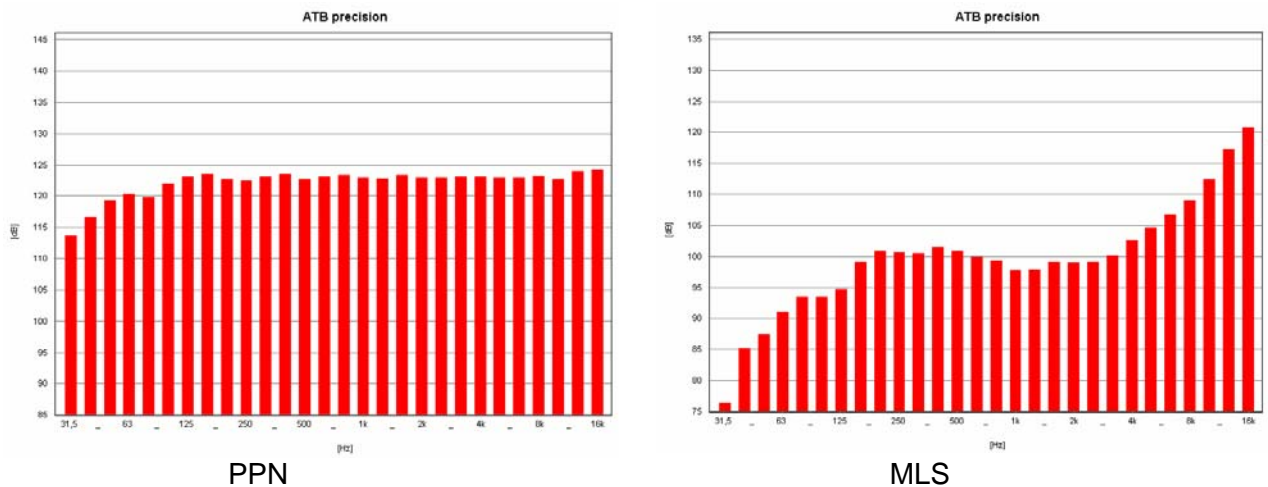
Folgendes ist für eine richtige Messung zu beachten: Die Fernfeldmessung wird als SPL Messung durchgeführt. Hierbei beträgt der Mikrofonabstand 1m. Die Verstärker Ausgangsspannung wird für 8Ω Lautsprecher auf 2,8V und für 4Ω Lautsprecher auf 2V eingestellt. Diese Messung bildet den Bezugslevel für die Kurve und wird nicht verschoben. Durch die Anpassung der Nahfeldmessung bleibt die Messung realistisch.

## 25.4 Das Messsignal

Das bei der Messung verwendete PPN (Pseudo-Pink-Noise) Signal ist ein deterministisches Rauschen. Durch die Funktion des 4-fachen Oversampeln ist es ein analoges 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 dem MLS, Maximum Length Sequence, Signal ist es genau umgekehrt.



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  $-45\text{dB}$  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 Terzanalyser 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, so dass ein Teil des gemessenen Frequenzgangs aus Dynamikkompression und Klirrfaktor

besteht. Ein der Musikwiedergabe entsprechender Frequenzgang kann so nicht gemessen werden.

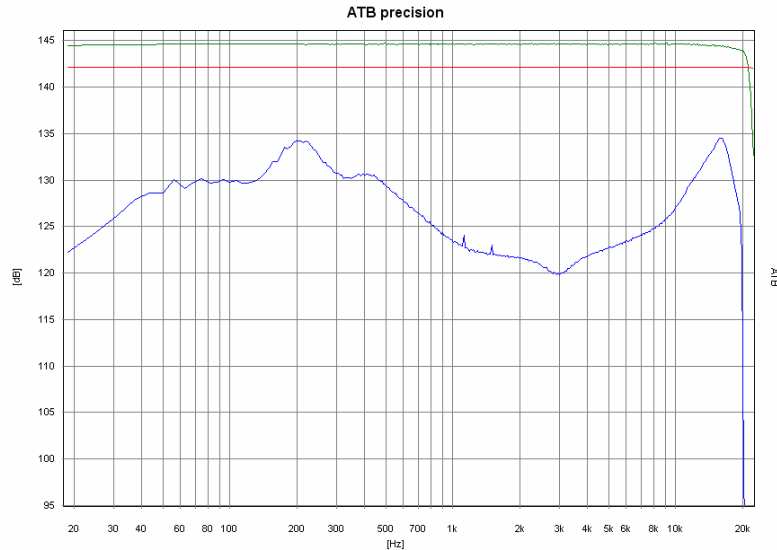
2. Durch die sehr kleinen Signale im Tieftonbereich wird eine genaue und reproduzierbare Messung fast unmöglich. So wird bei den Messsystemen mit MLS auch darauf hingewiesen, dass ein genaues Ergebnis erst nach ca.10 gemittelten Messungen (mit adaptiven Fenstern) erreicht wird.

