

AMS-PC

Version 1.32 / 1.33

Anwender-Handbuch

1. Einleitung	100
AMS-PC	101
Leistungsmerkmale	101
Installation von Computer, Peripherie und Meßgeräten	102
Die Programm-Diskette	103
2. Das Programm AMS-PC	200
Die Installation von AMS-PC	201
Allgemeines	201
Starten des Installationsprogramms	201
Die Installation von AMS-PC	202
Die Parameter von INSTALLEXE	202
Graphics card	202
RS-232 Port	202
Filterkarte, Phasenkarte, Klirrkarte, Gatingkarte	202
AMS-PC Kalibrierdateien	202
Printer setup	203
Identifizier name	203
Impedanz-Referenzwiderstand	203
Setup-Meßobjekt	204
Meßobjekte-Verzeichnis	204
Meßprozessor Seriennummer	204
Speichern und Beenden	204
Programm- und datenstrukturen	205
Objekte	205
Die Bildschirmdarstellung	205
AMS-PC Kalibrierung	206
Pegelkalibrierung	206
Impedanzkalibrierung	206
Kalibrierung der Phasenkarte	207
Speicherung der Kalibrierdateien	207
Meßobjekt zu Kalibrierdatei	207
Die Hauptmenüs	208
Allgemeingültige Tastenfunktionen in den Menüs	209
Hilfsmeldungen	209
File (Dateiverwaltung), Hauptmenü F1	210
Tastenfunktionen im Hauptmenü F1, Datei	210
F1 Load file (Objekt laden)	210
F2 Save files (Objekt speichern)	210
F3 Delete object (Objekt vergessen)	211
F4 Rename object (Objekt umbenennen)	211
F5 Export object (Objekt exportieren)	211
Meßarten und Dateiextension	211
Acquisition (Messung), Hauptmenü F2	212
F1 Start (Messung starten)	212
F3 Testmode	212
Tastaturfunktionen im Testmodus	212
F4: Conditions (Meßbedingungen, Parameter)	213
F5: Select object (Objektauswahl)	214
F6: Continious (Dauermessung)	214
Mode (Meßarten), Hauptmenü F3	215
F1: Level (Pegelmessung)	215
F2: Tapemessung	215
F4: Impedance (Impedanzmessung)	216
F5: Phase (Phasenmessung)	217
F6: Reverb time (Hallzeit)	217
F7: Thiele-Small-Parameter	217
F8: Frequency (Frequenzmessung)	217

View (Darstellung), Hauptmenü F4	218
F1: Numeric (Anzeige als Zahlenwert)	218
F2: Scaling (Skalierung)	218
Bedienung der Skalierung	219
Übersicht der Tastenfunktionen im Skalierungsfenster	220
F3: Grid (Raster Ein / Raster Aus)	221
F4: Large plot (großer Plot)	221
F5: X-resolution (X-Auflösung)	221
F6: Delete Graphs (Kurven Löschen)	221
F7: Show Graphs (Kurven darstellen)	222
F8: Δ dB	222
Options (Optionen), Hauptmenü F5	223
F1: Load microphone calibration (Mikrofonkorrektur laden)	223
F2: AMS-PC calibration	223
F3: Load calibration file	223
F4: object to calib.file	223
F5: mikrophone level calibration (Mikrofonpegelkorrektur)	223
F6: mikrophone phase calibration	223
F6: Setup	224
Setup-Parameter	224
F7: Print Plot (Grafik drucken)	224
F8: Multiplexer	225
F9: Remarks (Notizen)	225
Processing (Verarbeitung), Hauptmenü F6	227
F1: Calculation (Rechnen)	227
F2: Averaging (Mittelung)	228
F3: A-rating (A-Bewertung)	228
F4: Phase-reference (Phasenreferenz)	228
DOS/End, Hauptmenü F7	229
F1: MD (make directory)	229
F3: CD (change directory)	229
F2: RD (remove directory)	229
F4: DEL (delete file)	229
F9: Ende	230
3. Pegel und Pegelmessung	300
Pegel	301
Technische Darstellung auf logarithmischen Papier	301
Das Dezibel	301
Relativer Spannungspegel	301
Absoluter Spannungspegel	302
dB _m , dB _u , dB _v , dB _v und dB _{SPL}	302
Addition und Subtraktion von Pegeln	303
Praktische Formeln zur Pegelrechnung	303
Methoden der Pegelmessung	304
Audiomessungen mit Sinussignalen	304
Sinus-Sweep	304
Signalanalysen	304
Parameter der Pegelmessung	305
Generator-Parameter	305
Meßoptionen	305
Der Checkbetrieb	306
Frequenzgangmessungen	307
Parameter zur Sweepsteuerung	307
Start der Sweepmessung	307
Pegelmessungen an Geräten der Elektroakustik	308
Der richtige Anschluß	308
Welche Eigenschaften lassen sich wie messen?	310

Pegelmessungen an Lautsprechern	312
Voraussetzungen	312
Die Meßbedingungen	312
Burstmessungen	315
4. Impedanzmessungen	400
Allgemeines	401
Funktionsweise	401
Kalibrierung	401
Darstellung	401
Impedanzmessungen in der Lautsprecherentwicklung	402
Bestimmung der Schwingspulen-Induktivität	403
Impedanz-Entzerrung	403
Messung der Induktivität	405
5. Phasenmessung	500
Allgemeines	501
Probleme der akustischen Phasenmessung	502
Phasenmessung mit Sinus-Burst	503
Störeinflüsse bei der Phasenmessung	504
Störungen durch Umgebungsgeräusche	504
Störungen durch das Einschwingverhalten von Lautsprechern	504
Die Schaltungstechnik der Phasenmessung	505
Software für die Phasenmessung	506
Ablauf der Phasenmessung	507
Fehlermeldungen	507
Parameter der Phasenmessung	508
Die Trigger-Empfindlichkeit	509
Die Phasenreferenz - Einstellung	510
Anzeige der Gruppenlaufzeit	510
6. Thiele-Small-Parameter	600
Allgemeines	601
Die Meßmethoden	601
Thiele-Small-Parameter, Gewichtsmethode	602
Vorbereitung	602
Durchführung der Messung	602
Thiele-Small-Parameter, Gehäuse-Methode	604
Thiele-Small-Parameter Meßpraxis	605
Einige Schwierigkeiten und wie man sie vermeidet	605
7. Hallzeitmessung	700
Hallzeiten und ihre Messung	701
Ablauf der Hallzeitmessung	701
Vorbereitung der Hallzeitmessung	702
Durchführung und Darstellung von Hallzeitmessungen	703

8. Hardware, Meßwandler und Zubehör	800
Meßprozessor 1656	801
Funktionsweise	801
Bedienungselemente	802
Öffnen des Gerätes	802
Technische Daten	803
Filterkarte 16277	804
Technische Daten	804
Meßmikrofon 1627	805
Schaltung	805
Frequenzgänge	805
Empfindlichkeit	806
Kalibrierung	806
Anwendung	806
Installation im Meßsystem	806
Technische Daten	806
Schallquelle 1629	807
Anwendungsbeispiel	807
Technische Daten	807
Leistungsverstärker 1620	808
Typische Anwendungen	808
Funktionsweise	808
Bedienungselemente	809
Technische Daten	809
Signalmultiplexer 1642	810
Typische Anwendungen	810
Anwendungsbeispiel	810
Körperschallsensor 1628	811
Funktionsweise	811
Anwendung	811
Körperschall	812
Anwendungsbeispiel	813
Technische Daten	813
1633 – Lastwiderstand	814
Anwendung	814
Technische Daten	814
Meßtechnisches Zubehör	815
Produktübersicht	816
9. Anhang	900
Datenformate	901
Dateiextension und Meßart	901
Typbeschreibung einiger Meßobjektfelder	901
Meßobjektfelder	901
ASCII – Dateiformate	902
Phasenmeßobjekte	903
Upgrade 1,33	904
Allgemeines	904
Beschreibung zur Version 1,33	904
Literatur	905

1.

Einleitung

AMS-PC löst Messaufgaben im Bereich Akustik/Audio mit Hilfe eines IBM (kompatiblen) Personalcomputers. Im Meßprozessor 1656 werden Meßsignale erzeugt und Tonwechselspannungen verarbeitet. Die Einstellung von Pegelwerten, Anschlüssen und Sonderfunktionen erfolgt vom Rechner, ebenso die Steuerung automatischer Abläufe.

Ein Computer ist eine universelle elektronische Rechenmaschine, die je nach Programm die unterschiedlichsten Aufgaben erfüllen kann. Wer bisher ausschließlich mit konventionellen Meßgeräten gearbeitet hat, wird sich schon ein wenig an die Bedienung durch den Computer gewöhnen müssen. Bisher waren Schalter und Steller mit nur einer genau umgrenzten Funktion vorhanden, die mehr oder weniger direkt das elektrische Geschehen beeinflussen. Arbeitet man hingegen in der Meßtechnik mit einem Computer, so findet man nur einige wenige Tasten, die je nach Programm die unterschiedlichsten Funktionen haben und überdies ihre Wirkung erst über die Software entfalten.

Die großen Vorteile computergesteuerter Meßtechnik sind vor allem da zu finden, wo (viele) Meßwerte – wie auch immer – umzurechnen sind. Wenn wir beispielsweise die Mittelung betätigen, sind vom Rechner 240 x 3 Meßwerte zu addieren und anschließend durch 3 zu teilen – wer würde das schon von Hand machen wollen? Weitere Vorteile rechnergestützter Meßtechnik sind:

- Messungen nachbearbeiten zu können
- das elegante Archivieren auf Diskette oder Festplatte
- die Flexibilität der Meßanordnung durch Programmwechsel
- und – zumindest in unserem Fall – die Preisgünstigkeit der gesamten Meßanordnung.

Das Programm wurde so gestaltet, daß nur geringe Kenntnisse der Computertechnik auch "Neulingen" den Einstieg in die computergestützte Meßtechnik ermöglicht. Die Bedienung orientiert sich am Standard guter Textverarbeitungsprogramme (Pull-Down-Menüs). Am Bildschirm nicht erkennbare Bedienungsvorgänge wurden auf ein Minimum reduziert.

Leistungsmerkmale

Anforderungen an den Computer:

IBM-kompatibel freie RS-232C Schnittstelle, grafikfähige Videokarte (CGA, Hercules, EGA, VGA), DOS-Version 5.0 oder jünger.

Kapazität:

Maximal 100 Meßobjekte, abhängig vom Speicherausbau des Computers

Meßarten:

Pegel-, Impedanz-, Hallzeitzeiten-, Thiele-Small-Parameter –Messung in der Basisversion, Phasenmessung, Signalanalysen, Burstmessungen mit Erweiterungen

Darstellungsformen:

Grafische Darstellung der Meßwerte (linear/logarithmisch) über der Frequenz (logarithmisch) auf dem Bildschirm. Grafikausdruck für 9- und 24-Nadeldrucker. Druck des Meßprotokolls (Meßwerte, Meßbedingungen, Verarbeitungsschritte und Kommentare) in Tabellenform.

Skalierung Frequenzbereich:

Logarithmische Rasterung (1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

Skalierung Amplitudenbereich:

Bis zu 4 Skalen. Maßeinheit aus (dB, Δ dB, dBmV, dBV, W, sec RT 60.) und Meßbereich aus dem Intervall -9999.....+9999 frei wählbar.

Verarbeitungsmöglichkeiten:

Mittelwertbildung von Meßwerten; Addition und Subtraktion von Kurven; Algebraisches Eingabesystem; Terz- und Octavrasterung im Frequenzbereich

2.

Das Programm AMS-PC

Allgemeines

Sie sollten sich auf jeden Fall eine Sicherungskopie der gelieferten Diskette(n) anfertigen. Die hierzu nötigen Schritte entnehmen sie bitte den Handbüchern ihres Betriebssystems bzw. der von ihnen benutzten Shell. Die Diskette darf während der Installation nicht schreibgeschützt sein. Weiter sollten sie den Meßprozessor 1656 bereits mit ihrem Rechner verkabelt und eingeschaltet haben. Im folgenden werden die Parameter des Installationsprogrammes beschrieben und der Ablauf für eine Erstinstallation von AMS-PC auf Festplatte kurz dargestellt.

Starten des Installationsprogramms

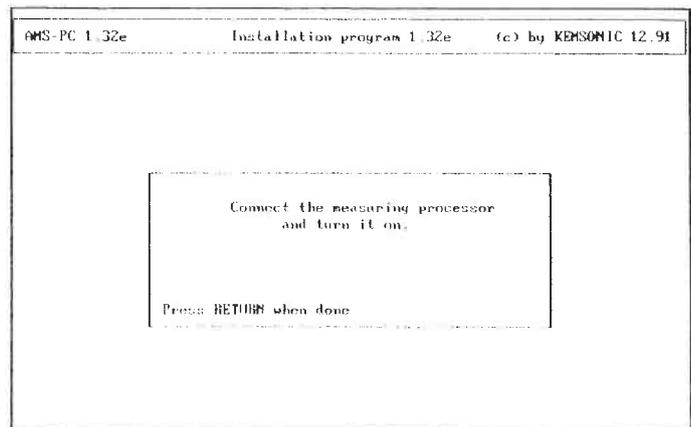
Legen Sie Disk 1 der 5,25"-Disketten oder die 3,5" - Diskette in ein Laufwerk, wechseln Sie zu diesem Laufwerk und rufen Sie "INSTALL" auf. Bestätigen Sie die nun folgenden Fragen mit "y" oder "Y" und geben sie für das Hauptverzeichnis das Verzeichnis ein, in dem sich Ihr AMSPC-Programm installieren wollen (Vorgabe ist "C: AMS"). Bestätigen Sie die nachfolgenden Fragen mit RETURN bzw. mit "y" oder "Y". Sodann kopiert das Installationsprogramm die Dateien in das gewünschte Verzeichnis.

Wenn die Dateien der ersten Diskette kopiert sind, fordert Sie das Installationsprogramm auf, Disk 2 einzulegen (nur bei 5,25" - Disketten). Nachdem alle Dateien kopiert sind ist die Installation beendet.

Haben Sie den Disketteninhalt bereits auf ihre Festplatte kopiert, dann starten sie bitte das Programm INSTALL.EXE von dem entsprechenden Laufwerk (z.B. Partition C), aus den von Ihnen angelegten Verzeichnis (Subdirectory). Jetzt sollten Sie folgendes auf Ihrem Bildschirm sehen:

Nach dem Start von INSTALL.EXE fordert Sie das Programm zuerst auf, den Meßprozessor an einen der an ihrem Rechner vorhandenen COM-Ports anzuschließen und das Gerät einzuschalten.

Das sollten Sie auch unbedingt tun. !



Sollten Sie das Installationsprogramm ohne angeschlossenen Meßprozessor durchlaufen, wird die Übertragungsart zum Meßprozessor falsch eingestellt. Dadurch kommt es bei der Durchführung von Messungen zu nicht nachvollziehbaren Fehlermeldungen (z.B. Eingangsübersteuerung, ohne daß ein Signal am Eingang anliegt). Eine fehlerhafte Verbindung von Rechner und Meßplatz können Sie gegen Ende des Installationsprogrammes an folgendem Sachverhalt feststellen: Sollte, nach der Bestätigung von "Speichern und Beenden", die Abfrage nach der "Erstinstallation" nicht sofort, sondern erst nach so einigen Sekunden auf dem Bildschirm erscheinen, ist die Verbindung mit Sicherheit fehlerhaft. (Kabeldefekt, falsch gewählter COM-Port, ...). In diesem Fall ist das Installationsprogramm abubrechen und mit dem korrekt verkabelten Meßprozessor erneut zu durchlaufen.

Die Parameter von INSTALL.EXE

Graphics card

Für die Anpassung verschiedener Grafikkarten stehen zur Verfügung:

Monochrom: CGA, HERCULES

Farbig: EGA, VGA, Auflösung 640 x 350.

Diese Anpassungen können sie auf zwei Arten einstellen: automatisch oder manuell. Im allgemeinen empfiehlt sich die Einstellung "automatisch". In dieser Einstellung versucht AMS-PC den Grafikmodus ihres Rechners bei jedem Programmstart neu zu ermitteln und setzt die Grafikparameter der jeweiligen Anpassung entsprechend. Die manuelle Anwahl eines der Grafikmodi ist implementiert, falls Probleme bei der automatischen Erkennung ihrer Grafikkarte auftreten.

AMS-PC 1.32e		Installation program 1.32e		(c) by KEMSONIC 12.91	
Graphics card	:	UGA 640x350			
RS 232 Port	:	COM 1			
Filter card	:	YES			
Phase card	:	YES			
THD card	:	YES			
Gating card	:	YES			
AMS-PC calibration files	:				
Printer setup	:				
Identifier name	:				
Impedance reference resist.	:	1000.0	Ω		
Setup metering object	:	STANDARD.PEG			
Metering object directory	:	C:\KEMSONIC\AMS-GIB\OBJECTS\			
Serial number of your 1656	:	300			
Save and quit	:				

Crse keys : Choice ESC : Quit without saving RETURN : Change

RS-232 Port: COM 1 - COM 4

Hier stellen Sie die serielle Schnittstelle an ihrem Rechner ein, über die der Datenaustausch zum Meßprozessor 1656 stattfindet. Arbeiten Sie mit einer Maus, so ist diese in der Regel an COM 1 angeschlossen. Demzufolge müßten Sie den Meßprozessor an COM 2 anschließen. Sollten Sie nur über einen COM-Port verfügen, so ist es ratsam, einen weiteren installieren zu lassen.

AMS-PC 1.32e		Installation program 1.32e		(c) by KEMSONIC 12.91	
Graphics card	:	UGA 640x350			
RS 232 Port	:	COM 1			
Filter card	:	YES			
Phase card	:	YES			
THD card	:	YES			
Gating card	:	YES			
AMS-PC calibration files	:				
Printer setup	:				
Identifier name	:				
Impedance reference resist.	:	1000.0	Ω		
Setup metering object	:	STANDARD.PEG			
Metering object directory	:	C:\KEMSONIC\AMS-GIB\OBJECTS\			
Serial number of your 1656	:	300			
Save and quit	:				

Crse keys : Choice ESC : Quit without saving RETURN : Change

Filter card, Phase card, THD card, Gating card (Filterkarte, Phasenkarte, Klirrkarte, Gatingkarte)

Diese vier Punkte dienen dazu, dem Programm Informationen über das Vorhandensein evtl. montierter Hardwareerweiterungen mitzuteilen. Ist die entsprechende Karte im Meßprozessor eingebaut, wählen sie "Yes" an, ansonsten "No".

AMS-PC 1.32e		Installation program 1.32e		(c) by KEMSONIC 12.91	
Graphics card	:	UGA 640x350			
RS 232 Port	:	COM 1			
Filter card	:	YES			
Phase card	:	YES			
THD card	:	YES			
Gating card	:	YES			
AMS-PC calibration files	:				
Printer setup	:				
Identifier name	:				
Impedance reference resist.	:	1000.0	Ω		
Setup metering object	:	STANDARD.PEG			
Metering object directory	:	C:\KEMSONIC\AMS-GIB\OBJECTS\			
Serial number of your 1656	:	300			
Save and quit	:				

Crse keys : Choice ESC : Quit without saving RETURN : Change

AMS-PC - calibration files (Kalibrierdateien)

Wenn sie diesen Punkt (mit "Return") aktivieren, erscheint eine Auswahlbox, in der sie die Namen der für den Betrieb notwendigen Kalibrierdateien eintragen können.

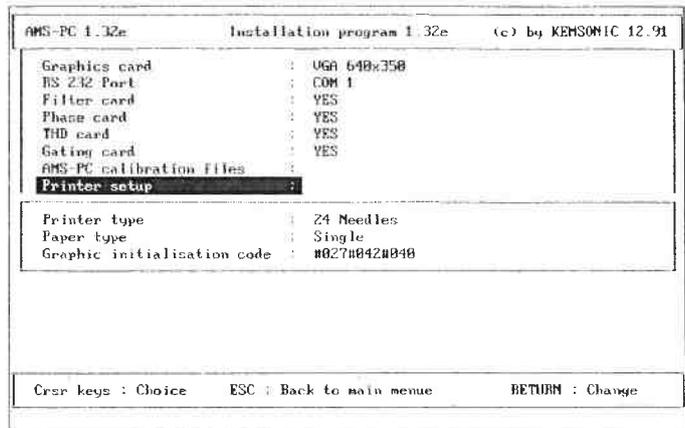
Außerdem erfolgt hier die Eingabe der Mikrofon-Empfindlichkeit (microphone sensivity).

AMS-PC 1.32e		Installation program 1.32e		(c) by KEMSONIC 12.91	
Graphics card	:	UGA 640x350			
RS 232 Port	:	COM 1			
Filter card	:	YES			
Phase card	:	YES			
THD card	:	YES			
Gating card	:	YES			
AMS-PC calibration files	:				
Level calibration file without filter	:	IDEALAMS			
Level calibration file with filter	:	IDEALAMS			
Impedance calibration file	:	IDEALAMS			
Phase calibration file without filter	:	PHASE 0°			
Phase calibration file with filter	:	PHASE 0°			
Microphone correction file	:	IDEAL000			
Microphone sensivity	:	49.0	mV		

Crse keys : Choice ESC : Back to main menu RETURN : Change

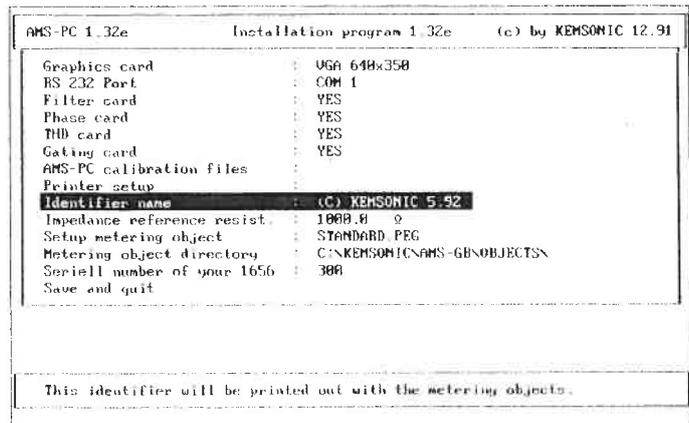
Printer setup (Drucker-Typ)

Hier werden Voreinstellungen über Art, Grafikauflösung und Papierart des von ihnen verwendeten Druckers vorgenommen. Dabei ist zwischen zwei Grundklassen von Druckern zu unterscheiden : Nadeldrucker und HP-kompatible Tintenstrahldrucker. Von der Druckerklasse abhängig ergeben sich unterschiedliche Einstellmöglichkeiten. Verwenden Sie einen HP-kompatiblen Tintenstrahldrucker, so können Sie die Auflösung (in DPI, dots per inch) direkt aus den möglichen Werten (75, 100, 150 und 300 DPI) einstellen. Ferner ist hier der Parameter Papierart fest auf "Einzelblatt" eingestellt (der HP Deskjet besitzt keine Möglichkeit, Endlospapier zu verarbeiten). Die Parameter bei Nadeldruckern sind neben der Anwahl der Papierzufuhr (Einzelblatt oder Endlos) auch ein druckerspezifischer Initialisierungscode für den Grafikmodus. Schauen Sie hierzu in das Handbuch Ihres Druckers. Bei Epson-kompatiblen 24-Nadel-Druckern fängt er in der Regel mit #27#42#.. an, bei Epson-kompatiblen 9-Nadel-Druckern sind es die Codes #27#75 oder #27#76 etc.



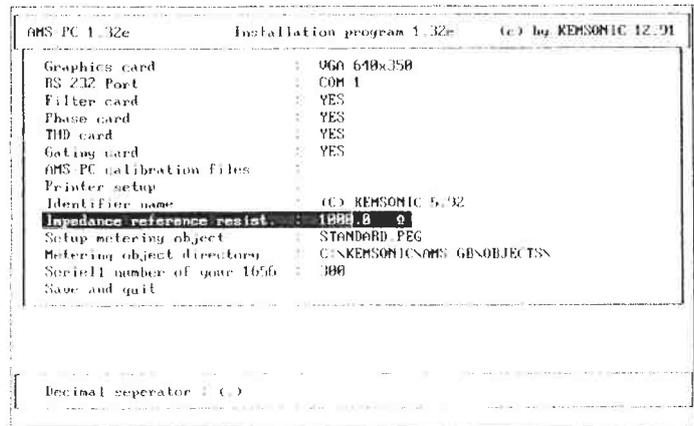
Identifier name (Kenn-Name)

Hier können Sie bis zu 20 beliebige Zeichen (z.B. Firmennane) eingeben, die in allen Grafikausdrucken erscheinen.



Impedance reference resistor (Impedanz-Referenzwiderstand)

Dieser Wert ist normalerweise auf 1000 Ohm eingestellt, eine genaue Beschreibung seiner Funktion finden Sie im Kapitel über Impedanzmessung.



Setup metering object (Setup-Meßobjekt)

In einer Auswahlbox können Sie ein Meßobjekt bestimmen, das bei Start von AMS-PC automatisch geladen wird. Alle Einstellungen des System, die für Ihre typische Anwendung sinnvoll sind, werden auf diese Weise sofort zur Verfügung gestellt.

```

AMS-PC 1.32e      Installation program 1.32e      (c) by KEMSONIC 12.91
-----
Graphics card      : UGA 640x350
RS 232 Port       : COM 1
Filter card       : YES
Phase card        : YES
THD card          : YES
Gating card       : YES
AMS PC calibration files
Printer setup     :
Identifier name   : (C) KEMSONIC 5.92
Impedance reference resist. : 1000.0 Ω
Setup metering object : STANDARD.PEG
Met
Ser               : C:\KEMSONIC\AMS-GM\OBJECTS
Sau
  A_BEWERT.PEG   D_T_F.PEG   D_T_F_30.PHI   EU_SENT.PHI
  EU_SENT.TSP    IMPEDANZ.LEB.PEG   LINE_A_A.PEG
  LINE_B_B.PEG   LS_1.IMP   LS_1.PEG   LS_1.PHI
  LS_2.PEG       LS_3.PEG   MIKRO.PEG   MODULATI.PEG

Ctrl keys : Choice   ESC : Quit without saving   RETURN : Change
  
```

Metering objects directory (Meßobjekte-Verzeichnis)

In dieser Zeile wird das Verzeichnis, in dem Meßobjekte normalerweise gespeichert sind, angegeben.

```

AMS-PC 1.32e      Installation program 1.32e      (c) by KEMSONIC 12.91
-----
Graphics card      : UGA 640x350
RS 232 Port       : COM 1
Filter card       : YES
Phase card        : YES
THD card          : YES
Gating card       : YES
AMS PC calibration files
Printer setup     :
Identifier name   :
Impedance reference resist. : 1000.0 Ω
Setup metering object : STANDARD.PEG
Metering object directory : C:\KEMSONIC\AMS-GM\OBJECTS
Serial number of your 1656 : 300
Save and quit

Ctrl keys : Choice   ESC : Quit without saving   RETURN : Change
  
```

Serial number of your 1656 (Meßprozessor Seriennummer)

Diese dient dazu, Hard- und Software aufeinander abzustimmen. Der Meßprozessor hat im Laufe der Jahre einige Verbesserungen erfahren, die von der Software auf verschiedene Weise verarbeitet werden.

Die Seriennummer ist auf einem Etikett an der Rückseite des Gerätes ablesbar. Eingetragen werden die letzten drei Stellen.

```

AMS-PC 1.32e      Installation program 1.32e      (c) by KEMSONIC 12.91
-----
Graphics card      : UGA 640x350
RS 232 Port       : COM 1
Filter card       : YES
Phase card        : YES
THD card          : YES
Gating card       : YES
AMS PC calibration files
Printer setup     :
Identifier name   :
Impedance reference resist. : 1000.0 Ω
Setup metering object : STANDARD.PEG
Metering object directory : C:\KEMSONIC\AMS-GM\OBJECTS
Serial number of your 1656 : 300
Save and quit

Ctrl keys : Choice   ESC : Quit without saving   RETURN : Change
  
```

Save and quit (Speichern und beenden)

Nachdem Sie die unten beschriebenen Parameter eingestellt haben, gehen Sie auf "Speichern und Beenden" und betätigen Sie mit RETURN.

Bei New installing (Erstinstallation) wird das File "SETUPBOX.AMS" gebildet bzw. bei späteren Veränderungen überschrieben. Das Programm fragt danach, bitte beantworten Sie mit "Y" oder "N". Auch die Rückfrage "Installing on Harddisc?" (Installation auf Festplatte) sollten sie in dieser Form beantworten.

```

AMS-PC 1.32e      Installation program 1.32e      (c) by KEMSONIC 12.91
-----
Graphics card      : UGA 640x350
RS 232 Port       : COM 1
Filter card       : YES
Phase card        : YES
THD card          : YES
Gating card       : YES
AMS PC calibration files
Printer setup     :
Identifier name   :
Impedance reference resist. : 1000.0 Ω
Setup metering object : STANDARD.PEG
Metering object directory : C:\KEMSONIC\AMS-GM\OBJECTS
Serial number of your 1656 : 300
Save and quit

Ctrl keys : Choice   ESC : Quit without saving   RETURN : Change
  
```

Nach erfolgreicher Installation können Sie jetzt das Hauptprogramm starten:
Das Starten des Hauptprogramms erfolgt durch die Eingabe des Programmnamens "AMSPC" per Tastatur!

Objects (Objekte)

Im Gegensatz zu einem Oszillograph oder Multi-meter ist das Meßsystem in der Lage, die Meßwerte weiterzuverarbeiten und zu speichern. Insbesondere eine spätere Beurteilung gespeicherter Meßwerte kann nur erfolgen, wenn zum Zeitpunkt der Beurteilung die näheren Umstände der Messung bekannt sind. Es ist daher nur konsequent, die Meßwerte und die Systemeinstellung (Parameter) des NF-Meßplatzes zum Zeitpunkt der Messung als eine Einheit zu verstehen und dementsprechend auch gemeinsam in einer Datenstruktur zu verwalten. Eine solche Dateneinheit ist bei AMS-PC das (Meß-) Objekt.

Ein Objekt ist definiert durch die Meßart

Es enthält die Meßdaten und die Parameterdaten

Ist im Speicher nummeriert und kann benannt werden

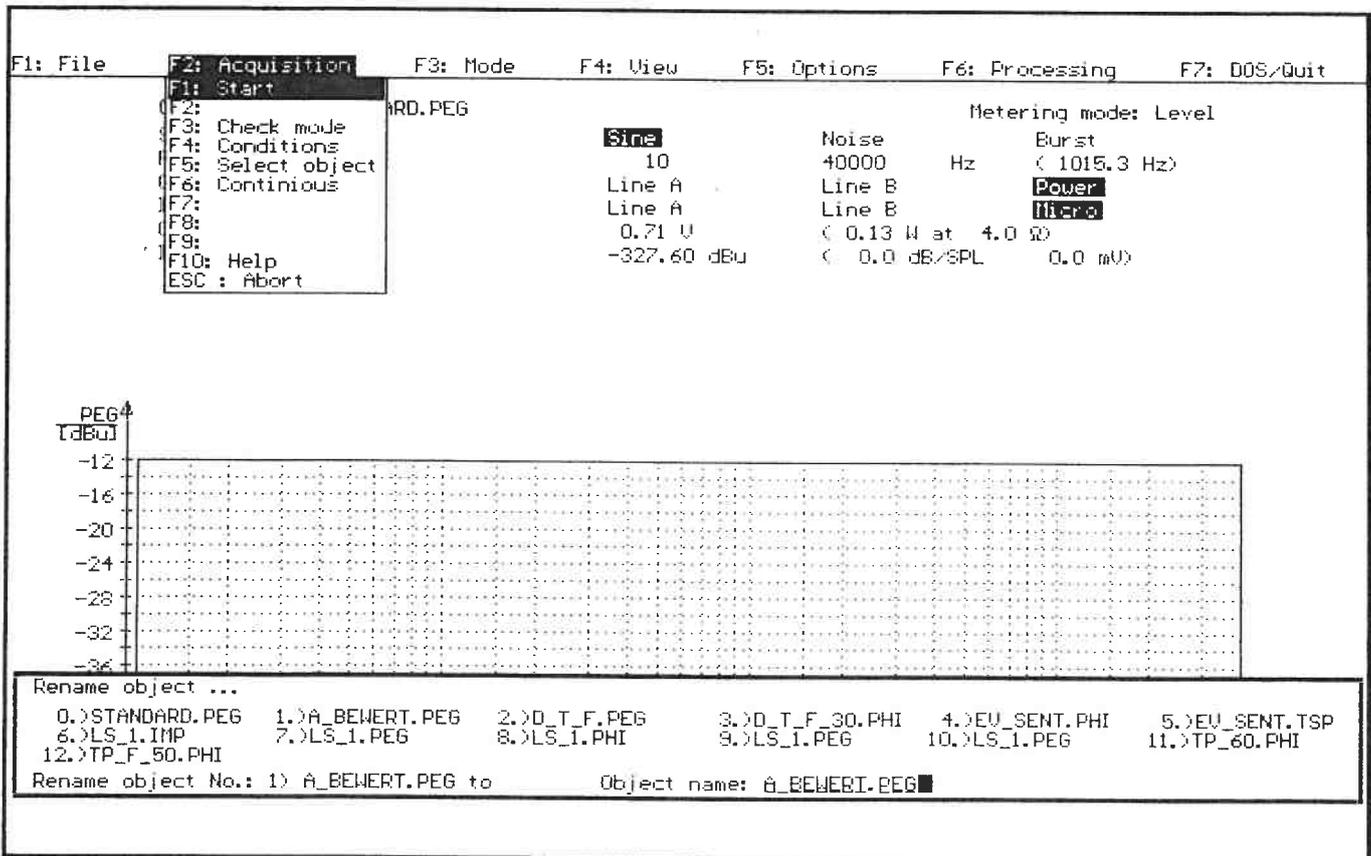
Die Bildschirmdarstellung

orientiert sich an den Pegeldiagrammen der Fa. Bruel & Kjaer, die den meisten Programmanwendern bekannt sein dürfte. Durch die Nachbildung des langen, schmalen Bruel & Kjaer Formats nutzt die Darstellung allerdings nicht die volle Vertikalaufösung des Bildschirmes. Es wurde deshalb eine Wahlmöglichkeit zwischen der Bruel & Kjaer Nachbildung und einem, dem Anwender evtl. ungewohnten, aber doppelt so hohen und damit genauer ablesbaren Plot geschaffen.

Da der große Plot fast die volle Bildhöhe nutzt, kann der Systemstatus des Meßplatzes nur zusammen mit dem kleinen Plot permanent dargestellt werden. Zusätzlich ist es jedoch möglich, in beiden Modi über den Menüpunkt **Parameters** den Systemstatus als Formular darstellen zu lassen.

Pull-Down-Menü | dienen der Bedienung
Menüzeile | des Programms

Statusfeld informiert über Meßobjekt, Meßart, und -parameter



Skalen

Dialogbox

doppel-logarithmisches Frequenzgang - Diagramm

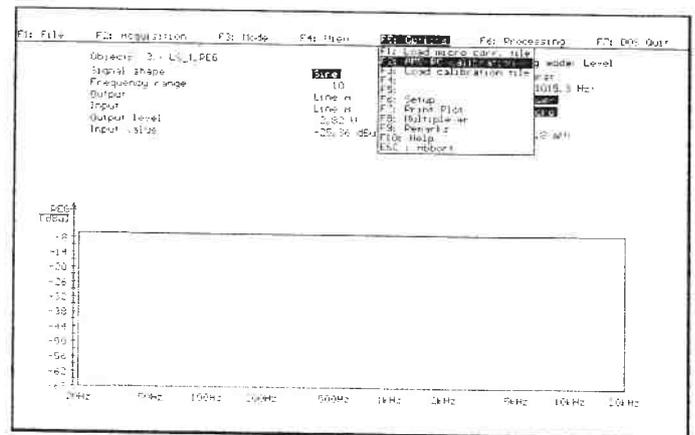
Da ihr Audiomeß-System 1656 gewissen Umwelteinflüssen ausgesetzt ist und einen kleinen internen Frequenzgang aufweist, weichen die Meßwerte evtl. etwas von der Realität ab. Um diese Einflüsse zu minimieren sollte das Gerät von Zeit zu Zeit (wir empfehlen halbjährlich) kalibriert werden.

AMS-PC benutzt 6 verschiedene Kalibrierdateien für drei Gruppen von Meßarten. Diese sind im einzelnen :

Mikrofonkalibrierdateien werden von KEMSONIC erstellt. Hierfür bedarf es umfangreicher akustischer Meßbedingungen für einwandfreie Ergebnisse

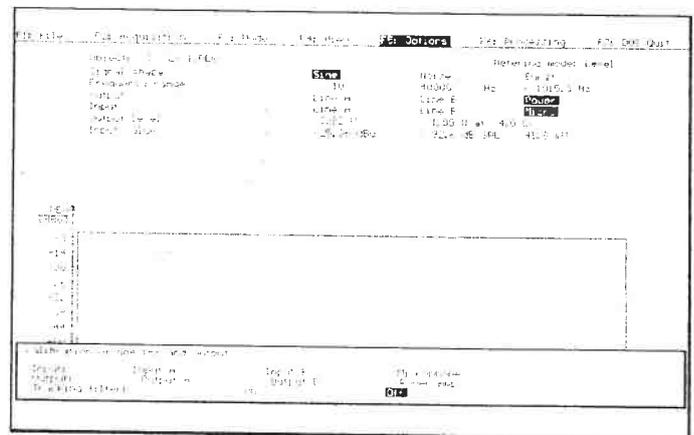
Die im Installationsprogramm angegebenen Kalibrierdateien werden automatisch von AMS-PC geladen, sofern eine Meßart eine Kalibrierdatei benötigt. Wird die Meßart umgestellt, oder z.B. das Mitlauffilter aktiviert, so wird die entsprechende Kalibrierdatei nachgeladen. Wollen Sie für eine andere Ein/Ausgangskombination eine andere Kalibrierdatei laden, so wählen Sie unter Menüpunkt F5/F3, Kalibrierdatei laden, die gewünschte Datei aus. Die momentan aktuelle Kalibrierdatei wird in dem erscheinenden Dialog-Fenster invers dargestellt.

Kalibrierdatei	Extension
1. Pegel	.CAL
2. Pegel mit Mitlauffilter	.CAL
3. Phasenmessung	.PAL
4. Phase mit Mitlauffilter	.PAL
5. Impedanz	.IAL
6. Mikrofon Pegel	.MIC



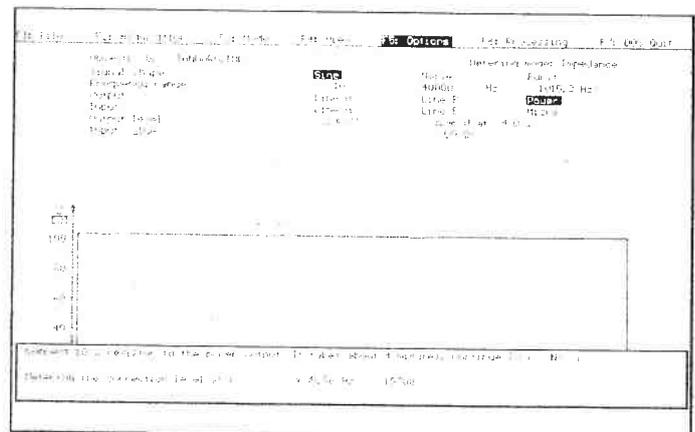
Pegelkalibrierung

Wählen Sie zunächst über das Hauptmenü F3 die Meßart Pegelmessung. Rufen Sie die Unterfunktion F5/F2 - AMS-PC Kalibrierung auf. Sie werden nun aufgefordert, den gewünschten Eingang, den Ausgang und das Mitlauffilter einzustellen. Nach Betätigen von RETURN erfolgt ein Hinweis, das der Kalibriervorgang ca. 4 Minuten in Anspruch nimmt. Verbinden Sie nun den Eingang mit dem Ausgang. RETURN startet die Kalibrierung. In einem Fenster werden Ihnen nun die aktuellen Kalibrierdaten angezeigt. Das sind die Frequenz und die Impulse, die der Rechner vom Meßsystem bekommt.



Impedanzkalibrierung

Nach Umstellung der Meßart auf Impedanzmessung starten Sie den Kalibriervorgang ebenfalls mit F5/F2. Nachdem Sie entsprechende Aufforderung einen 10 Ohm-Widerstand an den Power-Ausgang angeschlossen haben, starten Sie die Kalibrierung mit RETURN. Angezeigt werden auch hier die aktuell zu kalibrierende Frequenz und die vom Rechner empfangenen Impulse.



Kalibrierung der Phasenkarte

Die Kalibrierung der Phasenkarte ist etwas aufwendiger. Nachdem Sie die Meßart Phasenmessung eingestellt haben, wählen Sie zunächst als aktuelles Meßobjekt eines aus, dessen Daten überschrieben werden können. Nun stellen Sie mit F2/F4 - Parameter für die Einstellung mit und ohne Mitlauffilter die Triggerpegel ein und die automatische Phasenreferenz auf AUS. Für die Kalibrierung mit Mitlauffilter hat sich als Triggerpegel 20%, für die ohne Mitlauffilter 50% als günstig erwiesen. Verlassen Sie nun das Parameter-Dialogfenster und rufen Sie die Funktion F5/F2 auf. Stellen Sie die gewünschte Ein/Ausgangs-Kombination und den Mitlauffilterstatus ein. Mit RETURN gelangen Sie nun in den Testmodus, in dem Sie den Aussteuerungspegel festlegen müssen. Wir empfehlen den Eingangs- wie auch den Ausgangspegel auf 0 dB zu stellen. RETURN startet nun eine Phasenmessung. Nach der Speicherung erscheint ein Kontrollgraph, mit dem Sie kontrollieren können, ob die Kalibrierung erfolgreich war.

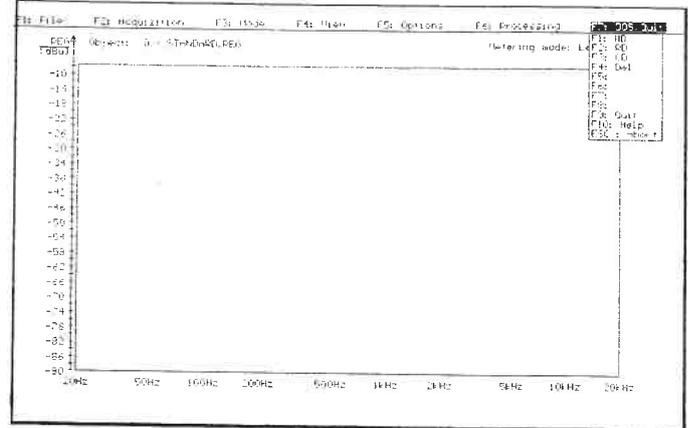
Speicherung der Kalibrierdateien

Im Anschluß an die Kalibrierung erscheint bei allen Kalibrierarten ein Dateiauswahl-Fenster. Hier können Sie nun eine Datei auswählen, in der die zuvor erzeugten Daten gespeichert werden. Durch Angabe eines neuen Namens erzeugen Sie eine neue Kalibrierdatei. Geben Sie keine Dateiextension an; diese ist entsprechend der zu kalibrierenden Meßart festgelegt. Die so ausgewählte oder erzeugte Datei ist nun auch die aktuelle Kalibrierdatei für die entsprechende Meßart und den bestimmten Mitlauffilterstatus.

Meßobjekt zu Kalibrierdatei

Mit F5/F4 lassen sich normale Pegel- oder Phasenmeßobjekte zu Kalibrierdateien wandeln. Der Name bleibt bis auf die Extension gleich. Um die Datei zu aktivieren, muß sie noch mit F5/F3 geladen werden.

Realisiert wurde bei AMS-PC eine funktionstastengesteuerte Pull-Down Menüauswahl. Alternativ zu den Funktionstasten kann das Menü auch über die Cursortasten bedient werden. Dabei ist die Steuerung über Cursortasten unter ergonomischen Gesichtspunkten besonders auf den unkundigen Programmanwender zugeschnitten, der sich suchend durch die Menüs tastet. Im Bild sind das gewählte Haupt- und das Untermenü "DOS/End" zu erkennen. Eine Auswahl kann dabei entweder durch Verschieben der inversen Markierung mit den Cursortasten oder durch die jedem Menü/Befehl vorangestellte Funktionstaste erfolgen.



- F1: Files (Datei)** Ermöglicht das **Laden und Speichern von Objekten** sowie die Organisation der sich im Arbeitsspeicher befindlichen Objekte.
- F2: Metering (Messung)** Bietet Zugang zu allen Objekt-Parametern, die den **Meßablauf** beeinflussen. Außerdem wird in diesem Menü das für die Messung bzw. Darstellung **aktuelle Objekt** ausgewählt.
- F3: Mode (Meßart)** Hier erfolgt die Umschaltung der **Meßmodi**.
- F4: View (Darstellung)** Bestimmt den generellen **Darstellungsmodus der Meßwerte** (Grafik/Tabelle) sowie die Skalierungs-Parameter der Grafikdarstellung auf dem Monitor.
- F5: Options (Optionen)** Ermöglicht das Erzeugen, Speichern und Laden von **Kalibrier-Dateien**. Weiterhin kann von hier aus diverse **Peripherie** wie Drucker und Multiplexer angesprochen werden.
- F6: Processing (Verarbeitung)** Bietet die Möglichkeit, die **Meßdaten** verschiedener Kurven miteinander zu verrechnen bzw. mit Referenzen und Filterkurven **zu verrechnen**.
- F7: DOS/End (DOS/Ende)** Ermöglicht den Zugang zu grundlegenden Directoryfunktionen des DOS. Hier sind das **Bearbeiten von Directories** sowie das Löschen von Dateien möglich. Aus diesem Menüpunkt kann das **Programm verlassen** und zum Betriebssystem zurückgekehrt werden.

Allgemeingültige Tastenfunktionen in den Menüs

ESC: Abbruch

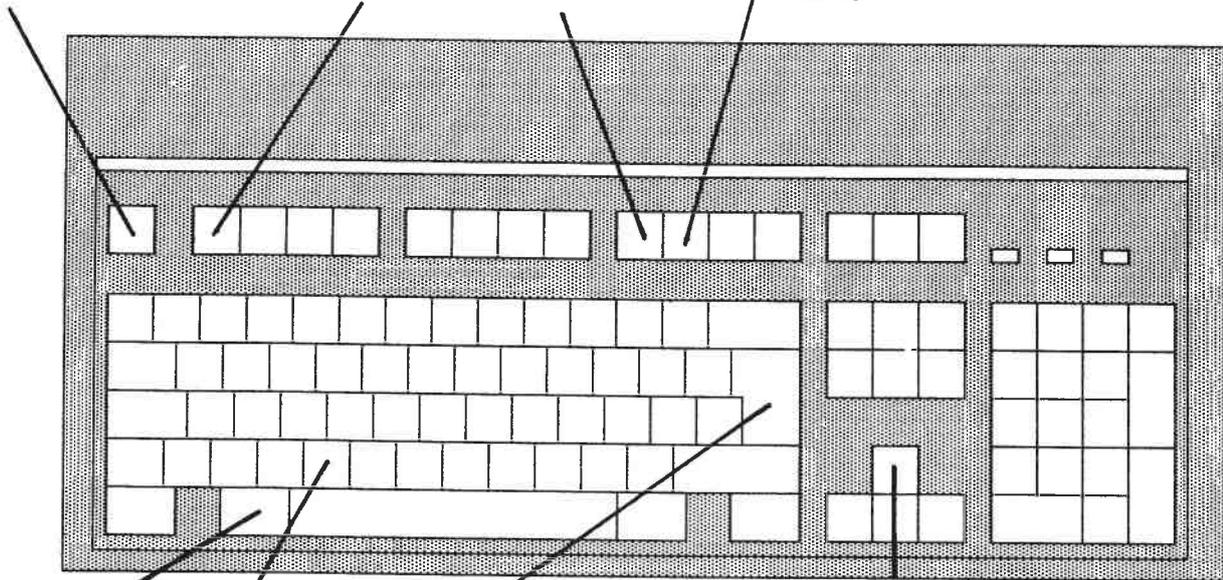
Verläßt das jeweilige Untermenü ohne Ausführung einer Aktion.

Funktionstasten

erlauben den direkten Zugriff auf einen Menüpunkt

F10: Hilfe

Aktiviert im jeweils aktivem Hauptmenü eine Dialogbox, die, nach Betätigung der Funktionstaste einer gewünschten Menüzeile Hilfetexte zum angegebenen Untermenüpunkt ausgibt.



Altene und C

aktiviert den Meßwert-Cursor, abschalten mit Escape

Return

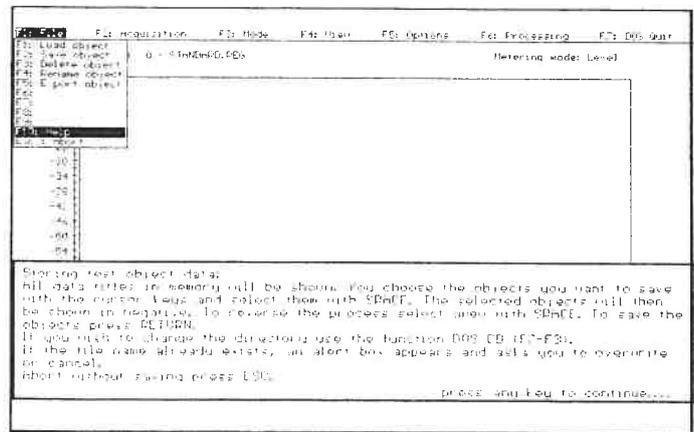
Löst die mit den Cursortasten angewählte Funktion aus

Cursorblock

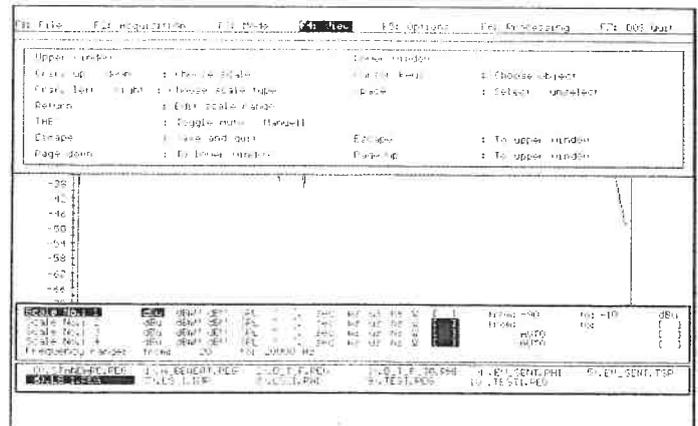
links, rechts: Wechselt zwischen den Untermenüs hoch, runter: Wechselt zwischen den Untermenüpunkten eines Hauptmenüs

Hilfsmeldungen

Zusätzlich zu jedem nichttrivialen Menüpunkt ist ein bis zu 10 Zeilen umfassender Hilfstext abrufbar, der bei Bedarf von Diskette geladen und in einem Fenster angezeigt wird. Diese Hilfsfunktion ist in allen Menüs fest auf die Funktionstaste 10 gelegt. Bild 16 zeigt einen solchen Hilfstext am Beispiel des Menüs "Speichern".



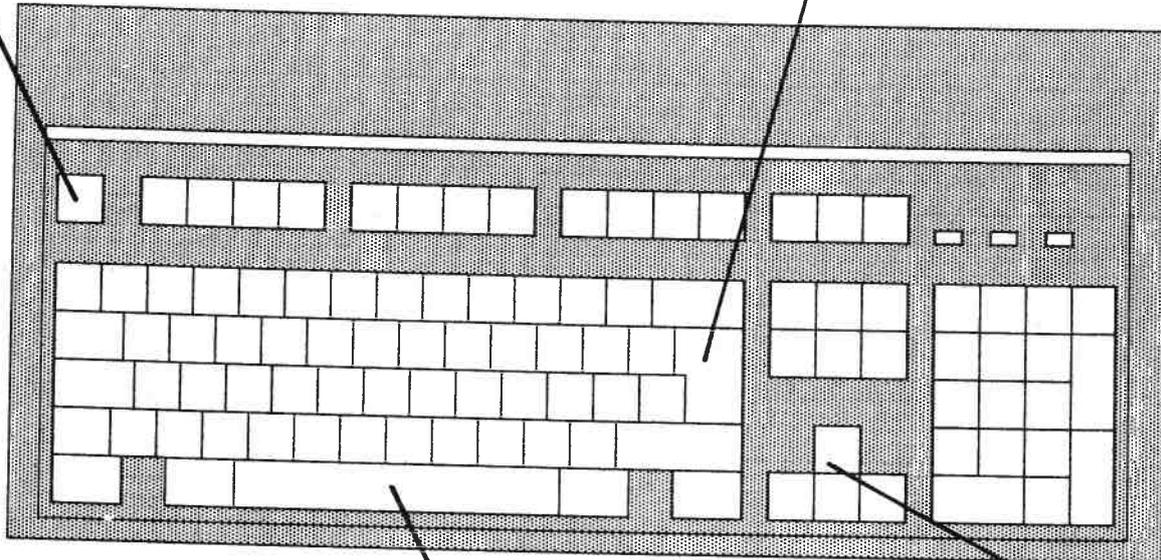
Außerdem erscheint nach einigen Sekunden, wenn ein Untermenü angewählt wurde ein Hilfe-Fenster, das alle möglichen Tastenfunktionen kurz auflistet.



Tastenfunktionen im Hauptmenü F1, Datei

ESC bricht eine Dialogbox ohne die Auslösung einer Aktion ab.

Sind ein oder mehrere Objekte selektiert, kann mit **Return** die Ausführung der Dateifunktionen veranlaßt werden.



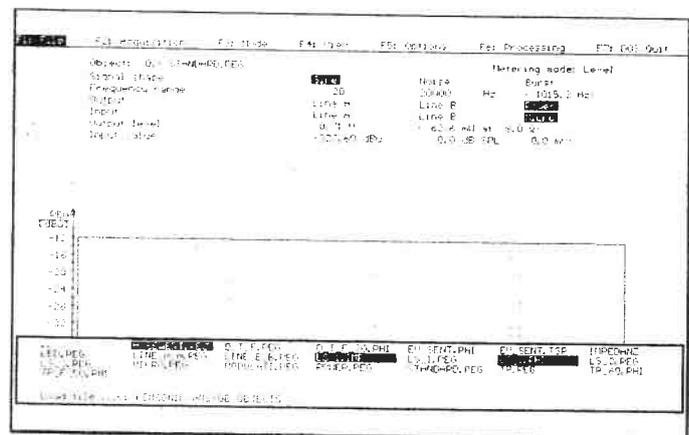
Bei den Menüs, in denen mehrere Objekte simultan angewählt werden können, also bei den Menüs **F1: Objekt laden**, **F2: Objekt speichern** und **F5: Objekt exportieren**,

wird mittels der **Leertaste** ein mit den Cursorstasten angewähltes Objekt selektiert bzw. eine erfolgte Selektion rückgängig gemacht.

Mit den Tasten des **Cursorblockes** werden zu bearbeitende Objekte angewählt..

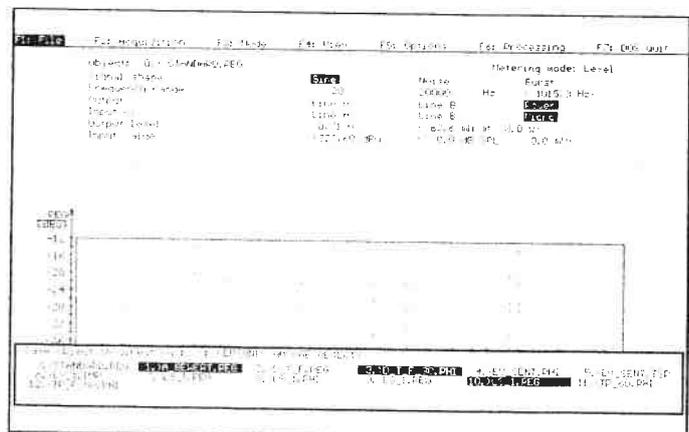
F1 Load file (Objekt laden)

Ermöglicht das Laden von bereits gespeicherten Meßobjekten von Diskette oder Festplatte. Es können während eines Ladevorganges mehrere Objekte gleichzeitig in der Auswahlbox selektiert und in den Arbeitsspeicher geladen werden.



F2 Save files (Objekt speichern)

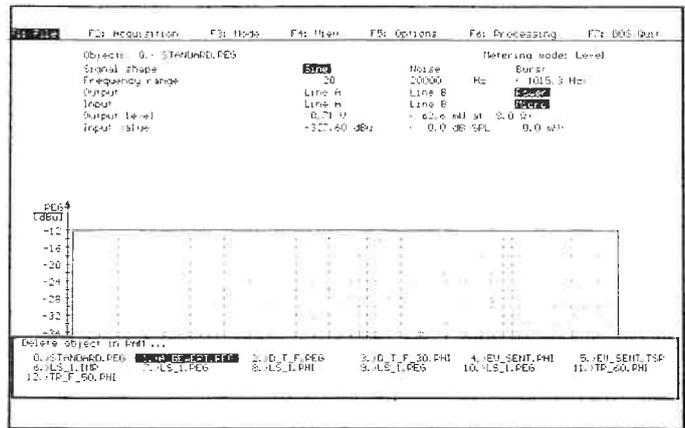
Speichert die in der Auswahlbox angewählten Objekte auf Festplatte/Diskette im aktuellen Objektverzeichnis. Das gleichzeitige Speichern mehrerer Objekte ist möglich. Das Verzeichnis kann mit F7/F3 gewechselt werden.



F3 Delete object (Objekt vergessen)

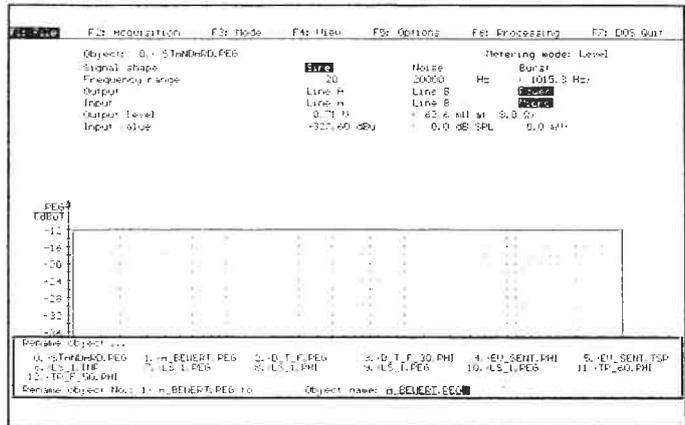
Das in der Auswahlbox selektierte Objekt wird aus dem Arbeitsspeicher entfernt.

Das **aktuelle** Meßobjekt kann nicht gelöscht werden.



F4 Rename object (Objekt umbenennen)

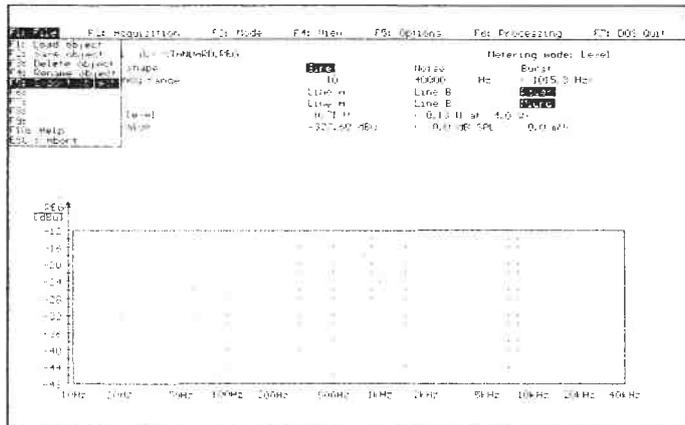
Nach Auswahl eines Objektes (im Arbeitsspeicher) kann diesem ein neuer Namen zugewiesen werden.



F5 export object (Objekt exportieren)

Die Parameter und Meßdaten der angewählten Objekte werden in das aktuelle Objekt- Verzeichnis geschrieben. Die Dateien erhalten den Namen des Objektes, im Extender wird die letzte Stelle in **C** geändert. Die Daten der so gespeicherten Objekte lassen sich in Tabellenkalkulationen oder Datenbanken importieren.

Genauer zum Exportformat ist im Anhang (AS-CII-DATEIFORMATE) dokumentiert.



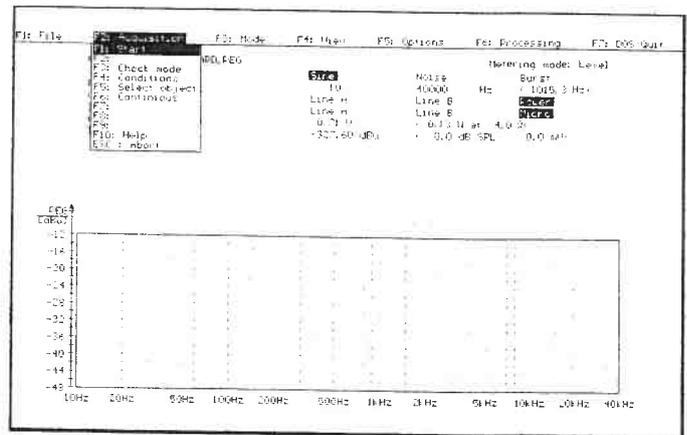
Meßarten und Dateiextension

Objekte werden stets automatisch mit einer, der Meßart entsprechenden Extension (die drei Zeichen hinter dem Punkt) versehen. Das erleichtert das Wiederfinden von Dateien.

Meßart	Objektauswahl	Exportextension
Pegel	.PEG	.PEC
Band	.TAP	.TAC
Impedanz	.IMP	.IMC
Phase	.PHI	.PHC
Haltzeit	.RT	.RTC
Thiele/Small	.TSP	.TSC
Frequenz	.FRQ	.FRC

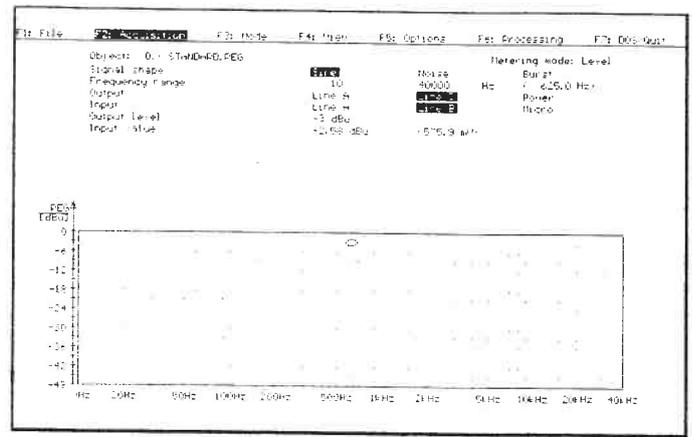
F1 Start (Messung starten)

Führt die Sweep-Messung gemäß der Parameter durch, die in den Menüs F3- **Meßart**, F5/F8-**Multi-plexer** sowie in den weiteren Untermenüs von F2- **Messung**, eingestellt wurden. Die Meßdaten werden in dem durch F2/F5- **Objektauswahl** gewählten Objekt abgelegt. Eventuell schon vorhandene Daten, die in diesem Objekt gespeichert waren, werden dabei überschrieben.



F3 Testmode

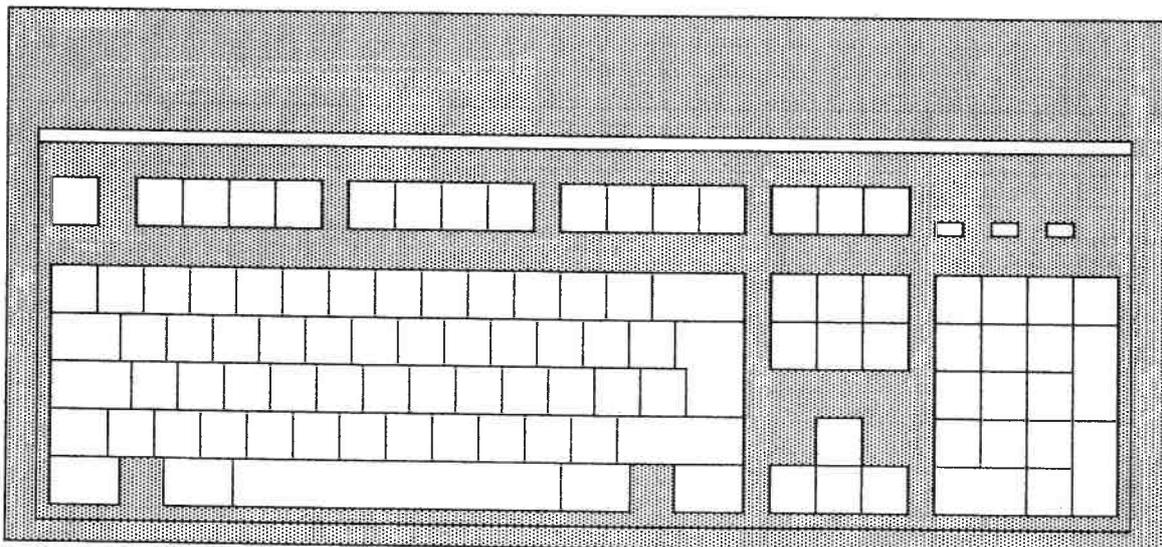
Der Testmodus dient zur Einstellung der häufig zu verändernden Parameter. Über die Tasten des Cursorblockes können Ausgangspegel und Frequenz des Generators sowie die Empfindlichkeit des Eingangverstärkers eingestellt werden. Man bekommt eine analoge Anzeige des aktuellen Meßwertes in Form des "Meßpunktes" und digitale Anzeigen nach verschiedenen Umrechnungen in den Zeilen "Eingangswert" und "Ausgangspegel".



Tastaturfunktionen im Testmodus

ESC: Abbruch des Testmodus

Return : Start der Messung.

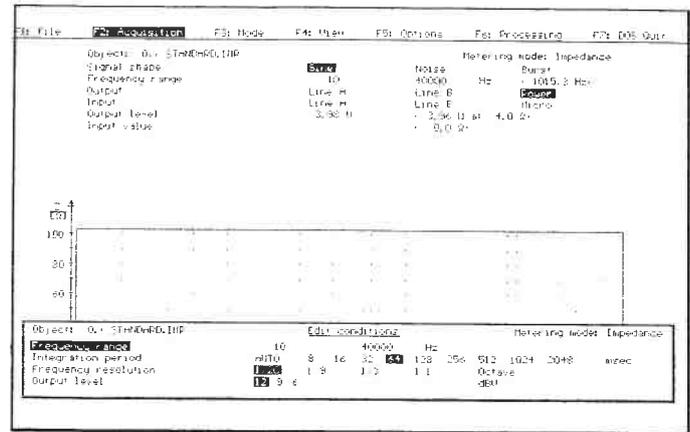


Shift-Taste und Cursorblock

	∧	: Erhöhung des Ausgangspegels	[3 dB]
	∨	: Verminderung des Ausgangspegels	[3 dB]
	>	: Erhöhung der Generatorfrequenz	[1/20 Oct.]
	<	: Verminderung der Generatorfrequenz	[1/20 Oct.]
Shift	& ∧	: Erhöhung der Eingangsempfindlichkeit	[3 dB]
Shift	& ∨	: Verminderung der Eingangsempfindlichkeit	[3 dB]
Shift	& >	: Erhöhung der Generatorfrequenz	[1/1 Oct.]
Shift	& <	: Verminderung der Generatorfrequenz	[1/1 Oct.]

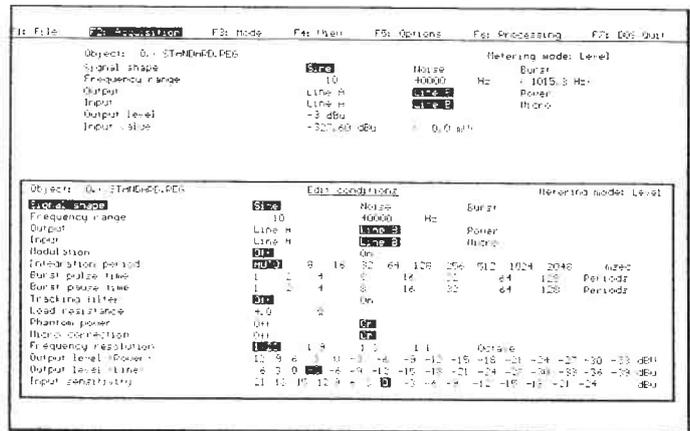
F4: Conditions (Parameter)

Dieses Untermenü legt die grundlegenden Parameter fest, die für den Ablauf einer Messung oder Meßreihe von Bedeutung sind. Das Bild dieses Untermenüs bzw. die Anwahmlichkeiten in der jeweiligen Maske sind sowohl von der im Installationsprogramm eingetragenen Hardware als auch von der aktuellen Meßart abhängig. Die hier gegebenen Erläuterungen beziehen sich auf die Parameter der Pegelmessung.



Parameter der Impedanzmessung

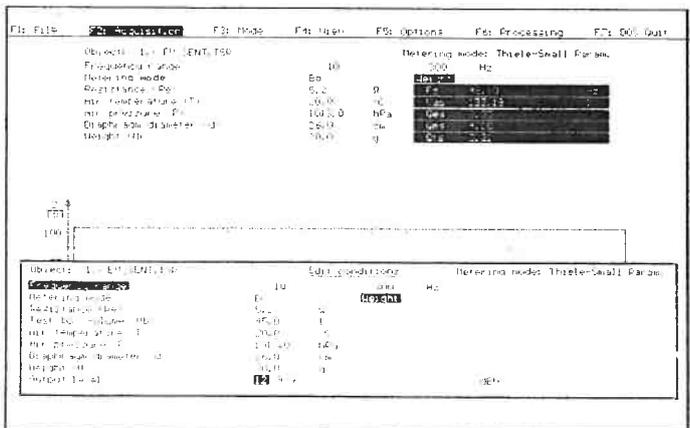
Die Bildschirmmaske läßt sich in drei Bereiche aufteilen: als erstes wird in einer **Informationszeile** das aktuelle Objekt sowie sie aktivierte Meßart angezeigt. Die Bezeichnung des gewählten Menüs (Parametereingabe) wird unterstrichen dargestellt. Auf der linken Seite des Bildschirms befinden sich die **Parameternamen**. Diese werden über die Tasten Cursor hoch/runter angewählt. Um einen so angewählten Parameter zu verändern, kann mit den Tasten Cursor links/rechts ein Wert aus der **Wertetabelle** ausgewählt werden. Der aktuelle Parameter bzw. der eingestellte Wert wird invers dargestellt.



Parameterformular der Pegelmessung

Mit Ausnahme des Frequenzbereiches und der "ohmschen Last" lassen sich alle Parameter über solche Wertetabellen eingeben. Hier wird die Eingabe entweder durch Cursor rechts oder **Return** aktiviert. Danach können die Werte als Ziffern eingegeben werden. **Return** bestätigt die Eingabe. Mit **ESC** kann der alte Wert übernommen werden. Sind alle Parameter eingegeben, wird das Parameterformular mit **ESC** verlassen.

In gleicher Weise wie oben beschrieben, wird die Eintragung der Werte in das Parameterformular der TSP-Messung vorgenommen.



Parameterformular der TSP-Messung

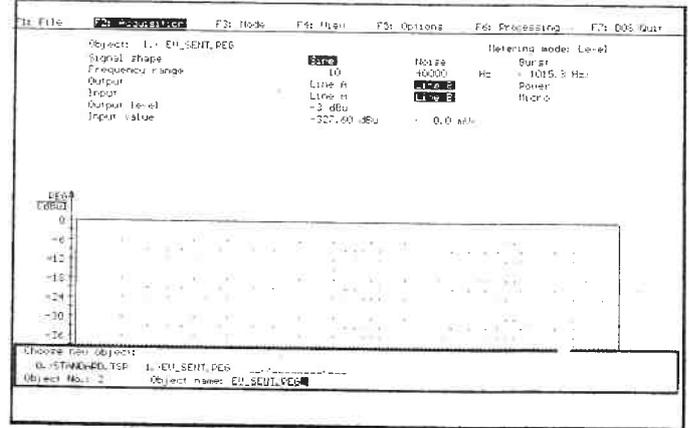
F5: Select object (Objektauswahl)

Es wird ein Objekt im Arbeitsspeicher als das **aktuelle Meßobjekt** definiert; alle Meßfunktionen und Parameter beziehen sich stets auf dieses Objekt.

Die Auswahl erfolgt über die Cursortasten mit Bestätigung durch Return.

Ein neues Meßobjekt erzeugen Sie durch Anwahl der Leermaske. Als nächstes werden Sie aufgefordert, eine Nummer und einen Namen einzugeben. Vorgabe ist der Name des letzten aktuellen Meßobjektes.

Der Name ist gleichzeitig Dateibezeichnung, so daß Sie vor dem Punkt nur Zeichen eingeben sollten, die hierfür zulässig sind. Die Extension ist festgelegt. Geben Sie keine oder eine ungültige Extension ein, so wird die letzte beibehalten. Geben Sie eine andere gültige Extension ein, so wird die Meßart entsprechend umgestellt.

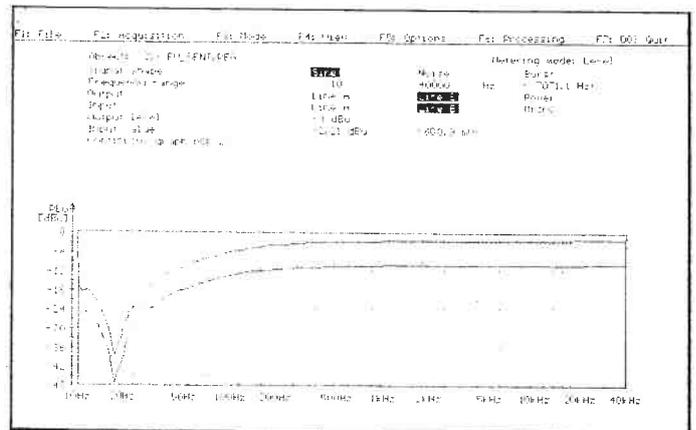
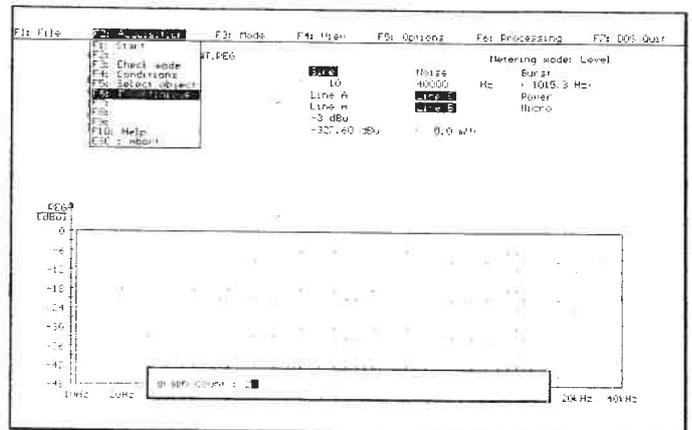


F6: Continious (Dauermessung)

Hier kann eine "Meßschleife" definiert werden, in der eine Messung bis zu 9mal automatisch hintereinander ausgeführt wird, bevor die Kurven auf dem Bildschirm gelöscht werden. Dieses ist sinnvoll z.B. bei Einmeßarbeiten an analogen Bandmaschinen (Bias) oder der Optimierung des Klanges mittels Equalizer.

Der eingegebene Wert (Anzahl) wird in der Datei "CONFIG.AMS" gespeichert, sodaß er bei erneutem Programmstart erhalten bleibt.

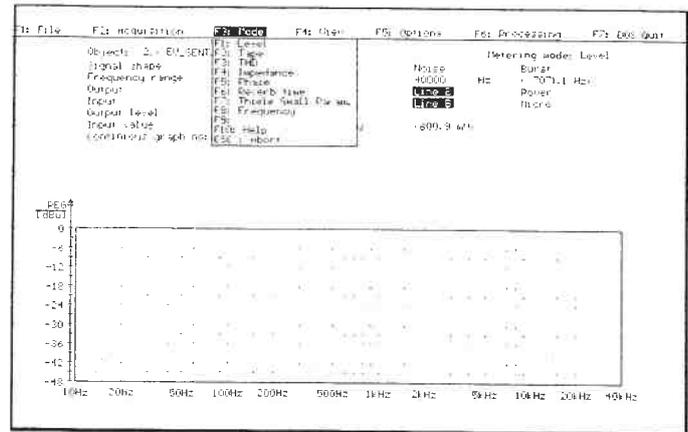
Ob die Dauermeß-Funktion gewählt wurde, wird durch einen Haken neben diesem Untermenü-Punkt gekennzeichnet. Bei Programmstart ist diese Funktion immer deaktiviert.



In diesem Menü werden die verschiedenen Meßarten ausgewählt, die die Grundlage bei der Erstellung eines Meßobjektes sind:

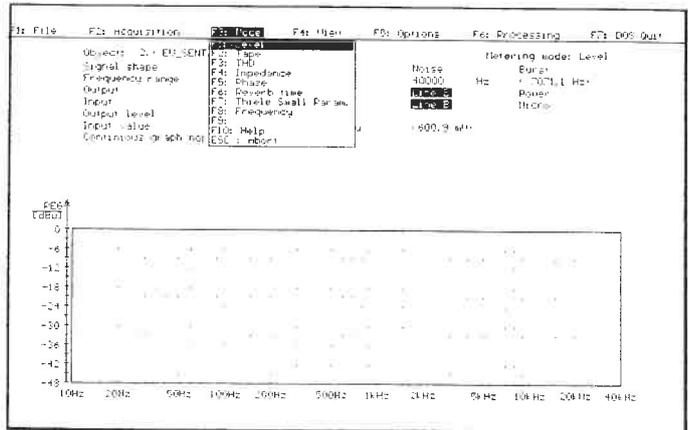
Beim Wechsel der Meßart werden Parameter und Daten des aktuellen Meßobjektes überschrieben.

Die meisten Meßarten werden in eigenen Kapiteln noch detaillierter abgehandelt.

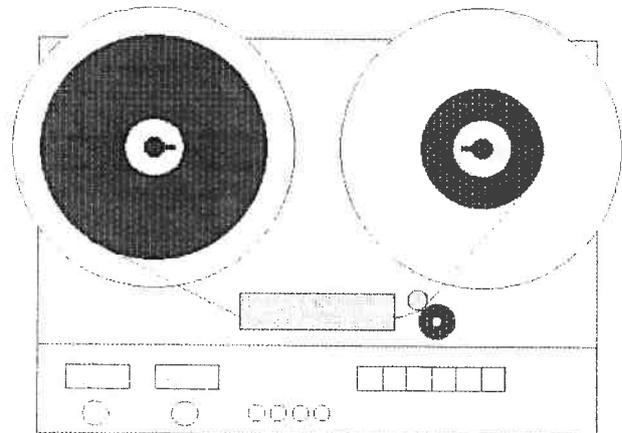
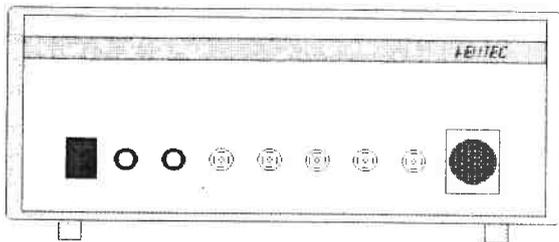


F1 : Level (Pegelmessung)

dient zur Darstellung von Pegel über Frequenz, also von Frequenzgängen, z.B. von Lautsprechern (mit Mikrophon, über den Mikrophoneingang), von Verstärkerschaltungen oder Filtern (über die Line-Eingänge) etc. Die Parameter und der Pegelmessung und deren Funktionen werden in der Beschreibung des Menüs F2/F4 (Parameter) einmal exemplarisch dargestellt



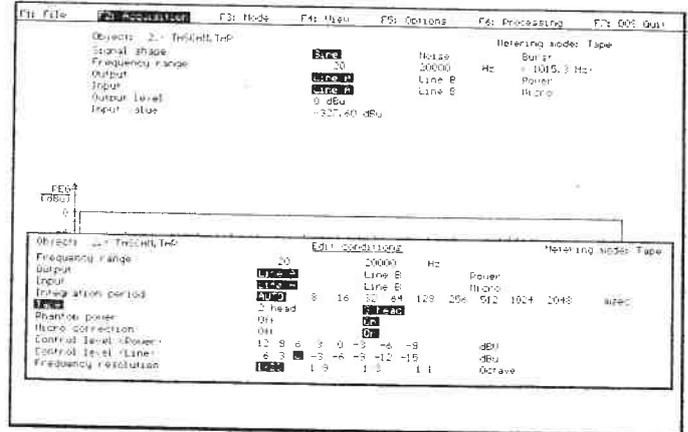
F2: Tapemessung



ist ein vorgegebenes "Meßmakro", das auf das Einmessen von Tonbandgeräten jeglicher Art, also beispielsweise Cassettenrecorder, Spulentonbandgeräte, Mehrspurmaschinen etc. abgestimmt ist. Ziel der Tapemessung ist es, den Aufnahme/Wiedergabefrequenzgang eines Tonbandgerätes darzustellen. Zur Durchführung der Tapemessung verbinden Sie bitte den Eingang des zu messenden Gerätes mit einem der Line-Ausgänge des Meßprozessors und den Ausgang mit einem der Line-Eingänge. Bei Stereo-Geräten hat es sich als praktisch erwiesen, beide Ein- bzw. Ausgänge jeweils mit einem Paar der Line-Ein/Ausgänge des Meßprozessor zu verbinden, also z.B. TB-Eingang links mit Line-Output A, TB-Ausgang links mit Line-Input A und TB-Eingang rechts mit Line-Output B und TB-Ausgang rechts mit Line-Input B. Wenn Sie sich jetzt noch zwei Meßobjekte mit den entsprechend selektierten In/Outputs anlegen, können Sie wahlweise einen der beiden Kanäle des Tonbandgerätes ohne Umstecken der Kabel messen. Abhängig vom zu messenden Tonbandgerät lassen sich zwei Vorgehensweisen unterscheiden.

Frequenzgangmessung an 3-Kopf-Geräten

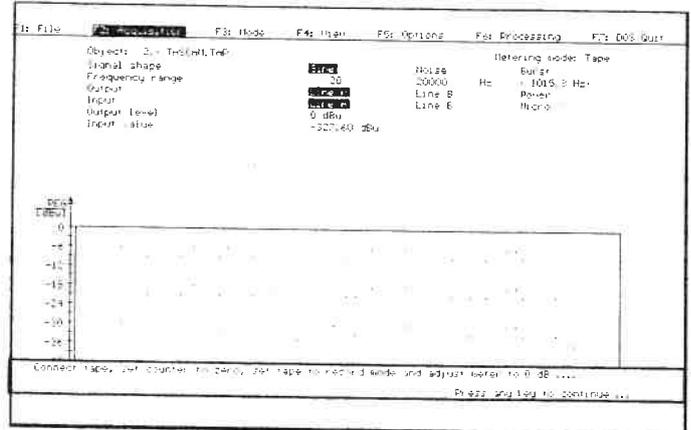
Da bei einem 3-Kopf Gerät für Aufnahme und Wiedergabe separate Tonköpfe vorhanden sind, lassen sich in einem Arbeitsschritt sowohl die Aufnahme des Messsignals als auch die Messung des Frequenzganges durchführen. Dementsprechend werden sie vom Programm auch nur aufgefodert, das Tonbandgerät auszusteuern und die Aufnahme zu starten. Ist dies erfolgt, so wird simultan zur Aufnahme des Meßpegels der Aufnahme/Wiedergabefrequenzgang angezeigt.



Einmessung von 2-Kopf Geräten

Bei einem 2-Kopf Gerät steht für Aufnahme und Wiedergabe ein sogenannter Kombikopf zur Verfügung, der entweder zur Aufnahme oder zur Wiedergabe eines Signals genutzt werden kann. Daher sind zur Durchführung der Messung also zwei Arbeitsschritte notwendig:

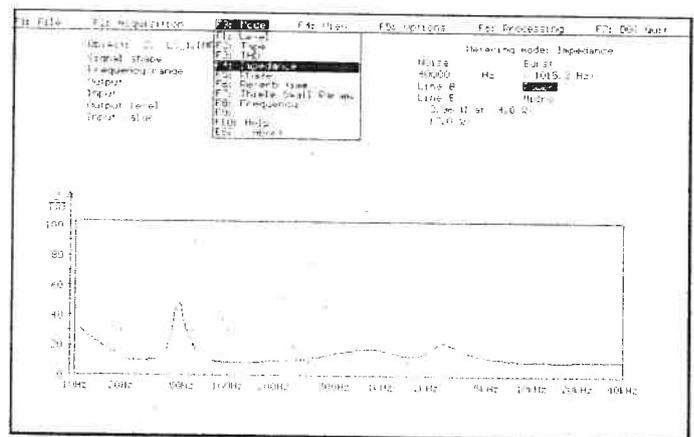
- a) Aufnahme des Generatorsignales
- b) Messung des wiedergegebenen Signales.



Diese zwei Schritte werden auch im Dialog dieser Routine deutlich: zuerst fordert Sie das Programm auf, das Tonbandgerät auszusteuern. Um später den Aufnahmebeginn leichter wiederzufinden, müssen Sie noch zusätzlich das Zählwerk des Tonbandgerätes auf 0 zurücksetzen. Nachdem Sie mit Return bestätigt haben, beginnt der Meßprozessor, nach dem Generieren eines Synchronsignals, die Meßtöne auf Band zu schreiben. Ist dies beendet, spulen Sie das Band auf die zuvor gesetzte Position zurück und starten dann die Wiedergabe, was Sie wiederum dem Programm durch Return mitteilen. Darauf beginnt das Programm, durch den zu Anfang aufgenommenen Synchronimpuls gesteuert, mit der Anzeige des Aufnahme/Wiedergabefrequenzganges. Für beide Varianten sind im Menü F2/F4 (Parameter) angepaßte Meßabläufe anwählbar.

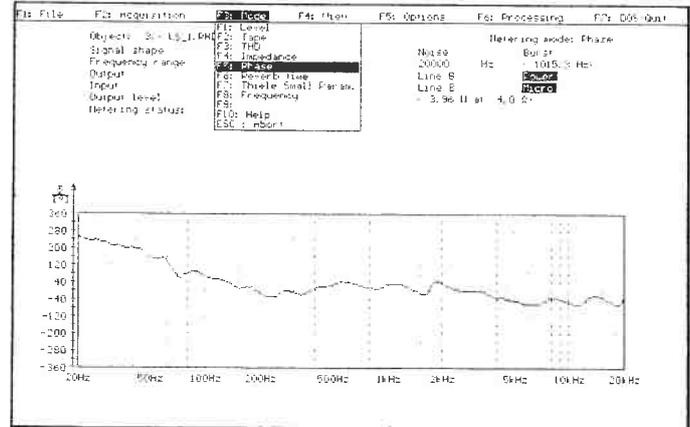
F4: Impedance (Impedanzmessung)

F4 (Impedanzmessung) ermöglicht die Aufnahme der Impedanz von Lautsprechern oder passiver Netzwerke (z.B. Frequenzweichen) über der Frequenz. Die Impedanz des Meßobjektes wird durch Strom-Spannungsmessung an einem internen Referenzwiderstand ermittelt. Dieser kann, um spezielle Anwenderbedürfnisse zu berücksichtigen, ausgetauscht werden. Sollten Sie dies tun, so müssen Sie, um korrekte Werte zu erhalten, den Wert des neu eingesetzten Widerstandes dem Programm in "INSTALL.EXE" oder im SETUP (F5/F6) mitteilen. Um die Impedanzmessung durchzuführen müssen Sie lediglich das zu messende Objekt an den Poweramp-Output des Meßprozessors 1656 anschließen und den Meßvorgang starten.



F5: Phase (Phasenmessung)

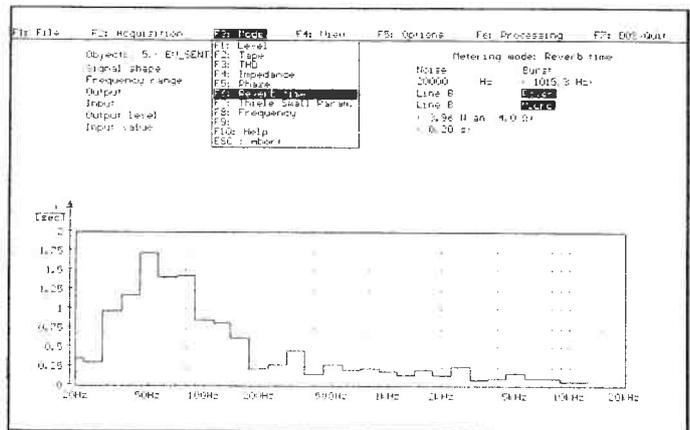
Die Phasenmessung ist im Kapitel 5 detailliert beschrieben.



F6: Reverb time (Hallzeiten)

F6 (Hallzeit) ermittelt die Hallzeit eines Raumes in Abhängigkeit von der Frequenz nach den Spezifikationen der RT60. Gemessen wird also die Zeit für den Abfall des Pegels in einem eingeschwungenem Raum um 60 dB. Als Eingang kann sowohl der Micro-Input als auch einer der Line-Inputs gewählt werden. Durch eine Kombination von Line-Outputs und Line-Inputs kann auch der Hallverlauf eines künstlichen Nachhallprozessors ermittelt werden.

Für die Hallzeitmessung werden im Kapitel 7 weitere Erläuterungen gegeben.

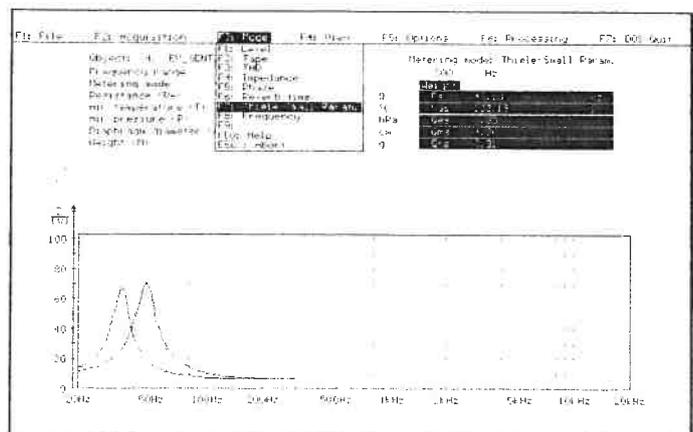


F7: Thiele-Small-Parameter

F7 (Thiele-Small Parameter) ermittelt die Thiele-Small Parameter (TSP) eines dynamischen Lautsprechers bei bekannten äußeren Bedingungen. Um die TSP zu bestimmen, können zwei verschiedene Methode angewandt werden.

1. Die Gewichtsmethode
2. Die Gehäusemethode

Für die Messung der Thiele-Small-Parameter werden im Kapitel 6 weitere Erläuterungen gegeben.



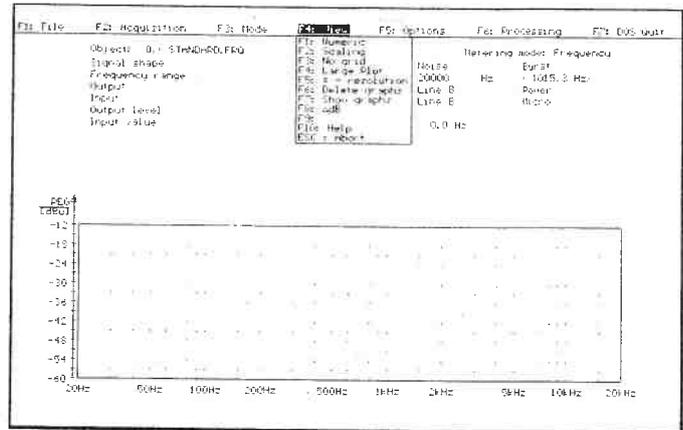
F8: Frequency (Frequenzmessung)

Diese Meßart, nicht zu verwechseln mit der "Frequenzgangmessung", ermöglicht die Messung der Frequenz eines unbekanntes Signals nach Triggerrung (Rechteck-Wandlung) und anschließender Zählung in einem Zeittakt. Es wird nur im Checkmodus (F2, F3) ein Digitalwert angezeigt. Eine automatische Messung ist nicht möglich.



Dieser Menüpunkt regelt die Art der Darstellung der Objektdaten auf dem Bildschirm oder Drucker. Manipulationen des Stellen- und Wertebereiches (X- und Y-Achse) sind dabei rein kosmetischer Art, werden also nicht in die Objektdaten übernommen.

Im folgenden sollen die Parameter dieses Menüs exemplarisch am Beispiel der Objekte LS-1.PEG und LS-1.PHI vorgeführt werden.



F1: Numeric (Anzeige als Zahlenwert)

bewirkt die Ausgabe der Parameter (Historie, Meßart, Stellenbereich etc.) und Meßwerte eines Objektes als Zahlenwerte in tabellarischer Form. Nachdem ein sich im Rechnerspeicher befindliches Objekt ausgewählt und das Ausgabegerät (Monitor/Drucker) bestimmt wurde, werden die Parameter des Meßobjektes und im Anschluß daran die Meßwerte seitenweise ausgegeben.

40000.0 Hz	-63.00 dBu	38637.5 Hz	-63.00 dBu	37321.3 Hz	-61.75 dBu
36050.0 Hz	-59.65 dBu	34822.0 Hz	-63.00 dBu	33635.9 Hz	-62.57 dBu
32490.1 Hz	-63.00 dBu	31383.4 Hz	-63.00 dBu	30314.3 Hz	-63.00 dBu
29281.7 Hz	-63.00 dBu	28284.3 Hz	-63.00 dBu	27320.8 Hz	-63.00 dBu
26390.2 Hz	-61.78 dBu	25491.2 Hz	-62.52 dBu	24622.9 Hz	-57.91 dBu
23784.1 Hz	-56.49 dBu	22974.0 Hz	-55.27 dBu	22191.4 Hz	-54.54 dBu
21435.5 Hz	-54.19 dBu	20785.3 Hz	-49.42 dBu	20000.0 Hz	-47.21 dBu
19318.7 Hz	-47.99 dBu	18669.7 Hz	-48.66 dBu	18825.8 Hz	-44.96 dBu
17411.0 Hz	-42.45 dBu	16817.9 Hz	-37.84 dBu	16245.8 Hz	-35.20 dBu
15691.7 Hz	-35.16 dBu	15157.2 Hz	-38.32 dBu	14648.9 Hz	-29.63 dBu
14142.1 Hz	-31.91 dBu	13668.4 Hz	-28.10 dBu	13195.1 Hz	-29.23 dBu
12745.6 Hz	-29.32 dBu	12311.4 Hz	-27.28 dBu	11892.1 Hz	-29.72 dBu
11487.0 Hz	-29.20 dBu	11095.7 Hz	-30.18 dBu	10717.7 Hz	-28.32 dBu
10352.6 Hz	-31.46 dBu	10000.0 Hz	-29.83 dBu	9659.4 Hz	-28.33 dBu
9330.3 Hz	-20.54 dBu	9012.5 Hz	-30.63 dBu	8785.5 Hz	-29.78 dBu
8489.0 Hz	-26.70 dBu	8122.5 Hz	-26.85 dBu	7845.8 Hz	-27.89 dBu
7578.6 Hz	-30.53 dBu	7328.4 Hz	-25.83 dBu	7071.1 Hz	-26.51 dBu
6830.2 Hz	-26.83 dBu	6597.5 Hz	-31.26 dBu	6372.8 Hz	-27.39 dBu
6155.7 Hz	-23.97 dBu	5946.8 Hz	-26.04 dBu	5743.5 Hz	-27.80 dBu

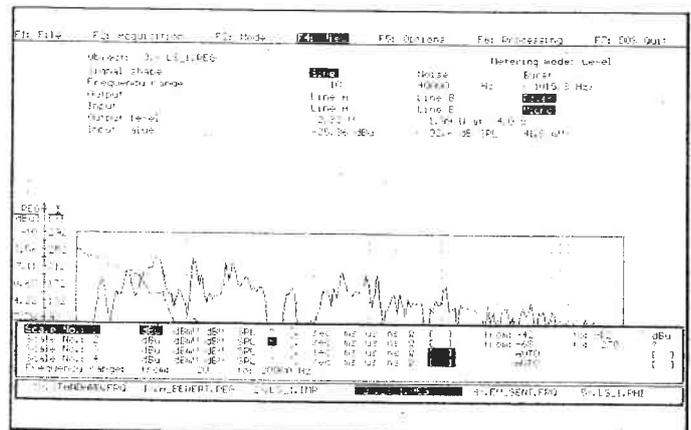
Press any key to continue

F2: Scaling (Skalierung)

regelt die gleichzeitige Darstellung verschiedener Objekte auf dem Bildschirm. Zu diesem Zweck muß der Begriff der Skala hier kurz erläutert werden:

Unter einer **SKALA** versteht man in der Terminologie von AMS-PC die Festlegung der physikalischen Einheit und des dargestellten Wertebereiches der Y-Achse. Einer so definierten Skala können bis zu 100 Objekte gleicher Meßart zugeordnet werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn Messungen unter verschiedenen Bedingungen (z.B. der Frequenzgang eines Lautsprechers unter verschiedenen Winkeln) miteinander verglichen werden sollen. Um nun nicht nur gleichartige Meßobjekte zueinander in Relation setzen zu können, bietet AMS-PC die Möglichkeit, vier unterschiedliche Skalen zu definieren. Jede der vier Skalen und die Graphen der ihnen zugeordneten Objekte werden (einen Farbmonitor vorausgesetzt) in einer anderen Farbe dargestellt.