Das PPN 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.

## 25.5 BESCHREIBUNG DER MESSUNG

Die Durchführung der Messung ist sehr einfach, dank einer neuartigen Korrelation. Das Messsignal kann vom ATB oder der CD, DVD kommen.

Computer sind für die Wiedergabe der CD meistens nicht geeignet. Dies liegt an der Eigenschaft der Soundchips, Soundkarten. Die Soundkarten sind nicht in der Lage, die Frequenz einer Sinussignals mit konstanter Frequenz zu übertragen. Die Frequenz schwankt um +/- 10%, bei einem 4kHz Sinus zwischen 3,6kHz und 4,4kHz.



Frequenzgang des PPN Signals: **rot** = ATB-Eigentest, **grün** = DVD-Player, **blau** = Soundkarte

Das Bild zeigt den Frequenzgang der Soundkarte. Der zerstörte Frequenzgang entsteht durch die Frequenzänderungen, die bei der Korrelation nicht berücksichtigt werden. Durch diese Eigenschaft der Soundkarten können auch bei den entsprechenden Messgeräten keine korrekten Ergebnisse erwartet werden. Zeigt zum Beispiel ein Soundkarten Messsystem starke Sprünge bei der Klirrfaktormessung, wird das häufig für eine hohe Genauigkeit gehalten. Tatsächlich zeigen aber gerade die hochwertigen, anerkannten Messgeräte diese Sprünge nicht, weil diese Spruenge auch real gar nicht vorhanden sind.

Die Stärke der beim ATB benutzten Korrelation besteht in der Unempfindlichkeit gegenüber Verzögerungen und starken Phasendrehungen. Dies bedeutet, dass bei der Lautsprechermessung kein Abstand eingestellt werden muß. Auch können digitale Weichen und Equalyzer ohne Probleme gemessen werden.

Bei der Messung ist die Ausgangsspannung so zu wählen, dass das Gerät oder der Lautsprecher mit der Abhörlautstärke betrieben wird.

Der Eingangsspannungsbereich wird so gewählt, dass die Kurve im oberen Bereich des Schriebes liegt. Sie sollte den oberen Rand allerdings nicht überschreiten.

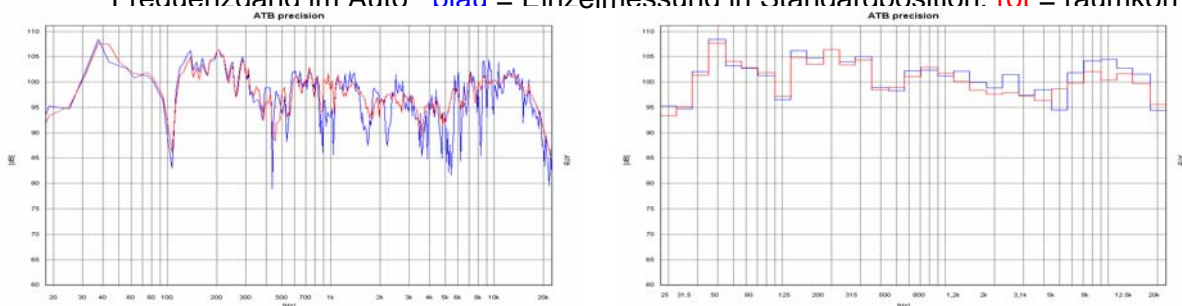
Gemessen wird mit dem Signal NORMAL.

Zur Darstellung in Terzen wird das Unterprogramm Terz FFT aufgerufen.

## 25.6 MESSUNGEN IM AUTO

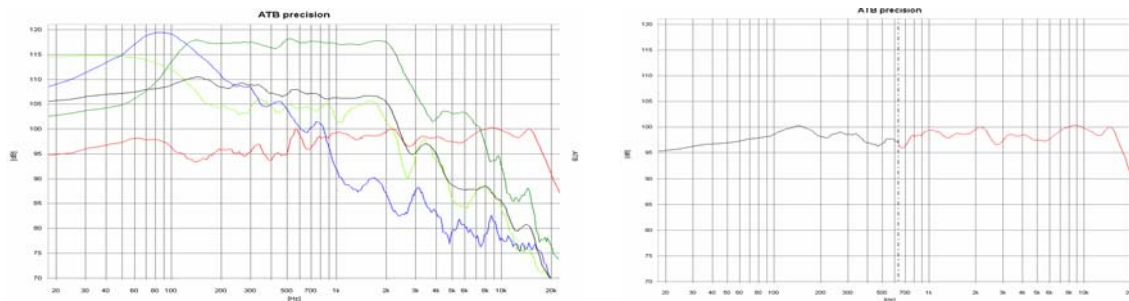
### Raumkorrektur

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 **Optitest** Messung, in dem die Frequenzgänge mehrerer Mikrofonpositionen gemittelt dargestellt werden.

## 25.7 NAHFELDMESSUNG



Nahfeldmessungen: **blau** = Bass, **grün** = Mittel, **rot** = raumkorrigierter Mittel- Hochtton, **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 **Optitest** 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 "Combine" Menü werden die Bass und Mittel-Hochttonmessungen zusammengesetzt. Hierbei sind Übergangsfrequenz und Amplituden frei wählbar.

## 25.8 EINMESSEN DER SURROUNDANLAGE

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 Playern 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

Rechner

Mikrofoneingang aktivieren

Um das Mikrofon an der Soundkarte zu betreiben, wird die Soundkarte eingestellt. Hierzu wird im START Menü die SYSTEMSTEUERUNG aufgerufen. Dort wird SOUNDS U. AUDIOGERÄTE gewählt und in dem Menü die Karteikarte AUDIO geöffnet. Hier wird die Schaltfläche SOUNDAUFNAHME angeklickt und die zu benutzende Soundkarte gewählt. Danach wird mit der Schaltfläche LAUTSTÄRKE der MIXER geöffnet. und das Mikrofon aktiviert und der Regler auf Maximum, oberste Stellung, gesetzt. Nach Verlassen des Menüs ist das Mikrofon einsatzbereit.

#### Starten des Messprogrammes

Durch das Anklicken des ATB Buttons auf dem Desktop wird das Messprogramm geöffnet. Im Programm wird für die Messungen unter Resolution CD gewählt. Bei dieser Einstellung wird als höchste Frequenz 25kHz gezeigt, was für Dolby Digital Signale ausreicht.

#### 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 den 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 so genau sind Werte nicht einzustellen. 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

##### Der Mikrofon Anschluß

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 Player

##### Anschluß des DVD Players

Der DVD Player 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

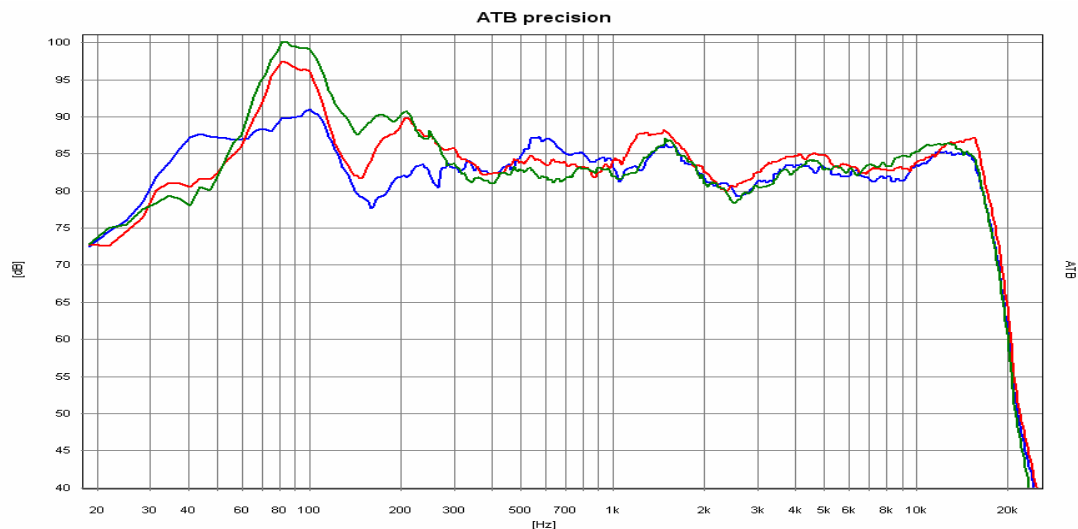
Die DVD wird gestartet und im Menü werden die Einzelmessungen gewählt.