Bei der Auswahl der Skaleneinheit ist zu beachten, daß die gewählte Einheit die Meßart der darzustellenden Objekte vorschreibt: wollen Sie z.B. ein Pegelmessobjekt darstellen, so muß die Einheit dBu, dBm, dBV oder, bei Mikrofonmessungen sinnvoll, dB SPL sein. Die Zuordnung eines Phasemessobjektes auf eine so definierte Pegelskala ist nicht möglich!



Einheiten der Skala	Dateiextender	Meßart
dBu, dBm, dBV, SPL	.PEG, TAP	Pegel
0, ms	.PHI	Phase
Ω	.IMP	Impedanz
sec, ms, us, ns	.RT	Halbzeit
%	.THD	Klirrfaktor
[]		"Skala aus"

Frequency range (Frequenzbereich), mittels CURSOR anwählbar, erlaubt es, den dargestellten Bereich der X-Achse zu beeinflussen, um im interessierenden Frequenzbereich eine höhere Anzeignauigkeit zu erzielen.

Frequency range: from: 20 to: 20000 Hz

Wechselt man mit PAGE DOWN ins **Objektauswahlfenster**, so kann man einer Skala ein oder mehrere Objekte, mit der zur gewählten Einheit korrespondierenden Meßart, zuweisen. Um Objekte einer Skala zuzuordnen, wird der Dateiauswahlbalken mit den Cursortasten auf dem entsprechenden Objekt positioniert. Durch Druck auf die SPACE-Taste wird das angewählte Objekt der im oberen Fenster aktiven Skala zugeordnet beziehungsweise eine zuvor erfolgte Zuordnung aufgehoben. Die einer Skala zugeordneten Objekte werden durch inverse Darstellung angezeigt. Das untere Fenster kann durch Betätigung von PAGEUP oder ESC verlassen und somit zum oberen Fenster zurückgewechselt werden. Das gesamte Menü kann aus dem oberen Fenster mittels ESC beendet werden.

0) STANDARD.FRQ 1) A_BEWERT.PEG 2) LS_1.IMP 3) LS_1.PEG 4) EV_SENT.FRQ 5) LS_1.PHI

Übersicht der Tastenfunktionen im Skalierungsfenster

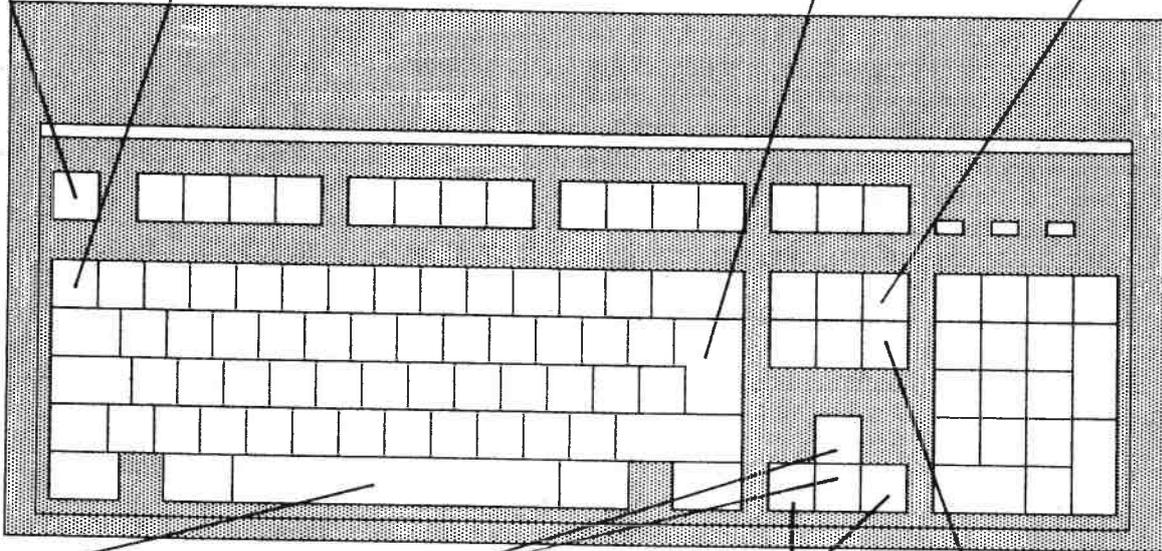
ESC verläßt das Skalierungsfenster

TAB schaltet zwischen automatischer und manueller Skalierung um

Die Zifferntasten dienen der Eingabe der Skalenendwerte bei manueller Skalierung

PAGE UP schaltet ins Parameterfeld

RETURN bestätigt eine Eingabe



LEERTASTE dient zur Selektion eines Objektes

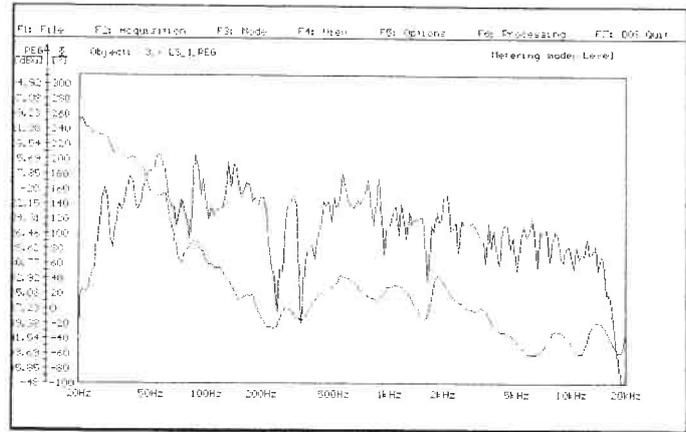
CURSOR UP und DOWN ermöglicht die Auswahl der Skalenzeile, auch "Frequenzbereich"

CURSOR LINKS und RECHTS dient der Auswahl der Einheit im oberen Fenster und zur Auswahl des Objektes im unteren Fenster

PAGE DOWN schaltet in die Objektauswahl

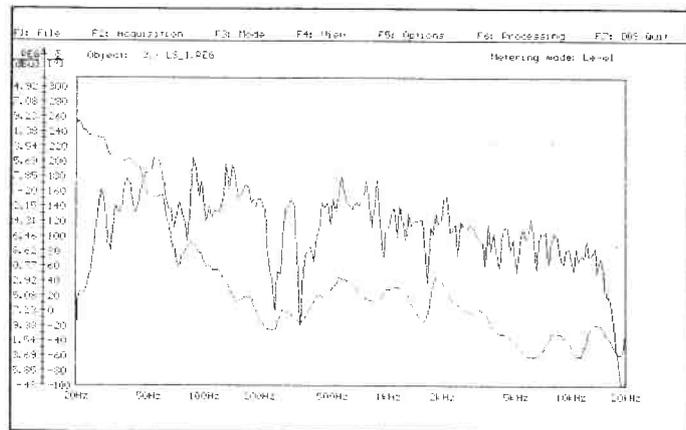
F3: Grid (Raster ein / Raster aus)

bestimmt, ob den Meßkurven ein Raster hinterlegt wird oder nicht. Die Umschaltung erfolgt bei jedem Aufruf.

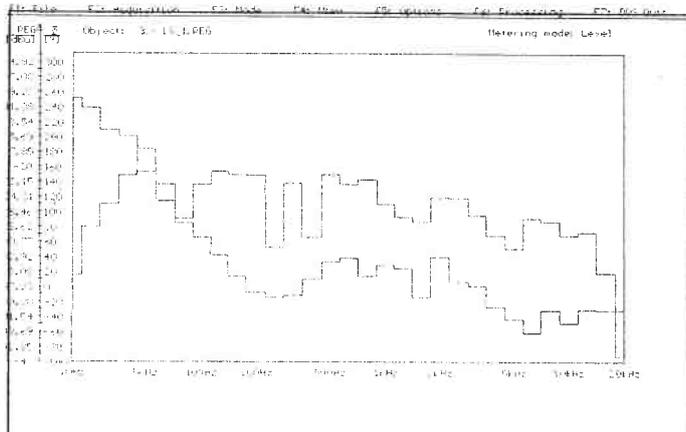
**F4: Large plot (großer Plot)**

Schaltet zwischen Graphikdarstellung mit maximaler Y-Auflösung (großer Plot) und verminderter Y-Auflösung, aber dafür mit Sicht auf die wichtigsten Objektparameter (kleiner Plot, quasi "Neutrik-Schreiber-Format") um.

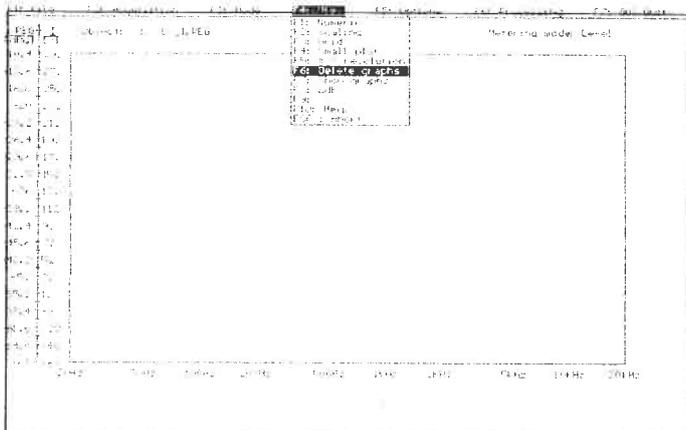
Die Darstellung als großer Plot bietet maximale Genauigkeit in Y-Richtung.

**F5: X-resolution (X- Auflösung)**

gestattet es zwischen den X-Rastern der Darstellung -bei Pegelmessungen also 1/20 Oktav, 1/9 Oktav und 1/1 Oktav- umzuschalten. Das Bild zeigt eine Darstellung mit einer X-Auflösung von 1/9-Oktav". Wichtig ist, daß die Meßwerte der Objekte nicht verändert werden, sondern nur die Graphen der Objekte dem gewähltem Raster entsprechend gezeichnet werden. Außerdem ist es selbstverständlich, daß die Darstellungsgenauigkeit nicht besser sein kann als die der Messung: haben Sie ein Objekt mit 1/9-Oktavraster aufgenommen, so hat es in der 1/20-Oktavdarstellung auch nur eine Anzeigegenauigkeit von 1/9 Oktaven.

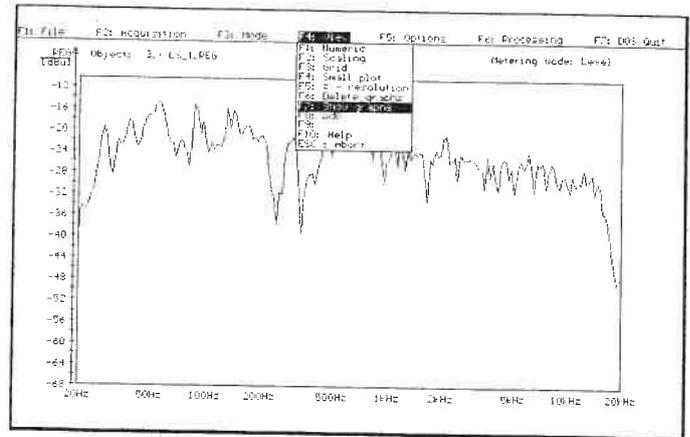
**F6: Delete Graphs (Kurven Löschen)**

Löscht alle dargestellten Graphiken des Bildschirmes. Soll bei einer Messung der entstehende Graph alleine verfolgt werden, so kann auf diese Weise der Graphikschirm gelöscht werden, ohne alle Skalen ausschalten zu müssen.



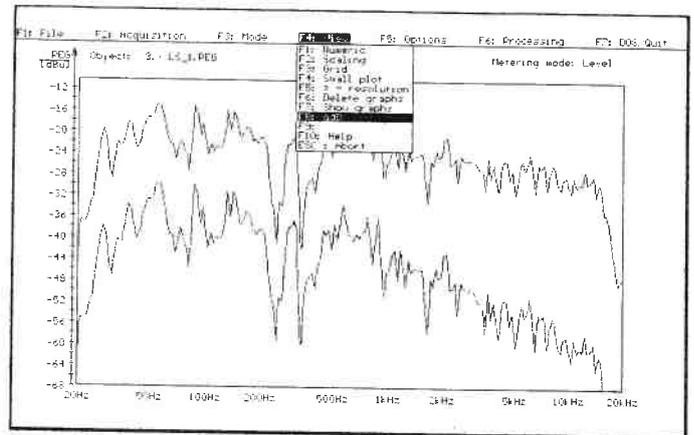
F7: Show Graphs (Kurven darstellen)

aktualisiert den Bildschirm gemäß der im Menü F4 definierten Skalen. Auf diese Art können, beispielsweise nach einer Messung, die zuvor aktiven Skalen wieder eingeblendet werden. Ist außerdem nur das aktuelle Objekt der Skala 1 zugeordnet, was nach einer Messung automatisch der Fall ist, so kann man das Meßobjekt mit zuvor aufgenommenen Kurven vergleichen.

**F8: Δ dB**

"dB" ist der normale Darstellungsmodus von AMS-PC: In diesem werden alle Objekte einer Skala entsprechend ihren absoluten Werten ausgegeben. " Δ dB" hingegen aktiviert die Ausgabe der Kurven von Skala 1 in relativer Darstellung: nach Eingabe einer Bezugsfrequenz und des Differenzpegels bei dieser Frequenz werden die Kurven mit dem eingegebenem Abstand (also dem Differenzpegel) zueinander dargestellt.

Das Bild zeigt Frequenzgänge eines Hochtontreibers in dB-Darstellung, aus verschiedenen Winkeln aufgenommen".

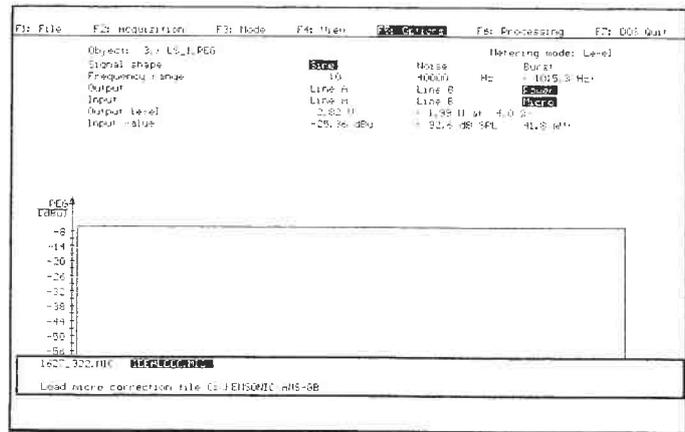


Die Beschriftung der Y-Achse dient dabei nicht der Angabe eines absoluten Pegels, sondern stellt die relativen Pegel zur obersten Kurve dar. Diese Darstellungsart ist im besonderem dazu geeignet, Frequenzgänge von Mehrspur-Tonbandgeräten in einer Grafik darzustellen.

ACHTUNG: " Δ dB" ist nur in den Messarten aktivierbar, die auch absolute Pegel in dB ermitteln, also bei Pegelmessung und Tape-Messung.

F1: Load microphone calibration (Mikrofonkorrektur laden)

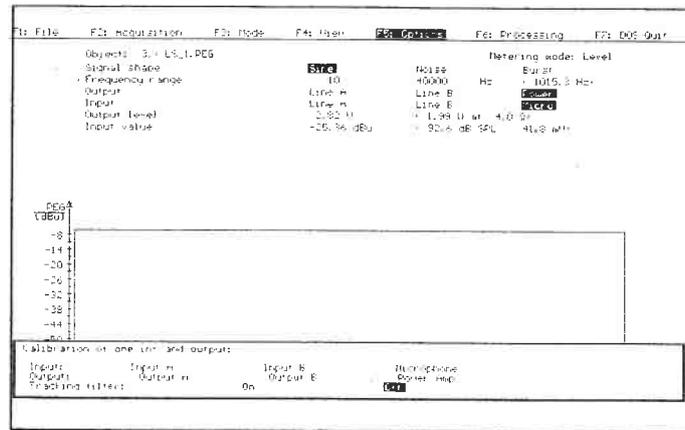
ermöglicht es, z.B. bei Benutzung verschiedener Mikrophone, eine zuvor durch KEMSONIC erstellte Korrekturdatei für den Frequenzgang des Mikrophones zu laden.



F2: AMS-PC calibration

Da der Analogteil von AMS-PC sich im Laufe der Zeit in geringen Grenzen in seinen Eigenschaften verändern kann, ist es mittels dieses Menüpunktes möglich, eine Kalibrierung vorzunehmen, um eine konstante Qualität der Meßergebnisse zu erreichen. Der Kalibriervorgang dauert etwa 4 Minuten und ist für die aktuelle Meßart (Pegel/Tape, Impedanz/Thiele-Small oder Phase), das Ein/Ausgangs-Paar und den Status des Mitlauffilters (An/Aus) gültig.

Die Kalibrierung wird im Kapitel 3 detailliert erläutert.



F3: Load calibration file

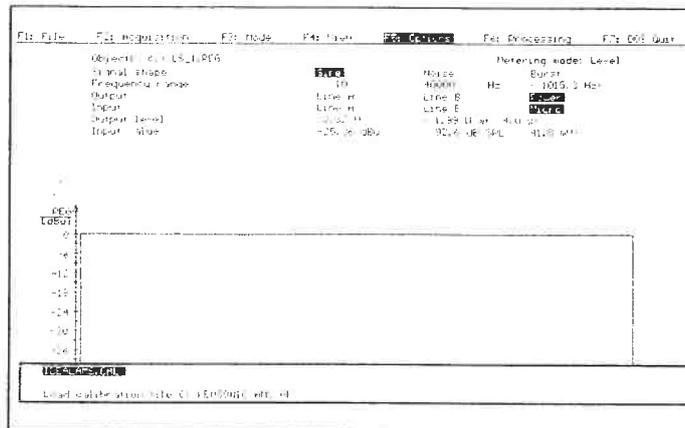
dient dazu, eine auf die oben beschriebene Weise erstellte Kalibrierdatei zu laden.

F4: Objekt to calib.file

wandelt ein normales Meßobjekt zu einem Kalibrierfile.

F5: mikrophone level calibration (Mikrofonpegelkorrektur)

Dient der Erstellung von Pegel-Korrekturdateien des Mikrofons und

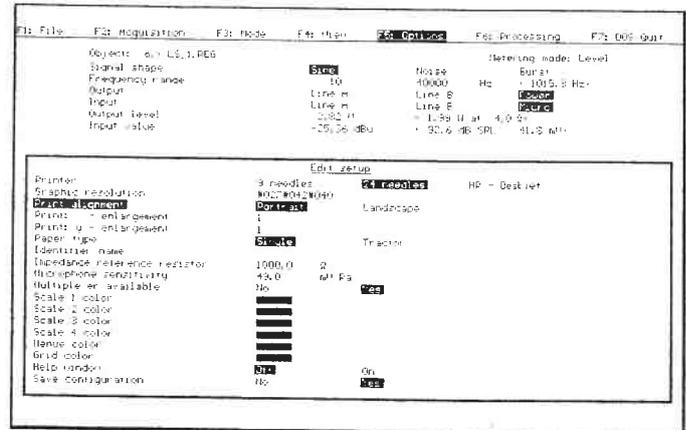


F6: mikrophone phase calibration (Mikrofonphasenkorrektur)

Dient der Erstellung von Phasen-Korrekturdateien des Mikrofons. Beide Menüs sind für den Anwender nicht sinnvoll einzusetzen, da die akustischen Bedingungen der Messungen schwer zu realisieren sind.

F6: Setup

gibt Ihnen die Möglichkeit, Parameter zur Bildschirmdarstellung und Druckerausgabe sowie der angeschlossenen Peripherie zu beeinflussen. Einige dieser Parameter können auch schon bei der Installation definiert werden. Hier die Parameter und ihre Bedeutung, soweit Sie nicht schon in der Beschreibung des Installationsprogrammes behandelt wurden:

**Setup-Parameter**

DRUCKER, PAPIERART, KENN-NAME, IMPEDANZ-REFERENZ-WIDERSTAND: entsprechen den Funktionen in INSTALL.EXE.

AUFLÖSUNG: heißt im Installationsprogramm "INITIALISIERUNGSCODE"

X-VERGRÖßERUNG, Y-VERGRÖßERUNG: bestimmt bei Nadeldruckern die Spreizung der Grafik in X- bzw. Y-Richtung, also die Größe und Proportionen des Grafikausdruckes. Für 24-Nadeldrucker schlagen wir als Wert für x * und für y * vor, bei 9-Nadeldruckern entsprechend * für x und * für y.

MULTIPLEXER: hier teilen Sie dem Programm mit ob ein Multiplexer angeschlossen ist.

SKALA 1-4 FARBE: bestimmt die Farbe der jeweiligen Skala.

MENÜ-FARBE: Schriftfarbe der Untermenüs.

RASTER-FARBE: Farbe des Graphikrasters.

HILFEFENSTER: Ist hier "Ein" aktiviert, so werden in jedem Menü die Funktionen der zur Bedienung notwendigen Tasten in einem separaten Fenster angezeigt.

DRUCKAUSRICHTUNG: beschreibt die Orientierung der Grafik auf einem "normal" gehaltenem DIN A4 Blatt. Dementsprechend liegt bei "horizontal" die X-Achse parallel zur kurzen Blattseite, bei "vertikal" die Y-Achse.

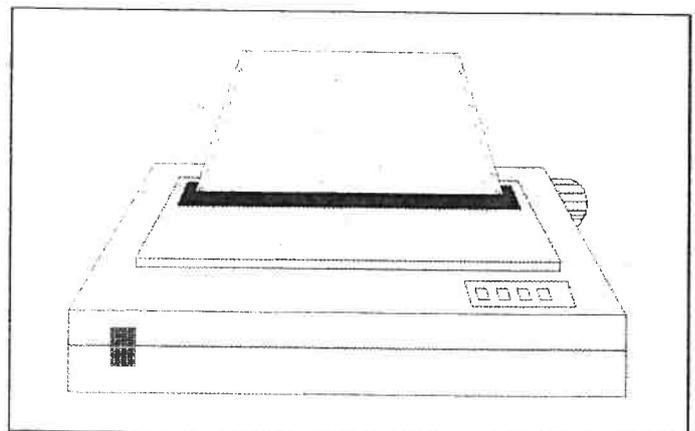
MIKROFON-EMPFINDLICHKEIT: hier können Sie den Übertragungsfaktor (in mV/Pa, 1Khz) eines angeschlossenen Mikrophones eingeben. Auf Basis dieser Angabe werden elektrische Pegel (Volt) in den absoluten Schalldruckpegel (dB SPL) umgewandelt.

KONFIGURATION SPEICHERN: Wird hier "Ja" angewählt, so werden mit dem Verlassen dieses Menüs die Vorgenommenen Einstellungen in der Datei CONFIG.AMS gespeichert und sind somit beim nächsten Programmstart aktuell.

BEMERKUNG: Die Parameter zur Farbeinstellung sehen Sie nur, wenn AMS-PC für ein Farbfähige Grafikkarte installiert ist.

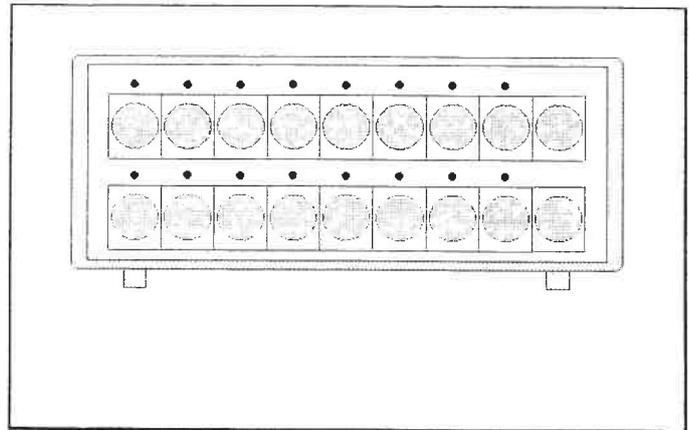
F7: Print Plot (Grafik drucken)

druckt die Grafik des aktuellen Bildschirms und im Anschluß daran, nach Abfrage, die Messbedingungen und Messwerte zu den Objekten der Grafik aus. Der Ausdruck kann, einzeln für Grafik, Messbedingungen und Messwerte, mit "ESC" gestoppt werden. Das Druckergebnis hängt dabei von den in F5/F6: SETUP gewählten Parametern ab.

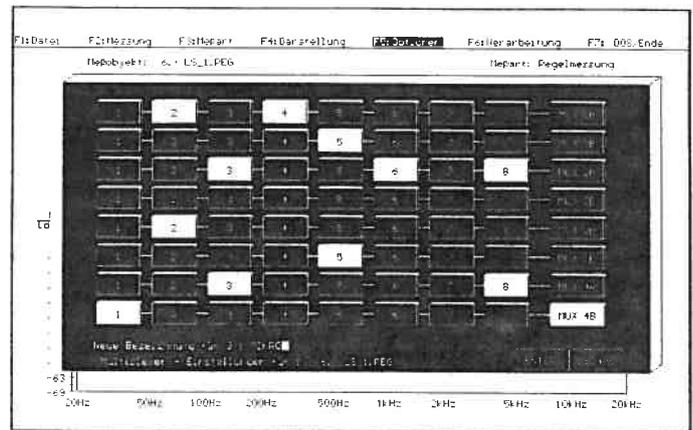


F8: Multiplexer

organisiert die Steuerung von bis zu 4 anschließbaren Multiplexern vom Typ 1642. Das Menü beginnt mit der Auswahl eines Objektes, welches mit der zu erstellenden Multiplexerkonfiguration verknüpft wird. Das Multiplexer-Objekt wird analog zur Auswahl des aktuellen Objektes (F2/F5) selektiert. Nach der Bestimmung des Multiplexer-Objektes werden die Parameter für den Multiplexer eingegeben.



Nun können Sie die Zuordnung der 8 Eingänge eines Multiplexers auf die Multiplexerausgänge (a oder b) vornehmen. Mit den **CURSOR UP** und **CURSOR DOWN** Tasten wählen Sie dabei einen Ausgang (Zeilen) an. Durch drücken der Tasten "1" bis "8" schalten Sie dabei zwischen den Einschaltzuständen. Ein eingeschalteter Eingang wird dabei in Schwarz dargestellt.

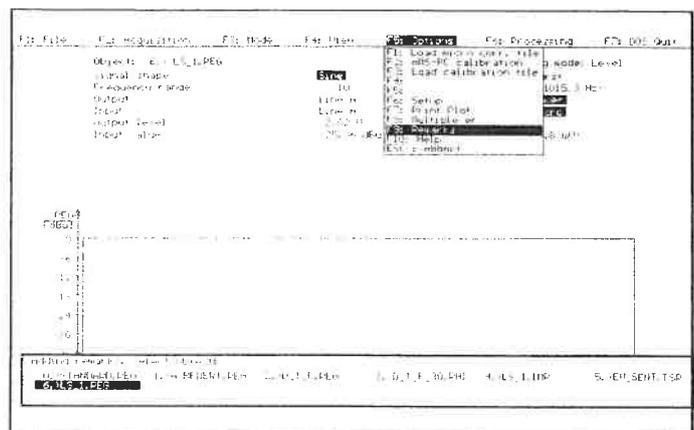


Um die Multiplexerkanäle mit einem Namen (6 Zeichen) zu belegen, schalten Sie durch gleichzeitiges drücken von **"ALT"** und **"E"** in den **Editiermodus**. Mit einer der Tasten "1" bis "9" wählen Sie dann den Multiplexerkanal an, der beschriftet werden soll. Bestätigen Sie die Eingabe mit **RETURN**, so wird der neue Name für diesen Kanal übernommen.

Quittieren Sie mit **ESC**, so wird die Änderung ignoriert. Nach erfolgter (oder verworfener) Namenseingabe befinden Sie sich automatisch wieder im Normalmodus dieses Menüs. Um weitere Kanäle zu benennen, müssen Sie für jeden Kanal einzeln in den Editiermodus schalten. Haben Sie alle Einstellungen vorgenommen, können Sie das Menü auf zwei Arten verlassen: mit **RETURN**, um die Einstellungen zu übernehmen, oder mit **ESC**, um sie zu verwerfen. Danach befinden Sie sich wieder im Objekt-Auswahlfenster, welches Sie mit **ESC** verlassen!

F9: Remarks (Notizen)

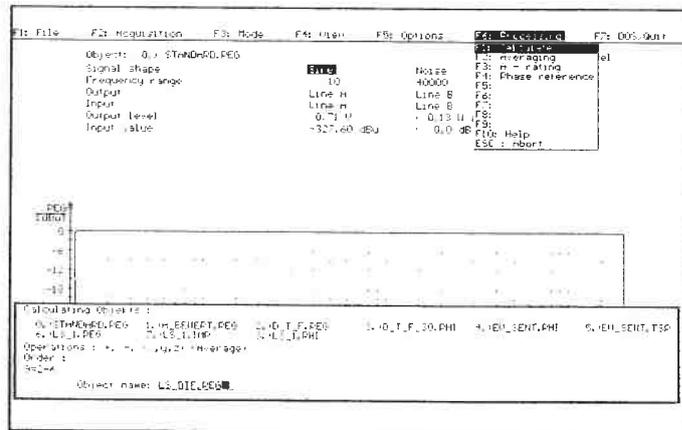
Hier können Sie zu jedem sich im Speicher befindlichem Objekt Notizen von 10 Zeilen mit 61 Zeichen eingeben. Über das oben erwähnte Objekt-Auswahlfenster selektieren Sie das Objekt, zu dem Notizen eingegeben oder dessen Notizen editiert werden sollen. Haben Sie ein Objekt selektiert, befinden Sie sich direkt im Text-Editor. Über die Tastatur geben Sie, den Text ein. Die Schreibposition können Sie dabei, innerhalb beschriebener Bereiche, mit den Cursortasten bestimmen. Weiterhin können Sie besondere Stellen im Textfenster durch verschiedene Tasten direkt erreichen: Durch HOME bewegen Sie den Cursor auf die erste Spalte einer Zeile, durch END auf die Letzte. PAGE UP und PAGE DOWN springen auf die erste bzw. letzte Zeile des Textes.



Die Meßwertverarbeitung muß von der Bearbeitung der Meßwerte zum Zwecke der Bildschirmdarstellung (also beispielsweise der Terzrasterung) unterschieden werden. Die Weiterverarbeitung erzeugt berechnete Meßwerte. Im Gegensatz dazu ändern die Darstellungsoptionen nichts an den gespeicherten Meßwerten. Die Weiterverarbeitung basiert auf dem Modell eines Taschenrechners. Eine beliebige Anzahl von Objekten wird gemäß einer vom Anwender definierten Rechenvorschrift verrechnet und das Endergebnis in einem neuen Objekt abgelegt. Stimmen die Frequenzmeßbereiche der Ausgangsobjekte nicht überein, so kann die Berechnung nur im gemeinsamen Bereich vorgenommen werden, in dem beide Datensätze definiert sind. Da sich die Datenstruktur der berechneten Objekte nicht von der einer gemessenen unterscheidet, kann der Ursprung der Meßwerte nur aus der Historie der Objekte, die im Commands-Feld der Datenstruktur gespeichert ist, entnommen werden. Während bei gemessenen Objekten Datum und Uhrzeit der Messung stehen, wird bei berechneten Objekten die Rechenvorschrift im Klartext abgelegt. Bis auf die Einschränkung, daß nur Objekte gleicher Meßarten miteinander verrechnet werden können, bleibt dem Anwender bei der Definition der Rechenvorschrift jede Freiheit.

F1: Calculation (Rechnen)

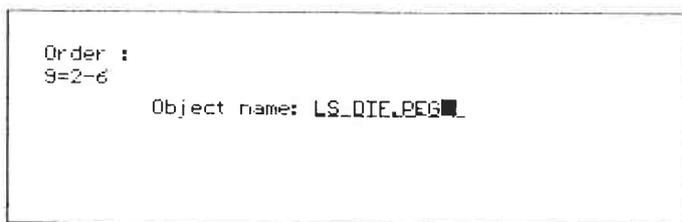
Diese Funktion erlaubt es, die Meßwerte von Objekten gleicher Meßart, unter Anwendung der Summen-, Differenz- oder Mittelwertbildung, miteinander zu verrechnen und in einem frei bestimmtem Objekt abzulegen. Auf diese Weise kann man z.B. bei akustischen Messungen an Lautsprechern den Störfaktor "Raum" berücksichtigen, indem man, vor der Durchführung der eigentlichen Messungen, den Raum alleine mißt und dann, nach der Aufnahme der Lautsprecherfrequenzgänge, dieses Meßobjekt von den Lautsprecherobjekten subtrahiert.



Durch **Addition** mehrerer Kurven und anschließende Teilung durch deren Anzahl läßt sich eine Mittelung erreichen- z.B. bei Raummessungen, wo bedingt durch Reflektionen an jedem Ort ein anderer Frequenzgang entsteht. Die Mittelung einer Vielzahl von Messungen an verschiedenen Stellen im Raum ergibt den Frequenzgang einer "Hörfläche".

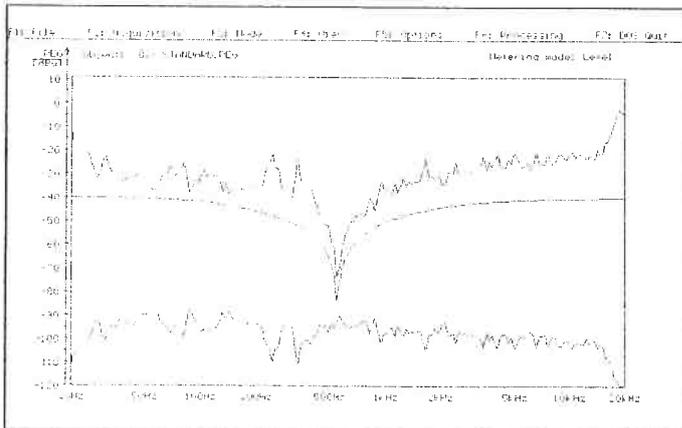
Die **Differenzbildung** dagegen ermöglicht äußerst elegant die Messung des Übertragungs- Frequenzganges von z.B. Mikrofonen. Es wird mit einem Referenzmikro guter Linearität und dem zu messenden Mikro jeweils der Frequenzgang eines beliebigen Lautsprechers aufgenommen. Die Differenzbildung dieser beiden Kurven bringt dann den Frequenzgang des Mikros.

Die Syntax zur Berechnung des Ergebnisobjektes ist in der nebenstehenden Abbildung dargestellt. Zu beachten ist, daß bei einem "neuen", also bis dahin noch nicht existentem Objekt, zusätzlich zum Namen des Objektes auch der Extender der Meßart angegeben werden muß.



Weiterhin ist zu beachten, daß selbstverständlich nur gleichartige Meßobjekte miteinander verrechnet werden können.

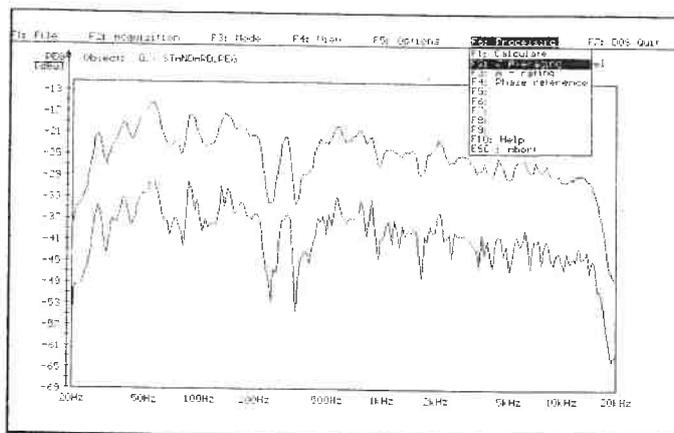
Das Bild zeigt die Differenzbildung zweier Frequenzgänge



F2: Averaging (Mittelung)

Durch diese Funktion werden bei den zur Anzeige ausgewählten Meßobjekten jeweils drei nebeneinander liegende Meßwerte gemittelt und statt der tatsächlichen Werte angezeigt. Die auf diese Weise ermittelten Werte werden jedoch nicht mit den Meßwerten gespeichert, sondern dienen nur der Glättung der Darstellung bei extrem unruhigen Kurvenverläufen.

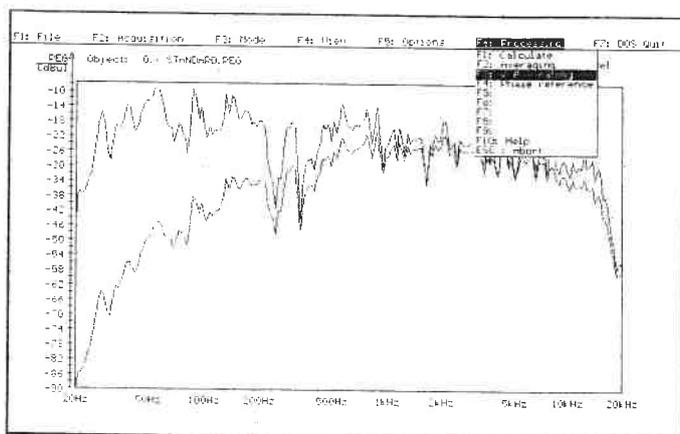
Zwischen gemittelter und unbeeinflusster Kurve wird mittels RETURN hin und her geschaltet. Ist die Mittelung aktiv, wird dies durch ein Häkchen im Menüeintrag gekennzeichnet.



F3: A-rating (A-Bewertung)

legt eine A-Bewertung gemäß DIN IEC 651 über die zur Anzeige angewählten Funktionen. Dabei ist zu beachten, daß sich die Bewertung nur auf die Darstellung der Kurven und nicht auf die Meßwerte selbst bezieht. Soll ein Objekt mit A-bewerteten Meßwerten erzeugt werden, so kann dazu das mit der Software ausgelieferte Objekt "A-BEWERT. PEG" geladen und mittels "F6/F1: Rechnen" per Addition der Objekte ein solches erzeugt werden.

Gewechselt wird zwischen aktivierter und deaktivierter A-Bewertung durch RETURN. Ist die A-Bewertung aktiv, wird dies durch ein Häkchen im Menüeintrag gekennzeichnet.



F4, Phase-reference (Phasenreferenz)

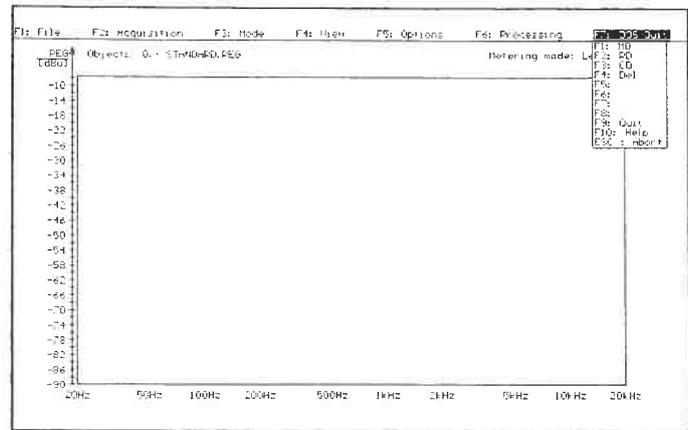
ist eine Option der Phasenmessungs-Verarbeitung und wird bei "Anwendung, Phasenmessung" beschrieben.

Bei Neustart von AMS-PC werden die zuletzt aktuellen Einstellungen von F6/F2 und F6/F3 restauriert.

F1, MD (make directory)

Dieser Punkt ermöglicht es, aus dem laufendem Programm heraus, ein neues Verzeichnis (Directory) zu erstellen. Im Dialogfenster des Bildschirms wird das aktuelle Verzeichnis dargestellt und nach dem Namen des neuen Verzeichnisses gefragt.

Das neue Verzeichnis wird im jeweils aktuellem Verzeichnis angelegt. Der Name des neuen Verzeichnisses muß den Bezeichnerkonventionen von DOS entsprechend gewählt werden.

**F2, RD (remove directory)**

ermöglicht es, ein Verzeichnis vom Datenträger zu entfernen. Befinden sich im aktuellem Verzeichnis mehrere Unterverzeichnisse, so kann eines davon mit den Cursor-Tasten links/rechts selektiert werden. Dieses Verzeichnis wird nach drücken von Return, ohne Sicherheitsabfrage, gelöscht, sofern die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind :

1. Weder das Verzeichnis noch der Datenträger (Festplatte/Floppy) sind schreibgeschützt.
2. Das Verzeichnis ist leer, d. h., daß sich weder Verzeichnisse (auch leere) noch Dateien darin befinden.

Sollte eine dieser Bedingungen nicht erfüllt werden, so wird die Operation mit Ausgabe einer Fehlermeldung (DOS-Fehler #5) abgebrochen.

F3: CD (change directory)

Hier wird die Auswahl des neuen aktuellen Meßobjekt-Verzeichnisses vorgenommen. Der Wechsel erfolgt durch Anwählen des gewünschten Verzeichnisses mit den Cursor-Tasten und anschließendem Return.

Wie unter DOS üblich, wird die nächsthöhere Verzeichnisebene durch ".." gekennzeichnet. Haben Sie die gewünschte Verzeichnisebene erreicht, können Sie mit Escape zum Programm zurückkehren.

F4: DEL (delete file)

Im Gegensatz zu F2 (RD), kann hier eine Datei gelöscht werden. Um eine Datei zu löschen, müssen zwei Fälle unterschieden werden.

- 1) Die Datei befindet sich im aktuellem Verzeichnis. Die Datei wird mittels der Cursor-tasten angewählt. Mit Return wird die Datei nach einer nochmaligen Bestätigungsaufforderung gelöscht. Escape verläßt das Menü ohne Auslösung einer Aktion.
- 2) Die Datei befindet sich in einem anderem als dem aktuellem Verzeichnis.

Um in das Verzeichnis zu gelangen, in dem sich die zu löschende Datei befindet, werden diesmal die Verzeichnisse, erkennbar an einem Backslash (\), mittels Cursor-Tasten selektiert. Mit Return wird in das selektierte Verzeichnis gewechselt. Ist man auf diese Weise im Zielverzeichnis angelangt, so kann dort die Datei, wie unter 1) beschrieben, gelöscht werden. Bricht man hier jedoch mit Escape ab, so bleibt das Verzeichnis, in dem man sich zu diesem Zeitpunkt befindet, das aktuelle Verzeichnis. Alle weiteren Dateioptionen (Laden, Speichern, Export, ...) beziehen sich damit auf dieses Verzeichnis! Die Wirkung entspricht in diesem Fall also dem Menü F3: CD.

F9: Ende

Wird die erscheinende Dialogbox mit "J" beantwortet, so wird das Programm, ohne automatische Speicherung neu erstellter oder veränderter Objekte verlassen und zu DOS bzw. der aktiven Shell zurückgekehrt.

Ist in F5/F6 -Setup unter Konfiguration speichern "Ja" angewählt, so werden folgende Einstellungen gespeichert und bei Neustart automatisch geladen:

In der Datei "SETUPBOX.AMS":

- Die letzte Einstellung der Parameter aller Meßarten
- Die letzte Einstellung der Skalierungs-Parameter

In der Datei "CONFIG.AMS" :

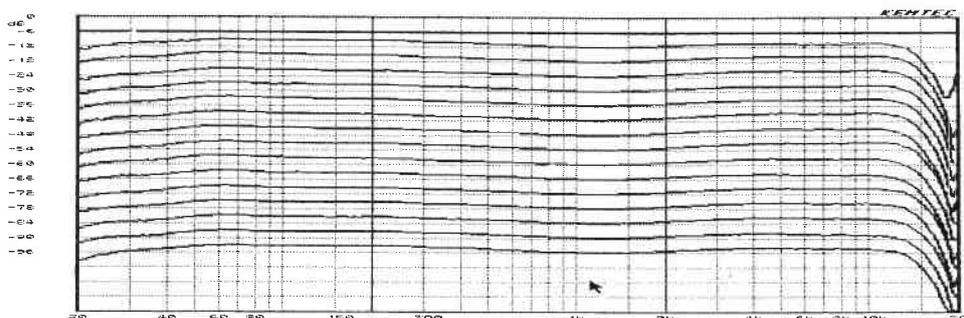
- Das aktuelle Meßobjekt
- Die Kalibrier-Dateien
- Die Mikrofon-Empfindlichkeit
- Der Kenn-Name
- Die Drucker-Einstellungen
- Der Impedanz-Referenzwiderstand
- Die Farben der Skalen
- Die Aktivierung der Hilfefenster für die Tastaturbedienung
- Die Aktivierung der Mittelung
- Die Aktivierung der A-Bewertung
- Die Anzahl der Kurven bei Dauermessung
- Frequenz und dB-Wert für die "ΔdB"-Darstellung
- Die Präsenz des Multiplexers

3.

Pegel und Pegelmessung

Technische Darstellung auf logarithmischen Papier

In der Audiotechnik werden häufig Pegelfrequenzgang (Pegel über Frequenz) benutzt. Hierbei handelt es sich um eine doppellogarithmische Darstellung. Somit ist es möglich, auf der x-Achse die Frequenzen von 20Hz–20kHz darzustellen. Man stelle sich vor, wie breit die Darstellung ausfallen würde, wenn man an dieser Stelle eine lineare Teilung vornehmen würde. Die y-Achse hat graphisch gesehen eine lineare Teilung, ist aber trotzdem logarithmisch, da sie in dB beschriftet ist.



Frequenzgänge einer 16-Spur Maschine

Das Dezibel

Übertragungsverlust (Dämpfung) oder Verstärkung in einem System werden gewöhnlich in Dezibel angegeben. Eigentlich ist die Basisgröße das Bel (nach Alexander Graham Bell) und die Belzahl gleich dem Logarithmus zur Basis 10 des Verhältnisses der Leistungen in dem System (z.B. Ausgangsleistung zu Eingangsleistung). Das Dezibel ist 1/10 Bel mit der Kurzschreibweise dB. Man multipliziert also das logarithmische Verhältnis mit 10, um auf einen umgänglicheren Zahlenwert zu kommen, da sonst der Zahlenwert in Bel sehr klein dargestellt wäre. Dabei ist zu beachten, dass dB keine Einheit, sondern eine dimensionslose Größe mit der Einheit 1 ist! Seien P_1 und P_2 die Eingangs- bzw. die Ausgangsleistungen eines Systems, dann gilt:

$$\text{Dezibelzahl} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

Ein positive Dezibelzahl ($P_2 > P_1$) stellt eine Verstärkung, eine negative Dezibelzahl ($P_2 < P_1$) stellt eine Dämpfung dar. Für den Begriff Dezibelzahl verwendet man die Bezeichnung Pegel mit dem Kurzzeichen L (engl. Level). In der elektrischen Meßtechnik unterscheidet man gewöhnlich zwischen Leistungs- und Spannungspegeln (L_P u. L_U). Wird z.B. eine Spannungsverstärkung in dB angegeben, so spricht man auch von dem Spannungsverstärkungsmaß. Der Quotient U_2/U_1 wird als Spannungsverstärkungsfaktor bezeichnet.

Allerdings findet man auch nichtelektrische Größen als Pegelangaben. Bei der Definition dieser Pegel ist zu unterscheiden, ob es sich beispielsweise um um "lineare" Schallfeldgrößen, wie Druck p oder Schnelle v handelt – oder um deren Produkte, deren Quadrate oder daraus abgeleiteten "quadratische" oder "energetische" Größen, also Intensität, Leistung oder Energie. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen relativen und absoluten Pegeln.

Relativer Spannungspegel

Spannungspegel werden aus den Leistungspegeln abgeleitet:

$$P = U \cdot I \quad \text{und} \quad I = \frac{U}{R} \quad \Rightarrow \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Einsetzen in die Formel für den Leistungspegel:

$$L_{U,rel} = 10 \cdot \lg \frac{\frac{U_2^2}{R_2}}{\frac{U_1^2}{R_1}} = 10 \cdot \lg \frac{U_2^2 \cdot R_1}{U_1^2 \cdot R_2} = 10 \cdot \lg \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 + 10 \cdot \lg \frac{R_1}{R_2}$$

Summand 1 Summand 2

Geht man nun von Leistungsanpassung aus, so gilt $R_1 = R_2$. Daraus folgt, daß der Summand 2 gleich Null wird. Somit gilt für den relativen Spannungspegel:

$$L_{U,rel} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$$

mit: $x = \lg b^2 = \lg b \cdot 2 = \lg b + \lg b = 2 \cdot \lg b$

Absoluter Spannungspegel

Analog zu den absoluten Leistungspegeln wird auch bei den Spannungen eine Bezugsgröße festgesetzt. In der Tonstudioteknik findet man zwei Bezugsspannungen 1V und 775mV. Die Definition lautet:

$$L_{U,abs} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_{bez}}$$

dB_m, dB_u, dB_V, dB_v und dB_{SPL}

Die "Anhänger" an das Dezibel, sprich die Indizes spielen auch in der Tonstudioteknik eine wesentliche Rolle. Oftmals werden sie falsch benutzt und geben Anlaß zur Verwirrung. Die Pegelangabe dB_m ist ein Leistungspegel, dessen Wert für 0dB einer Leistung von 1mW entspricht (also Bezugsleistung ist 1mW). Der Index m stammt also von der Bezugsgröße Milliwatt! Das hat seinen Ursprung im Postbereich. Dabei wird davon ausgegangen, daß eine Telefon-Freileitung einen Wellenwiderstand $Z_0 = 600\Omega$ besitzt. An diesem Normalwiderstand wird die Leistung $P_0 = 1mW$ (Postmikrofon) gerade erzeugt durch eine Spannung von $U_0 = 774,46mV$, denn es gilt:

$$P_0 = \frac{U_0^2}{Z_0} = \frac{(0.775V)^2}{600\Omega} = \frac{0.6V^2}{600\Omega} = 1mW$$

Die Angabe dB_m gilt also immer für einen bestimmten Abschlußwiderstand. Allerdings ist anzumerken, daß das nicht immer 600 Ohm sein müssen. In der HF-Technik bezieht man dB_m meist auf einen Wellenwiderstand von 50 Ohm oder 75 Ohm (Antennenanpassung).

In der Tonstudioteknik rechnet man aber für gewöhnlich mit Spannungen. Also ordnet man dem Wert 0dB einfach den Spannungswert 775mV zu, ohne daß Leistung und Widerstand berücksichtigt werden! Der Index darf dann aber nicht mehr "m" heißen, sondern er muß mit dem Buchstaben "u" (für Spannung stehend) benannt werden.

Eine weitere Bezugsspannung in der Tonstudioteknik ist die Spannung 1V. Der Pegel heißt dann dB_V. Diese Angabe findet man oft bei japanischen Herstellern (Pegel an Chinch-Buchsen $-10dB_V = 316mV$).

Einige englische Hersteller von Audiogeräten benutzen den Index "Klein-V", also dB_v. Dieses bedeutet allerdings, daß diese Angabe gleichbedeutend mit dB_u, und nicht mit dB_V zu verwechseln ist.

Der Funkhauspegel in Rundfunkanstalten beträgt $+6dB_u = 1,55V$ bezogen auf 775mV. Englische Hersteller bieten ihre Geräte mit einem Arbeitspegel von $+4dB_u = 1,23V$ an; ebenfalls bezogen auf 775mV. Es sei an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß $+6dB_u$ und $+4dB_u$ Arbeitspegel ihrerseits als Vollaussteuerung - also gleich 100% - anzusehen sind. Diese 100% werden dann wieder gleich 0dB gesetzt und auf den betriebsinternen Meßgeräten entsprechen dann $0dB = +4dB_u$ oder $+6dB_u$.

In der Schallmeßtechnik wird der absolute Schalldruckpegel in dB_{SPL} angegeben. Die Abkürzung SPL steht für Sound Pressure Level. Bezugsgröße in diesem Fall ist die Hörschwelle des menschlichen Gehörs. Dieser Wert beträgt $2.07 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}$ (sprich: Pascal; mit $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2=10\mu\text{bar}$). Ein häufig benutzter Vergleichswert ist 94dB_{SPL} . Dieser Schalldruckpegel entspricht einem Druck von 1Pa . Nicht mehr so oft gebräuchlich ist die Angabe 74dB_{SPL} . Die Differenz zwischen 94dB_{SPL} und 74dB_{SPL} beträgt 20dB und entspricht somit einem Verhältnis von $10:1$. Anders ausgedrückt erzielt ein absolutes Schalldruckmaß von 74dB_{SPL} einen effektiven Schalldruck von $1\mu\text{bar}$ (entspr. $0,1\text{N}/\text{m}^2$).

Addition und Subtraktion von Pegeln

Die Addition von Spannungspegeln entspricht der Multiplikation der Spannungen.

Beispiel: Zwei Spannungspegel 6dBV und 9dBV sollen addiert werden. Es gilt:

$$1\text{V} \cdot 10^{\frac{6}{20}} + 1\text{V} \cdot 10^{\frac{9}{20}} = 1\text{V} \cdot 10^{\frac{6}{20}} + \frac{9}{20} = 1\text{V} \cdot 10^{\frac{15}{20}} = 5,62\text{V}$$

oder: $2\text{V} \cdot 2,81\text{V} = 5,62\text{V}$

Praktische Formeln zur Pegelrechnung

Umrechnung dBu:

Umrechnung dBV:

$$U_2 = 775\text{mV} \cdot 10^{\frac{x \text{ dBu}}{20}}$$

$$U_2 = 1\text{V} \cdot 10^{\frac{x \text{ dBV}}{20}}$$

mit: U_1 = Eingangsspannung
 U_2 = Ausgangsspannung
 x = Wert in dB

Allgemein:

$$U_2 = U_1 \cdot 10^{\frac{x \text{ dB}_r}{20}}$$

$$U_1 = \frac{U_2}{10^{\frac{x \text{ dB}_r}{20}}}$$

Verhältnisse relativer Pegel

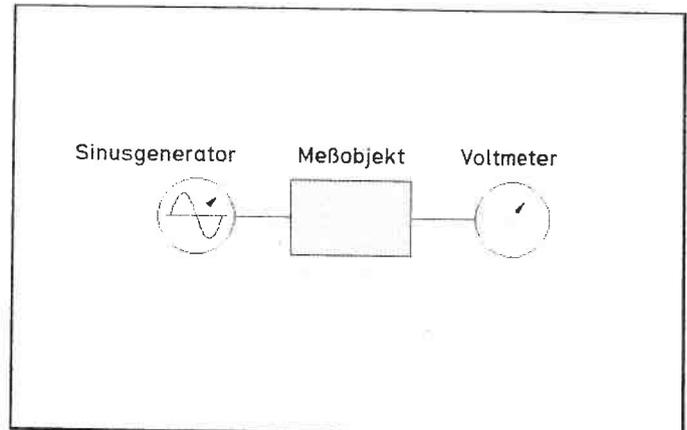
Umrechnung abs. Pegel in Spannung und Druck

Pegel	Spannung	Leistung	dBu	Spannung	dBV	Spannung
+60 dB	1000 : 1	1000000 : 1	+22	9.76V	+6	2V
+40 dB	100 : 1	10000 : 1	+12	3.09V	+3	1.41V
+20 dB	10 : 1	100 : 1	+ 8	1.95V	0	1V
+ 12 dB	4 : 1	16 : 1	+ 6	1.55V	-10	0.316V
+ 10 dB	3.16 : 1	10 : 1	+ 4	1.23V		
+ 6 dB	2 : 1	4 : 1	0	0.775V		
+ 3 dB	1.414 : 1	2 : 1	-10	0.245V		
0 dB	1 : 1	1 : 1				
- 3 dB	0.707 : 1	0.5 : 1	dB_{SPL}	Druck [1Pa=1N/m²]		
- 6 dB	0.5 : 1	0.25 : 1	140	200Pa		
- 10 dB	0.316 : 1	0.1 : 1	130	63.3Pa		
- 12 dB	0.25 : 1	0.0625 : 1	110	6.32Pa		
-20 dB	0.1 : 1	0.01 : 1	100	2Pa		
-40 dB	0.01 : 1	0.0001 : 1	94	1Pa		
-60 dB	0.001 : 1	0.000001 : 1	74	0.1Pa=1μbar = 1dyne/cm ²		
			0	2.07 · 10 ⁻⁷ Pa (Hörschwelle)		

Mit AMS-PC/ST lassen sich vor allem Frequenzgänge des Pegels (dB) elektroakustischer Systeme ermitteln. Es ist sinnvoll, sich die Funktionsweise einmal genau zu verdeutlichen.

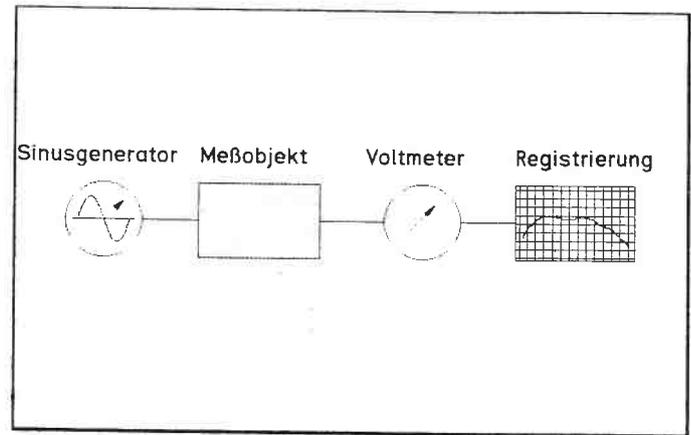
Audiomessungen mit Sinussignalen

Man erzeugt Sinusvariabler Frequenz, der in ein elektroakustisches System eingespeist wird und an dessen Ausgang dann eine Spannung bzw. ein Pegel gemessen wird. Mit hinreichender Konstanz und Klirrarmut des Generators wird sich so jede Dämpfung oder Verstärkung des Signals über der Frequenz messen lassen. Das Arbeiten im CHECK-Modus entspricht den bisher aufgezeigten Möglichkeiten.



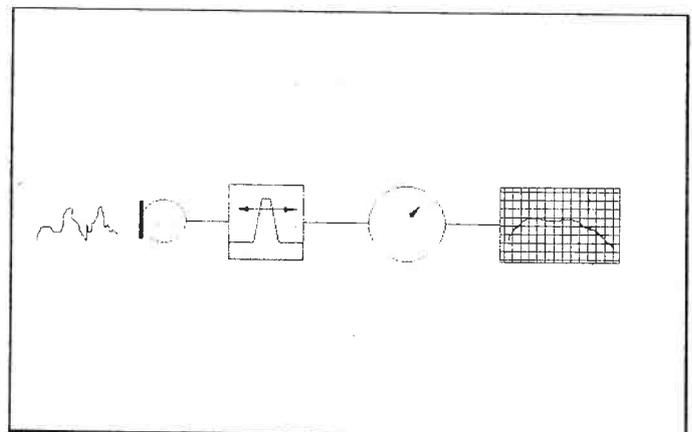
Sinus-Sweeps

Es ist natürlich noch viel interessanter, alle Eigenschaften eines Systems im Hörbereich komplett zu überblicken. Die Meßmethode läßt sich als Spannungsmessung bei gleitendem Sinus mit Registrierung beschreiben. Dazu wird nun der Sinusgenerator durchgestimmt, in unserem Fall in maximal 256 Schritten, logarithmisch zwischen 10 Hz und 40 kHz. Für jeden erzeugten Ton wird die sich einstellende Spannung gemessen und die logarithmierten Werte (dB) im RAM des Computers gespeichert sowie auf dem Bildschirm angezeigt.

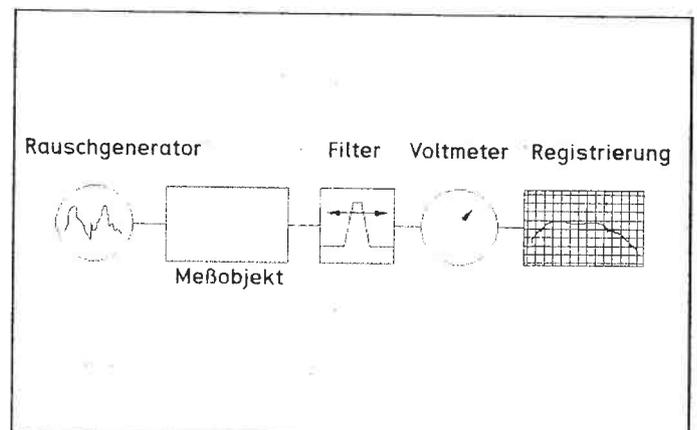


Signalanalysen

Wenn ergründet werden soll, aus welchen Tönen sich ein Signal zusammensetzt, ist das mit der Sinus-Methode nicht möglich. Das ist z.B. bei der Geräusch Filter Voltmeter Registrierung Untersuchung aller möglicher Störschwingungen oft gefordert. Hier kann man nun statt des Generators ein Filter bestimmter Bandbreite auf die interessierende Frequenz einstellen, am Ausgang des Filters läßt sich dann die Intensität des Frequenzbandes messen. Üblicherweise hat das Filter die Bandbreite einer Terz. Wird das Filter analog zum Sinusgenerator kontinuierlich durchgestimmt, läßt sich auf einer synchronen Registrierung das ganze Spektrum des Signals ablesen.



Nach der gleichen Methode läßt sich auch die Übertragungsfunktion elektroakustischer Systeme ermitteln. Es muß nur dafür gesorgt werden, daß ein Signal von bekannter spektraler Beschaffenheit in das System eingespeist wird. **Rosa Rauschen**, wie es auf der Filterkarte erzeugt wird, ist ein solches Signal, es hat im Hörbereich eine konstante relative Spektraldichte. Die Ausgangsspannung des Terzfilters ist bei jeder eingestellten Frequenz gleich. Wird es wie oben beschrieben durchgestimmt, läßt sich der Frequenzgang des Meßobjektes ermitteln. Die Methode ist vorteilhaft, wenn im interessierenden System mit der Frequenz eine Pegelsteuerung einhergeht, wie z.B. in manchen Kompressoren.



Die diversen Einstellungen zur Messung, Parameter, sollen hier anhand der Pegelmessung beispielhaft auch für die anderen Meßarten kurz beschrieben werden. Prinzipiell ist die Parametrierung so programmiert, daß nur sinnvolle Einträge akzeptiert werden. Die Burstperioden lassen sich also z.B. nur mit Burst als Generator-Signal editieren.

Object: 0.) STANDARD.PEG		Edit conditions		Metering mode: Level	
Signal shape	Sine	Noise		Burst	
Frequency range	10	40000	Hz		
Output	Line A	Line B		Power	
Input	Line A	Line B		Micro	
Modulation	Off				
Integration period	AUTO	8	16	32	64
Burst pulse time	1	2	4	8	16
Burst pause time	1	2	4	8	16
Tracking filter	Off				
Load resistance	4.0	Ω			
Phantom power	Off			On	
Micro correction	Off			On	
Frequency resolution	1/20	1/9	1/3	1/1	Octave
Output level (Power)	12	9	6	3	0
Output level (Line)	6	3	0	-3	-6
Input sensitivity	21	18	15	12	9

Zu unterscheiden ist zwischen Generator-, Eingangs- und Steuerungs-Parametern.

Generator-Parameter

Es beginnt mit der Einstellung des Anregungssignals: **Signal shape**. Die Wahl des Anregungs-Signals, Sinus, Rauschen oder Burst hängt davon ab, was und wie gemessen werden soll. Sinus ist bei allen Audio-Messungen die Referenz, weil dies Signal die klarsten Bedingungen schafft. Die beiden anderen Signalarten sind nur verfügbar, wenn die Filterkarte 16277 vorhanden ist. Das rosa Rauschen wird häufig bei akustischen Problemen gewählt. Messungen mit dem Burstsinal werden in einem eigenen Kapitel erläutert.

Das nächste ist die Auswahl des gewünschten **Output** line out A, line out B oder power amp. Lautsprecher werden üblicherweise direkt am Leistungs-Ausgang angeschlossen, dieser muß dann natürlich auch aktiv sein. Die line-Ausgänge erlauben vor allem den Anschluß elektroakustischer Geräte, auch z.B. eines Leistungsverstärkers, wenn ein Lautsprecher mit höherer Leistung als 4 W betrieben werden soll.

Die drei Ausgänge des Meßprozessors lassen sich bei den meisten Meßgrößen mit ihren entsprechenden Optionen frei anwählen. Bei anderen, z.B. der Impedanzmessung, legt das Programm eine bestimmte Konfiguration fest.

Das im Meßprozessor generierte Sinussignal kann mit 5 Hz in Terzbandbreite moduliert werden, wenn die entsprechende Option angewählt wurde. Die **Modulation** verbessert Messungen an Lautsprechern in normalen Räumen: die Welligkeit des Frequenzganges durch den Empfang von Reflektionen wird weitgehend vermieden.

Der **Output level** kann in einem Bereich von 48 dB in 3 dB Schritten eingestellt werden. Neben der Eingabezeile in den "Parametern" läßt sich auch im Checkmodus der passende Pegel wählen. Der Power Amp erzeugt eine höhere Ausgangsspannung in "dBV"- daher die eigene Zeile.

Meßoptionen

Wie beim Generator lassen sich die drei Eingänge des 1656 in der Zeile **Input** bei den meisten Meßgrößen frei belegen. Mit einer Besonderheit: Ist die **Microphone correction** aktiviert, so berechnet das Programm den Frequenzgang aus den Meßwerten und den in der Mikrofonkorrektur-Datei gespeicherten individuellen Korrekturwerten des entsprechenden KEMSONIC Micros.

Die Phantomspeisung von 12 V des Mikroeingangs ist schaltbar- **Phantom power** on oder off. Am Mikrofon-eingang kann man natürlich auch rein elektrische Messungen vornehmen. Die Phantomspeisung muß dabei abgeschaltet sein, da sonst verfälschte Meßergebnisse entstehen.

Das **Tracking filter** (Mitlauffilter) befindet sich auf der Filterkarte 16277. Es kann bei Pegelmessungen nach Belieben ein- oder ausgeschaltet werden.

Die **Input sensivity** (Eingangsempfindlichkeit oder Meßbereich) bewirkt eine Einstellung des Meß-Vorverstärkers in 3 dB Schritten. Sie dient der Anpassung der Meßschaltung an die zu messenden Pegel. Der Wert in der entsprechenden Parameter-Zeile repräsentiert den Maximalwert des Meßbereiches von 48 dB. Der Mikroeingang ist 12 dB empfindlicher als die Line-Eingänge. Dies wird automatisch umgerechnet, so daß stets absolute Pegel angezeigt werden.

AMS-PC bietet neben Frequenzgangmessungen auch die Möglichkeit der sofortigen, direkten Anzeige der Meßwerte im sogenannten Checkbetrieb. Das dient vor allem dem "Einpegeln" des Systems selbst, also der Wahl passender Leistungs- und Meßbereiche sowie zu Einstell-Arbeiten an Geräten. Der Checkbetrieb ist in den Meßarten Pegel, Impedanz und Frequenz möglich, bei letzterer sogar ausschließlich. In den anderen Meßarten wird bei Aufruf des Checkbetriebes eine Pegelmessung aktiviert. Wir beschränken uns jedoch wegen seiner wichtigen Bedeutung im Folgenden auf den Checkbetrieb bei Pegelmessung.

Der Checkbetrieb wird durch F2, F3 eingeschaltet. Der Meßprozessor beginnt zu arbeiten, am gewählten Ausgang steht das geforderte Anregungssignal an.

Wichtigstes Anzeigeelement im Checkbetrieb ist der Meßcursor, ein kleiner Kreis im Diagramm, der auf der X-Achse die angewählte Frequenz und auf der Y-Achse den gemessenen Funktionswert darstellt. Dieser wird außerdem im Statusfeld als digitaler Wert in der Zeile "Input value" ausgegeben. Die Y-Skala gibt in absoluten Pegeln den Meßbereich an.

Die übrigen Angaben im Statusfeld geben dauernd die Informationen der eingestellten Parameter.

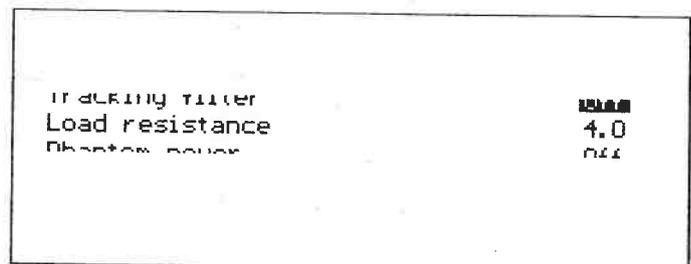
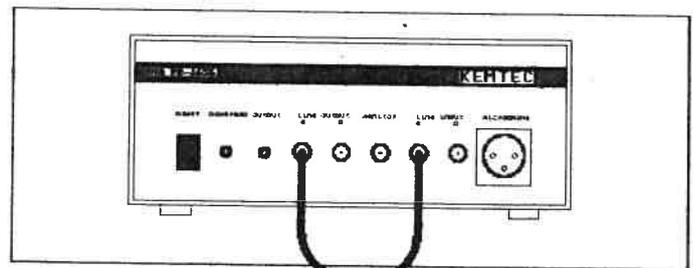
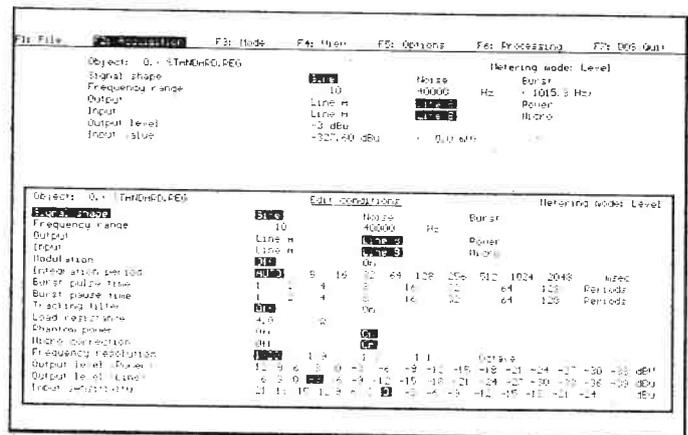
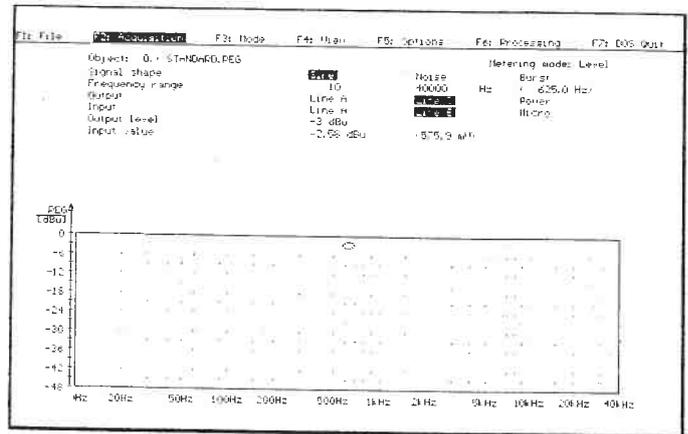
Ausgangspegel, Eingangspegel (Meßbereich) und Frequenz sind mit den Cursortasten zu bedienen. (siehe Programmschreibung AMS-PC)

Außer den Parametern zur Sweepsteuerung, Frequency range und Frequency resolution (Frequenzbereich und -Auflösung), stehen alle Einstellungen zur Verfügung und sind auch sinnvoll zu verwenden.

So ist es beispielsweise möglich und sinnvoll, das rosa Rauschen (pink noise) als Anregungssignal zu wählen. Überbrückt man Line-Output mit Line-Input (was einem Gerät mit Eins-Verstärkung entspricht), läßt sich ohne Mitlauffilter der Ausgangspegel messen. Bei kurzen Integrationszeiten wird der Meßwert etwas schwanken, weil Rauschen prinzipbedingt ein zufälliges Signal ist.

Aktiviert man das Mitlauffilter, so liegt der gemessene Pegel 16 dB unter dem Generatorpegel.

Im Checkmodus hat der Eintrag **Load resistance** seine Bedeutung. Dieser bewirkt die automatische Umrechnung von ausgegebener wie gemessener Spannung in die entsprechende Leistung. Man hat also eine sofortige Information über die Belastung eines angeschlossenen Lautsprechers bzw. im Checkbetrieb die Leistung einer Endstufe. Da die maximale Eingangsspannung von 10 V an einem Line-Input nur recht geringen Leistungen von Audio-Endstufen entspricht, wird von KEMSONIC das Dummy Load 1633 angeboten, der ein um den Faktor 10 gedämpftes Signal abgibt. Eine solche Spannung kann von den Line -Eingängen des 1656 verarbeitet werden.



AMS-PC ermöglicht Sweepmessungen mit Sinussignal und serielle Signalanalysen. Dabei spielen alle Parameter von Generator und Meßteil eine Rolle.

Parameter zur Sweepsteuerung

Das Meßsystem erlaubt die Einstellung dreier Parameter, die Einfluß auf Dauer, Auflösung und Genauigkeit der Messung haben: der eigentliche Meßtakt und das Frequenzraster. Beide dienen dazu, ein Optimum zwischen Meßzeit und Genauigkeit bzw. Auflösung zu finden.

Der Bereich, den eine Sweepmessung durchläuft, läßt sich mit dem Parameter **Frequency range** (Frequenzbereich) frei einstellen. Die Eingabe erfolgt durch die Zifferntasten mit Bestätigung durch Return. Davon unberührt bleibt die Einstellung des angezeigten Frequenzbereiches im Skalierungsfenster.

Frequenzraster bedeutet, wieviele Punkte auf der Frequenzachse bei automatischen Messung angewählt werden. Die Angabe bezieht sich auf Punkte pro Oktave (1 Oktave = ein Frequenzsprung von 1 zu 2). Die volle Auflösung wird mit 1/21 Oktav erreicht, die anderen Einstellungen vergrößern die Messung zugunsten eines schnelleren Ablaufes, was aber für überschlägige Messungen oft ausreicht.

Das Programm füllt bei den niedrig aufgelösten Messungen die Meßwerte um die tatsächliche Meßfrequenz mit dem Wert der benachbarten Messung und verwaltet das Objekt als komplettes Datenfile.

Bei Messungen im Terz- und Oktavraster werden stets die Normfrequenzen nach DIN angesteuert.

Die **Integration period** (Integrationszeit) definiert die Zeit zur Messung *einer* Frequenz im Sweep bzw. zur nächsten Auslesung eines neuen Wertes im Checkbetrieb. Es ist die Zeit, über der das System die ankommenden Audiosignale welcher Art auch immer, integriert. In Zusammenhang mit der Frequenz des Meßsignals ergibt sich ein Verhältnis von Genauigkeit und Geschwindigkeit der Messung.

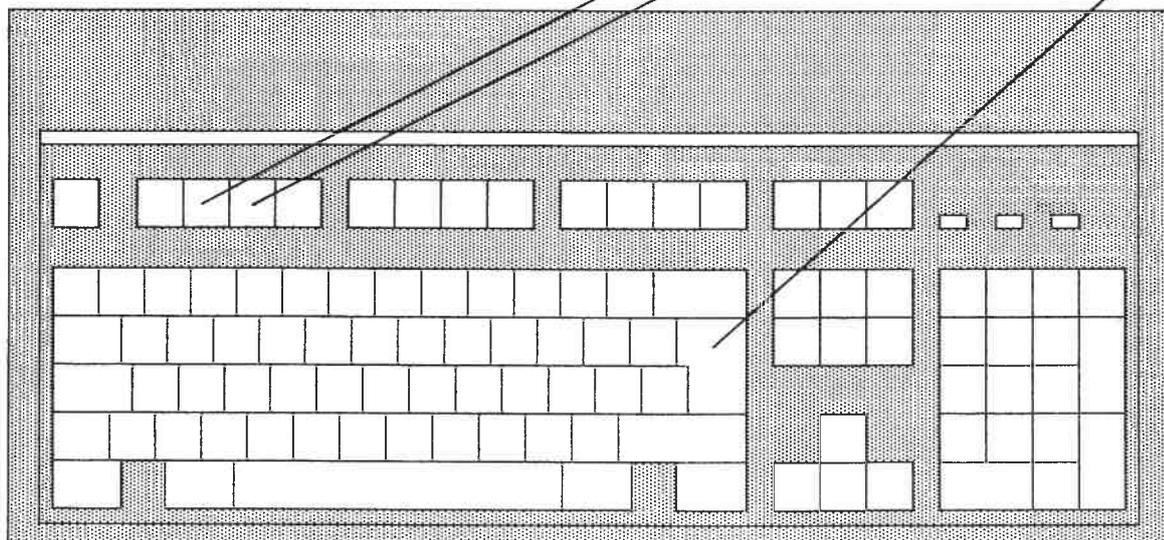
Je kürzer man die Integration period wählt, desto schneller läuft der Sweep bzw. desto häufiger wird die Meßwertangabe im Checkbetrieb "aufgefrischt". Sobald diese Zeit aber in die Größenordnung der Periodendauer des Meßsignals kommt, ist mit einer Unschärfe der Messung zu rechnen, da ein zufälliger Teil einer Sinusschwingung integriert wird. Das gilt auch für Rauschsignale, weil diese von Natur aus einen zufälligen Charakter haben.

In der Praxis strebt man daher einen Kompromis zwischen Meßgeschwindigkeit und Genauigkeit an. Für übliche Sweepmessungen liegt er bei 128 ms pro Meßpunkt.

Die Einstellung "**automatic**" realisiert eine Anpassung der Integration period an die Frequenz des Anregungssignals. Zu niedrigen Frequenzen wird die Zeit immer länger. Man erreicht bei hohen Frequenzen eine schnelle Messung unter Erhalt einer guten Genauigkeit im niederfrequenten Bereich.

Start der Sweepmessung

Der Durchlauf einer Sweepmessung wird entweder mit **F2, F3** oder aus dem Checkmode mit **Return** ausgelöst.

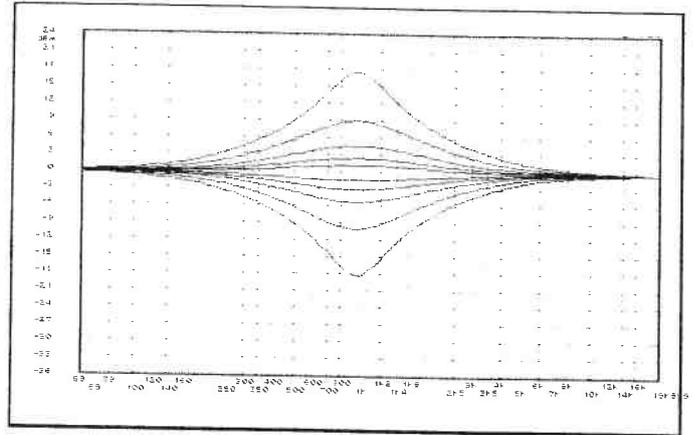


Es sind vor allem Geräte, die sich als "Vorverstärker" beschreiben lassen, deren Messung auf dieser Seite beschrieben werden soll, also:

- HiFi - Vorverstärker
- Mischpulte
- Mikrofon - Vorverstärker
- aktive Frequenzweichen
- Instrumenten - Verstärker

Mit der Grundausstattung von **AMS-PC/ST** lassen sich u.a. folgende Messungen durchführen:

- Pegel bzw. Pegelfrequenzgang
- Asymmetriedämpfung
- Kanal-Übersprechen (Crosstalk)
- Faderausschaltdämpfung

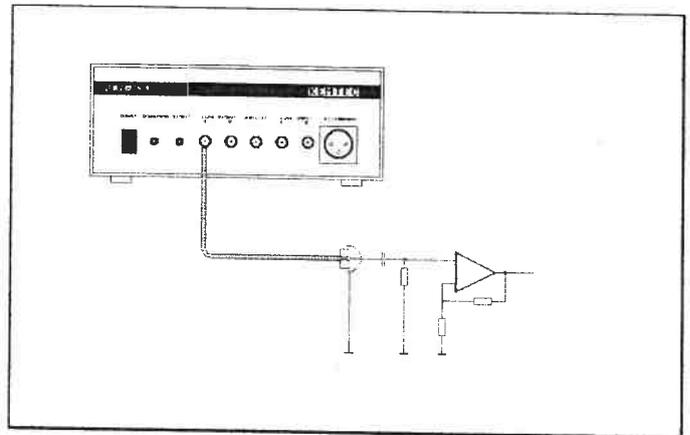


Frequenzgänge eines Equalisers mit konstanter Güte

Der richtige Anschluß

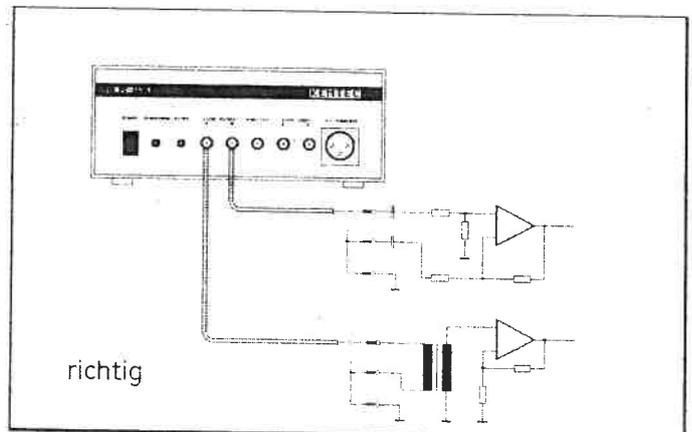
Bei allen Messungen müssen Ein- und Ausgänge des Gerätes sinnvoll und richtig mit dem Meßprozessor verbunden sein. Je nach Schaltungstechnik des zu messenden Gerätes und der Meßgröße ergeben sich verschiedene Beschaltungen, von denen hier einige erläutert werden.

Bei **asymmetrischen Eingängen**, wie in HiFi-Technik allgemein und in der Studioteknik häufig anzutreffen, liegen die Verhältnisse ganz einfach. Die Line-Ausgänge A oder B des 1656 werden über ein abgeschirmtes Kabel direkt mit dem Eingang des zu messenden Gerätes verbunden.

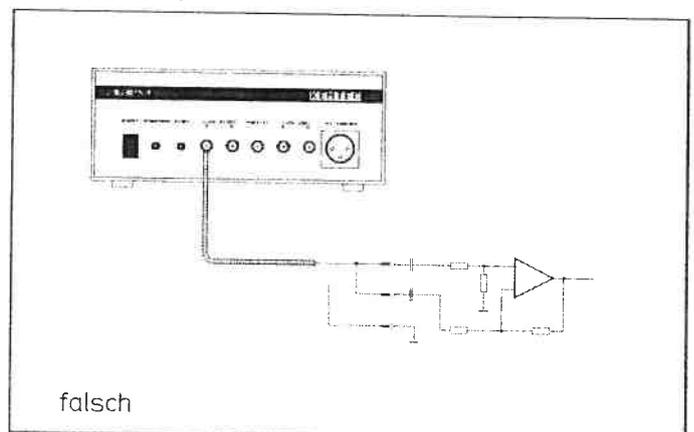


Etwas komplizierter wird es bei **symmetrischen Eingängen**, wie sie in der professionellen Tonstudioteknik und für Mikrofoneingänge allgemein üblich sind. Die Symmetrisierung kann mit Übertragern oder Halbleiter-Schaltungen realisiert sein.

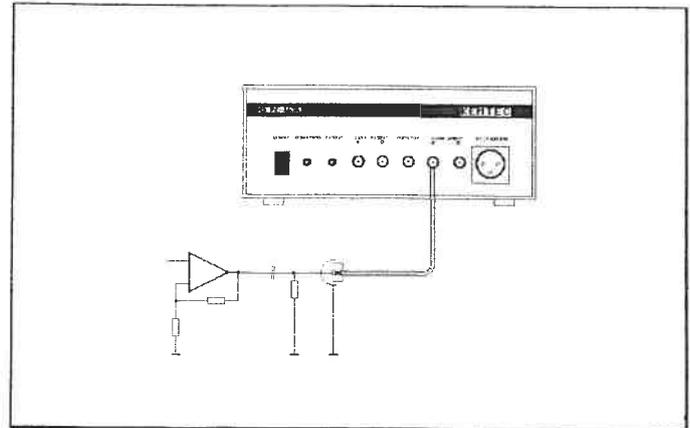
Sofern nicht die spezifischen Eigenschaften gerade der symmetrischen Eingangsschaltung interessieren (etwa die Asymmetrie-Dämpfung), sondern Pegel (Frequenzgänge), lassen sich diese Schaltungen sehr gut aus den asymmetrischen Ausgängen des 1656 ansteuern. Es wird einfach ein "heißer" Anschluß des Eingangs mit an Masse angeschlossen. Die Pegelverhältnisse bleiben stimmig.



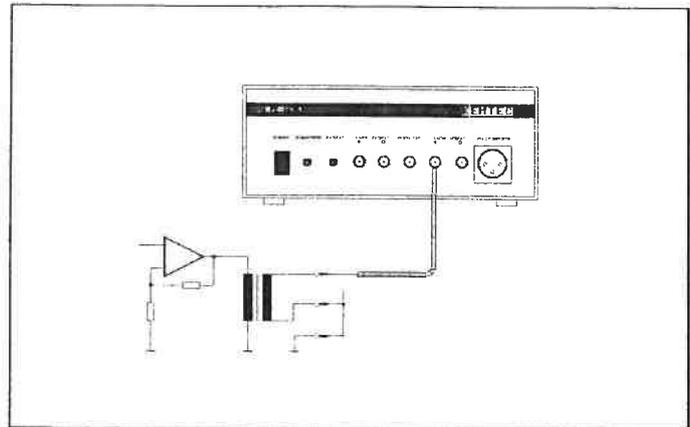
Eine eventuell vorhandene Mikrofon-Phantomspannung muß unbedingt abgeschaltet sein.



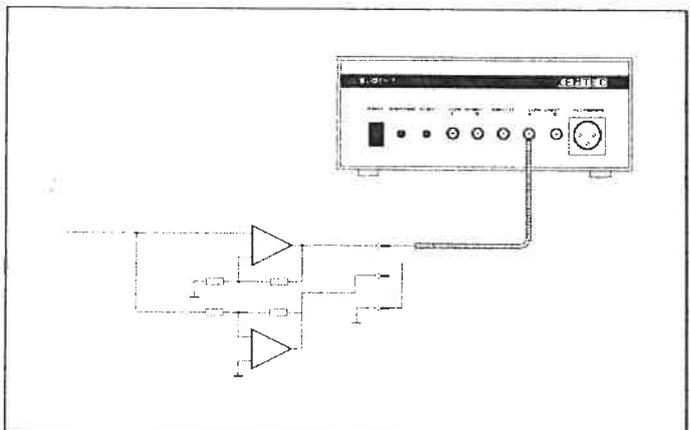
Ähnlich unproblematisch wie beim Eingang verhält es sich beim **asymmetrischen Ausgang** eines Gerätes.



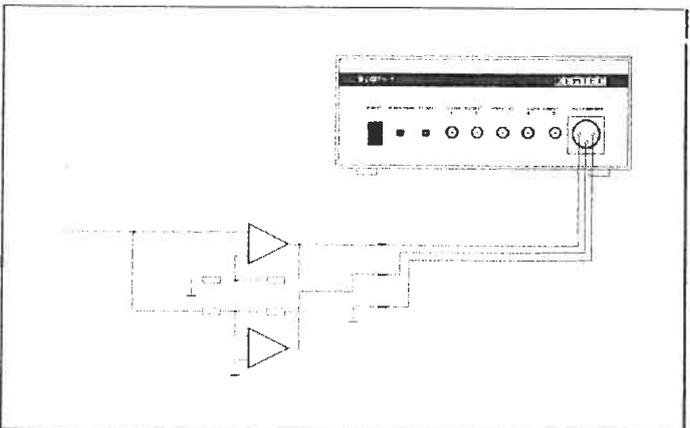
Beim Anschluß symmetrischer Ausgänge an die A/B Line-Eingänge des Meßprozessors muß die Schaltung des Ausgangs bekannt sein. Handelt es sich um eine **trafosymmetrische Schaltung**, wird ähnlich wie beim Eingang einfach eine Signal-Leitung an Masse gelegt. Absolute Pegel werden richtig gemessen.



Sollte jedoch das zu messende Gerät einen **elektronisch symmetrierten Ausgang** aufweisen, wird nur eine Signalleitung gegen Masse angeschlossen. Da nur der halbe Ausgang erfaßt wird, entsprechen die gemessenen Pegel der halben tatsächlichen Ausgangsspannung. Auf den Pegelwert müssen 6 dB addiert werden, Wechselspannungen werden mit 2 multipliziert.

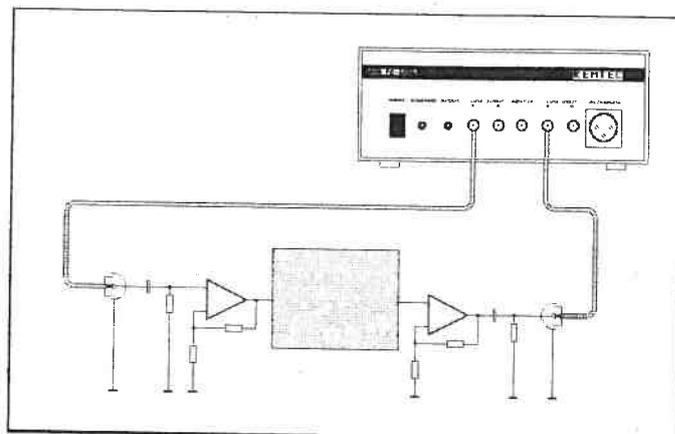


Die Schwierigkeiten beim Anschluß symmetrischer Ausgänge lassen sich mindern, wenn der symmetrische Mikrofon-Eingang des Meßprozessors benutzt wird. Es können jedoch nur Pegel bis +6 dBu verarbeitet werden, eine Messung der Übersteuerungsgrenze ist also in der Regel nicht möglich. Die Phantomspeisung muß unbedingt abgeschaltet sein.

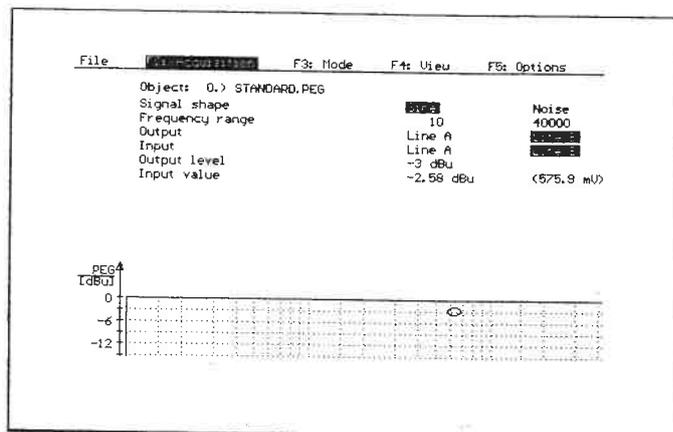


Welche Eigenschaften lassen sich wie messen?

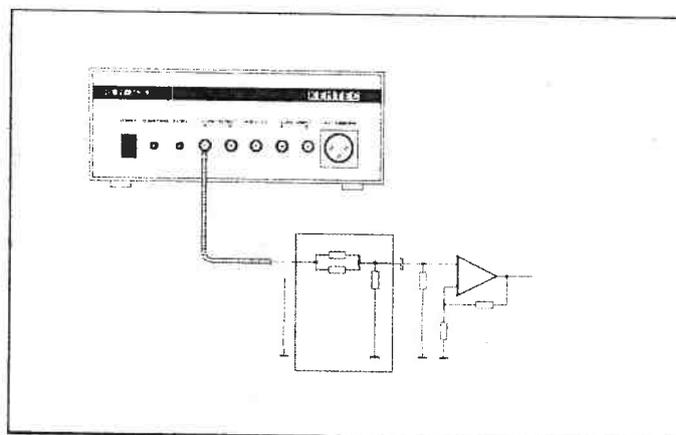
Sind die Anschlüsse zwischen Meßprozessor und dem zu messenden Gerät sinnvoll und richtig beschaltet, können alle wesentlichen Pegelfragen geklärt werden. Bei allen Messungen muß darauf geachtet werden, daß das Meßobjekt nicht übersteuert wird und daß nicht anstelle des Nutzpegels ein Störgeräusch des Gerätes erfaßt wird. Gegen das letztere Problem schafft das Mitlauffilter wirksame Abhilfe.



Der **Wert der Verstärkung** wird üblicherweise im Checkbetrieb und bei 1kHz ermittelt. Wenn als Sendepiegel (absolut) 0 dBu gesetzt werden, können Verstärkung oder Dämpfung (relativ) direkt abgelesen werden. Das ist bei Hochpegel-Signalleitungen in der HiFi- wie Studioteknik meist möglich. Es geht nicht bei niederpegeligen Eingängen wie Plattenspieler und selten an Mikroeingängen. Hier ist dann eine geringerer Ausgangspegel zu wählen.