### 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 Messprogrammes 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.



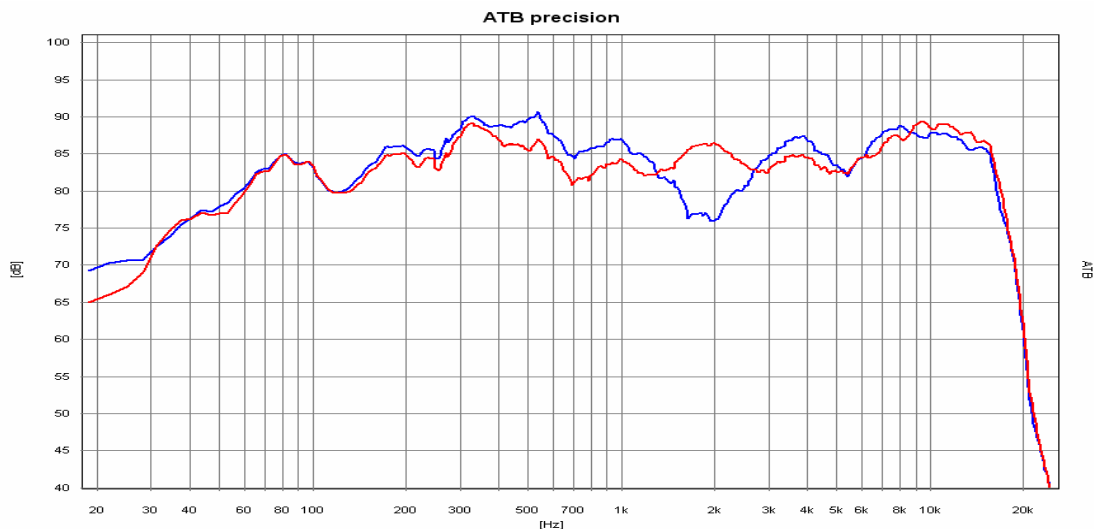
Die blaue Kurve ist der FL Lautsprecher, die rote Kurve der FR Lautsprecher mit großem und die grüne Kurve mit kleinem Abstand von der Zimmerecke.

Jetzt wird die Position des Lautsprechers gesucht, bei der der Frequenzgang ohne große Überhöhungen oder starke Einbrüche 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 erniedrigt. 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 plaziert. Die symmetrische Aufstellung ist wichtiger als kleinere Unregelmäßigkeiten im Frequenzgang. Die Messung wird mit *M+D* gestartet. Unterschiedliche Tieftonwiedergabe vom linken und rechten Lautsprecher sind 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 Unlinearitäten auf, werden beide Lautsprecher auf eine mittlere Position, zwischen den beiden optimalen Positionen, plaziert. Kleine Lautsprecher sollten so aufgestellt werden, dass die Schalldruck Kurve oberhalb 100 Hz ausgeglichen verläuft.

### Centers

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.



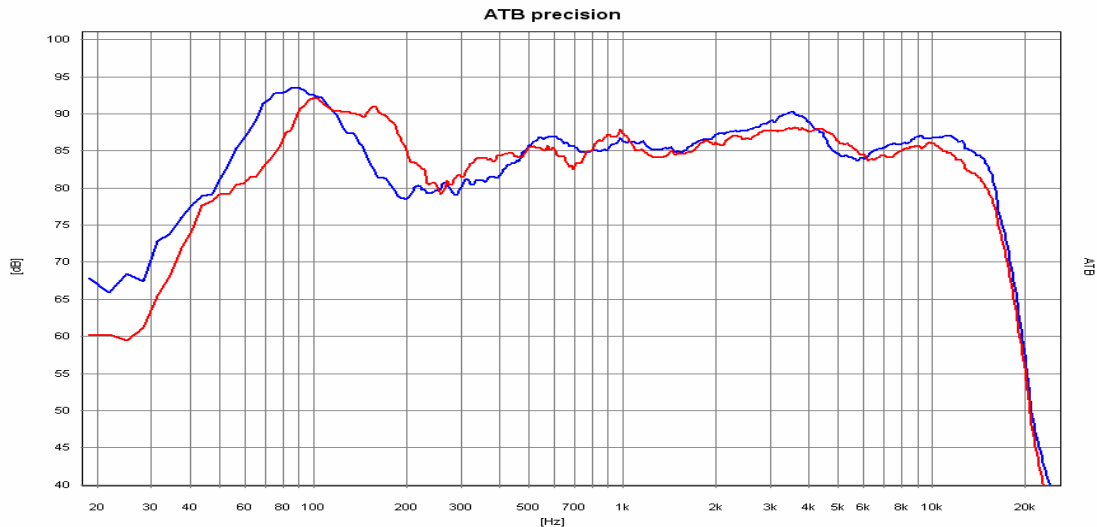
Die Kurven zeigen die Frequenzgänge des Centers mit kleinem Abstand zum Zimmerboden, blaue Kurve. Bei der roten Kurve wurde der Abstand um 20 cm vergrößert.

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.

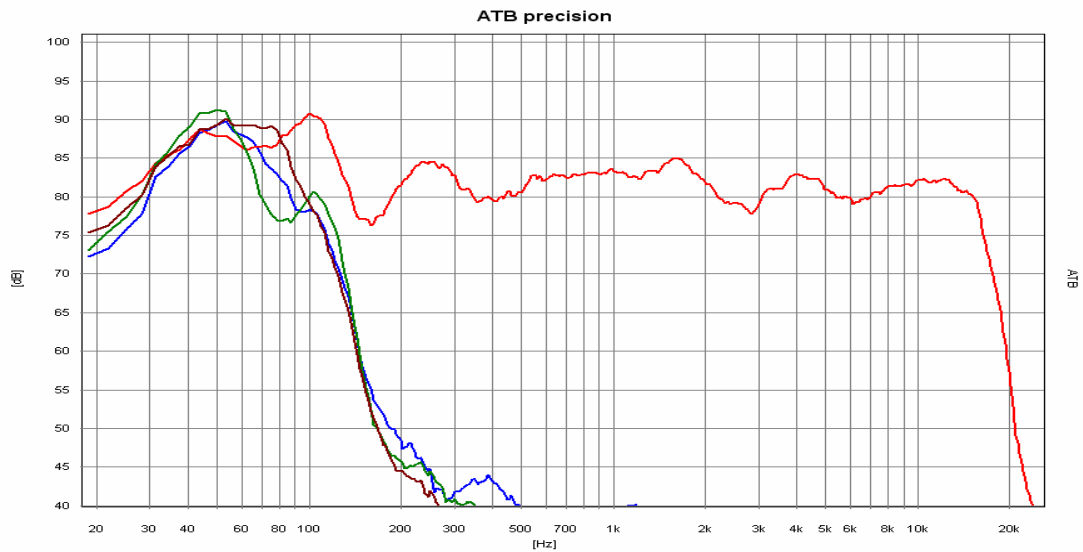


Das Bild zeigt beide S Lautsprecher. Der blaue steht in einer Ecke.

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 Schalles 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 plaziert werden, dass beim Sitzplatz kein Minimum des Schalles auftritt.