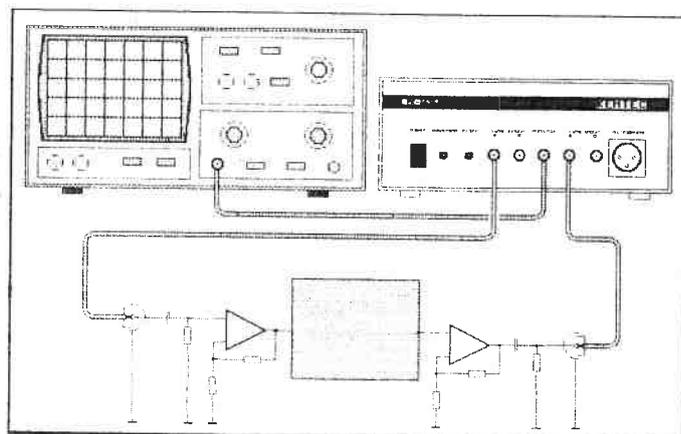


Im Checkbetrieb läßt sich gut der Wert der Verstärkung einer Schaltung oder eines Gerätes ermitteln. Entweder nimmt man einfach den Wert des Ausgangspegels oder, wenn noch pegelbestimmende Teile vor dem interessierenden Detail liegen, wird der Eingangspegel (dB) gemessen. Dann bestimmt man den Ausgangspegel (dB) und bildet die Differenz zum Eingangswert, das Ergebnis nennt das Verstärkungsmaß. Bei negativen Werten liegt Dämpfung vor. Es lassen sich auch ebensogut die Angaben in mV verwenden, dann muß aber geteilt werden, das Ergebnis ist der Verstärkungsfaktor. Meist wird diese Messung bei 1 kHz durchgeführt.



Bei hochempfindlichen MC-Eingängen kann es sogar vorkommen, daß die -39 dBu Minimalpegel vom Meßprozessor noch zu viel sind. In dem Fall kann man einen **Eingangs-Spannungsteiler** aus Widerständen vor den Geräte-Eingang schalten, am besten mit 20 dB Dämpfung (z.B. 2 X 1,8 kOhm parallel und 100 Ohm).

Ein Oszilloskop am Monitor-Ausgang des 1656 angeschlossen ermöglicht die direkte Kontrolle der **Aussteuerung**. Wenn das Sinussignal an einer oder an beiden Halbwellen beschnitten ist, liegt eine Übersteuerung des Meßobjektes oder des Meßprozessors vor. Bei üblichen Pegelmessungen sollte man den Ausgangspegel drastisch reduzieren, um jede Übersteuerung im ganzen Frequenzbereich sicher zu vermeiden.

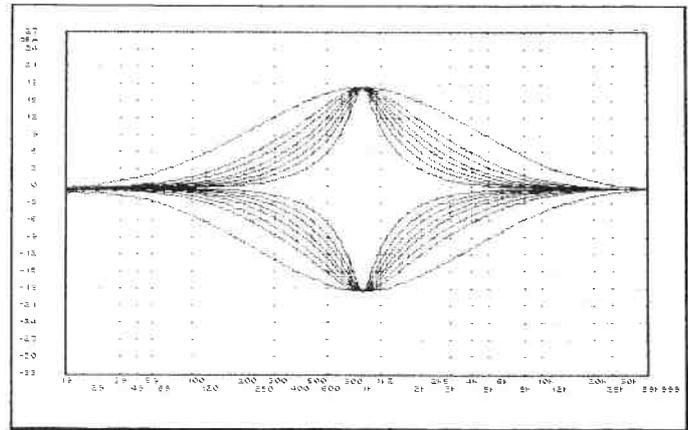


Wird die Verstärkung des Meßobjektes so eingestellt, daß die Ausgangsspannung gerade knapp unter der **Übersteuerungsgrenze** liegt, entspricht dieser Wert der Vollaussteuerung des Meßobjektes.

Sind Ausgangspegel und Meßeingangs-Empfindlichkeit richtig eingestellt, läßt sich natürlich die automatische Messung starten. Der Sweep läuft ab, der Frequenzgang erscheint auf dem Bildschirm.

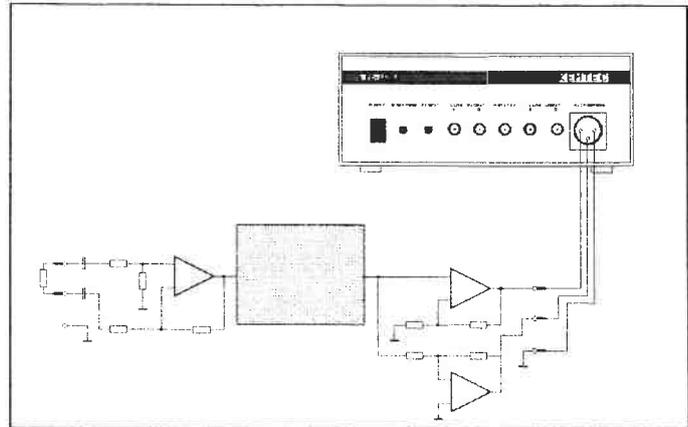
Genauere Werte wie die der Grenzfrequenzen im Diagramm rechts können am besten mit dem Meßwertcursor und Ablesung der Digitalzeile ermittelt werden.

Equalizer mit variabler Güte



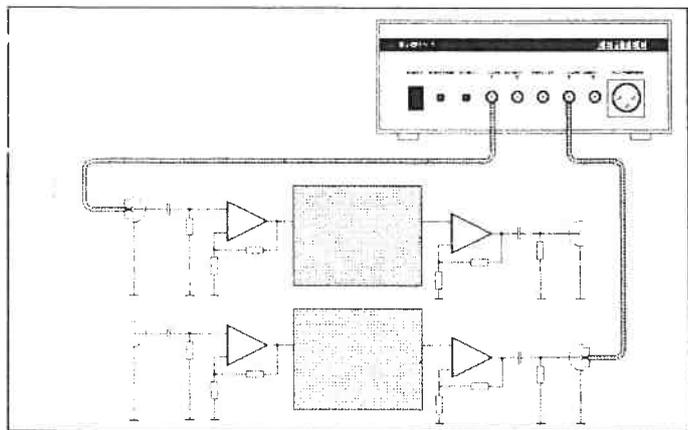
Eine normgerechte, absolute Messung von Stör-signalen ist ohne die Studiokarte 16282 nicht möglich, sinnvoll ist aber auch deren Signalanalyse im relativen Vergleich. Meist interessieren die **Brumm- und Rauschstörungen** von hochverstärkenden Eingangstufen wie für Mikrofon oder Plattenspieler. Sie lassen sich meist mit einer Signalanalyse bei hoher Gesamtverstärkung des Gerätes gut erfassen.

Wichtig ist, den Eingang richtig abzuschließen, so daß er die in der Praxis realistische Quellimpedanz "sieht". Das sind z.B. die üblichen 200 Ohm des Mikrofons am Mikroeingang.

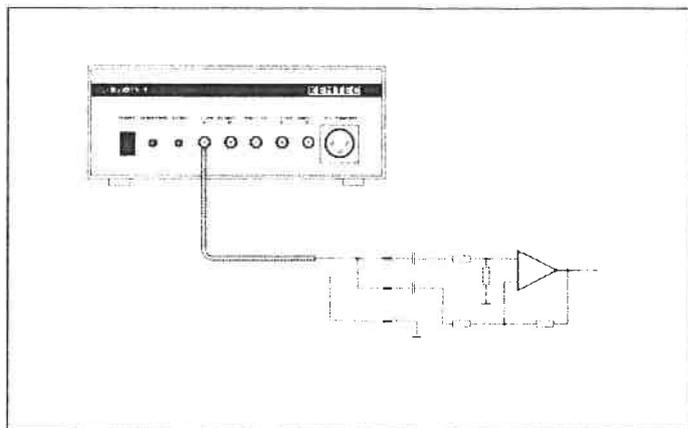


Das **Übersprechen** zwischen 2 Kanälen eines elektroakustischen Gerätes wird einfach dadurch ermittelt, daß ein Sinussignal in den einen Kanalzug eingespeist, an dem Ausgang des anderen jedoch gemessen wird.

Es ist sinnvoll, das Mitlauffilter zu aktivieren, um nicht das Rauschen des Meßkanals aufzunehmen. Meist ergeben sich bei verschiedenen Einstellungen an den Kanälen starke Änderungen der gemessenen Frequenzgänge. Für eine Vergleichbarkeit müssen daher die Einstellungen genau definiert sein. Der unbenutzte Eingang wird sinnvollerweise mit einem realen Widerstand (z.B. 200 Ohm statt eines Mikros) abgeschlossen.



Werden beide signalführenden Leitungen eines symmetrischen Eingangs angesteuert, läßt sich die **Asymmetrie-Dämpfung** als Frequenzgang messen. Empfehlenswert ist, sofern die minimale Verstärkung es zuläßt, mit 0 dBu Ausgangspegel zu arbeiten. So werden die gemessenen Pegel gleich richtig als Dämpfung skaliert.



Wahrscheinlich können Sie nicht auf einen "reflektionsarmen Raum" zurückgreifen. Wenn es darum geht, den Frequenzgang einer Lautsprecherbox zu ermitteln, werden Sie stets mit Meßfehlern durch Umgebungseinflüsse rechnen müssen, doch mit ein paar kleinen Tricks lassen sich diese in akzeptablen Grenzen halten.

Voraussetzungen

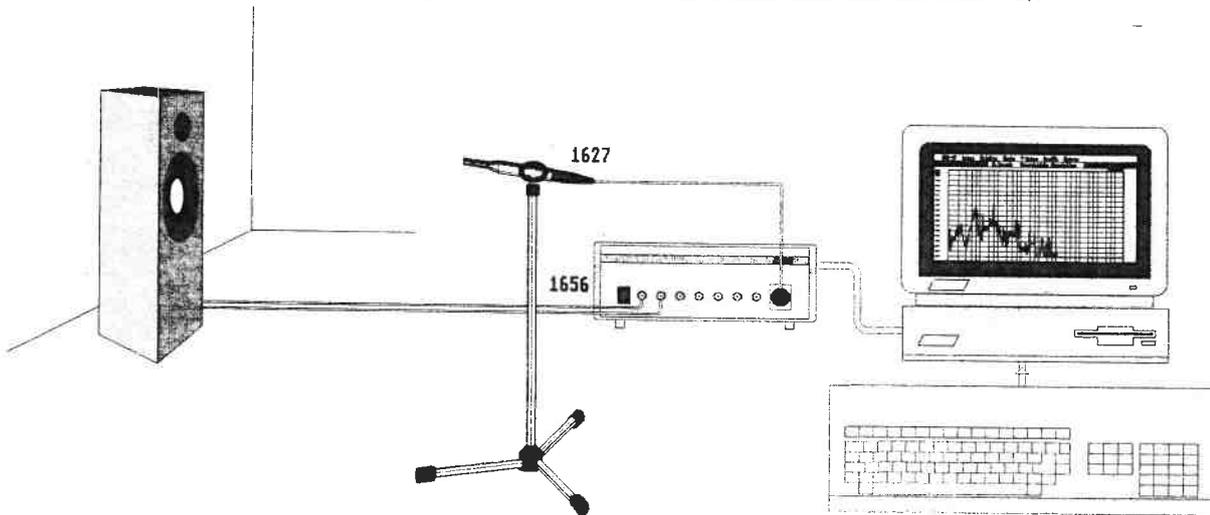
Die weitaus besten Meßergebnisse lassen sich im Freien erzielen: Die Situation ist akustisch ungleich neutraler als in einem Raum. (der "reflektionsarme" ausgenommen) Falls bei der Messung mit **Störgeräuschen** zu rechnen ist, sollte auch bei Sinus-Sweeps das **Mitlaufilter** der Filterkarte eingeschaltet werden. Es dämpft Signalanteile außerhalb des Durchlaßbereiches so stark, daß sie gegen das Nutzsignal meist vernachlässigbar sind.

Gebraucht wird auf jeden Fall ein **Meßmikrofon** auf einem Stativ. Unser Modelle 1627 hat den Vorteil des linearen Frequenzganges durch Kompensationssoftware. Unbedingt abzuraten ist von der Verwendung von Mikros mit irgendwie gearteter Richtwirkung. Diese produzieren immer einen Eigenfrequenzgang.

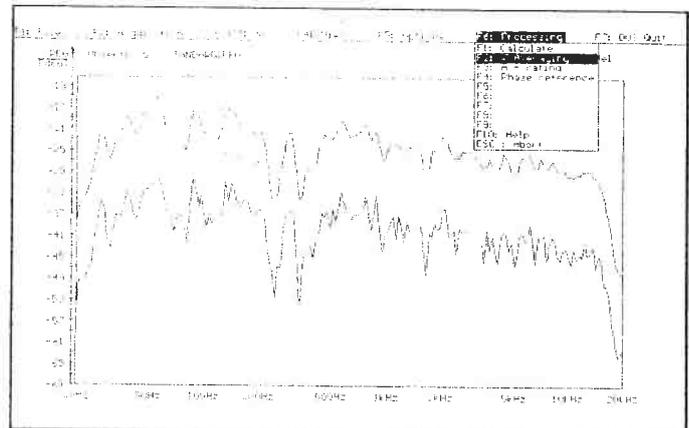
Die Meßbedingungen

Die **Aufstellung** von Lautsprecher und Meßmikrofon sollte realistisch und reproduzierbar sein. Ersteres in dem Sinne, daß es falsch wäre, eine P.A.-Anlage in 1,50 m Abstand zu messen: man würde immer nur Baß, Mitten, oder Hochtöner messen. Ein brauchbarer Meßabstand für HiFi-Lautsprecher ist etwa 3 m, was ungefähr einem mittleren Hörabstand entspricht. Die zu messende Box sollte außerdem so aufgestellt werden, wie sie üblicherweise aufgestellt wird, eine Regalbox etwa in 1,50 m Höhe, eine Standbox auf dem Boden. Speziell in jenem letzteren Fall wirkt eben gerade der Boden klangbildend. Überdies hat sich eine Aufstellung "diagonal zu den Raumecken" bewährt; sie dämpft Einflüsse des Raumes.

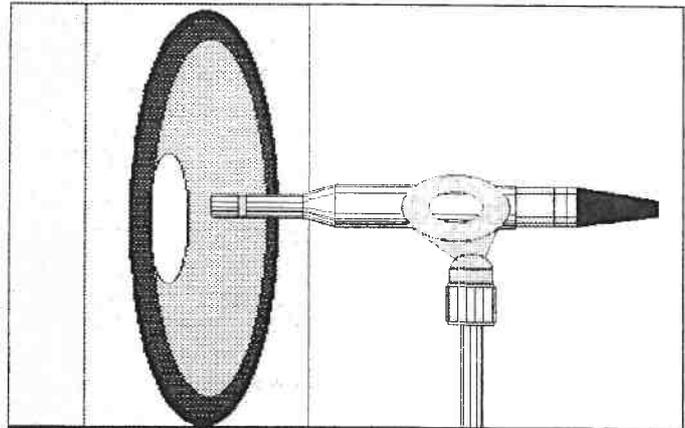
Die erwähnte **Reproduzierbarkeit** wird relevant, sobald Lautsprecherboxen miteinander verglichen werden sollen, auch z.B. wenn ein und dieselbe Box etwa nach einem Umbau neu zu messen ist. Die gewählten Orte von Meßmikrofon und Lautsprecher sollten also deutlich markiert werden (Klebeband).



Zur **Dämpfung von Raumreflektionen** bei Fernfeld-Messungen hat es sich bewährt, im Mittel-Hochtonbereich mit eingeschalteter Modulation zu messen und die Kurve geglättet darzustellen. Das bewirkt eine Ausblendung der Raumresonanzen und eine Annäherung an Freifeldverhältnisse.

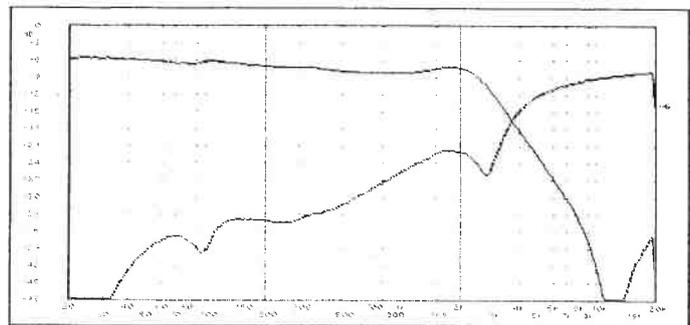
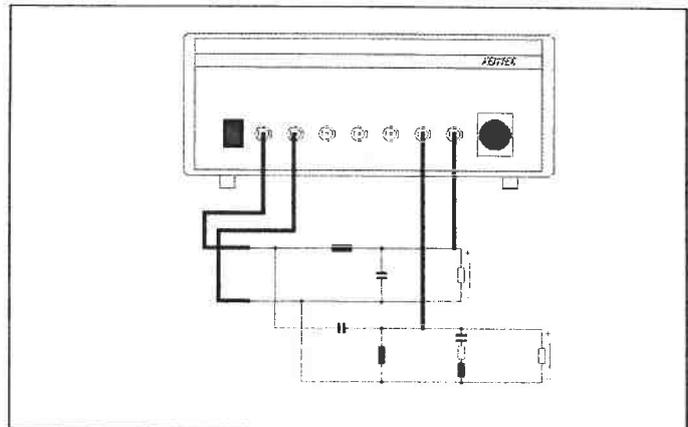


Eine **Nahfeldmessung** ist gelegentlich auch sinnvoll, vor allen Dingen bei Baßlautsprechern. Sie wird üblicherweise in einem Mikrofonabstand von 1/10 des Membranradius durchgeführt. Bei diesem Abstand werden Einflüsse von Raumreflektionen stark reduziert, was einen speziellen Meßraum nahezu überflüssig macht. Ein Effekt ist bei der Nahfeldmessung aber immer zu beachten: bei gleichem Schalldruck ergeben verschieden große Flächen verschiedene Meßwerte im Nah- und Fernfeld. Sinnvoll ist es, eine Messung nur im Baßbereich mit einer Nahfeldmessung zu überschreiben.



Bei Nahfeldmessungen im Hochtonbereich sollte beachtet werden, daß es zu Reflektionen bzw. stehenden Wellen zwischen dem Mikro und der Membran kommen kann, die das Ergebnis stark verfälschen. Der Effekt läßt sich mindern, wenn das Mikro von der Seite herangeführt wird.

Die Messung der **elektrischen Pegel am Ausgang der Frequenzweiche** ist im Verlauf einer Lautsprecher-Entwicklung häufig von Interesse und im Fall der Zweiweg-Weiche wie in der Beispiel-Illustration sehr komfortabel durchzuführen. Die signalführenden Anschlüsse der Lautsprecher werden direkt an die Line-Eingänge des Meßprozessors gekoppelt; so lassen sich Tiefpass und Hochpass ganz einfach mittels des Eingangs-Multiplexers anwählen und messen.



Pegelmessungen an Lautsprechern werden meist mit Sinus als Anregungssignal durchgeführt, die Methode mit rosa Rauschen und serieller Signalanalyse kann aber auch sinnvoll sein. (Siehe Seite 304)

Zum Messen von **Car-Hifi Anlagen** beispielsweise ist es sehr praktisch, das Rauschen von der Anlage selbst erzeugen zu lassen. Das befreit von der Notwendigkeit, das Anregungssignal in das Auto einzuspeisen. Man legt einfach eine mit rosa Rauschen bespielte Cassette in den Autoradio oder startet eine Test-CD mit diesem Signal. Das Mikro befindet sich üblicherweise in der Fahrer-Kopfposition. Dann wird eine Filter-Sweep Messung gemacht.

Das vom Mikro aufgenommene Signal kann z.B. auch auf einem Cassettenrecorder – oder besser DAT-Recorder – aufgenommen werden, um es an einem anderen Ort zu analysieren. Dabei sollte allerdings der Frequenzgang des Recorders bekannt sein und von dem gemessenen Auto-Frequenzgang abgezogen werden. (Siehe Seite 227)

```

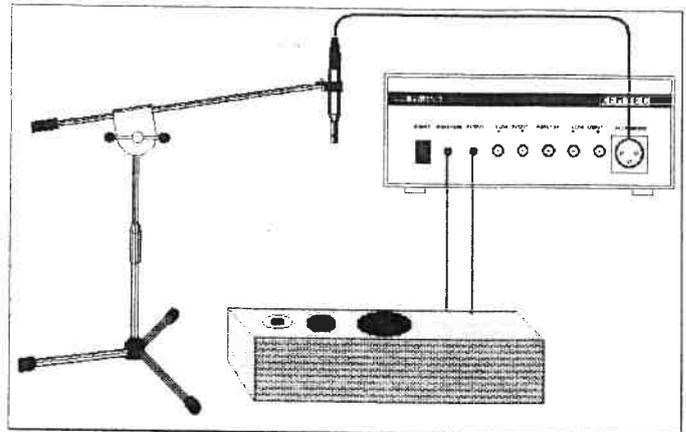
Operations : +, -, (x,y,z) (Average)
Order :
          9=2-6

Object name: LS_DIE_PEG
    
```

Im Checkmodus läßt sich z.B. sehr gut der **Wirkungsgrad** eines Lautsprechers bestimmen, die Angabe "dB /1W/1m".

Leider ist diese Messung in normalen Räumen nur sehr bedingt möglich. Die Reflektionen würden das Ergebnis verfälschen. Abgesehen von einem reflektionsarmen Raum kann die Messung unter wirklichen Freifeldverhältnissen, unter freiem Himmel durchgeführt werden.

Der Lautsprecher wird mit der Abstrahlfläche nach oben positioniert, so vermeidet man Bodenreflektionen. Das Mikrofon befindet sich in 1 Meter Abstand über dem Lautsprecher, der 1kHz abstrahlt.

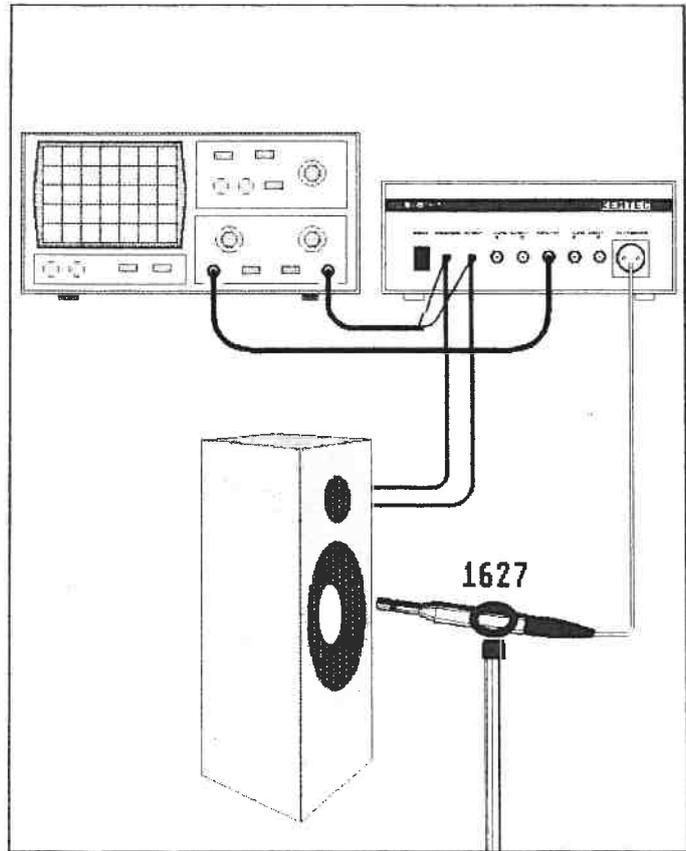


Ist das Anregungssignal am Leistungsausgang gerade 1 Watt Sinus und die Empfindlichkeit des Mikros (mV/PA) im Install-Programm richtig eingetragen, so läßt sich unter diesen Bedingungen das Meßergebnis direkt in dB SPL ablesen.

	F3: Mode	F4: Ulev	F5: Options	F6: Processing	F7: D
Object:	3.) LS_1.PEG				
Signal shape			Noise	Metering mode: Level	Burst
Frequency range	10		40000	Hz	< 1015.3 Hz
Output	Line A		Line B		
Input	Line A		Line B		
Output level	2.00 U		< 1.00 H at 4.0 Ω		
Input value	-25.36 dBu		< 92.6 dB/SPL		41.8 mU

Es empfiehlt sich übrigens, bei dieser Messung die Frequenzmodulation des Sinussignals zu aktivieren. Etwaige Resonanzen des Lautsprechers mit schmaler Bandbreite bei exakt der Meßfrequenz könnten andernfalls das Ergebnis verfälschen, sie sind aber für die Betrachtung des Lautsprecher-Wirkungsgrades ohne Bedeutung.

Der Burstgenerator auf der Filterkarte 16277 ermöglicht die Untersuchung von Einschwingvorgängen. Bei der Messung an einem Lautsprecher kann die Geräte-Zusammenstellung wie in der Illustration erfolgen. Auf dem Schirm des Zweistrahl-Oszilloskops werden die Schwingungen von Anregungs- und Empfangssignal angezeigt. So ist der qualitative Vergleich des Ein- und Ausschwingens verschiedener Chassis möglich. Die Einstellung Burst- zu Pausenperioden ist mit 4 : 8 meist günstig gewählt. Die Pegelsteller bleiben voll in Funktion. Man sollte jedoch das Mitlauffilter abschalten, da es einen eigenen Einschwingvorgang produziert. Das Mikro wird sinnvoll im Nahfeld positioniert, um störende Raumreflektionen möglichst wenig aufzunehmen.



4.

Impedanzmessung

Der Vollständigkeit halber sollte hier erwähnt werden, daß es sich um die Impedanzen von Lautsprechern handelt, wenn ein Objekt zur Impedanzmessung eingestellt wird. Das Meßobjekt (ein Lautsprecher) wird einfach an den Leistungsausgang des 1656 angeschlossen. Durch die interne Beschaltung dieses Ausgangs brauchen keine weiteren elektrischen Verbindungen hergestellt werden.

Die Messungen sind im Bereich von 2 bis 1000 Ohm hinreichend genau (+/- 2 %).

Funktionsweise

Gemessen wird die Spannung an den "poweramp output"-Klemmen, die über einen Meßwiderstand vom Leistungsverstärker ein Sinussignal erhalten. Das Programm errechnet die Impedanz aus dem Wert der gemessenen Spannung und des bekannten Widerstandes nach dem Ohmschen Gesetz.

Der **interne Meßwiderstand** für die Impedanzmessung und die Ermittlung der Thiele-Small-Parameter beträgt normalerweise 1 kOhm. Er befindet sich auf der Netzteilplatine auf einem Pfostenstecker vor den Relais.

Für spezielle Anwendung können Sie diesen Widerstand im Meßprozessor durch einen Widerstand Ihrer Wahl ersetzen und diesen Widerstandswert in die Software eingeben. Das Programm berechnet dann die gemessenen Impedanzen unter Berücksichtigung dieses Widerstandswertes.

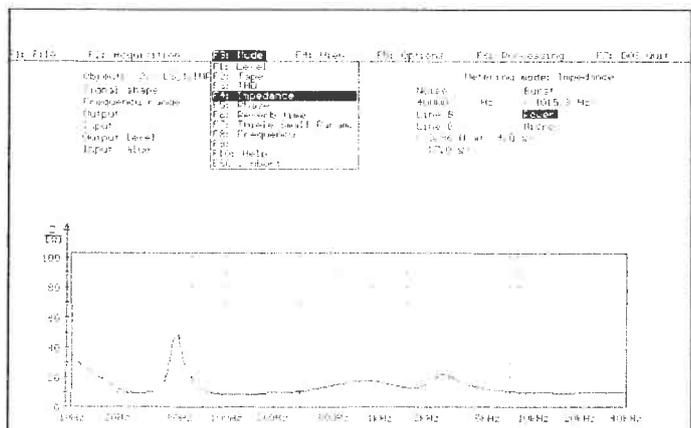
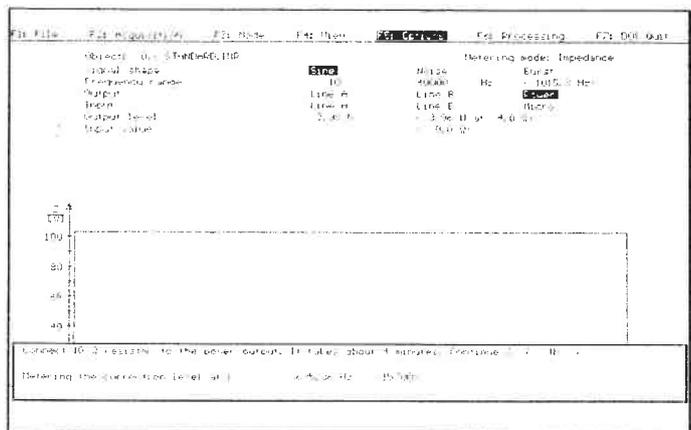
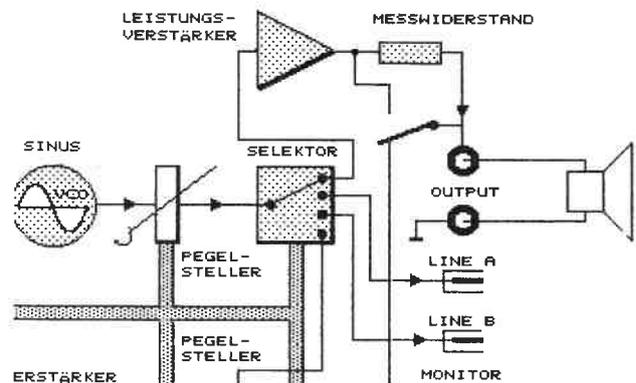
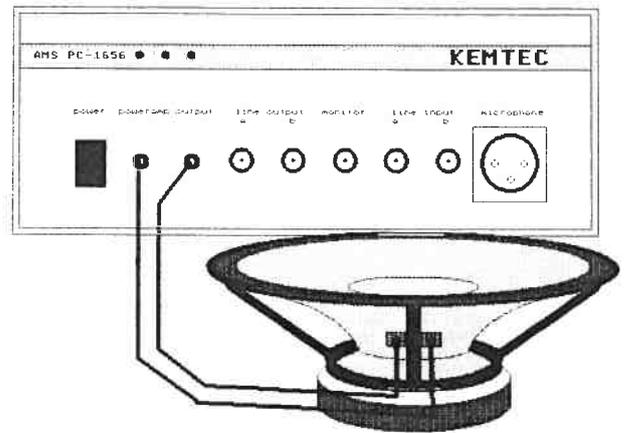
Kalibrierung

Die maximale Genauigkeit der Impedanzmessung über dem ganzen Frequenzbereich läßt sich nur mit einer **Impedanz-Kalibrierdatei** erreichen. Diese wird nach Aufruf des entsprechenden Menüpunktes völlig automatisch erzeugt. Sie müssen lediglich einen hochgenauen Widerstand von 10 Ohm am poweramp output anschließen.

Zu Beginn der Impedanzmessung wird vom Programm ein **Kalibrierbetrieb** durchgeführt: das System mißt sich selbst. Bei Meßprozessoren bis Seriennummer 1250 erfolgt dieser Vorgang manuell. Die entsprechenden Handlungsanweisungen sind eindeutig. Bei jüngeren Geräten ist die Impedanz-Kalibrierung durch ein zusätzlichs Relais automatisiert.

Darstellung

Impedanzkurven lassen sich mit einer Skala bis 1000 Ohm auf der Y-Achse darstellen. Bei Bedarf läßt sich ein Offset einstellen. Die Skala fängt dann nicht bei 0 Ohm an, sondern bei einem beliebigen anderen Wert.



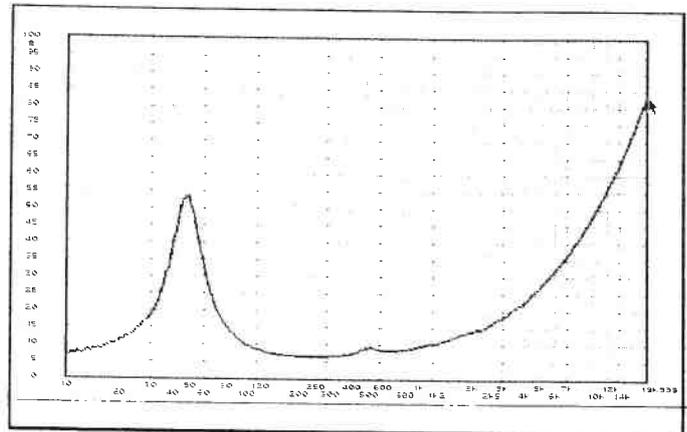
Bei der Entwicklung von Lautsprechern gibt es mehrere Situationen, wo man ohne die Kenntnis bestimmter Parameter (z.B. Thiele-Small-Parameter) zu keinem optimalen Endprodukt kommt. Der Kenntnisstand kann dann nur durch geeignete Messungen erweitert werden.

Für die Messungen benutzen wir das ATARI ST- System. Alle dargestellten Methoden sind jedoch auch mit der PC-Version in gleicher Weise möglich.

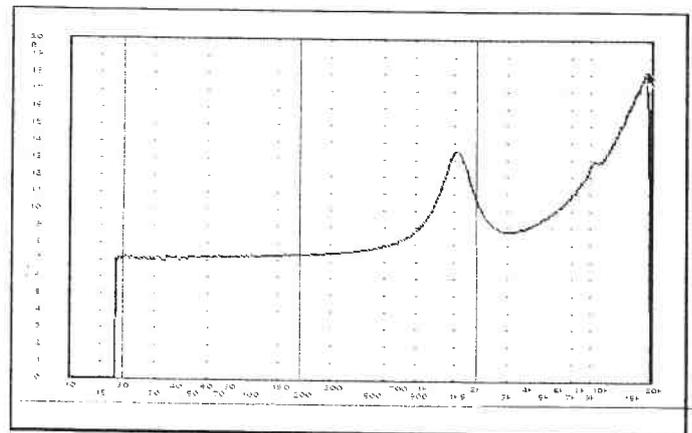
Die Messung der Impedanz von Lautsprechern gibt dem Entwickler Auskunft über die Nominal-Impedanz (4 oder 8 Ohm?) und über verschiedene Fehler der Chassis und der Gehäuse, z.B. stehende Wellen, Kratzen, Streifen, Fehlabstimmung von Bassreflex-Boxen. Wir wollen in dieser Abhandlung einige weitere Anwendungen der Impedanzmessung beleuchten, die zwar etwas am Rande liegen, aber für die Konstruktion eines guten Endproduktes sinnvoll eingesetzt werden können.

Der Impedanz-Frequenzgang von Lautsprechern in freier Luft und in geschlossenen Gehäusen (nicht jedoch in Bassreflexboxen) zeigt qualitativ immer die gleiche Form, wenn man einmal von Unregelmäßigkeiten - wie in unserem Beispieldiagramm bei 500Hz - einmal absieht. Diese sind übrigens im konkreten Fall von Gehäuseresonanzen hervorgerufen.

Meist weist der Tieftöner gerade im Bereich der Übergangsfrequenz zum Hochtöner einen starken Anstieg seiner Impedanz auf, verursacht durch die Schwingspuleninduktivität

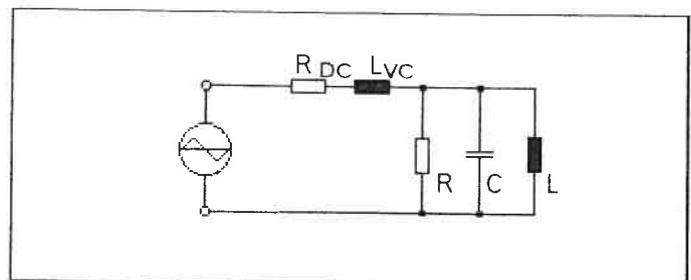


Auch Hochtöner zeigen dieses typische Verhalten, wobei die Resonanz allerdings wesentlich höher liegt und wegen Dämpfungseffekten - z.B. durch Ferrofluxe - der Verlauf meist ausgeglichener ist.



Der prinzipielle Verlauf der Impedanzkurve eines Lautsprechers läßt sich in guter Näherung durch ein elektrisches Ersatzschaltbild mit 5 Bauelementen beschreiben.

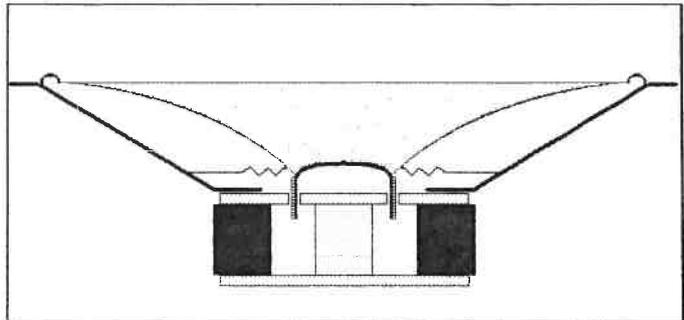
R_{DC} ist der Gleichstromwiderstand der Schwingspule, L_{VC} ihre Induktivität - beide sind tatsächlich elektrischer Natur - und der parallele Schwingkreis imitiert die mechanische Resonanz.



Bestimmung der Schwingspulen-Induktivität

Benötigte Geräte: Digitales Milliohm-Meter
AMS-PC/ST Basisversion
Taschenrechner mit technischen Funktionen

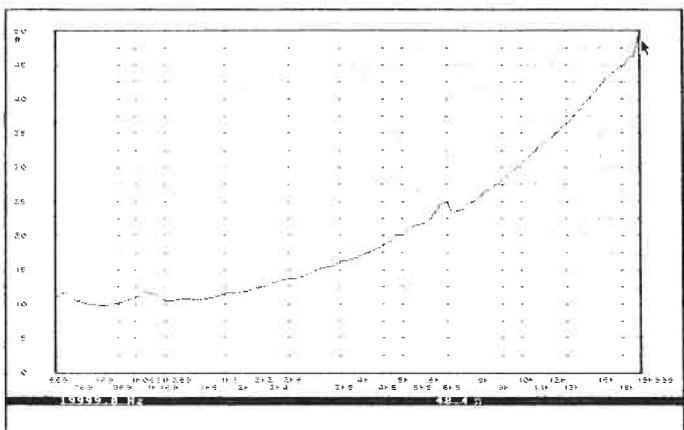
Wenn es wirklich genau werden soll, müßte man eigentlich ein Lautsprecher-Chassis opfern, um den Wert der Schwingspuleninduktivität zu ermitteln. Die mitschwingende Membran stört nämlich unter Umständen deutlich die Messung. Das zeigt sich z. B. an einer schlechten Reproduzierbarkeit bzw. an schwankenden Daten im Testmodus. Die konsequente Abhilfe bestände im Festkleben der Schwingspule an der Polplatte, was aber aus Kostengründen nicht in jedem Fall angebracht sein wird. In erster Näherung geht es auch so:



Zunächst wird der Gleichstromwiderstand des Chassis gemessen, am besten mit einem digitalen Milliohm-Meter: anschließen und ablesen!

Es wird dann die Impedanz des Chassis aufgenommen.

Wichtig ist nun der Wert der Impedanz im Impedanzminimum bei ca. 500 Hz (Z_{500}) sowie bei 20 kHz (Z_{20k}), ermittelt entweder im Testmodus (digital abzulesen) oder aus dem Diagramm, am besten mit dem Pfeilcursor.

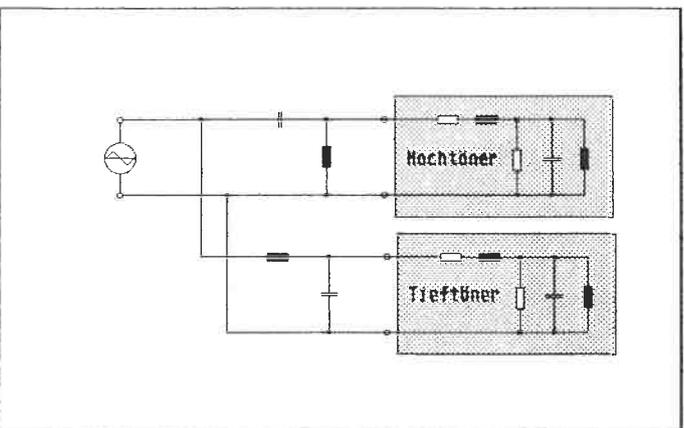


Der Wert der Schwingspuleninduktivität errechnet sich zu:

$$L_{VC} = \frac{\sqrt{Z_{20k}^2 - Z_{500}^2}}{2 \pi \cdot 20\,000}$$

Impedanz-Entzerrung

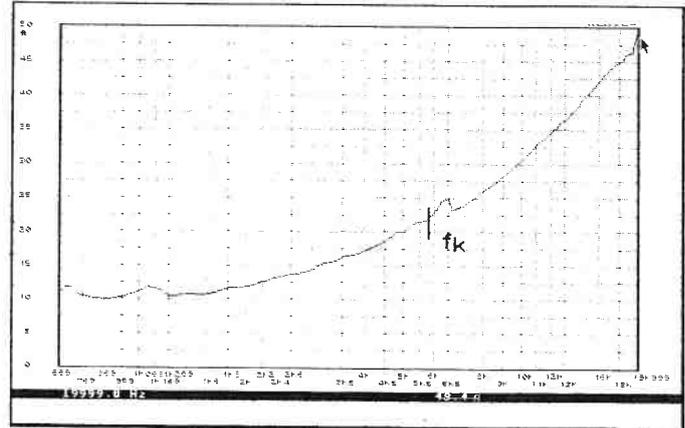
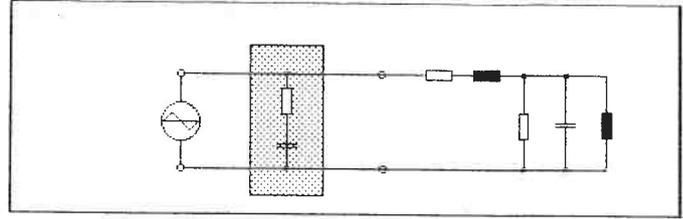
Beim Entwurf passiver Frequenzweichen guter Qualität läßt sich der beschriebene Impedanz-Frequenzgang der Chassis nicht ignorieren. Er spielt bei den effektiven Durchlaßkurven kräftig mit. Die gängigen Formeln und Schaltungen haben üblicherweise eine Voraussetzung: der ohmsche Abschlußwiderstand. Davon kann aber bei einem Lautsprecher meist nicht die Rede sein (Ausnahme: der oben erwähnte stark bedämpfte Tweeter).



Wirklich gezielt läßt sich eigentlich nur nach einer Methode arbeiten: Impedanz-Entzerrung, also Geradebiegen der Chassis-Impedanzkurve mittels zusätzlicher Bauelemente, so daß der Lautsprecher wieder als weitgehend ohmsche Last der Frequenzweiche betrachtet werden kann. Übrigens macht man damit auch der Endstufe die Arbeit leichter.

Zur **Kompensation der Schwingspuleninduktivität** wird dem Lautsprecher einfach ein RC-Glied parallelgeschaltet. Der Wert des Widerstandes entspricht der Nennimpedanz Z_{nenn} des Lautsprechers. Fünf Watt reichen immer aus. Zur Bestimmung des Kondensators sucht man sich auf der Impedanzkurve des Lautsprechers die Frequenz f_k , wo der Anstieg zum Hochtonbereich den doppelten Wert des Minimums bei 500 Hz erreicht hat (Siehe Diagramm unten). Diese Frequenz setzt man folgendermaßen in Beziehung zur Nennimpedanz:

$$C = \frac{1}{2 \pi f_k Z_{\text{nenn}}}$$

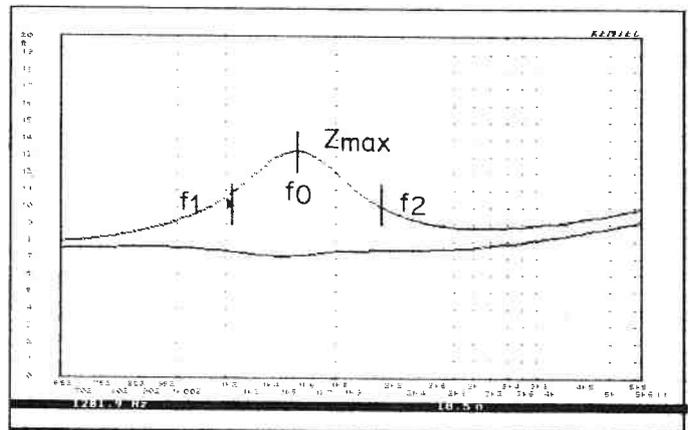
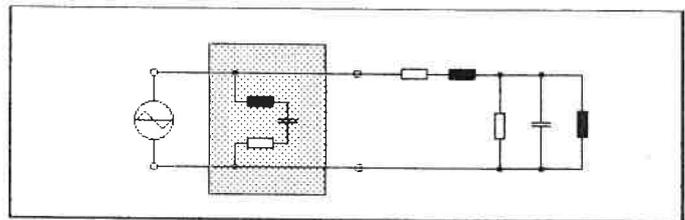


Schwieriger als das "Geradebügeln" des sanften Anstiegs im Hochtonbereich gestaltet sich die **Kompensation von Resonanzspitzen**. Dieses ist möglich mit einem Saugkreis parallel zum Lautsprecher. Zur richtigen Bemessung von R, C und L werden aus der Impedanzkurve einige Werte abgelesen. Die Lupenfunktion ist dabei äußerst hilfreich.

Wir wählen den Widerstand entsprechend einer Parallelschaltung zum Impedanzmaximum, deren Resultat der Nennimpedanz des Lautsprechers entsprechen sollte.

$$R = \frac{1}{\frac{1}{Z_{\text{max}}} - \frac{1}{Z_{\text{nenn}}}}$$

Der Gleichstromwiderstand der Saugkreisinduktivität ist als Teil des Resonanzwiderstandes anzusehen und der Wert des Widerstandes ist entsprechend niederohmiger zu bemessen.



Zur Dimensionierung von Kondensator und Spule ermittelt man die Resonanzfrequenz und zwei Seitenfrequenzen f_1 und f_2 , die sich auf halber Höhe zwischen Gleichstromwiderstand und Impedanzmaximum finden lassen. Etwa da wo der Pfeilcursor steht. Die Werte lassen sich mit den beiden Faustformeln in guter Näherung berechnen.

$$L = \frac{Z_{\text{max}}}{2 \pi (f_1 - f_2)} \quad C = \frac{f_2 - f_1}{Z_{\text{max}} 2 \pi f_0^2}$$

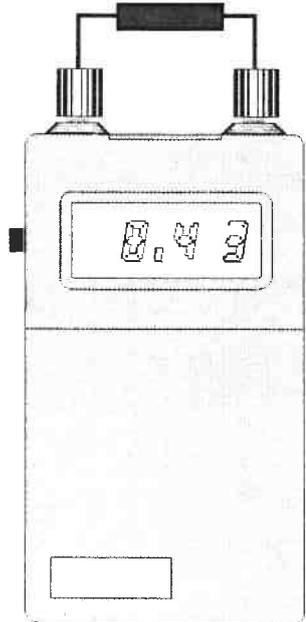
Die Wirkung des Impedanz-Equalizing ist als zweite Kurve im Diagramm zu erkennen. Impedanz-kompensierte Lautsprecher lassen sich in Frequenzweichen-Netzwerken praktisch wie reelle Widerstände behandeln. Unser Lautsprecher-CAD-Programm **acoustIX** erledigt die Berechnung der Equalizing- Bauelemente automatisch nach den Werten der Impedanzmessung.

Spulenbauelemente für hochwertige HiFi-Boxen lassen sich nicht immer mit dem gewünschten Wert und in der erforderlichen Qualität beschaffen. Selbstwickeln ist nicht zu vermeiden. Außerdem sind Fertigspulen häufig falsch oder unzureichend beschriftet. In beiden Fällen ist man auf eigene Messungen angewiesen.