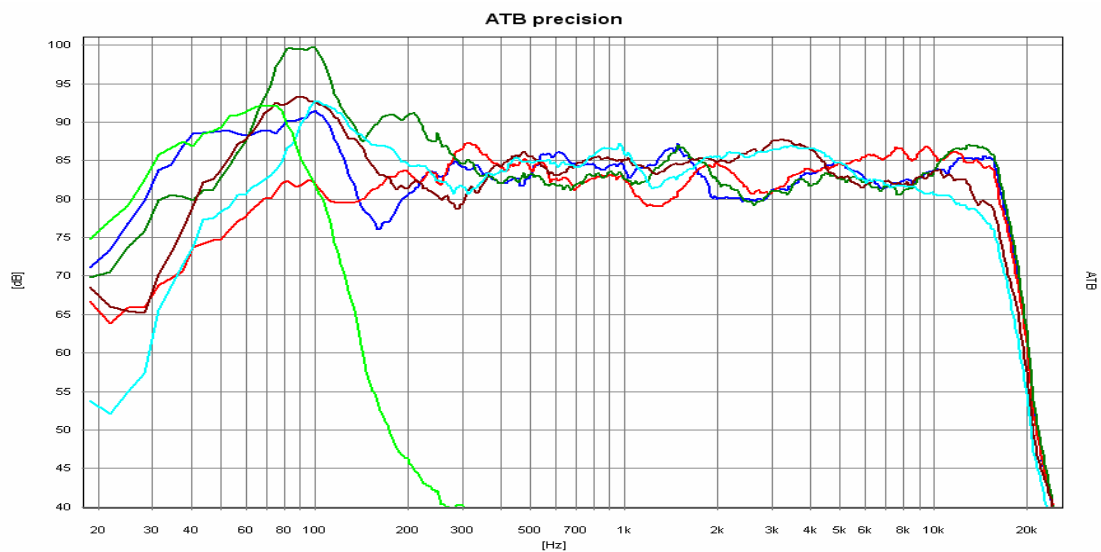


Das Bild zeigt die Kurven für den SW mit verschiedenen Positionen. Hierbei betrug die Verschiebung je 20cm. Die rote Kurve ist der FL Lautsprecher.

Gleichzeitig ist eine Plazierung 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 Fequenzgangkurve 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.

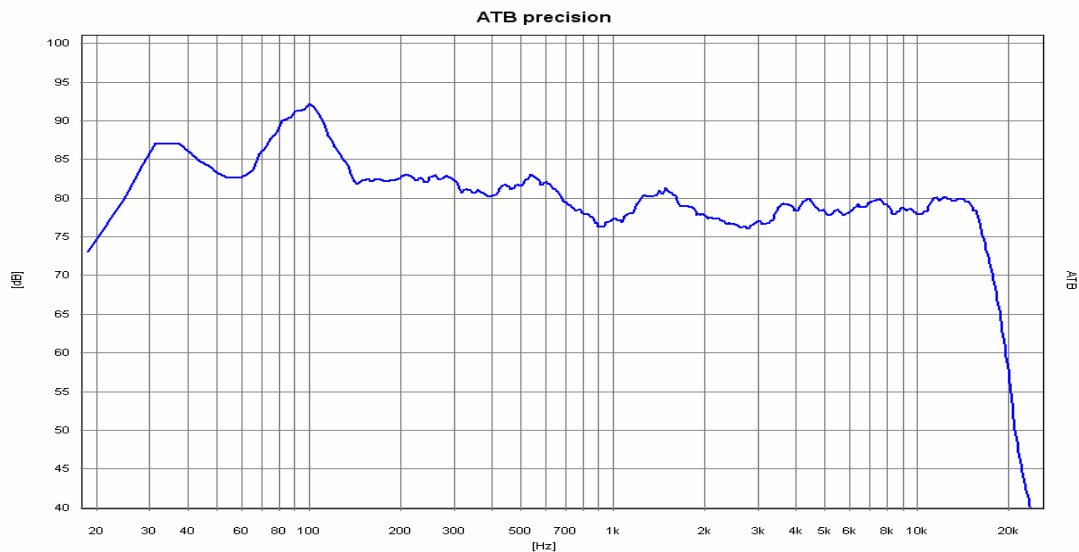


Die Einzelmessungen der Lautsprecher zusammen dargestellt  
 Hellgrün = SW, rot = C, grün = FR, blau = FL, braun = SR, hellblau = SL

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 Eistellung 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.

### Messung mit Summensignalen

Die Messung des Summensignales 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

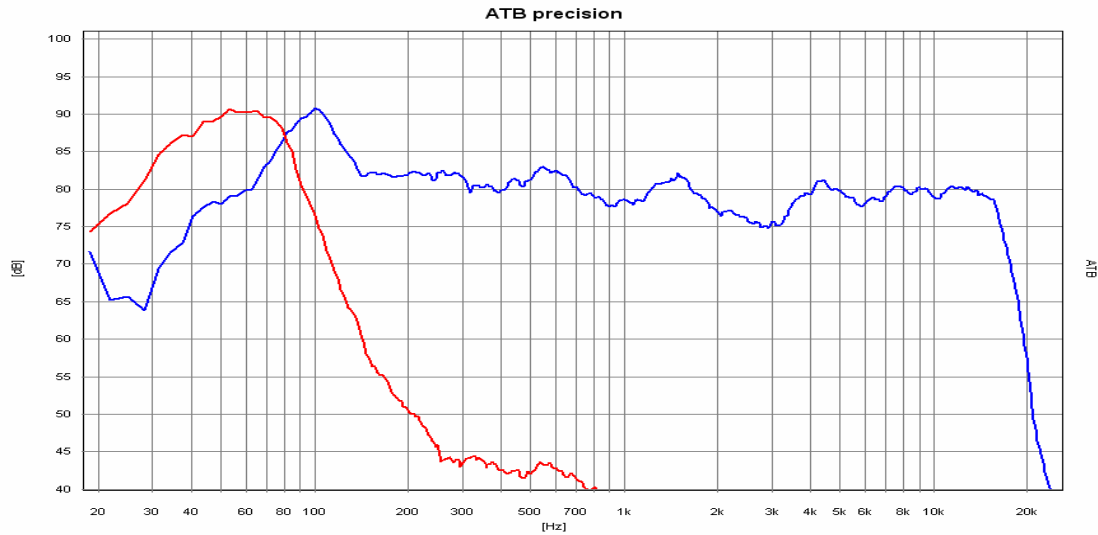
Der Bass wird bei der Surround Anlage von Subwoofer oder großen Lautsprechern für FL und FR wiedergegeben. Er ist im Dolby Digital Signal als eigener Kanal aufgezeichnet. Als Bass werden bei Dolby Digital die tiefen Töne mit einer Frequenz  $< 100\text{Hz}$  bezeichnet. Da bei der Aufnahme der Bass von 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,  $94\text{Hz}$ , 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 Mikrofones 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.

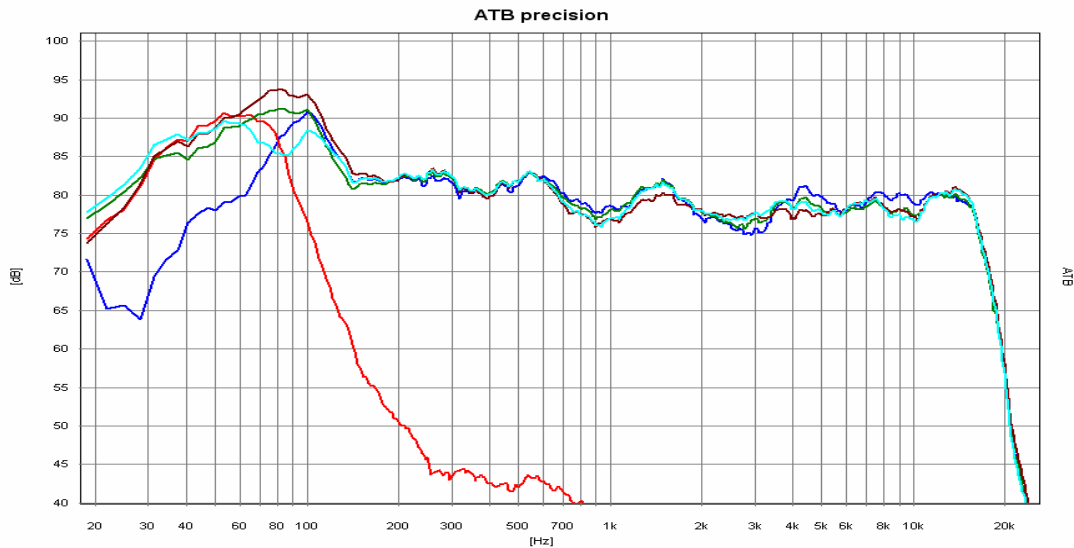


Das Bild zeigt die Kurven für Frontlautsprecher und SW

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  $-3\text{dB}$  bezogen auf die Kurve der Frontlautsprecher liegen. Die Bass Kurve kann  $4\text{dB}$  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  $180^\circ$  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