- Benötigte Geräte:**
- Digitales Milliohm-Meter
 - AMS-PC/ST Basisversion
 - Taschenrechner mit technischen Funktionen
 - Folienkondensator ca. 10 µF 1%

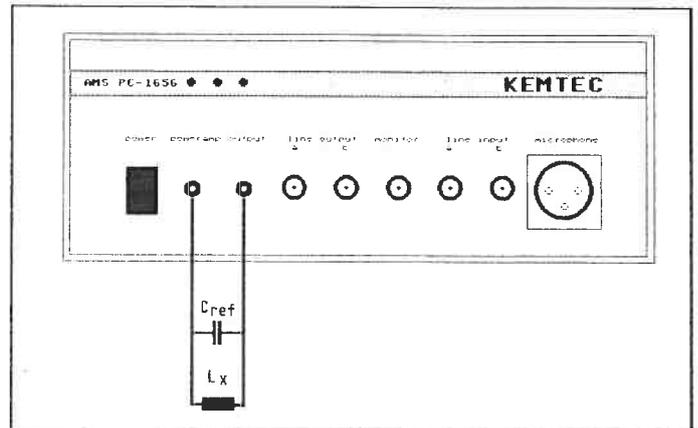
In der Praxis interessiert neben dem genauen Wert der Induktivität der **Gleichstromwiderstand**. Übliche Universal-Meßgeräte sind leider recht ungeeignet für diese Zwecke: Der niedrigste Meßbereich von Digital-Voltmetern beträgt meist 200 Ohm, und analoge Instrumente sind zu ungenau.

Mit einem digitales Milliohm-Meter ist die Messung des Gleichstromwiderstandes kein Problem.



Die eigentliche **Messung der Induktivität** gestaltet sich schwieriger. Mit einem kleinen Trick, dem Parallelkondensator, ist die genaue Bestimmung kein Problem. Dieser bildet mit der Induktivität einen Schwingkreis.

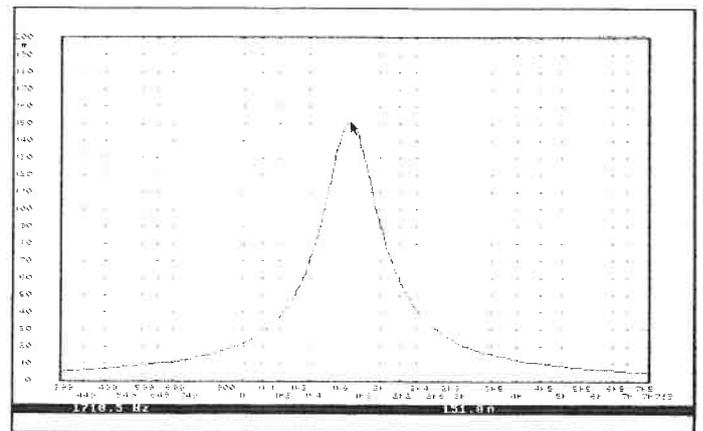
Obwohl die Toleranz der Kapazität natürlich voll in die erreichbare Genauigkeit eingeht, ist es wenig problematisch, Kondensatoren geeigneter Qualität zu beschaffen. Auch die 10 % Standardware ist in aller Regel genauer, typisch sind Abweichungen von 2 %. Überdies werden von der Firma ETON sogenannte High- End-Caps mit einprozentiger Spezifikation angeboten. Mit einem Wert von 10 µF lassen sich alle in der Praxis der Passivweichen vorkommenden Induktivitäten messen.



AMS-PC/ST nimmt dann einfach die Impedanz des Schwingkreises auf. Mit dem Pfeilcursor läßt sich die Frequenz der Resonanz sicher treffen.

Mit Kenntnis der Resonanzfrequenz errechnet sich die Induktivität nach der Thomsonschen Schwingkreisformel:

$$L = \frac{1}{(2 \pi f)^2 C}$$



Wer es noch genauer wissen will, kann auch die TSP-Routine bemühen; interessant ist nur der Wert "fs" für die Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Der Interpolations-Algorithmus schafft eine höhere Auflösung als das natürliche Frequenzraster von 1/20 Oktav.

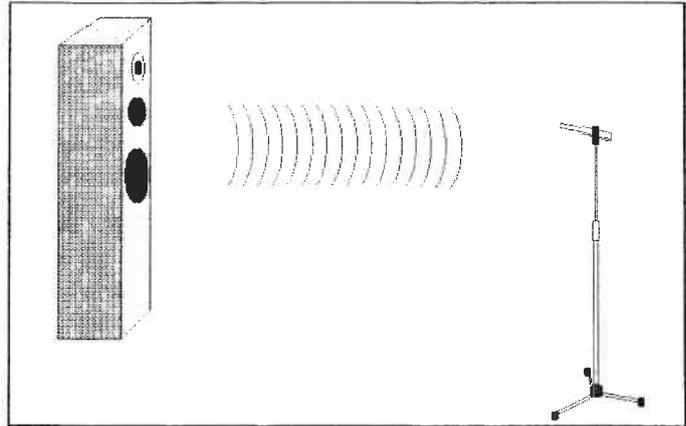
Re = 0.63 Ω	Rn = 173.93 Ω	Rm = 156.38 Ω
Qb = 12.00 Liter	R1 = 10.47 Ω	R1 = 9.93 Ω
T = 20.00 °C	r0 = 276.08	r0 = 248.23
	f1 = 642.16 Hz	f1 = 631.09 Hz
	fs = 1687.88 Hz	fs = 1687.88 Hz
	f2 = 4472.20 Hz	f2 = 4552.82 Hz
	qns = 7.32	
	qes = 0.03	
	qts = 0.03	

5.

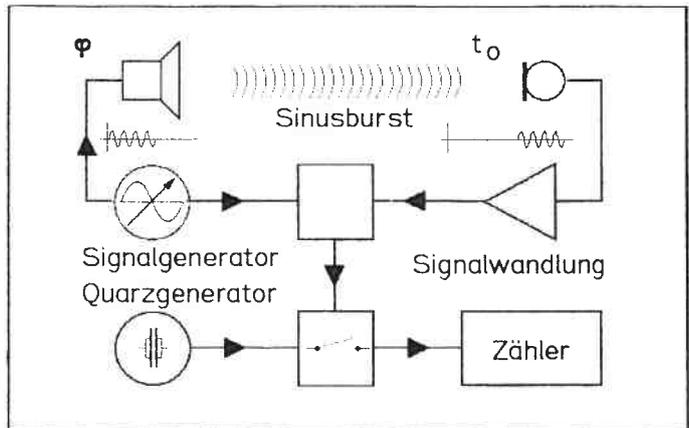
Phasenmessung

Um quantitative Aussagen über das Impulsverhalten und damit die Wiedergabetreue von Lautsprechersystemen machen zu können, muß man deren Amplituden- und Phasenfrequenzgang messen. Damit ist die Übertragungsfunktion und das Impulsverhalten eindeutig beschrieben. Je linearer der Phasengang ist, desto exakter werden Impulse beispielsweise bei der Wiedergabe von perkussiven Instrumenten reproduziert.

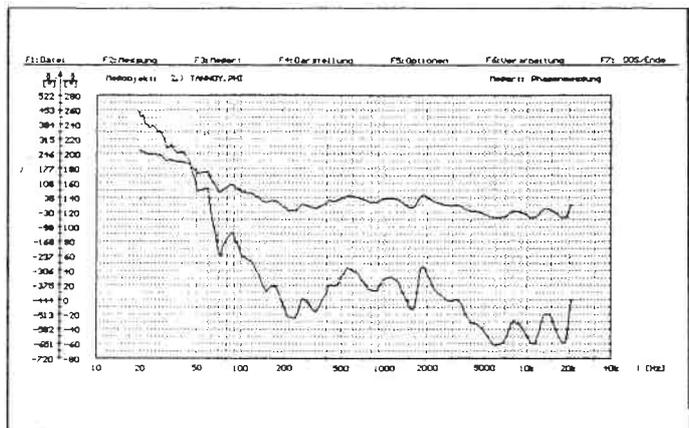
Bei der Phasenmessung an Lautsprechersystemen tritt wegen der **Schall-Laufzeit** zwischen Meßmikrofon und Lautsprecher eine Totzeit auf, die einen störenden Einfluß auf die Darstellung des Phasenganges hat. Ursache ist die normale Schallwellen-Ausbreitungs-Geschwindigkeit von 340 m/s in Luft (bei 20°C).



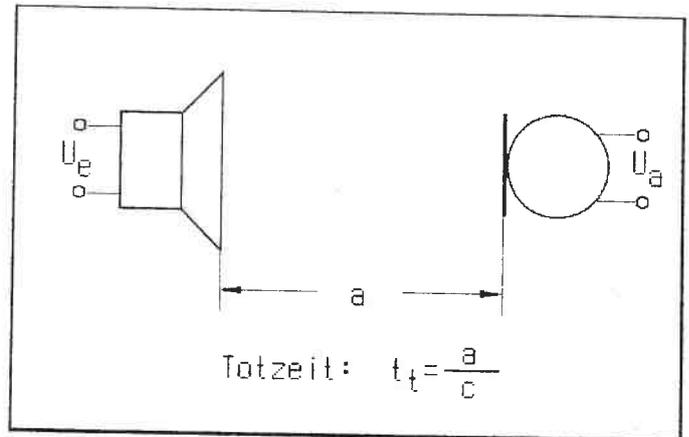
Der Phasenmeßzusatz (16279) zum KEMSONIC Audio-Meßsystem AMS-PC kommt ohne Totzeitkompensation aus. Es werden die Schall-Laufzeiten diskreter Frequenzen im zu untersuchenden Frequenzbereich gemessen. Dazu wird der Lautsprecher mit Sinus-Burst angeregt. Die Laufzeiten, die eine abstandsabhängige, konstante Totzeit enthalten, variieren entsprechend den Phasenverschiebungen bei den einzelnen Frequenzen. Aus diesen Meßwerten wird anschließend der Phasengang des Lautsprechers berechnet.



Eine einmal durchgeführte Messung läßt sich am Rechner durch nachträgliche Änderung von Bezugsfrequenz und Bezugsphase bzw. Totzeit jederzeit auf die gewünschte Weise darstellen. Dazu waren bei den bisher üblichen Meßverfahren neue Messungen mit einem zeitraubendem Abgleich der Totzeit notwendig.



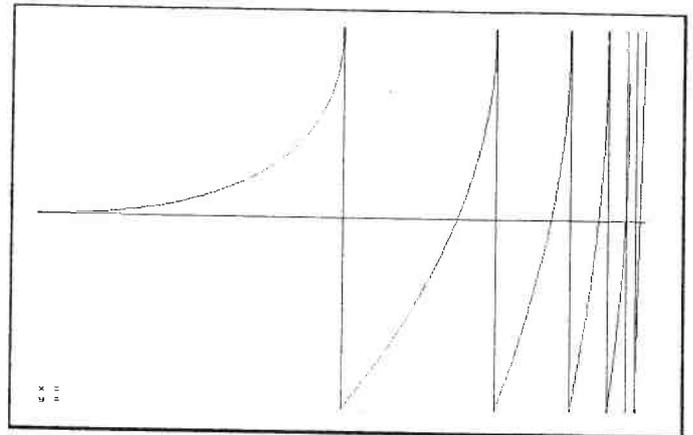
Meßverfahren, die bisher zur Phasenmessung angewandt worden sind, haben alle einen Nachteil: Die durch die Schall-Laufzeit zwischen Lautsprecher und Meßmikrofon entstehende **Totzeit** muß manuell abgeglichen werden, um das Referenzsignal mit dem vom Lautsprecher abgestrahlten Signal vergleichen zu können. Bei den bisher erhältlichen Geräten wird die **Totzeitkompensation** durch ein einstellbares Laufzeitglied durchgeführt. Die ungefähre Schall-Laufzeit wird durch eine Abstandsmessung zwischen Lautsprecher und Mikrofon ermittelt.



Wird die Totzeit nicht kompensiert, interpretiert das auswertende Meßgerät diese als eine mit der Frequenz kontinuierlich ansteigende Phasenverschiebung. Zum eigentlich interessierenden Phasengang $\varphi(f)$ des Lautsprechers wird dann eine Funktion addiert:

$$\varphi(f) = t_{\text{tot}} \cdot 2\pi f$$

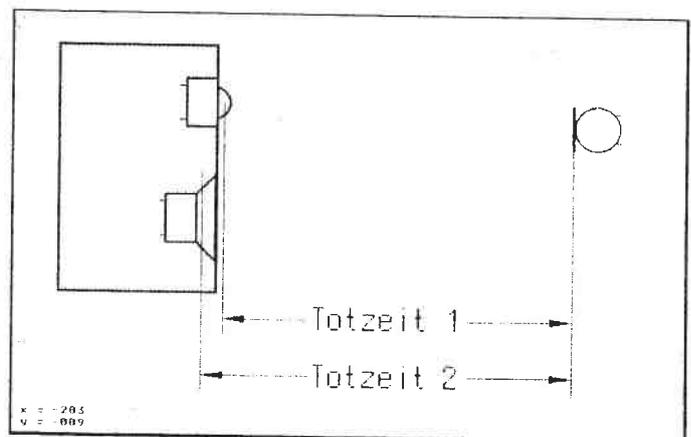
Es ergibt sich dadurch ein Phasenverlauf wie etwa im nebenstehenden Bild dargestellt. Ein solches Diagramm ist physikalisch gesehen nicht falsch, es läßt aber die Beurteilung des transienten Verhaltens eines Lautsprechers praktisch nicht zu.



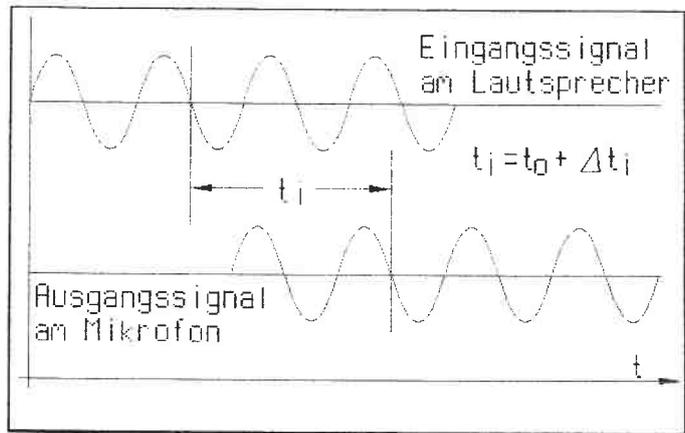
Dieses Abgleichverfahren kann nur dann zu korrekten Ergebnissen führen, wenn die Phasenverschiebung des untersuchten Systems für $\omega=0$ und $\omega=\infty$ den selben Wert hat. Diese Annahme ist jedoch bei Lautsprechersystemen im allgemeinen nicht erfüllt. Der vorgeschlagene Abgleich erweist sich also als sehr problematisch. Es sind meistens mehrere Messungen nötig, bis ein "flacher" Phasengang aufgenommen ist. Ob eine Beurteilung der Richtigkeit der Kompensation überhaupt möglich ist, erscheint fraglich. Voraussetzung dafür ist einige Erfahrung des Anwenders.

Weitere Probleme ergeben sich bei Systemen mit mehreren Lautsprechern, deren ***akustische Zentren** nicht auf einer Linie liegen. Als Beispiel ist eine Zweiweg-Box dargestellt. Oberhalb der Übernahmefrequenz wirkt hier eine andere Totzeit als im Tieftonbereich.

* Das akustische Zentrum ist ein virtueller Punkt, in dem man sich den Lautsprecher zusammengefaßt vorstellen kann. Dieser Punkt liegt im allgemeinen nicht direkt auf der Membran. Seine Position ist nicht exakt bestimmbar.



Um die im letzten Abschnitt beschriebenen Schwierigkeiten zu umgehen, wird auf der Phasenkarte 16279 ein neues Meßverfahren eingesetzt: Die Bestimmung der Phasenlage zwischen dem Eingangssignal des Lautsprechers und dem Ausgangssignal des Mikrofons erfolgt durch eine **Laufzeitmessung**. Dazu wird der zu untersuchende Lautsprecher mit einem Sinus-Burst (Impulspaket) der gewünschten Frequenz angesteuert.



Beginnend mit einem bestimmten **Nulldurchgang** des Ansteuersignals wird die Zeitmessung gestartet. Der entsprechende Nulldurchgang des Mikrofonausgangssignals dient dann zum Stoppen der Zeitmessung. Es dürfen nicht jeweils die ersten Nulldurchgänge ausgewertet werden, um Verfälschungen durch Einschwingvorgänge des Lautsprechers auszuschließen. Um den Phasengang zu erhalten, müssen die Laufzeiten t_i der Frequenzen f_i im zu untersuchenden Bereich gemessen werden. Die Signallaufzeiten t_i setzen sich aus der Totzeit t_t und einer der Phasenverschiebung φ_i entsprechenden Verzögerungszeit zusammen.

$$t_i = t_t - \frac{\varphi_i}{2\pi f_i}$$

Die Laufzeit t_0 bei einer frei wählbaren Frequenz f_0 wird nach der Messung von allen Laufzeiten abgezogen. Der Phasenwinkel φ_i bei der Frequenz f_i berechnet sich dann zu

$$\varphi_i = 2\pi f_i [t_0 - t_i] \Rightarrow \varphi_i = 2\pi f_i \left[\left[t_i - \frac{\varphi_0}{2\pi f_i} \right] - t_i \right] \Rightarrow \varphi_i = 2\pi f_i [t_t - t_i] - \varphi_0 \frac{f_i}{f_0}$$

Der so errechnete Phasengang $\varphi_m(f)$ setzt sich aus dem tatsächlichen Phasengang des Lautsprechers $\varphi(f)$ und dem Anteil $\varphi_{om}(f)$ zusammen. Jeder einzelne berechnete Phasenwinkel ist mit dem Fehler $\varphi_0 \cdot f_i/f_0$ behaftet. Die Größe des Fehlers kann nicht bestimmt werden, da der Winkel φ_0 unbekannt ist. Aus obiger Gleichung ergibt sich jedoch, daß der Fehler mit wachsender Bezugsfrequenz f_0 sinkt.

Dieser zunächst als Nachteil dieses Meßverfahrens erscheinende Umstand läßt sich bei der Messung von Lautsprecherphasengängen nicht vermeiden. Prinzipiell treten bei n einzelnen Messungen immer $n+1$ unbekannte Größen auf: die Phasenwinkel $\varphi_1 \dots \varphi_n$ und die Totzeit t_t . Erst mit einer weiteren Information läßt sich das bestehende Gleichungssystem eindeutig lösen. Aus diesem Grund muß auch der Feinabgleich bei den bisher üblichen Verfahren manuell und mit "Augenmaß" vorgenommen werden.

Ist entweder die Schall-Laufzeit oder der Phasenwinkel bei einer Frequenz bekannt, kann aus den gemessenen Größen der tatsächliche Phasengang $\varphi(f)$ des Lautsprechers berechnet werden. Neben diesem Nachteil, den auch alle anderen Meßverfahren aufweisen, bietet die Laufzeitmessung aber auch einige sehr wesentliche Vorzüge:

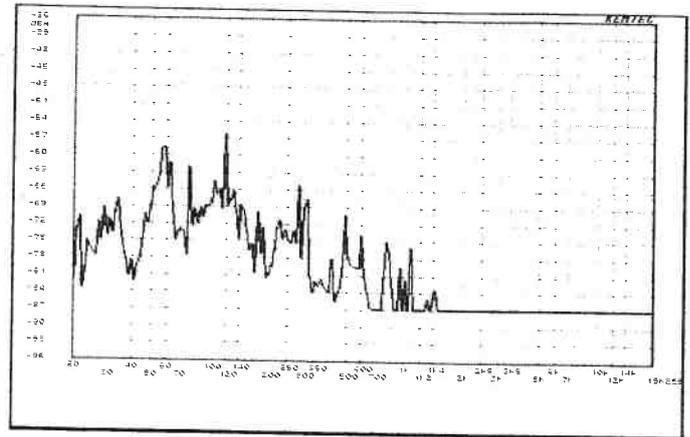
- Im Gegensatz zu anderen Meßverfahren können mit der hier vorgestellten Lösung auch Phasenwinkel, die erheblich größer als 360° sind, gemessen werden. Der Winkel-Meßbereich wird dabei nur durch den Meßbereich der verwendeten Zeitmessung begrenzt.
- Bis zu einer von der Größe des Raumes, in dem die Messung durchgeführt wird, abhängigen unteren Grenzfrequenz herrscht akustisch die gleiche Situation wie im schalltoten Raum. Da die Messung nicht mit Dauersignalen, sondern mit kurzen Impulsen arbeitet, ist der Meßvorgang bereits abgeschlossen, bevor die ersten Reflexionen von den Wänden das Mikrophon erreichen. Für diesen Effekt gibt es eine untere Grenzfrequenz, weil die Messdauer mit abnehmender Frequenz zunimmt.
- Es können auch Systeme ohne oder mit bekannter Totzeit gemessen werden (z.B. aktive und passive Filter, NF-Verstärker usw.). Der Nachteil des mit steigender Frequenz wachsenden unbekanntem Fehlers entfällt dann.
- Ein weiterer Vorteil dieses Meßverfahrens ist, daß auch Meßobjekte mit mehreren verschiedenen Totzeiten ohne erneute Messung untersucht werden können.

Störungen durch Umgebungsgeräusche

Damit Phasengangmessungen nicht nur in schalltoten Räumen, sondern auch in normalen geschlossenen Räumen möglich sind, war die Unempfindlichkeit gegenüber Hintergrundgeräuschen eine wichtige Forderung an die Phasenkarte. Vorversuche zeigten, daß Hintergrundgeräusche die Messung stark beeinflussen. Bei dem Laufzeit-Meßverfahren wird die Information über die vorhandene Phasenverschiebung aus den Nulldurchgängen des Mikrofoneingangssignals gewonnen. Durch die Überlagerung eines Störpegels entsteht ein Meßfehler, da die Nulldurchgänge des Nutzsignals verschoben werden. Es zeigte sich, daß der Signal/Rausch-Abstand bei einem Mikrofonabstand von einigen Metern so gering wird, daß ohne weitere Maßnahmen eine sinnvolle Messung unmöglich ist.

Die Annahme, daß der vorhandene **Störpegel** nicht in allen Frequenzbereichen die gleiche Intensität hat, wurde durch eine Messung des Hintergrundgeräusches eines Hörraumes bestätigt. Eine Spektralanalyse des Störgeräusches zeigte, daß die Bandbreite der Störungen in diesem Fall auf einen sehr niederfrequenten Bereich von 0 - ca. 200 Hz beschränkt ist.

Mit Hilfe des Filters auf Filterkarte 16277 verbessert sich der Signal/Rausch-Abstand erheblich. Der Phasengang dieses Filters muß allerdings bei der Auswertung der Meßergebnisse berücksichtigt werden.



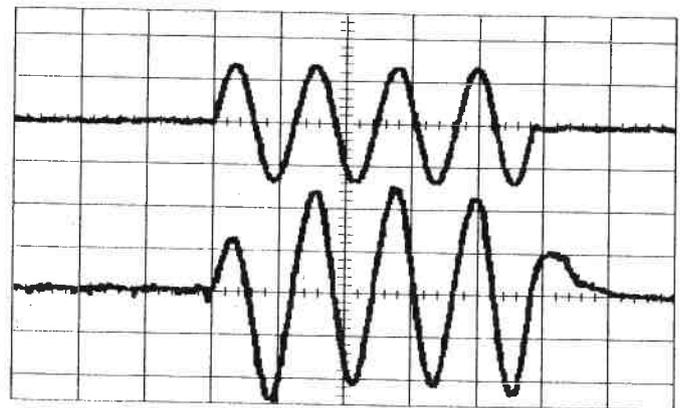
Störungen durch das Einschwingverhalten von Lautsprechern

Lautsprecher stellen physikalisch gesehen in erster Näherung ein Schwingensystem bestehend aus Feder, Dämpfer und Masse dar. Wird ein solches System aus der Ruhelage sinusförmig angeregt, zeigt sich ein Einschwingverhalten, dessen Dauer von der antreibenden Kraft und den mechanischen Größen des Schwingensystems abhängig ist. Das bedeutet für den Lautsprecher, daß die Kurvenform des austretenden Schalls beim Einschwingen auf eine neue Frequenz unter Umständen erheblich von der an der Schwingspule anliegenden Spannung abweichen.

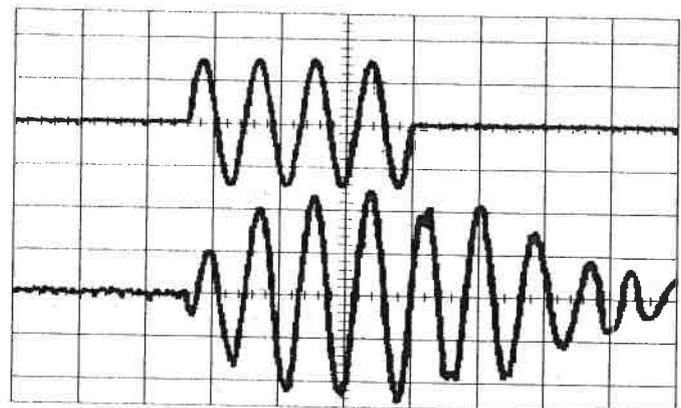
Ein weiterer Grund für Phasenverschiebungen in der Anschwingphase ist die spektrale Verteilung des ansteuernden Burst-Signals. Durch die rechteckförmige Modulation des Sinussignals entstehen im Einschaltaugenblick zahlreiche Seitenbänder, deren Intensität jedoch mit zunehmender Einschaltdauer abnehmen. Die Oszillogramme zeigen, daß die Nulldurchgänge durch das Einschwingen der Lautsprecher auf der Zeit-Achse verschoben werden. Deshalb darf die Laufzeitmessung erst im eingeschwungenen Zustand des Lautsprechers gestartet werden.

Es wurde festgelegt, daß die Laufzeit-Messung mit der vierten Periode des ansteuernden Signals gestartet und mit der vierten Periode des abgestrahlten Schallsignals gestoppt werden soll. Dieser Wert stellt einen Kompromiß dar: Einerseits gibt es Lautsprecher, die nach der vierten Periode noch nicht eingeschwungen sind. Man darf aber

andererseits nicht beliebig lange auf einen stationären Zustand warten, weil die Messung abgeschlossen sein sollte, bevor die ersten von den Wänden des Meßraumes reflektierten Schallwellen das Mikrofon erreichen.



Einschwingverhalten eines Tieftöners



Einschwingverhalten eines Hochtöners

Die Filterkarte 16277 bietet die Möglichkeit, ein getastetes Sinus-Signal mit programmierbarem Impuls-Pausen-Verhältnis zu erzeugen. Das dem Lautsprecher zugeführte **Burst-Signal** muß im Nulldurchgang geschaltet sein, um den Oberwellengehalt und damit die Einschwingdauer des Lautsprechers zu minimieren.

Die Aufgabe der **Meßsignalwandlung** ist es, das Mikrofonsignal und das vom Burstgenerator kommende Referenzsignal in Rechteckimpulse umzuwandeln, so daß diese von der nachfolgenden Zeitmeßschaltung weiterverarbeitet werden können. Damit die Phasenbeziehung der Signale zueinander nicht verfälscht wird, müssen die Nulldurchgänge der rechteckförmigen Ausgangssignale mit denen der Sinus-Eingangssignale übereinstimmen.

Das **Mitlauffilter** ist ein geschaltetes Kapazitätsfilter zweiter Ordnung mit einer Filtergüte von 4. Die Mittenfrequenz dieses Filters wird über eine extern zugeführte Oszillatorfrequenz eingestellt, die über eine PLL-Schaltung aus dem Eingangssignal gewonnen wird. Das Ausgangssignal ist quantisiert mit einer Abtastzeit von 1/100 der Periodendauer des Eingangssignals. Das bedeutet, daß mit eingeschaltetem Mitlauffilter auch die gemessene Phasenverschiebung quantisiert sein wird. Die Auflösung der Messung wird dadurch auf $3,6^\circ$ reduziert.

Die **Zeitmessung** arbeitet nach dem Torzeit-Verfahren: Die Anzahl der Perioden von einer bekannten Meßfrequenz werden während der zu messenden Zeitdauer gezählt.

Es wurde eine Meßfrequenz von 16 MHz (62,5 ns Periodendauer) gewählt. Um während der Meßdauer mit der erforderlichen Auflösung von 62,5 ns messen zu können, muß ein Zähler mit mindestens 21 Bit (= $\lg 108,72 \text{ ms}/62,6 \text{ ns}$) verwendet werden.

Die Schaltung besteht im wesentlichen aus zwei 24-Bit-Zählern, die aus jeweils drei 8-Bit-Zählern zusammengesetzt sind, einem Quarzoszillator zur Meßfrequenzerzeugung und einer Gatterlogik, die den Ablauf der Messung steuert.

Als Eingangsmeßgrößen benötigt die Phasenkarte die dem Lautsprecher zugeführten Sinus-Bursts sowie das Mikrofonsignal. Das Signal zu Ansteuerung des Lautsprechers wird direkt am Ausgang der Burst-Steuerung abgegriffen. Am Ausgang des Mitlauf-Filters liegt das vorverstärkte Mikrofon-Signal vor. Die Steuerung des Meßablaufs bei der Phasenmessung und die **Übertragung der Meßergebnisse** erfolgt über den Daten- und Adress-Bus des Mikro-Controllers. Es stehen die Leitungen A0-A7 des Adressbusses, der gemultiplexte Daten- und Adress-Bus ADO-AD7, die Lese- und Schreib-Leitungen /RD und /WR sowie zwei Interrupt-Eingänge /INT0 und /INT1 zur Verfügung.

Die Aufgabe des Programms für den **Mikro-Controller** des AMS-PC 1656 besteht darin, die Phasenmessung zu starten, die Meßwerte an den angeschlossenen Steuerrechner zu übermitteln und die Eingangsempfindlichkeit der Meßsignalwandlung einzustellen. Das Programm ist in 8031-Assembler-Code geschrieben und in die bereits bestehende Software eingebunden. Im Hauptprogramm wird in einer Endlosschleife die RS232-Schnittstelle abgefragt. Sendet der Steuerrechner einen Befehl an die Schnittstelle, ruft der Mikro-Controller das jeweils entsprechende Unterprogramm auf. Zu Beginn des Phasenmeßprogramms erfolgt eine Abfrage, ob die Phasenmessung gestartet oder die Eingangsempfindlichkeit eingestellt werden soll. Wird die Messung gestartet, wartet das Programm durch zyklische Abfrage des BUSY-Signals das Ende der Messung ab. Geht das BUSY-Signal auf LOW werden die sechs Zählerstände über die RS232-Schnittstelle an den Steuerrechner übermittelt.

Zur Steuerung des Meßablaufs und zur Berechnung der einzelnen Phasenwinkel wurden mehrere Programm-Module geschrieben. Die verschiedenen Programmteile haben im einzelnen folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Steuerung des Meßablaufs
- Erkennung von Meßfehlern und u.U. Wiederholung der Messung mit geänderten Parametern
- Plausibilitätskontrolle zum Aussortieren von Fehlmessungen
- Erkennung von 360° Phasensprüngen und rechnerische Korrektur dieser Sprünge
- Berechnung der Phasenverschiebung für die einzelnen Frequenzen aus den gemessenen Totzeiten und Periodendauern

Die **Messung der Laufzeiten und Periodendauern** wird von der Prozedur "Phasengang" gesteuert. Der Frequenzbereich, in dem gemessen werden soll, die Ausgangsamplitude und die Eingangsempfindlichkeit werden bereits vom Hauptprogramm eingestellt. Bei jeder Frequenz wird zunächst eine Amplitudenmessung durchgeführt. Der Triggerpegel der Meßsignalwandlung wird daraufhin auf den vom Benutzer eingestellten Prozentsatz der gemessenen Amplitude eingestellt. Durch akustische Gegebenheiten im Meßraum schwankt die Schallamplitude am Mikrofon stark. Mit der Anpassung des Trigger-Pegels wird sichergestellt, daß die Triggerung der Meßsignalwandlung in der überwiegenden Zahl der Fälle mit der ersten negativen Halbwelle des Mikrofon-Signals ausgelöst wird. Als nächster Schritt folgt dann die eigentliche Laufzeit- und Periodendauer-Messung. Dabei können verschiedene Fehler auftreten, die abgefangen werden müssen:

1. Ist die ausgegebene Amplitude zu gering, um die Triggerung auszulösen, wird die Messung bei erhöhter Trigger-Empfindlichkeit wiederholt.
2. Falls die Messung durch ein Störgeräusch zu früh ausgelöst wurde, muß sie bei verminderter Trigger-Empfindlichkeit wiederholt werden.
3. Stimmt die gemessene Periodendauer nicht innerhalb gewisser Grenzen mit der ausgegebenen Frequenz überein, wird die Messung als fehlerhaft gekennzeichnet. Sie wird dann bei der späteren Weiterverarbeitung ignoriert.

Eine **rechnerische Nachbearbeitung der Meßwerte** ist erforderlich, da nicht sichergestellt ist, daß die Triggerung der Meßsignalwandlung in jedem Fall mit der ersten negativen Halbwelle des Mikrofonsignals ausgelöst wird. Bei manchen Messungen wird die Triggerung erst mit der zweiten negativen Halbwelle ausgelöst. Werden solche Meßwerte unkorrigiert weiterverarbeitet, erscheinen in der Darstellung des Phasengangs **360° -Phasensprünge** obwohl in Wirklichkeit keine vorhanden sind. Da während der Messung nicht erkannt werden kann, ob die Triggerung mit der richtigen Periode ausgelöst wurde, werden nach Beendigung der Phasemessung zuerst alle 360° -Sprünge ermittelt. Dazu wird der Phasenwinkel jedes Meßwertes mit seinem "Vorgänger" verglichen. Liegt er im Intervall +/- 270..... 450°, so wird ein Sprung erkannt. Werte über 450° werden als Fehlmessung markiert.

Auf diese Weise wird die Phasenlage für jede einzelne Frequenz ermittelt. Da nur ein geringer Prozentsatz aller Messungen durch die falsche Periode ausgelöst werden, wird bei der Berechnung der Winkel davon ausgegangen, daß die am häufigsten vorkommende Phasenlage die korrekte ist. Die Bestimmung der richtigen Phasenlage ist entscheidend zur Ermittlung der Schall-Laufzeit zwischen Lautsprecher und Mikrofon. Würde eine Frequenz als Bezugswert gewählt, bei der nicht auf die erste negative Halbwelle des Mikrofonsignals getriggert wurde, könnte kein korrekter Phasengang ermittelt werden. Bei der Berechnung der einzelnen Winkel würde sich die gemessene Laufzeit aus der Summe der tatsächlichen Laufzeit und einem Vielfachen der Periodendauer der Bezugfrequenz zusammensetzen. Es entstünde ein systematische Fehler.

Aus diesem Grund wird eine **Fehlermeldung** ausgegeben und die weitere Meßwertverarbeitung abgebrochen, wenn die statistische Auswertung der aufgetretenen Phasenlagen keine deutliche Häufung einer bestimmten Phasenlage ergibt. Durch die rechnerische Nachbearbeitung der Meßwerte wird die maximal erlaubte Phasensteilheit herabgesetzt, da Phasenunterschiede zwischen zwei benachbarten Meßwerten von mehr als 270° als Phasensprung oder als Fehlmessung interpretiert werden. Da mit 20 Stützwerten pro Oktave gemessen wird, beträgt die größtmögliche noch einwandfrei zu verarbeitende Phasensteilheit $20 \cdot 270^\circ$ /Oktave. Dieser Wert stellt in der Praxis keine Einschränkung dar, da solche Steilheiten von Lautsprechersystemen nicht erreicht werden.

Sie haben mit der Phasenkarte 16279 eine Zusatzhardware zum Meßsystem AMS-PC/ST erworben, mit der Sie akustische wie auch elektrische Phasenfrequenzgänge und Gruppenlaufzeiten messen können. Dabei wird von der Hardware nicht die Phase direkt gemessen, sondern die Laufzeit und die Periodendauer des zu messenden Signals. Ihr Rechner wandelt dann nach der Messung die Daten in den entsprechenden Phasenfrequenzgang um.

Nachdem die zu messende Frequenz vom Meßprozessor 1656 eingestellt worden ist, erfolgt zunächst eine Amplitudenmessung. Diese ist gerade bei akustischen Systemen und elektrischen Systemen höherer Ordnung und Güte sinnvoll, da sich von Frequenz zu Frequenz die Amplitude in großen Bereichen verändern kann. Aufgrund des Meßprinzips der Phasenkarte 16279 und der damit verbundenen Aufbereitung des zu messenden Signals wird am Eingang der Phasenkarte eine Amplitude von minimal 6 mV und maximal 1500 mV benötigt. Nach dem Ergebnis der Messung wird daher für jede Frequenz die Amplitude so eingestellt, daß sie innerhalb dieses Bereiches liegt. Nun erfolgt der Feinabgleich, um die Zählerschaltung (sie mißt die Laufzeit und die Periodendauer) so triggern zu können, daß das Timing eingehalten werden kann. Danach erfolgt die eigentliche Messung.

Fehlermeldungen

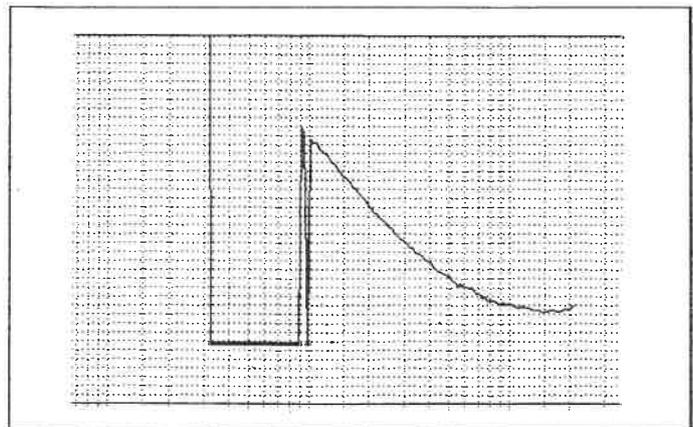
Nach Abschluß aller Messungen im gewählten Frequenzbereich erfolgt die softwaremäßige Aufbereitung der Ergebnisse. Hierbei werden Phasensprünge erkannt, die Meßdaten mit dem Kalibrierdatei-Daten verrechnet und schließlich wird aus den gemessenen Laufzeiten und Periodendauern die Phasenverschiebung berechnet. Während der Messung wird noch geprüft, ob die Messung erfolgreich war. War sie erfolgreich, so erhalten Sie im Statusfeld über dem Raster unter dem Punkt **"Mess- Status"** die Meldung "OK". Ist die Messung fehlerhaft gewesen, gibt es mehrere Anzeigemöglichkeiten in diesem Feld:

1. **"Periodendauer nicht OK"** Mit der Laufzeit des Meßsignals wird gleichzeitig von einem zweiten Zähler die Periodendauer bestimmt. Weicht sie von der Sollperiodendauer um mehr als 30% ab, erhalten Sie diese Meldung.
2. **"Trigger - Pegel zu hoch"** Der Feinabgleich der Amplitude war nicht erfolgreich. Die Triggerung wurde zu spät oder garnicht ausgelöst. Sie sollten die Messung mit einer größeren Triggerempfindlichkeit wiederholen. Wenn Sie für die Trigger - Empfindlichkeit z.B. 50% eingegeben haben, stellen Sie für die nächste Messung vielleicht 40% ein.
3. **"Trigger - Pegel zu niedrig"** Der Feinabgleich war wiederum nicht erfolgreich. Diesmal wurde die Triggerung zu früh ausgelöst. Sie sollten die Messung mit einer niedrigeren Triggerempfindlichkeit wiederholen. Wenn Sie für die Trigger - Empfindlichkeit z.B. 50% eingegeben haben, stellen Sie für die nächste Messung vielleicht 60% ein.

Erhalten Sie bei der Messung einen dieser Fehler, so wird die Messung bei der Frequenz bei der der Fehler auftrat, bis zu drei mal mit korrigierter Trigger - Empfindlichkeit wiederholt. Einzelne Fehlmessungen erscheinen im Diagramm als dicker Punkt; eine Reihe als Balken.

Die softwaremäßige Aufbereitung funktioniert nur mit einer komplett fehlerfreien Messung. Deshalb muß vor dem Starten einer Phasenmessung gewährleistet sein, daß diese fehlerfrei durchgeführt wird.

Da das zu messende System das Meßsignal stark verformen kann, die Phasenkarte aber auch solche schwierigen Situationen bis zu einem gewissen Grad bewältigen soll, sind vom Benutzer u.U. einige Vorbereitungen zu treffen, um auch unter diesen widrigen Umständen eine korrekte Messung zu ermöglichen.



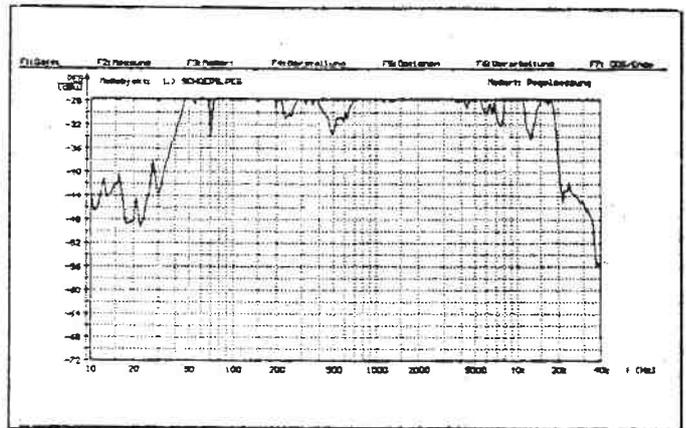
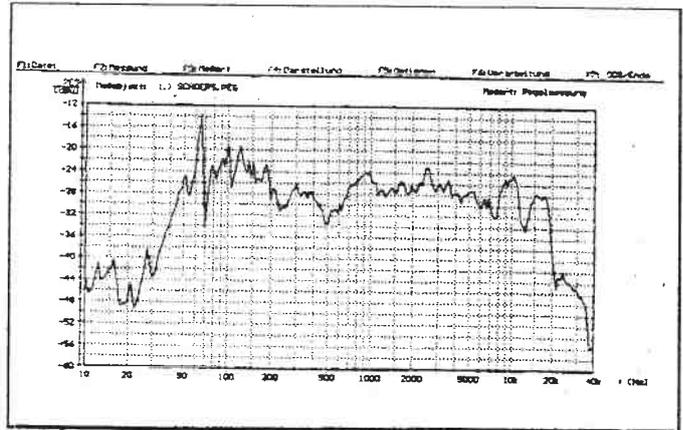
Damit die **Amplitude des Meßsignals** in einem Bereich liegt, den die Phasenkarte verarbeiten kann, ist es sinnvoll, vor der Phasenmessung zunächst den Pegelfrequenzgang aufzunehmen.

Sie sollten **Ausgangspegel und Eingangsempfindlichkeit** so wählen, daß der Störspannungsabstand zwischen dem niedrigsten Signalpegel und etwaigen Hintergrundgeräuschen mehr als 10 dB beträgt. Zum anderen sollte die Eingangsempfindlichkeit des Meßprozessors so gewählt werden, daß der höchste Signalpegel knapp unter der Übersteuerungsgrenze liegt und der kleinste Signalpegel nicht mehr als 24 dB darunter. Hierdurch erhalten Sie eine gute Meßsicherheit und die kürzeste Meßdauer, weil die Messung fehlerfrei erfolgt. Sollten sich der kleinste und der größte Signalpegel nicht innerhalb dieser Grenzen einstellen lassen, so ist eine Übersteuerung sinnvoller als ein zu niedriger Pegel. Die Meßdauer verlängert sich hierdurch zwar, andererseits bleibt aber die Einstellsicherheit der automatischen Amplitudenregelung über den gesamten Pegelbereich erhalten.

Nachdem Sie die Amplitude eingestellt haben **starten** Sie durch betätigen von RETURN die Messung oder Sie verlassen den Testmodus und starten mit F2-F1 oder F2-F2.

Messung mit Mitlauffilter

Der Unterschied zwischen einer Messung mit Mitlauffilter und ohne Mitlauffilter liegt in der erreichbaren Auflösung der Meßergebnisse. So ist ohne Mitlauffilter eine Auflösung von 1.5° und mit Mitlauffilter von 3.6° erreichbar.



Frequenzbereich	20	20000	Hz
Ausgang	Line A	Line B	
Eingang	Line A	Line B	
Ausgangspegel	3.98 0	(3.98 4 an	4.0
Meß-Status			

Meßobjekt	2.) SCHOEPL.PH	Parameterwahl	
Frequenzbereich	20	20000	Hz
Ausgang	Line A	Line B	
Eingang	Line A	Line B	
Phasenmessung	Aus	Ein	
Phasenkorrektur	Aus	Ein	
Trigger - Empfindlichkeit	20	% der Signalamplitude	
Frequenzaster	Ein	1/3	1/2
Auto Phasenreferenz	Ein	Ein	Oktave

Die Trigger-Empfindlichkeit

Mit dieser Einstellung können Sie beeinflussen, bei welchem Pegel des Eingangssignals die Triggerung der Phasenkarte ausgelöst wird. Die Eingaben sind in % der Signalamplitude vorzunehmen. Das heißt, wenn Sie z.B. 20% einstellen, dann wird die Triggerung ausgelöst, wenn der Pegel 1/5 der Signalamplitude beträgt. Je nachdem was Sie messen wollen und ob Sie mit Mitlauffilter oder ohne messen, sind hier verschiedene Werte zu wählen.

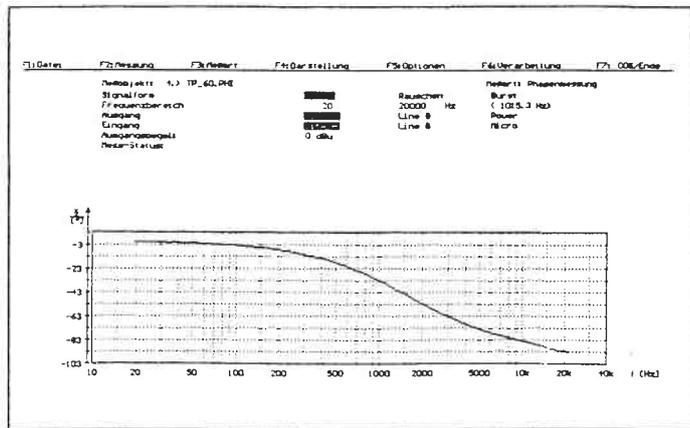
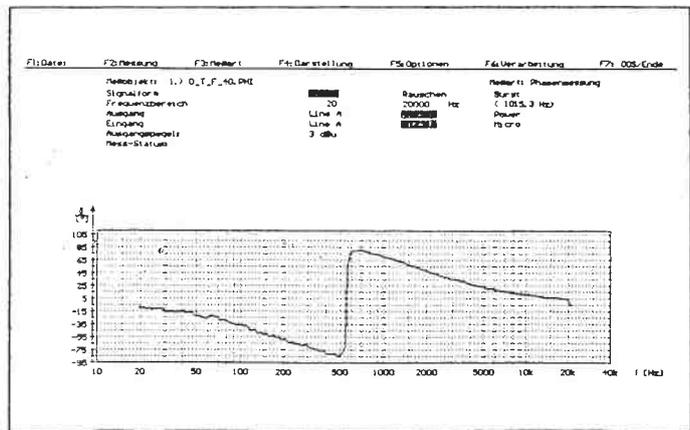
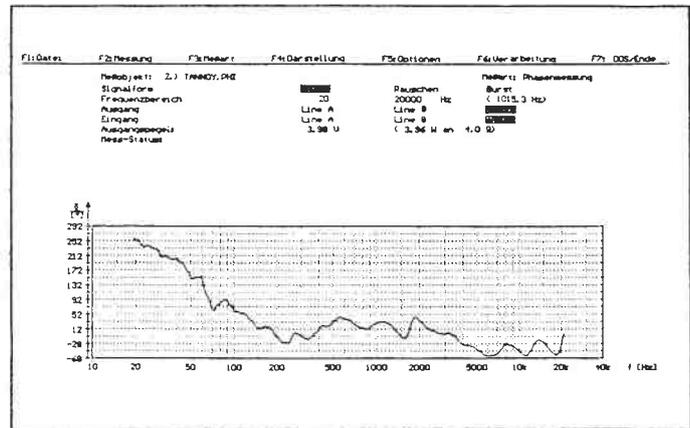
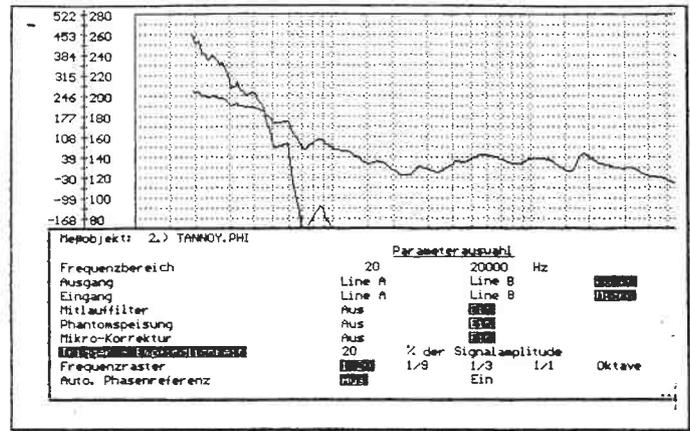
Bei den von uns gemessenen **Lautsprecherboxen** lagen gute Trigger - Empfindlichkeiten zwischen 10 und 30% mit Mitlauffilter.