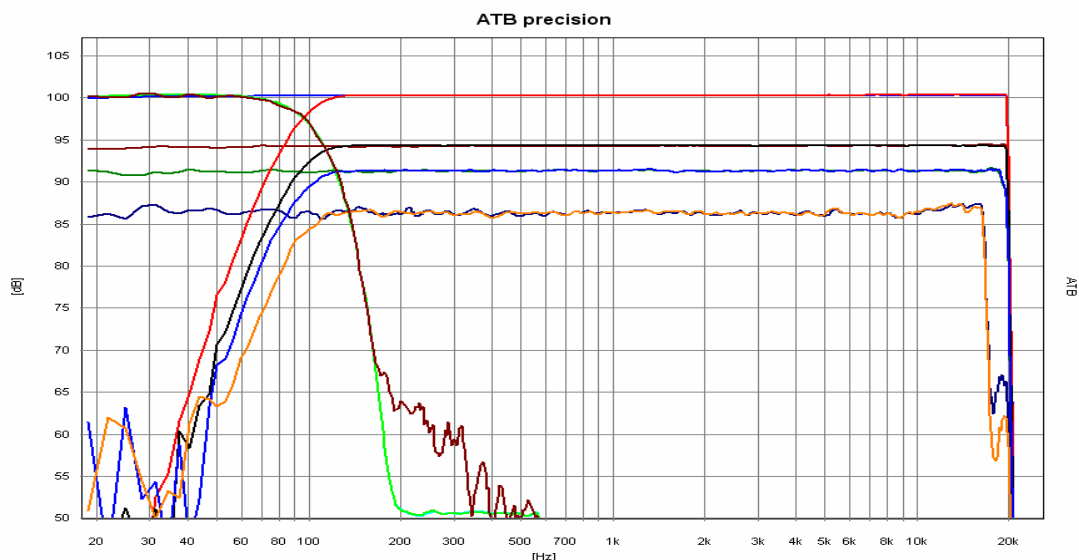
Mit dem Hörtest kann die Qualität einer Surround Anlage einfach getestet werden. Das Signal für den Hörtest ist ein im Raum rundlaufendes Rauschen. Nach dem Einmessen dient er auch zum Feinabgleich der Anlage im Menü CHANNEL BALANCE des Verstärkers. Bei einer optimalen Anlage bewegt sich der Ton frei 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.

## 15.9 SURROUD-TEST DVD

## Die Messsignale

Die gezeigten Kurven der Messsignale wurden von dem DVD Player 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 = Summsignal FL+C+FR
- Blau unten = Summsignal FL+C+FR+SL+SR
- Rot = Summsignal+Bass FL, C, FR, SL, SR
- Schwarz = Summsignal+Bass FL+FR, SL+SR
- Blau mitte = Summsignal+Bass FL+C+FR
- Orange = Summsignal+Bass FL+C+FR+SL+SR
- Braun = Summsignal+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 22kHz.

Die Hörsignale bestehen aus rund sowie diagonal durch den Raum laufendes Rauschen.

## 25.10 DIGITALMESSUNGEN

Die Optitest Messung dient auch zur Frequenzgangmessung digitaler Audio Geräte wie CD, DVD Player, Digitalweichen, Digitallautsprecher und Equaliser. Als Signalquelle dient der Digitalausgang von CD, DVD Player oder Computer. Durch die Korrelationsfunktion des Programms besteht keine zeitliche Zuordnung von z. B. Aufzeichnung und Wiedergabe.

## 26. 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. Zur Absolutmessung des Schalldruckpegels eines Lautsprechers ( 1W / 1m ) muss die Mikrofonempfindlichkeit in mV / Pa bekannt sein.

Adapter nur für PC Karte

Zum Lieferumfang des ATB PC Karte gehören 3 Adapter für

Mikrofon Anschluss	Klinke - XLR
Ausgang unsymmetrisch	Klinke - Cinch
Widerstandsmessung	Klinke - freie Enden