Grundsätzlich kann man sagen, daß ohne Mitlauffilter der Bereich zwischen 50 und 70% und mit Mitlauffilter der Bereich zwischen 10 und 30% in den meisten Fällen erfolgreiche Messungen liefert. Im Einzelfall sollte man, wenn mit diesen Einstellungen kein Erfolg zu erzielen ist, andere Trigger - Empfindlichkeiten wählen.

Die Einstellung der Trigger - Empfindlichkeit ist bei eingeschaltetem Mitlauffilter weniger kritisch als ohne Mitlauffilter.

Bei Netzwerken wie dem **Doppel-T-Filter** sind erfolgreiche Messungen mit Trigger - Empfindlichkeiten zwischen 20 und 40% bei eingeschaltetem Mitlauffilter ratsam.

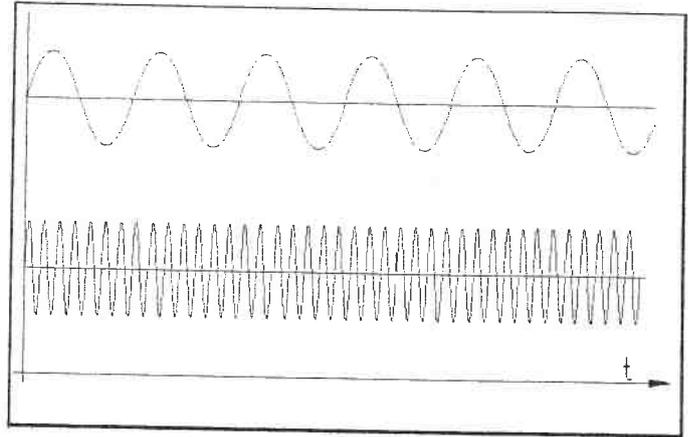
Bei dem **Tiefpassfilter**, daß sich auch als Beispiel auf Ihrer Diskette befindet, erzielten wir ohne Mitlauffilter und Trigger-Empfindlichkeiten zwischen 60 und 70% gute Ergebnisse, mit Mitlauffilter dagegen zwischen 30 und 70%.



Unter dem Menüpunkt "Verarbeitung" können Sie einen Unterpunkt anwählen, der es Ihnen erlaubt, Phasenmessungen im Nachhinein zu bearbeiten. Dieses ist notwendig, da bei unserer Meßmethode (wie bei allen anderen Meßmethoden auch) die Unbekannte "Totzeit" zunächst mit in die Messung eingeht.

Bei Lautsprechern kommt man in der Regel mit der **Automatischen Phasenreferenz** am schnellsten und sichersten zu guten Ergebnissen.

Nun ist es so, daß der daraus resultierende Fehler zu höheren Frequenzen hin zunimmt. Hierzu vielleicht eine anschauliche Betrachtung: Eine Totzeit beträgt 10ms. Bei einer Frequenz von 100Hz, die mit einer Phasenverschiebung behaftet ist, entspricht die Totzeit genau der Länge einer Periode. Der Fehler würde $1 \times 1^\circ$ entsprechen. Bei einer Frequenz von 1000Hz würden 10 Perioden in diese Totzeit "hineinpassen". Der Fehler würde $10 \times 2^\circ$ entsprechen. Setzt man jetzt bei der höchsten gemessenen Frequenz den Winkel zu 0° , so wird der Fehler, der mit der Totzeit und dem gemessenen Winkel bei dieser Frequenz behaftet ist zu niedrigeren Frequenzen hin immer kleiner.



Dieser Abgleich wird bei herkömmlichen Phasenmeßgeräten über einen manuellen Abgleich gemacht. Es sind daher bei diesen Geräten immer mehrere Messungen notwendig, um einen "flachen" Phasenverlauf zu erreichen. Bei unserer Methode haben Sie mit der Möglichkeit der nachträglichen Bearbeitung der Messungen durch die Eingabe einer Frequenz und eines Winkels ohne mehrmals messen zu müssen einen "flachen" Phasenverlauf zu erreichen. Bei Messungen von Filtern etc., wo das Signal nicht über einen Mediumwechsel von Ausgang des Meßprozessors 1656 zu dessen Eingang gelangt brauchen Sie diesen "Totzeitausgleich" nicht zu vollziehen.

Wird die obere Grenzfrequenz des Meßbereichs als Bezugsfrequenz gewählt, erhält man auf Anhieb einen "flachen" Phasenverlauf, da der verbleibende Fehler zu niedrigeren Frequenzen hin abnimmt.

Anzeige der Gruppenlaufzeiten

Im Skalierungsformular wählen Sie eine der Zeitskalen (sec, ms, μ s, ns) und dazu ein oder mehrere Phasenmeßobjekte. Diese Darstellung ist gerade für Lautsprecher sehr aussagekräftig.

6.

Thiele-Small-Parameter

Ein dynamischer Lautsprecher ist ein elektrodynamisches Schwingsystem, dessen Verhalten als Hochpaß 2. Ordnung darstellbar ist. Die Formeln, die diesen Hochpaß beschreiben, sind in der Praxis sehr umständlich zu handhaben. Ein Kenngrößensatz, der von Thiele und Small zusammengestellt wurde, umgeht diese Formeldarstellung. Zu den nach ihnen benannten Thiele- Small-Parametern gehören:

- f_s** Die mechanische Grundresonanz (Freiluftresonanz) des Lautsprecherchassis ist die Frequenz der größten Membranauslenkung.
- Q_{ms}** Die Güte ist eine Maßeinheit zur quantitativen Angabe der Wirksamkeit der Dämpfung. Man unterscheidet zwischen der mechanischen Güte, die alle mechanischen Reibungsverluste beinhaltet und der elektrischen Güte, die die elektromagnetische Bedämpfung der Grundresonanz beschreibt. Die **Q_{ts}** Gesamtgüte bzw. totale Güte ist die Parallelschaltung der Einzelgüten.
- V_{as}** Das Äquivalentvolumen ist das Luftvolumen (eines gedachten geschlossenen Gehäuses), das die gleiche Federwirkung hat, wie die Rückstellkräfte des Lautsprecherchassis.

Weitere Kenngrößen, die einen Lautsprecher beschreiben und auch zur Bestimmung der Thiele- Small-Parameter von Bedeutung sind:

- C_{ms}** Die mechanische Nachgiebigkeit (compliance) (ms = mechanical speaker) der Membranaufhängung gibt über die Stärke der Rückstellkräfte Auskunft.
- m_d** Die dynamische Gesamtmasse muß bei jedem Schwingungsvorgang vom Antrieb beschleunigt werden. Sie setzt sich aus dem Membran- und Schwingspulengewicht, der mitschwingenden Luftmasse in der Nähe der Membran sowie aus Einflüssen der Rückstellkräfte zusammen.
- R_e** Der Gleichstromwiderstand der Schwingspule wird durch den spezifischen Widerstand des Schwingspulensleiters, seinem Durchmesser und seiner Länge verursacht.

Mit Hilfe der genannten Parameter reduzieren sich die Berechnungen zur Konstruktion von Lautsprechergehäusen auf ein Minimum. Parameterabweichungen entstehen in der Serienfertigung durch Bauteiltoleranzen und Abweichungen in der Herstellung, z.B. beim Verkleben der Membran. Schwankungen der Thiele- Small-Parameter (besonders des Äquivalentvolumens) sind daher nicht zu vermeiden und betragen bei Lautsprecherchassis gleichen Types bis zu 50 %. Die Angaben in Datenblätter sind nur Mittelwerte aus vielen Einzelmessungen, so daß es notwendig ist, die individuellen Konstruktionsdaten von Lautsprecherchassis explizit zu ermitteln.

AMS- PC/ST ermöglicht die automatische Berechnung der Thiele-Small-Parameter aus der Messung der frequenzabhängigen Impedanz des Lautsprechers. Resonanzfrequenz und Güte- Werte lassen sich aus der Lage und Form der Freiluft-Resonanz ermitteln. Die Bestimmung von V_{as} kann nach zwei Methoden erfolgen: unter Zuhilfenahme eines Zusatzgewichtes oder eines geschlossenen Gehäuses. In beiden Fällen werden zwei Impedanzmessungen durchgeführt.

Die Meßmethoden

Bei der **Methode mit geschlossenem Gehäuse** wird der Treiber in ein völlig luftdichtes Gehäuse eingebaut, dessen Volumen exakt bekannt sein muß. Dieses Verfahren erfordert die Kenntnis zu sämtlicher Parameter im eingebauten Zustand :

- * Resonanzfrequenz f_c
- * Mechanische Güte Q_{mc}
- * Elektrische Güte Q_{ec}

Für das Äquivalentvolumen gilt folgende Formel

$$V_{as} = \left(\frac{f_c}{f_s} \frac{Q_{mc}}{Q_{es}} - 1 \right)$$

Bei der **Methode mit Zusatzgewicht** nach Joseph A. D' Appolito beschwert man die Membran mit einem Zusatzgewicht der Masse M und ermittelt die zugehörige Resonanzfrequenz, deren Wert unterhalb der Freiluftresonanzfrequenz liegt. Anhand dieser Werte kann die dynamische Gesamtmasse des Lautsprechers berechnet werden. Da der Lautsprecher einen Feder-Masse-Schwinger darstellt, erlaubt die Kenntnis von Resonanzfrequenz und dynamischer Masse die Berechnung der mechanischen Nachgiebigkeit der Aufhängung.

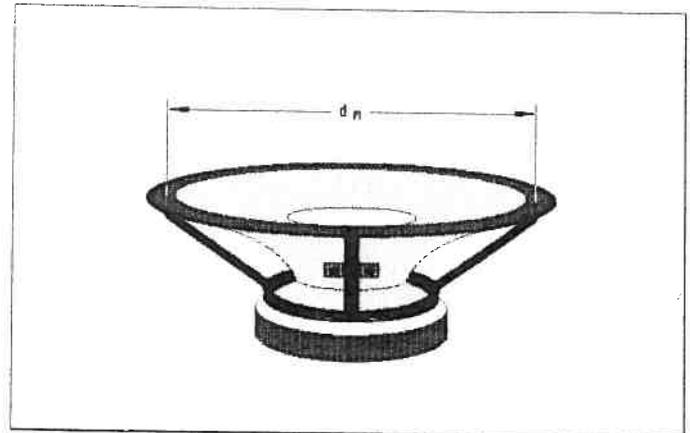
$$C_{ms} = \frac{1}{(2\pi f_s)^2} \frac{M}{\left(\frac{f_s}{f_s'}\right)^2 - 1} \quad \left(\frac{m}{N} \right)$$

$$V_{as} = \delta^0 c^2 S_D^2 C_{ms} \quad [m^3]$$

δ⁰: Luftdichte

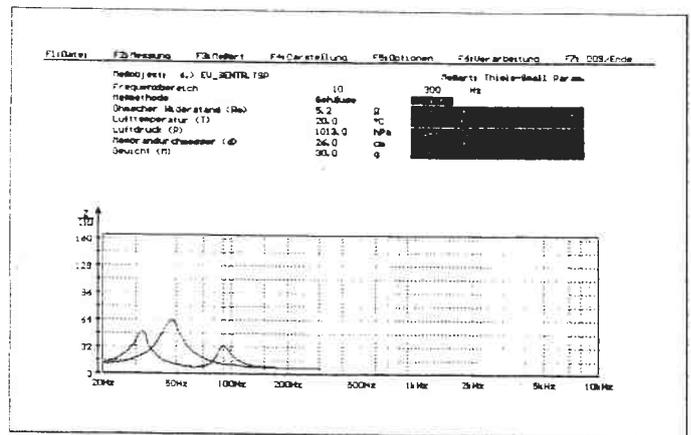
Vorbereitung

Zur Berechnung des Äquivalentvolumens erfordert diese Methode (nach Joseph D'Appolito) die Kenntnis der effektiven **Membranfläche**. Unter der Annahme, daß die Membran als steifer Kolben schwingt ist die effektive Membranfläche als die den Schall projizierende Fläche definiert. Die Membran führt hierbei an jeder Stelle die gleiche Bewegung aus. Diese Annahme ist gerechtfertigt, solange der Lautsprecher unterhalb seiner Maximalfrequenz betrieben wird. In welcher Größenordnung dabei die Sicke zur Schallabstrahlung beiträgt, ist je nach Lautsprechertyp und abgestrahlter Frequenz unterschiedlich. Als Näherung addiert man deshalb die halbe Sickenbreite zum Membranradius.



Die **Membranauflagen** werden benötigt, um eine weitere Resonanzstelle zu erhalten, mit der sich die Nachgiebigkeit der Membranaufhängung berechnen läßt. Die Auflage darf dabei das magnetische Feld des untersuchten Lautsprechers nicht verändern und deshalb keine metallischen Bestandteile enthalten, weil dadurch die Gefahr der Wirbelstrombildung gegeben ist. Die Messung ist in horizontaler Lage (Rückenlage) des Chassis durchzuführen. In dieser Stellung wird die Membran zwar aus der statischen Ruhelage ausgelenkt und erhält dadurch eine geringe Vorspannung, die jedoch bei der richtigen Wahl der Auflagemassen vernachlässigt werden kann. Die Auflagemasse sollte eine Verringerung der Resonanzfrequenz um ca. eine Terz bewirken. Es hat sich eine Rolle Karosserie-Dichtmasse bewährt, ca 20 g mit der Briefwaage exakt abgewogen und am Schwingspulen-Rand auf die Membran geklebt. Bei größeren Membranmassen empfehlen sich ca. 10 cm lange Kunststoff- Wasserrohren im Durchmesser der Schwingspule, ebenfalls mit Dichtmasse aufgeklebt.

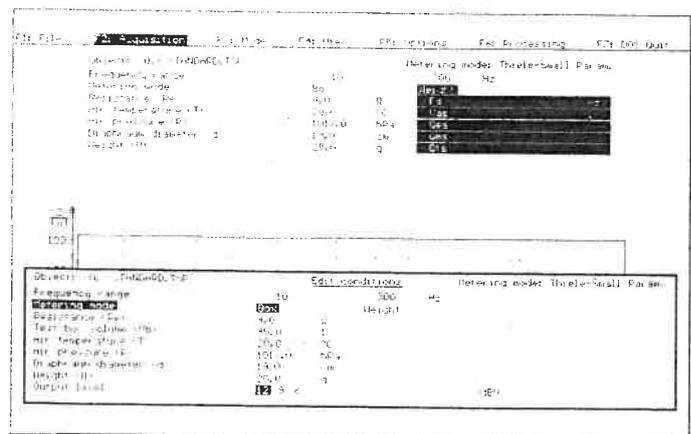
Eine gute mechanische Kopplung des Auflagegewichtes zum Membran-Antrieb ist wichtig. Das Diagramm zeigt die beiden Impedanzkurven einer TSP-Messung, wo der feste Sitz der Auflagemasse bei der zweiten Messung zu Wünschen übrig lies. aus solchen Messungen kann das Programm natürlich keine richtigen Daten errechnen.



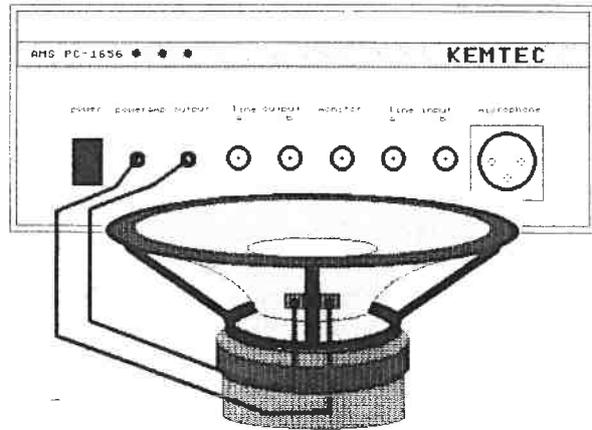
Durchführung der Messung

Nach Wahl eines Meßobjektes zur TSP- Messung werden folgende Parameter eingegeben:

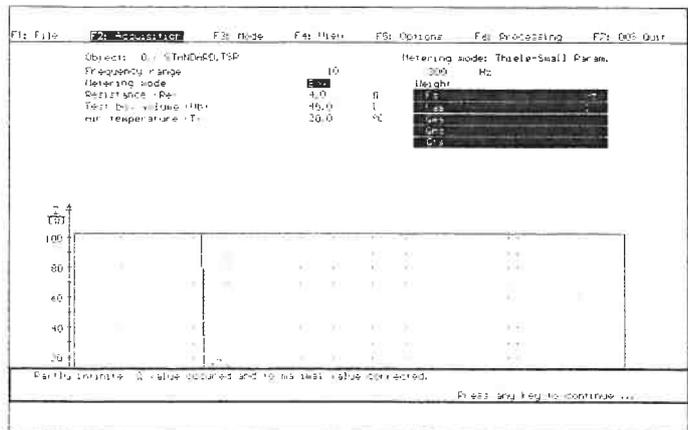
- * Gleichstromwiderstand des Chassis (sehr genau; wir empfehlen die Anschaffung eines 4- 1/2stelligen Multimeters oder des Milliohm-Meters KEMSONIC 1630.)
- * der Membrandurchmesser
- * das Gewicht der Auflagemasse
- * die Lufttemperatur
- * der aktuelle atmosphärische Luftdruck



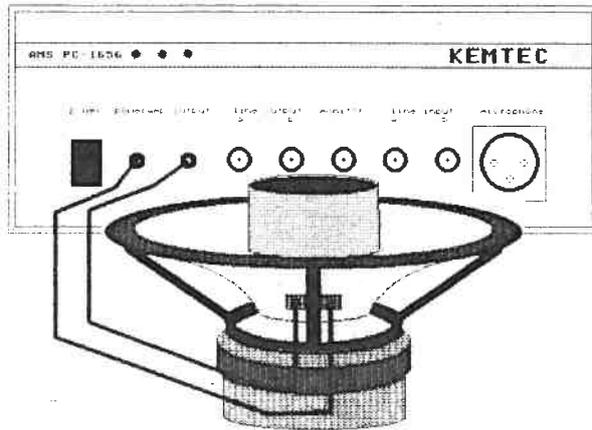
Nach dem Start der Messung erfolgt die Ermittlung von f_s sowie der Güte-Werte automatisch mit Bedienungsanweisungen. Der Lautsprecher wird freischwingend aufgehängt oder mit dem Magneten auf ein Abstandsrohr gelegt. Ohne diese Maßnahmen würde das Meßergebnis nennenswert verfälscht.



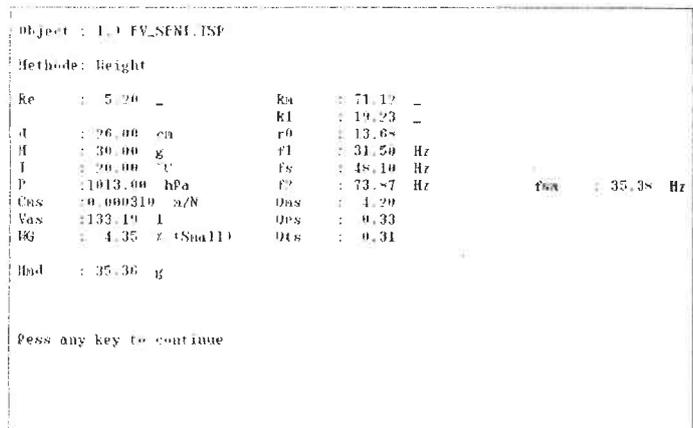
Alle Operationen aufzuführen, die das Programm ausführt, würde den Rahmen dieser Bedienungsanleitung sprengen. Etliche Sicherheitsabfragen kontrollieren die Genauigkeit der Messung.



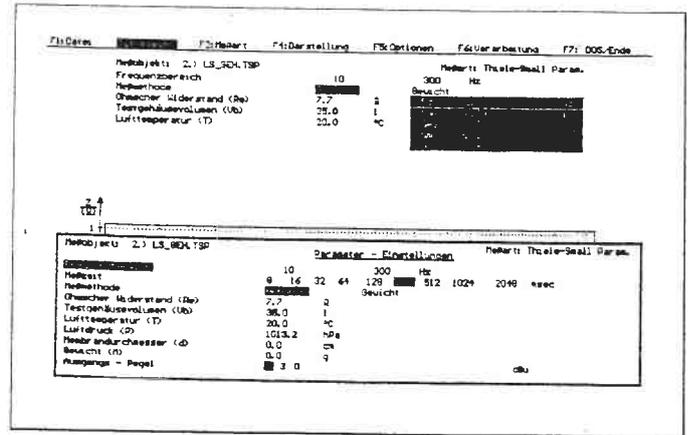
Dann wird nach einer entsprechenden Abfrage die Lautsprechermembran mit einem Gewicht beschwert. Es folgt die zweite Messung und anschließend die Berechnung von V_{as} .



Das Meßergebnis wird digital ausgegeben. Es kann benannt, kommentiert, ausgedruckt und gespeichert werden.

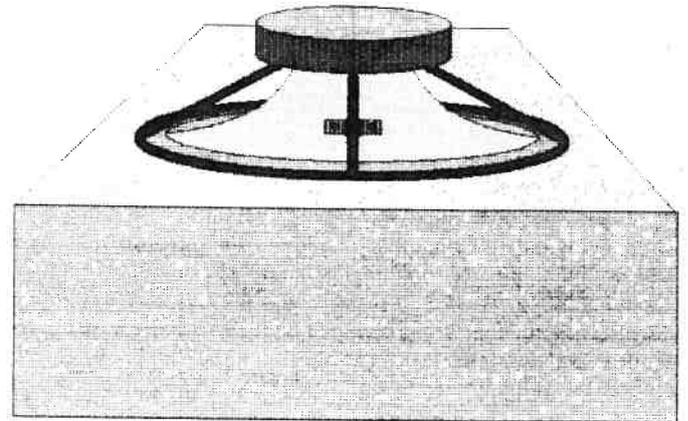


Die Meßmethode mit geschlossenem Referenzgehäuse ist zwar vom Prinzip her genauer als die bisher beschriebene Gewichtsmethode, aber wesentlich umständlicher in der Handhabung. Ausserdem müssen die Rahmenbedingungen stimmen. Insbesondere bedarf es eines geschlossenen Lautsprechergehäuses von guter Dichtigkeit. Die Benutzerführung, Parametereingabe und die Durchführung der ersten Impedanzmessung erfolgen ähnlich wie bei der Gewichtsmethode.

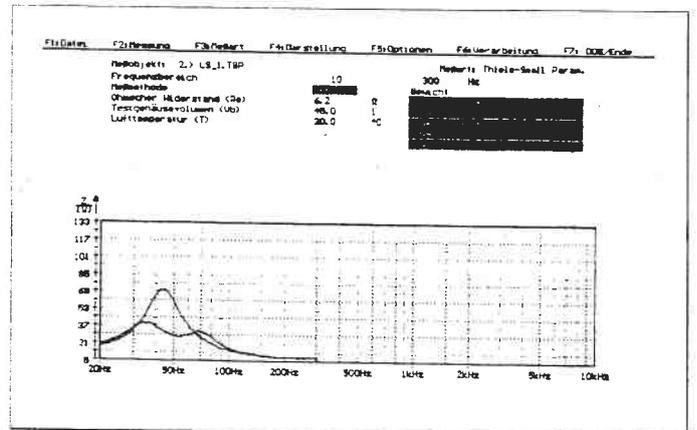


Bei der zweiten Impedanzmessung muß der Lautsprecher wirklich dicht in oder auf das Testgehäuse geschraubt werden.

Das **Testgehäuse** darf hierbei nicht mit Dämmmaterial gefüllt sein. Die Montage des Treibers erfolgt am besten mit nach außen weisendem Magnetsystem, da somit das Innenvolumen nur wenig verändert wird. Für handelsübliche Treiber hat sich ein Volumen des Testgehäuses von etwa 20 Litern bewährt. Liefert das bei kleinen Lautsprecherchassis keinen merklichen Anstieg der neuen Resonanzfrequenz, kann das Gehäusevolumen der Testbox durch eine Ziegelsteinfüllung reduziert werden, wobei das neue Nettovolumen wieder bekannt sein muß.



Eine gute **Abdichtung** des Lautsprechers zu Testgehäuse ist wichtig. Das Diagramm zeigt die beiden Impedanzkurven einer TSP-Messung, wo einfach die Ventilationsöffnung im Magneten nicht verschlossen wurde. Aus solchen Messungen kann das Programm natürlich keine richtigen Daten errechnen.



Einige Schwierigkeiten und wie man sie vermeidet

Bei der Impedanzmessung läßt sich die **Leistung**, mit der der Lautsprecher betrieben wird variieren: durch Wahl des Referenzwiderstandes und Einstellung des Parameters "Ausgangsspannung".

Ein niederohmiger **Referenzwiderstand** (z.B. 47W) bewirkt, daß der Lautsprecher mit relativ hoher Leistung betrieben wird, was sich u.a. auf die Störsicherheit der Messung positiv bemerkbar macht. Andererseits sind die Thiele/Small Parameter ausdrücklich als Kleinleistungs- bzw. Klein-signalparameter definiert.

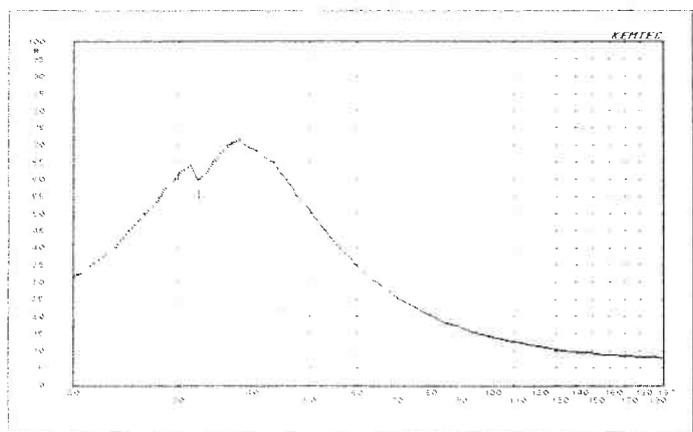
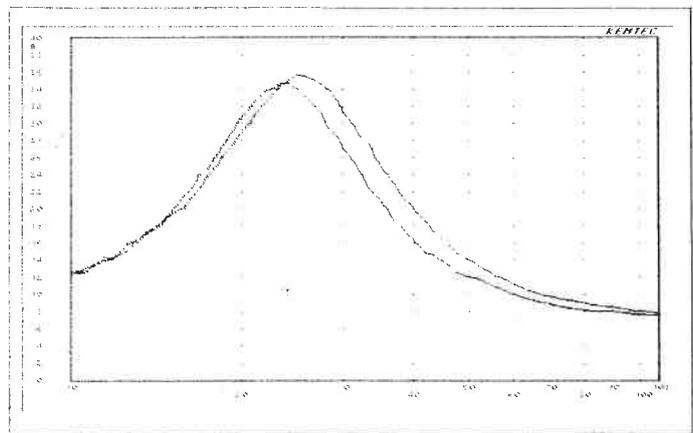
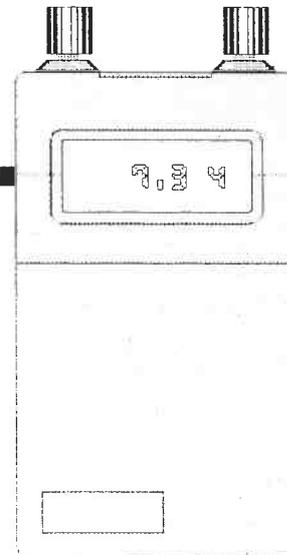
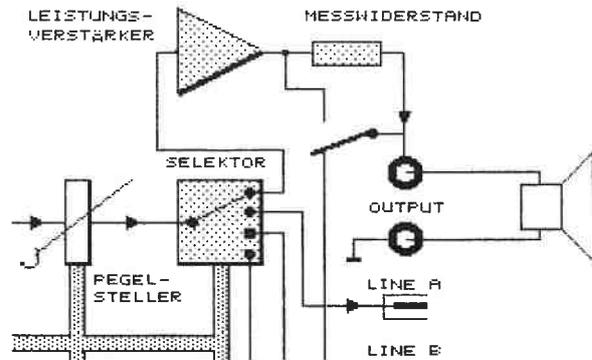
Da Lautsprecher keine linearen Systeme sind bewirkt die höhere Leistung - insbesondere bei Chassis mit Kunststoffmembran und niedrigen Gütewerten - eine Erhöhung der Resonanzfrequenz und geringere Q-Werte. In der Regel wird mit einem Vorwiderstand von 1 kOhm und 1 Volt gearbeitet.

Ein Problem ist die genaue Messung des **Gleichstromwiderstandes** der Schwingspule, so einfach das auch erscheinen mag. Viele DVM zeigen schwankende Werte durch die Mikrofonwirkung des Lautsprechers, der kleinste Meßbereich "199 W" der meisten Geräte ist unpassend und analoge Ohmmeter sind eh zu ungenau.

Deshalb wird von KEMSONIC das Milliohm-Meter **1630** angeboten, das für die Messungen an Lautsprechern in jeder Weise optimiert ist.

Ein anderes Phänomen: einige Anwender berichteten uns von starken Schwankungen der Q-Werte bei einunddemselben Lautsprecher. Eine Ursache dafür kann sein, daß das Chassis nicht eingebraunt ist, also fabrikneu gemessen wurde. In den ersten Betriebsstunden können sich die TSP u.U. noch drastisch ändern. Es empfiehlt sich daher, ein Chassis mindestens eine Stunde mit rosa Rauschen "**einzubrennen**". Auch eine unzureichende Abdichtung des Referenzgehäuses führt zur o.g. Erscheinung; ebenfalls ein lose sitzendes Zusatzgewicht bei Anwendung der Gewichtsmethode.

Und dann gibt es noch Lautsprecher mit einem etwas ungewöhnlichen Sattel an der Resonanzspitze. Die Frage, wie sinnvoll es ist, Chassis solcher Qualität auszumessen, sei dahingestellt; jedenfalls ist unsere automatische TSP-Routine in diesen Fällen überfordert. Es bleibt nur noch die konventionelle manuelle Methode: Impedanzkurve aufnehmen, Z-Werte ablesen und rechnen. Gute und richtige Formeln finden sich bei Gaedke, Parametermessungen an Lautsprechern, Franzis-Verlag.



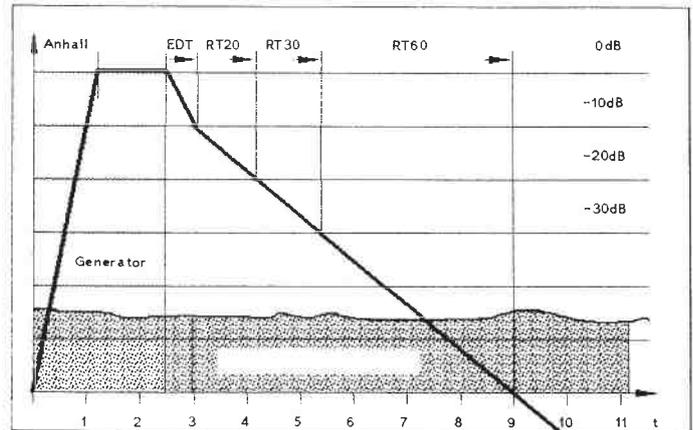
7.

Hallzeitmessung

Die Klangcharakteristik eines Raumes, seine "Hörsamkeit", oder Eignung für Musik- und Sprachdarbietungen hängt wesentlich von der Stärke und spektralen Dichte seines Nachhalls ab. Der Frequenzgang der Hallzeiten gibt dem Akustiker mit einem Blick ein Bild vom Klang eines Raumes. Ganz besonders wichtig ist die Kenntnis der Hallstärke anhand der Zeit bemessen, die nach dem klickfreien Abschalten einer Schallquelle vergeht, bis der Schalldruckpegel um 60 dB – also auf 1/1000 – seines ursprünglichen Wertes abgeklungen ist. Bei "musikalischen" Räumen findet man Werte zwischen 0,6 und 3 Sekunden. Eine Kirche mit sehr viel Hall kann u.U Spitzenwerte von 8 Sekunden aufweisen.

Mit AMS – PC lassen sich ungewohnt komfortabel Hallzeiten ermitteln, wahlweise im Oktav- oder Terzraster oder auch für einzelne Frequenzbänder. Alle hier auf Räume bezogenen Methoden sind auch bei Hallgeräten anwendbar .

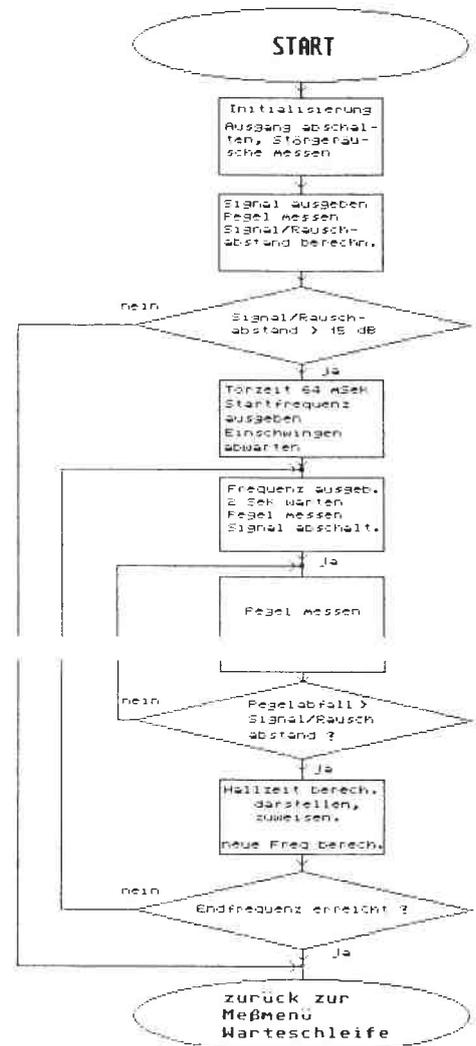
Ein allgemeines Problem bei Hallzeitmessungen ist es, einen ausreichenden Geräuschabstand zu erreichen. Bei einem Ruhepegel von z.B. 40 dB (durchaus normal) wären 100 dB Schalldruck zu erzeugen; mit etwas Sicherheitsabstand 110 dB. Dazu bedürfte es schon in mittelgroßen Sälen einer mittelgroßen P.A. Anlage. Man hilft sich damit, daß man nicht die eigentliche RT 60- Zeit mißt, sondern nur die Zeit, bis der Pegel um z.B. 30 dB abgefallen ist (RT 30). Dieser Wert wird dann auf RT 60 hochgerechnet- im Beispielfall reicht die einfache Verdoppelung.



Auch die Grenzwertkriterien 10 und 20 dB können von Interesse sein: weil der Störpegelabstand nicht ausreicht, die Messung schneller geht oder auch der Pegelabfall nicht immer streng logarithmisch verläuft. Die verschiedenen Grenzwerte können selbstverständlich schon auf RT 60 hochgerechnet werden.

Ablauf der Hallzeitmessung

- * Den Grundstörpegel im Meßraum ermitteln, den Pegel mit Meßsignal ermitteln und so feststellen, ob eine Hallzeitmessung möglich und sinnvoll ist.
- * Modulation einschalten (um die Periodizität einzelner stehender Wellen zu eliminieren)
- * gewählten Generator-Ausgangspegel einstellen
- * Bandmittenfrequenz einstellen
- * Signalquelle einschalten
- * Pegel messen, Empfindlichkeit des mV-Meters bis knapp unter der Übersteuerungsgrenze erhöhen
- * Den dann gemessenen Pegelwert abspeichern
- * Signalquelle klickfrei abschalten
- * Pegel laufend messen, bis -30 dB des gespeicherten Wertes erreicht sind; derweil die ablaufende Zeit messen (Der eigentliche Meßvorgang). Signal/Geräuschspannungsabstand wird solange wie möglich gemessen und die Hallzeit entsprechend berechnet. Messungen mit weniger als 15 dB Signal/Geräuschspannungsabstand werden nicht zugelassen.)
- * evt.: neue Bandmittenfrequenz vorgeben
- * Signalquelle einschalten, u.s.w. , u.s.f



In dem interessierenden Raum wird ein Lautsprecher und ein Mikro aufgestellt und an den Meßprozessor angeschlossen. Am Mikro sollte möglichst wenig Direktschall empfangen werden.

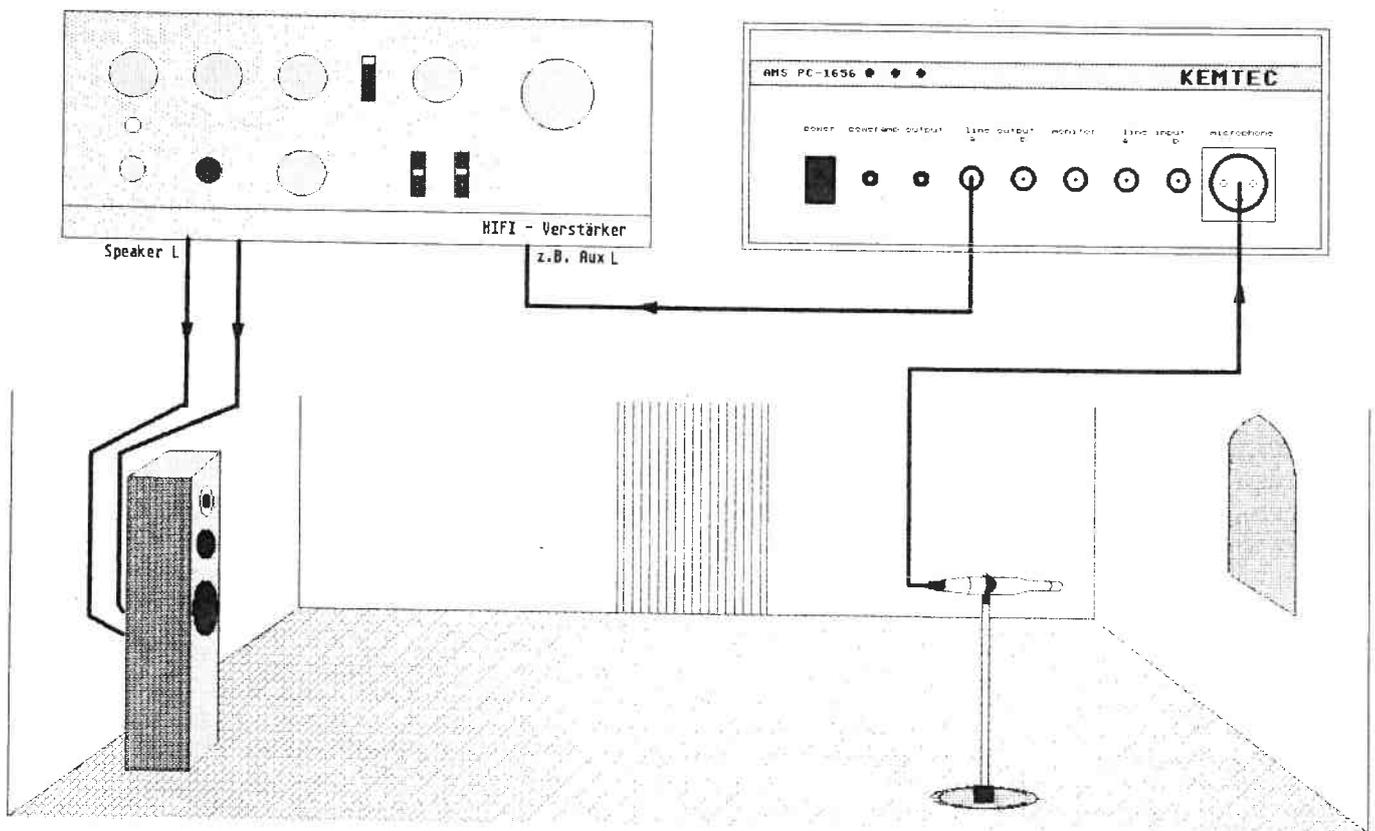
Der **Schallsender** sollte möglichst kugelförmig abstrahlen. Es hat sich bewährt, den Lautsprecher

- * auf dem Boden liegend an die Decke gerichtet,
- * oder in eine Raumecke abstrahlend
- * und ggf an der Stelle der tatsächlichen Schallquelle, also z. B. auf der Bühne, am Rednerpult zu plazieren.

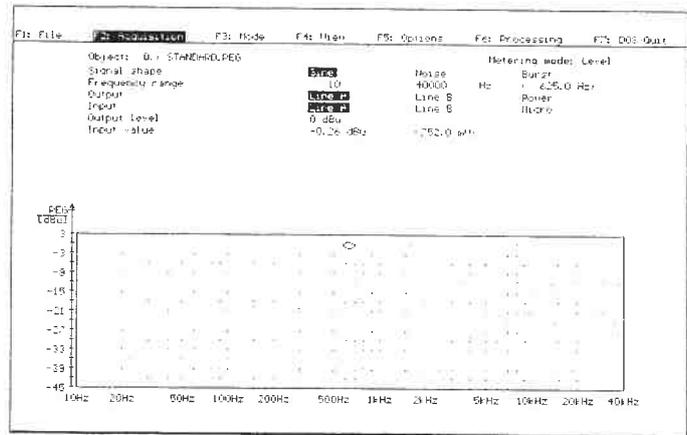
Das **Mikrofon** sollte ungerichtet sein, z.B. KEMSONIC 1627 und vorzugsweise in Ecken aufgestellt werden. Die Hallzeiten sollten an mehreren Stellen im Raum mit anschließender Mittelung gemessen werden.

Insbesondere in großen, stark gedämpften Räumen und an den Grenzen des Hörbereichs kann es leicht passieren, daß die Leistung des 1656 allein und ein normaler HiFi-Lautsprecher nicht ausreicht, einen Schalldruck zu erzeugen, der 15 oder gar 30 dB über dem "Geräuschteppich" liegt. Abhilfe kann durch einen Lautsprecher mit gutem Wirkungsgrad (z.B. die Schallquelle KEMSONIC 1629) und/ oder durch einen kräftigeren Verstärker (z.B. KEMSONIC 1620) geschaffen werden.

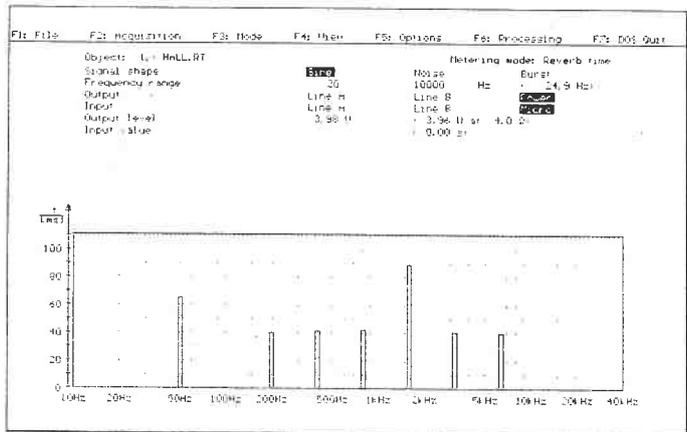
Beim Betrieb einer üblichen Mehrwege-Lautsprecherbox an einem leistungsstarken Verstärker sollten Sie jedoch beachten, daß der Lautsprecher während der Messung längere Zeit mit der vollen Sinus-Leistung des Verstärkers belastet wird. Das kann u.U. schnell zur Zerstörung der Tweeter führen.



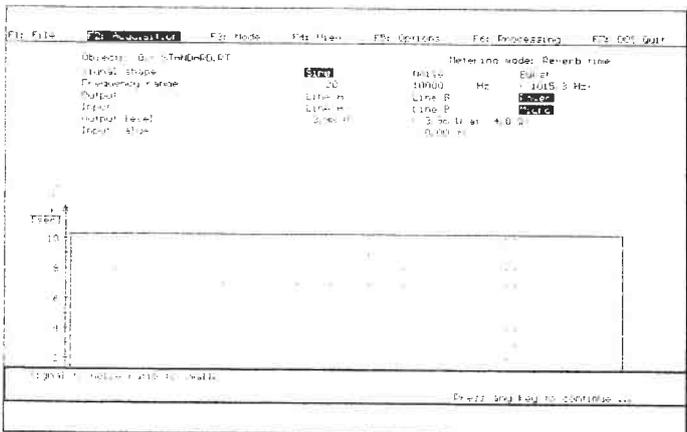
Im Check-Betrieb sollte ein möglichst hoher Generatorpegel eingestellt werden. Nach dem Start der Messung läuft alles weitere automatisch.



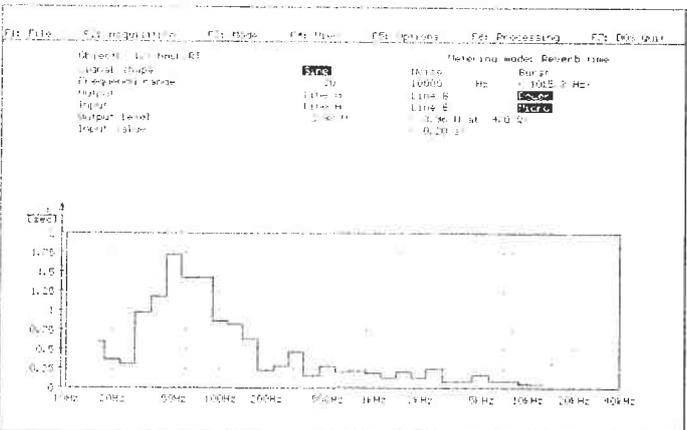
Hallzeitmessungen dauern wegen der vielen Operationen recht lange. Das Oktavraster ist in seiner Aussage oft ausreichend und die Meßzeit ist wesentlich kürzer als im Terzraster.



Eine Dialogbox informiert ggf. über zu geringen Geräuschspannungsabstand. Die Messung dieser Frequenz wird vom Programm als Fehlmessung bewertet und in der Darstellung auf Null gesetzt.



In normalen Räumen findet man üblicherweise Hallzeit-Frequenzgänge mit einem Höhenabfall (u.a. bedingt durch die Luftdämpfung), der als natürlich empfunden wird. Ausgeprägte Maxima im Bassbereich und in den Mitten stören die Verständlichkeit von Sprache. Leider sind sie meist nur durch sehr aufwendige Baumaßnahmen zu dämpfen.

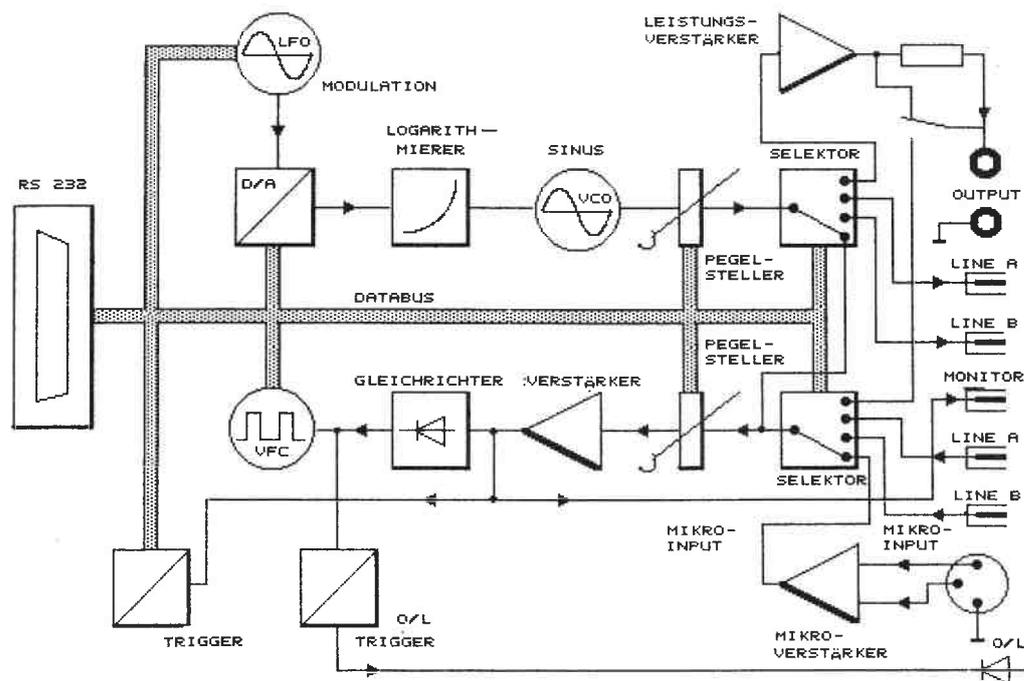


8.

**Meßgeräte, Meßwandler
und Zubehör**

Funktionsweise

Die Meßelektronik des Systems AMS-PC/ST befindet sich in dem Meßprozessor 1656. Das Gerät wird universell für die ATARI und IBM Software-Versionen verwandt. Es bildet die Verbindung zwischen analoger und digitaler Welt. Die Erläuterungen auf den nächsten drei Seiten beziehen sich auf die Basisausrüstung des Meßprozessors (Erweiterungen werden an anderer Stelle behandelt) und auf die Version als Tischgerät. Die 19 Zoll-Ausführung 1656 P ist funktional identisch.



In der Grundausführung generiert der 1656 ein Sinussignal und wandelt Audiowechselspannungen breitbandig in ein Digitalsignal um, das vom Rechner verarbeitet werden kann. Ausgangspegel und Empfindlichkeit lassen sich in weitem Bereich einstellen; die jeweils drei Ein- und Ausgänge lassen sich frei wählen. Zusatzmodule für Phasen-, Korrkoeffizient- und Burst-Messungen sowie für die Ganotwendig "Realtime"-Technik und zur Spektralanalyse können in das Gerät integriert werden. Alle Vorgänge, die ablaufen müssen, arbeiten analog.

Der Computer steuert alle Funktionen des Gerätes. Über eine RS 232 C-Schnittstelle werden Steuerdaten in den Meßprozessor und Meßdaten in den Computer übertragen.

Die gesamte RS 232 Datenein- und Ausgabe wurde mit einem Mikrocontroller realisiert. Der 8 Bit breite Datenbusausgang steuert alle Funktionen des Meßprozessors (auch Hardware-Erweiterungen). Über eine Adreßlogik werden Datenworte an den entsprechenden Stellen der Schaltung in Latches gespeichert. Ein 8 Bit breites Latch-Ausgangssignal bildet den Eingang eines Digital-Analog-Wandlers, dessen Ausgangsspannung nach einer Logarithmierung einen stromgesteuerten Sinusgenerator (CCO) steuert. Zusätzlich kann diesem Signal eine Modulationsspannung von 5 Hz aufgeschaltet werden.

Das im CCO erzeugte Sinussignal gelangt an einen Pegelsteller, der in 16 Stufen von 3 dB (gesteuert vom Programm) den gewünschten Ausgangspegel des Generators bestimmt. Im darauf folgenden Selektor kann das Signal auf die LINE A-, LINE B- Ausgänge oder auf den Eingang des Leistungsverstärkers geschaltet werden. Der Leistungsverstärker bewirkt eine Verstärkung von 6 dB, er kann Lautsprecher bis minimal 2,7 Ohm direkt treiben.

Der Ausgang des Leistungsverstärkers ist über einen Widerstand mit der roten Polklemme an der Frontplatte des Gerätes verbunden. Bei normalen Pegelmessungen ist dieser Widerstand über einen Relaiskontakt kurzgeschlossen. Bei einer Impedanzmessung wird dieses Relais aktiviert und der angeschlossene Lautsprecher über den Meßwiderstand betrieben. Die Klemmenspannung gelangt direkt an den Meßteil der Schaltung und dient als Bezugsgröße für die Berechnung von Impedanzen.

Ähnlich wie beim Ausgang können mit dem Eingangsselektor Line A, Line B oder der elektronisch symmetrisierte Mikroeingang ausgewählt werden. Das Eingangssignal gelangt danach an einen verstärkenden Pegelsteller, damit läßt sich die Eingangssignaldynamik an den Aussteuerbereich des Meßgleichrichters anpassen. Die Digital-Analog-Wandlung erfolgt hinter dem Gleichrichter mittels eines spannungs-

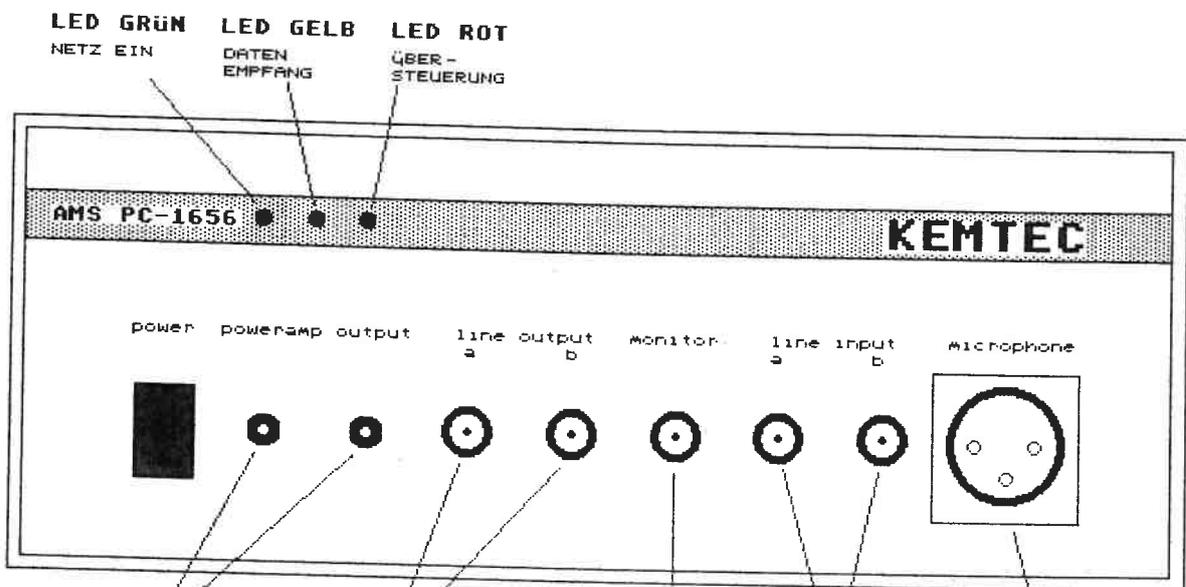
gesteuerten Oszillators, auch Spannungs-Frequenz-Wandler genannt (VFC). An seinem Ausgang steht also das Meßsignal in frequenzanaloger Form an. Durch Zähler im RS 232 - Controller erfolgt letztlich die Wandlung in zwei 8 Bit Datenworte, die dann seriell an den Rechner übertragen werden.

Parallel zum Eingang des Gleichrichters, also nach Vorverstärkung und Pegelstellung des Meßsignals, liegt der Monitorausgang, der es ermöglicht, das Meßsignal mittels Oszilloscop oder Signalverfolger zu kontrollieren. Außerdem ist an dieser Stelle ein Schmitt-Trigger angeschlossen, der das Meßsignal direkt in ein Rechtecksignal wandelt. Es kann alternativ zum VFC in den Controller geleitet werden, um eine Frequenzmessung zu ermöglichen.

Der Mikroeingang ist für den Betrieb mit symmetrischen wie asymmetrischen Mikros vorgesehen. Im Inneren des Gerätes, auf der Leiterplatte hinter der Frontplatte, befindet sich ein Schiebeschalter. Bei Blick von vorn auf das Gerät:

Schalter nach links - symmetrisch
Schalter nach rechts - asymmetrisch

Bedienungselemente



LEISTUNGS-AUSGANG
MAX. 4W, KANN LAUTSPRECHER DIREKT TREIBEN, FÜR PEGEL- UND IMPEDANZMESSUNGEN UND ZUR ERMITTLUNG DER THIELE-SMALL-PARAMETER

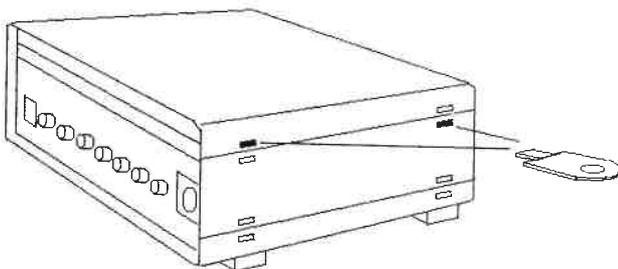
LINE-AUSGÄNGE
ZUR ANSTEUERUNG VON (STEREO) VERSTÄRKERN ALLER ART

MONITORAUSGANG
ERMÖGLICHT DIE KONTROLLE DES MESSIGNALS MIT OZSILOSKOP ODER SINUSVERFOLGER

LINE-EINGÄNGE
EMPFINDLICHKEIT -72 BIS 21 dBm, ÜBLICHE TEILER-TASTKÖPFE KÖNNEN BENUTZT WERDEN

MIKRO-EINGANG
EMPFINDLICHKEIT 200 mV BIS 1.5 V SYMETRISCH, PHAN-SPEISUNG 12 V VOM PROGRAMM SCHALTBAR

Öffnen des Gerätes



Der Deckel des Gerätes ist durch Schnappverschlüsse befestigt. Mittels des mitgelieferten grünen Schlüssels lassen sich die vier Riegelungen (zwei auf jeder Gehäuse-Seite) am Deckel entrasten. Der Schlüssel wird einfach mit leichtem Druck in vier rechteckige Öffnungen gesteckt.

Warnung

Beim Öffnen oder Schließen des Gehäuses, bei einer Instandsetzung oder bei einem Austausch von Teilen muß das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt sein. Wenn danach eine Messung, eine Fehlersuche oder ein Abgleich am geöffneten Gerät unter Spannung unvermeidlich ist, so darf das nur durch eine Fachkraft geschehen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut ist.

Technische Daten:

Abmessungen: 260 x 250 x 115mm
Temperaturbereich: 0°C bis +45°C
Computer - Anschluß: RS 232 C, Belegung: PIN 2,3 und 7

Sinusgenerator

Frequenzbereich: 10Hz bis 40kHz
Auflösung: 8 Bit logarithmisch
Linearität: besser 2% (Übereinstimmung d. Generatorfrequenz m. d. Sollfrequenz)
Frequenzstabilität: +/- 1% bei 5°C bis 35°C
Modulationsfrequenz: 5Hz Sinus
Modulationshub: 1/3 Octave
Klirrfaktor: max. 1 %
Abschwächer: 16 Stufen zu 3dB +/- 0,1dB
Amplitudenfrequenzgang: +/- 0,4dB 20Hz bis 20kHz
Störspannungsabstand: min. 60dB (Ausgang abgeschaltet)

maximale Ausgangspegel:
Line Ausgänge (BNC): +6dBu / 1,55V asymmetrisch bis 470 Ohm Last
Leistungsausgang: +12dBV / 4,0V kurzschlußfest
4W an 4Ohm

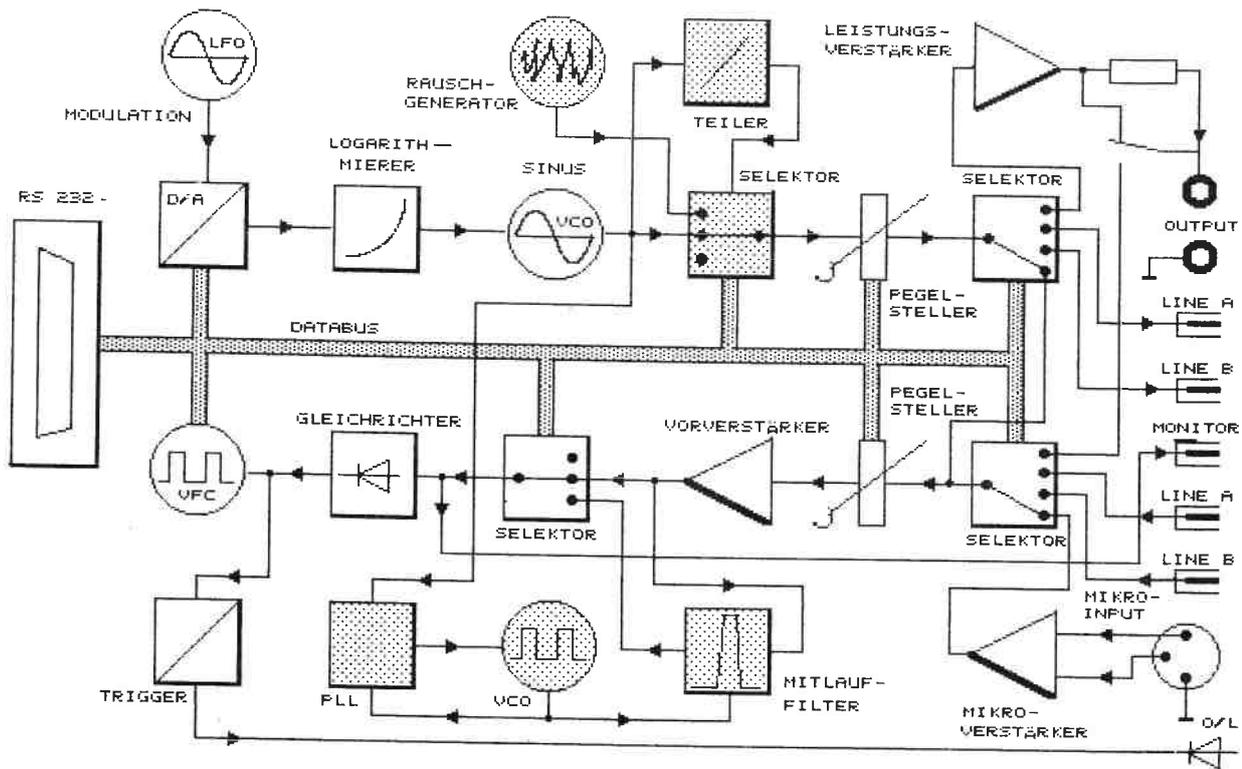
Milivoltmeter

Frequenzbereich: 10Hz bis 40kHz
Abschwächer: 16 Stufen zu 3dB +/- 0,1dB
Gleichrichter: Mittelwert
Auflösung AD-Wandler: effektiv 16 Bit

Line-Eingänge (Chinch Buchsen)
Meßbereich: - 72dBu bis +21dBu (0,195mV bis 8,7V)
Überspannungsschutz: bis 300V RMS
Eingangsimpedanz: 1M Ohm / 30pF
Frequenzgang: +/- 0,3 dB

Mikrofoneingang (XLR - Buchse)
Meßbereich: - 90dBu bis + 3dBu (0,0195mV bis 0,87V)
Frequenzgang: +/- 0,5dB
Eingangsimpedanz: 100k ohne, 2kOhm mit Speisung
Phantomspeisung: 12V / 2 x 1k
Überspannungsschutz: bis 70V RMS

Das Blockschaltbild mag die Zusammenhänge schaltungstechnischer Art erklären. Blöcke der Filterkarte sind gerastert dargestellt.



Der **Rauschgenerator** arbeitet digital nach dem Prinzip der rückgekoppelten Schieberegisterleitung. Es entsteht dabei ein Rauschen mit weißer Charakteristik, das in einem anschließenden Filter zu rosa Rauschen gewandelt wird (Abfall der spektralen Leistung mit 3dB/Oktave). Ein weiteres Hochpaßfilter begrenzt die Energiedichte des Signals unterhalb des Hörbereichs.

Das **Burstsignal** wird direkt aus dem Sinus der Hauptplatine abgeleitet. In einem Komparator wird zunächst die Rechteckform gebildet. Dieses Signal gelangt an programmierbare Teiler, deren Teilungsfaktor von dem Datenwort in einer Latch gesteuert wird. Das Datenwort wird vom Rechner eingelesen. Der Ausgang des Teilers steuert dann einen CMOS Anlogschalter, der das Sinussignal ein und aus schaltet. Die Signalverzögerung des Digitalteils wird durch ein Allpaßfilter im Analogteil kompensiert.

Das **Mitlauffilter** wurde mit "geschalteten Kapazitätsfiltern" realisiert. Diese Bausteine erlauben den Aufbau beliebiger Filterstufen, wobei die Nennfrequenz durch einen digitalen Takt hundertfacher Frequenz eingestellt wird. Das Filter auf der Karte 16277 ist ein sechspoliges Bandpaßfilter. Der digitale Takt wird mit einer PLL aus dem Sinussignal erzeugt. Filtermittelfrequenz und Sinus laufen dadurch stets synchron.

Signalschaltung: Die Funktionen der Filterkarte werden durch CMOS Anlogschalter bedient. Auf der Hauptkarte befinden sich im Generator- wie im Meßteil Signaleinschleifwege (Send und Return), die bei der Grundausführung mit Kurzschlußsteckern überbrückt sind. Auf der Filterkarte befindet sich eine Latch. Ihr Ausgang steuert die Signale der Filterkarte. Zum Einen läßt sich die Filterkarte Bypass schalten, zum Anderen werden die auf der Karte erzeugten Signale zum Ausgang geleitet bzw. das Filter aktiviert.

Technische Daten:

Burstgenerator

Tastverhältnis: 1 - 128 Perioden Signal
1 - 128 Perioden Pause
Signalhöhe: 4,37V_{ss} max. (Line)
11,3V_{ss} max. (Power)

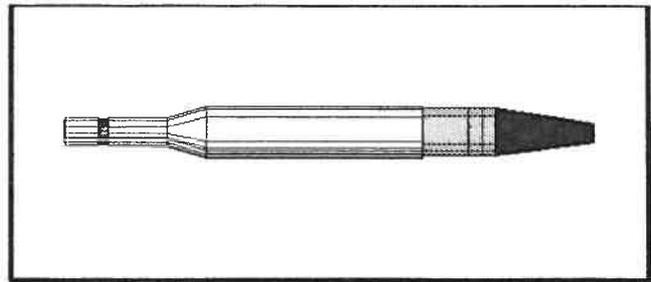
Rauschgenerator

Ausgangsspannung: 1,55V_{eff} max

Mitlauffilter

Sollfrequenzabweichung: +/- 1%
Mittelfrequenzbereich: 20Hz bis 20kHz
Bandbreite: 1/3 Oktave
Welligkeit: 0,5 dB
Verstärkung: 0dB +/- 1dB

Das 1627 ist ein symmetrisches Elektret-Kondensatormikrofon mit einem weitgehend linearen Freifeldfrequenzgang und annähernd kugelförmiger Richtempfindlichkeit. Es ermöglicht präzise Messungen absoluter Schalldruckpegel. Der Durchmesser am Kopf beträgt 12 mm, so daß die durch die einfache physische Existenz des Mikros bedingte Störung des Schallfeldes eine gute Ähnlichkeit mit den bei Akustik-Messungen meist verwandten 1/2" B & K-Kapseln ergibt.



Das Mikro eignet sich zum direkten Anschluß an den Meßprozessor 1656. Die benötigte Spannungsversorgung für den eingebauten Vorverstärker ist am 1656 zuschaltbar (Phantomspannung P12-1k Ohm). Die symmetrische Signalführung macht das 1627 weitgehend unempfindlich gegen äußere Störfelder und ermöglicht präzise Messungen – auch mit längeren Kabeln.

Geliefert wird es mit einem Kalibrierzeugnis über Frequenzgang und Empfindlichkeit sowie einer Diskette, auf der diese Daten gespeichert sind.

Schaltung

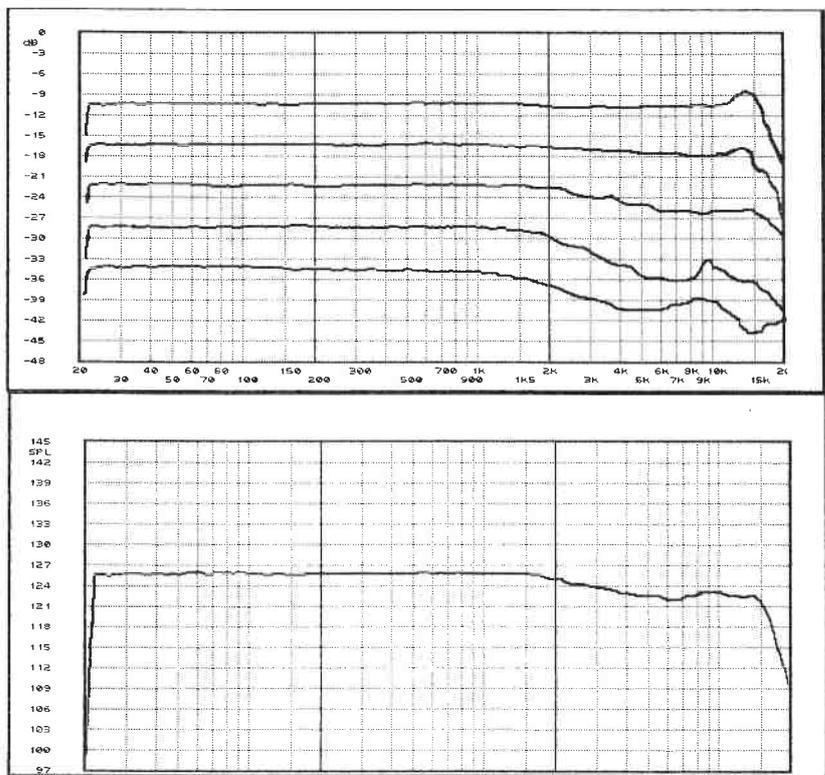
Das Mikro enthält eine Elektretkapsel und eine Frequenzgangkorrektur, die Temperaturkompensation und einen Differenz-Ausgangsverstärker. Die Speisung erfolgt symmetrisch über das Anschlußkabel an einem Arbeitswiderstand von 1k Ohm. Für diese Schaltung ist die Empfindlichkeit des Mikrofons definiert.

Frequenzgänge

Das Diagramm zeigt oben den unkorrigierten **Freifeld-Frequenzgang** eines typischen 1627 bei frontaler Beschallung auf der Achse. Man erkennt, daß das Mikro weitgehend linear arbeitet, die kleinen Abweichungen von der Ideallinie werden software-mäßig durch die Kalibrierdatei ausglich.

Die geringere Empfindlichkeit im Hochton-Bereich läßt sich anhand der **Richtungs-Frequenzgänge** gut nachvollziehen. Im Diagramm sind –von oben nach unten– die Kurven auf Achse, dann bei 45°, 90°, 135° und 180° Beschallungsrichtung aufgetragen, zur besseren Sichtbarkeit im "Delta dB"-Modus mit 6 dB Abstand. Am oberen Bereichsende hat das Mikro eine zunehmende Richtwirkung. Ursache ist eine Schalldruck-Überhöhung an der Mikrofon-Spitze durch die Störung des Schallfeldes weil die Abmessungen des Mikros in der Größenordnung der Schallwellenlängen liegen.

Das untere Diagramm zeigt den **Diffusfeld-Frequenzgang**, also die integrale Empfindlichkeit des Mikros für alle Empfangsrichtungen.



Die Empfindlichkeit

Die individuelle Empfindlichkeit des Mikros können Sie dem Kalibrierzertifikat entnehmen. Dieser Wert kann vom Meßsystem AMS-PC/ST verarbeitet werden, so daß sich Pegelkurven in Schalldruck- werten skalieren lassen (dB SPL).

1627 Nr.	Empfindlichkeit	bei
	mV	1 PA / 1 kHz

Eintrag aus dem Kalibrierzertifikat

Kalibrierung

Wie wohl alle Mikrofone unterliegt das 1627 einer gewissen Alterung. Der Wert der Empfindlichkeit aus dem Kalibrierzertifikat ist daher nicht für alle Zeiten als gültig anzusehen. Im Rahmen der Gewährleistung bietet KEMSONIC eine kostenfreie Neukalibrierung jedes Mikros nach einem Betriebsjahr, einschließlich einer Kontrolle des Übertragungsfrequenzgangs.

Bei Messungen von nennenswerter rechtlicher Tragweite etwa in der Bauakustik sollte darüberhinaus vor und nach einer Meßperiode immer eine Vorort - Kalibrierung mit akustischem Kalibrator durchgeführt werden.

Anwendung

Beim Betrieb sind normalerweise keine besonderen Maßnahmen zu treffen. Es ist allerdings darauf zu achten, daß das Schallfeld möglichst wenig gestört wird. Ein Freifeld-entzerrtes Mikrofon wie das 1627 sollte in die Richtung der Schallquelle gerichtet werden, wenn man vermutet, daß die Schallwellen hauptsächlich aus dieser Richtung kommen. Beispiele, wie das Meßmikro sinnvoll eingesetzt wird finden Sie in den Kapiteln über Pegelmessungen. Störungen der Meßgenauigkeit durch klimatische Einflüsse sind vernachlässigbar, solange die Klimadaten im Rahmen der in gemäßigten Zonen und in geschlossenen Räumen üblichen Größenordnungen bleiben. Eine Betauung sollte vermieden werden.

Installation im Meßsystem

Beim PC-System wird der Wert der Empfindlichkeit im INSTALL-Programm unter der Zeile "AMS-PC Kalibrierdateien, Mikro-Empfindlichkeit" eingetragen. Ab Version 1.33 wird die Empfindlichkeit mit dem Meßobjekt abgespeichert. Nach dem Start einer Messung wird dann die Empfindlichkeit direkt in das Meßobjekt übertragen. Der Wert der Empfindlichkeit wird im Parameterformular angezeigt, läßt sich aber auch im SETUP verändern. Im ATARI-Programm bis Version 1.22 wird die Eintragung im SETUP- Programm vorgenommen; ab Version 2.00 im Meßmenü unter DATEI > VOREINSTELLUNEN.

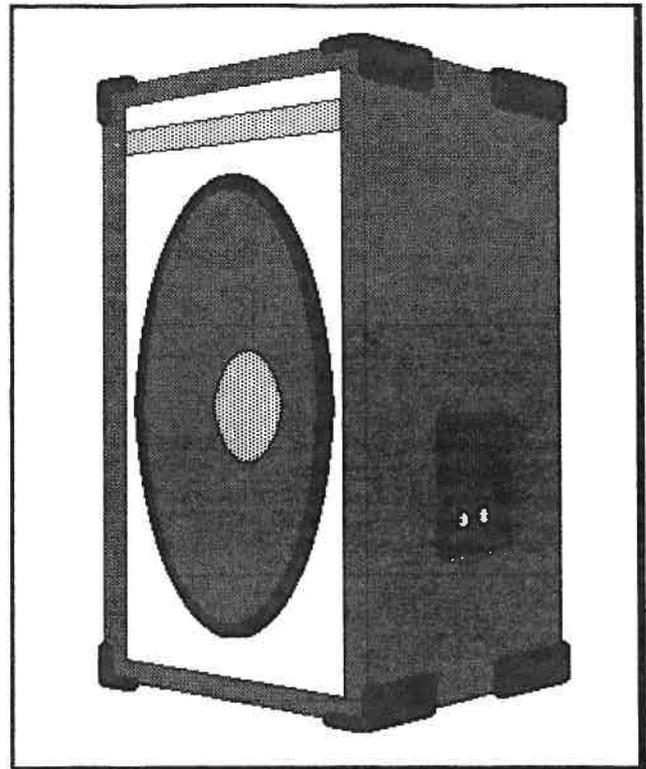
Für AMS-PC/ST wird das Mikro mit einer Diskette geliefert, auf der die Freifeldkorrekturdaten des Mikros gespeichert sind. Diese Datei muß auf Ihre Arbeitsdiskette (n) kopiert werden, damit das Programm sie beim Start lesen und im Betrieb verarbeiten kann. Beim ATARI ST geschieht dies in der üblichen Art und Weise: Korrekturdiskette in Laufwerk A einlegen, Direktory laden, File MIKXXXXX mit der linken Maus-Taste anklicken, Taste halten und auf das Ikon-Laufwerk B führen. Beim IBM-System über den DOS-Befehl COPY A: MIKR****.CAL B: .

Technische Daten:

Arbeitsprinzip:	Elektret
Akustische Arbeitsweise:	Druckempfänger
Richtcharakteristik:	annähernd Kugelförmig
Übertragungsfaktor:	50mV / PA +/- 4dB
Eigenstörpegel:	26 dB A +/- 2 dB
Frequenzgang:	20Hz bis 20kHz
Freifeld-Linearität ohne Kompensation:	+3 / -2dB
Freifeld-Linearität mit Kompensation:	+/- 1dB
Arbeitstemperaturbereich:	-20°C bis +60°C
Temperaturfehler:	+/- 0,6dB im Bereich +10 bis +30°C
Versorgungsspannung:	12V sym. 1kOhm
Stromaufnahme:	6mA (12 V)
Anschluß:	XLR A3M
Anschlußbelegung:	1 Masse, 2 Plus, 3 Minus
Abmessungen:	12 / 20 mm Durchmesser x 139 mm
max. Schalldruck:	120dB SPL für 3 % Verzerrungen
max. Leitungslänge:	100m für 0,3 dB Pegelreduktion
mitgeliefertes Zubehör:	Halter, 6m Kabel XLR-XLR, Korrekturdaten-Diskette

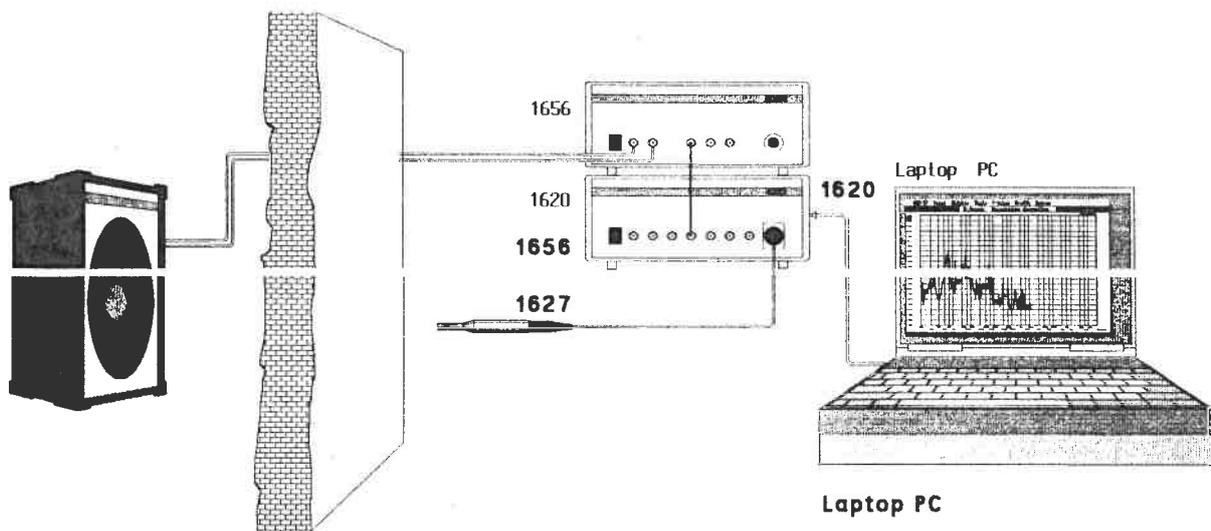
Die **Schallquelle 1629** ist mit ihrer Baugröße ein außergewöhnlich leistungsstarker Koaxiallautsprecher mit sehr hohem Wirkungsgrad. Der Einsatz reicht von raum- und bauakustischen Messungen sowie die Prüfung akustischer Materialien, bis hin zur Prüfung elektroakustischer Wandler.

Der Lautsprecher wird mit einem Datenprotokoll des Freifeld- und Diffusfeld- Übertragungsmaßes geliefert.



Anwendungsbeispiel

Bei raum- und bauakustischen Messungen, zum Beispiel Hallzeiten, Decken- oder Wanddämpfung wie in der Skizze unten, ist oft ein hoher Schalldruck des Anregungssignals gefordert. Der Ruhegeräuschpegel in leisen Gebäuden beträgt ca 30 dBA spl. Mit ca.40 dB muß man rechnen. Um 50 dB Meßbereich sicher abdecken zu können, sind 40+50+10dB Reserve, also 100 dB Schalldruck oberhalb 100 Hz erforderlich. Bei großen Räumen und im Freien ist es sinnvoll, sowohl mit einem gutem Lautsprecher - Wirkungsgrad als auch mit hoher elektrischer Leistung zu arbeiten. Der Lautsprecher sollte die Leistung allerdings auch sicher verarbeiten können.

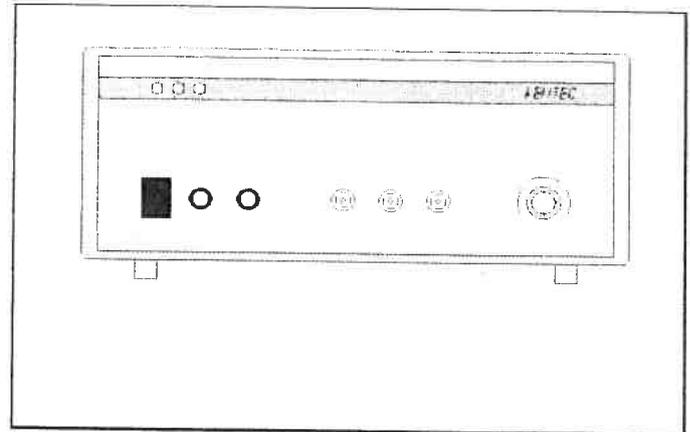


Technische Daten:

Kennschalldruck: 99dB (1W/1m)
 Frequenzbereich: 100 bis 10000Hz
 Nennimpedanz: 80hm

Belastbarkeit: 50W
 Linearität: +/- 6dB (100 Hz-10 kHz)

- Eine kompakte, schnelle Leistungsquelle
- Optimiert für Erfordernisse der Meßtechnik
- Gleichspannungskopplung
- Leistungsbandbreite (-3dB): 100 kHz
- Übersteuerungs-Indikator
- Einschaltverzögerung
- Temperaturüberwachung
- BNC Anschlüsse
- LED Indikatoren für die Kontrollfunktionen



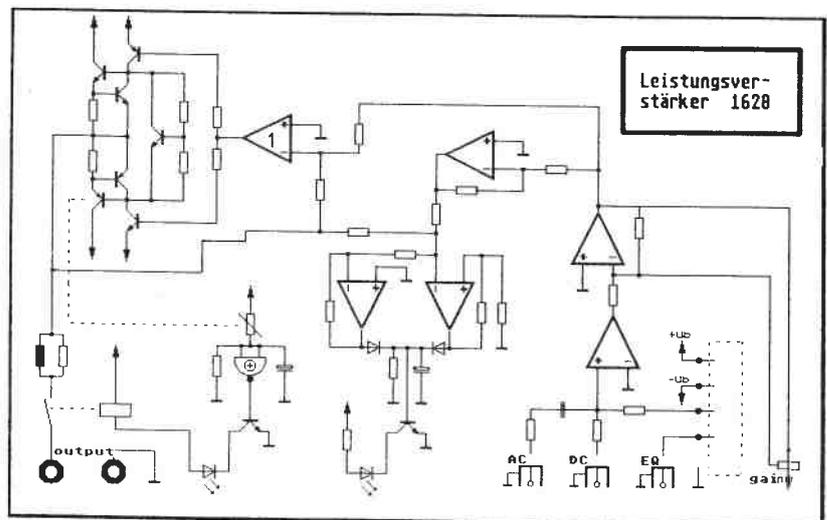
Typische Anwendungen

- Schaltungsentwicklung; in Kombination mit einem Arbitrary-Funktionsgenerator
- Prüffeld
- Bauakustische Messungen wie Hallzeiten oder Wandisolation
- Für Dirac-Stoß und MLSSA- Anregung

Funktionsweise

Das Gerät enthält primär einen klirrarmen, DC-gekoppelten Leistungsverstärker mit hoher Bandbreite, der 100 W an 2 Ohm bzw. 24 V Gleichspannung liefern kann. Diese Schaltung ist mit einer fest eingestellten 5A -Strombegrenzung ausgerüstet, die die angeschlossene Last ebenso wie das Gerät selber schützt. Die Spannungsverstärkung der Endstufe beträgt maximal 26dB_r (Faktor 20) für Gleich- bzw. Wechselspannung.

Es stehen drei Eingänge zur Verfügung: wahlweise für Gleich- oder nur für Wechselspannungen (Hochpass 3,4 Hz) und ein dritter, in dessen Signalfuß im Gerät sich ein Equalizer einschleifen läßt. Mit einem Potentiometer läßt sich die Verstärkung des Vorverstärkers einstellen.



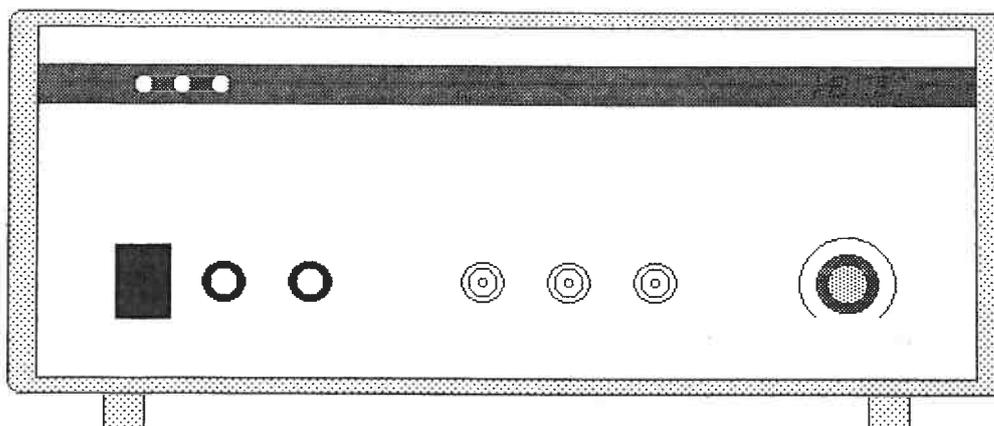
Nach dem Einschalten wird nach einigen Sekunden, bis die Schaltung sich im eingeschwungenen Zustand befindet, mit einem Relais der Ausgang der Leistungsverstärkers zur Klemme auf der Frontplatte durchgeschaltet. Eine gelbe Leuchtdiode zeigt diesen Zustand an. Die Temperatur der Leistungstransistoren wird durch einen NTC-Widerstand überwacht. Im Überhitzungsfall fällt das Relais ab die gelbe LED erlischt. Das Gerät verfügt außerdem über eine Schaltung, die das Eingangssignal mit dem Ausgang vergleicht (OpAmps 3, 4 und 5). Treten durch Übersteuerung oder Ansprechen der Strombegrenzung Unterschiede der Signale auf, so wird das mit der roten Leuchtdiode angezeigt.

Bedienungselemente

LED grün
Gerät ein

LED gelb
betriebsbereit

LED rot
Übersteuerung



Netzschalter

**Leistungs-
Ausgang**
rot: Signal
schwarz: Masse

Eingang eq
mit internem
Equalizer

Eingang lin
für Wechsel-
spannung

Eingang dc
für Gleich-
spannung

**Verstärkungs-
Einstellung**

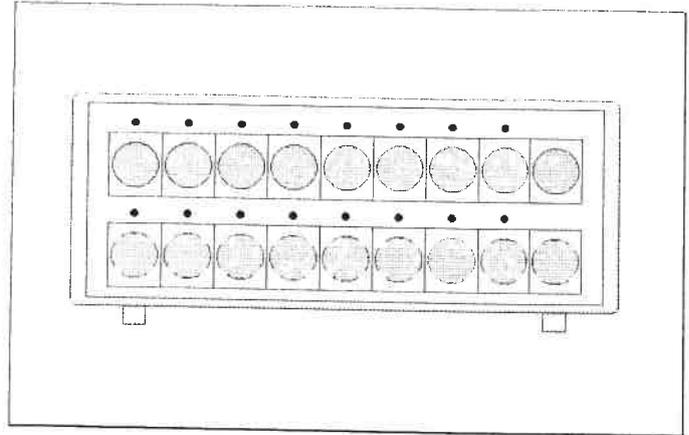
WARNUNG !

Wird der Leistungsverstärker 1620 mit dem Meßsystem AMS-ST/PC und konventionellen HIFI- Lautsprechern betrieben, so besteht die Gefahr, daß diese durch die hohe Leistung der Sinus- oder Rauschsignale zerstört werden.

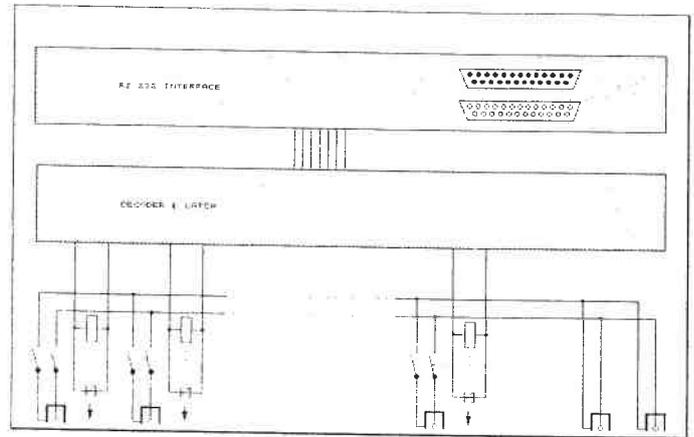
Technische Daten:

Verstärkung :	26 dB maximal 0 dB Mitte	Ausgangsleistung:	115 W max.
Ausgangsspannung :	+/- 24 V DC	Leistungsaufnahme:	190 VA maximal
Strombegrenzung:	5 A	Schutzfunktionen:	Strombegrenzung 16 V AC Einschaltverzögerung Übersteuerungsindikation
Verstärkungsbandbreite:	140 kHz (-3 dB)	Eingangsimpedanz:	100 kOhm
Leistungsbandbreite:	100 kHz (-3 dB)	Abmessungen:	260 B x 110 H x 250 T
Last am Ausgang:	2 Ohm min.	Gewicht:	2,1 kg

- Programmierbarer Mehrkanal-Signalschalter
- Konfiguration: 8 zu 1 mit beliebigem Zugriff; zwei Kontaktsätze pro Gerät bis zu 8 Geräte kaskadierbar
- Reed Relais (bidirektional)
- RS 232 Schnittstelle
- Ausführung: mit BNC oder XLR Verbindern als 19 Zoll- oder Tischgerät
- LED Indikator für jeden aktiven Weg
- Voll integriert in AMS-PC/ST



Die Signalmultiplexer sind Bestandteil der computergesteuerten Meßsysteme **AMS-ST/PC**, jeder der Schaltkontakte kann in einem Steuer-Menü völlig beliebig aktiviert werden. Die Information der Schaltzustände ist ein Parameter des Meßobjektes, sie läßt sich also auch speichern und wird bei Wiederaufruf des Meßobjektes neu aktiviert.

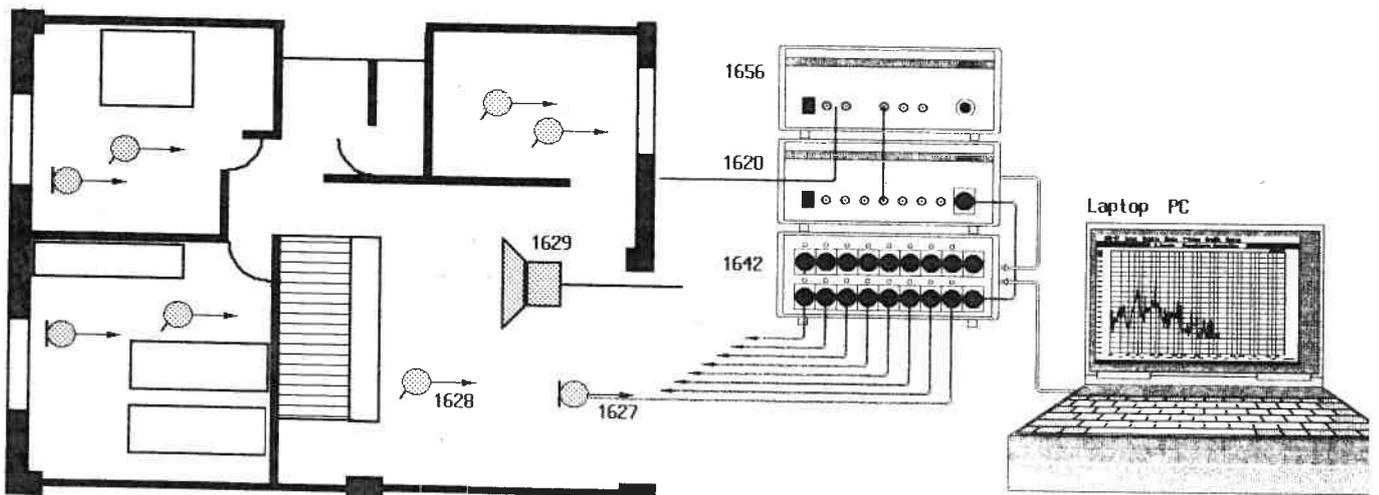


Typische Anwendungen

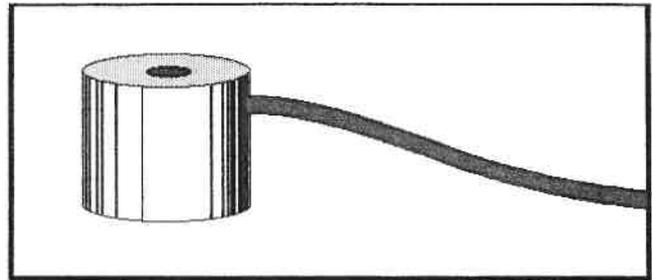
- Lautsprechermessungen nach Toole
- Studiotechnik: automatisches Einmessen von Mehrspurmaschinen, Mischpult-Check
- Qualitätskontrolle: automatische und halbautomatische Prüfplätze für Audiogeräte
- Bauakustische Messungen:
 - Hallzeiten
 - Wandisolation (über der Frequenz)
 - Trittschalldämpfung
 - Ruhegeräuschpegel
 - Ruhegeräuschspektrum

Anwendungsbeispiel

Erstellung eines bauakustischen Gutachtens in einem Wohnhaus: Zentral in der interessierenden Baueinheit wird ein kräftiger Lautsprecher aufgestellt; in jedem Raum ein oder mehrere Mikrofone und Körperschallsensoren. Alle Messungen lassen sich dann am Rechner durchführen. Wand- und Decken-Dämm-Maße werden durch Differenzbildung der Pegel-Frequenzgänge ermittelt. Nach der gleichen Methode läßt sich auch der Körperschall-Weg verfolgen.



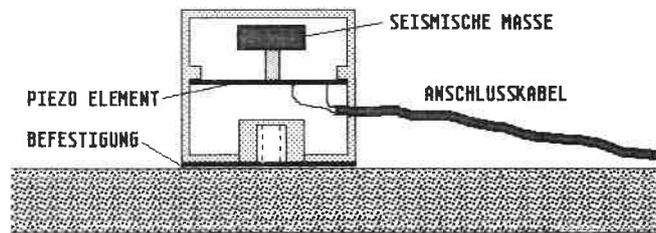
Der 1628 dient zur Messung und Analyse mechanischer Schwingungen und Stöße; er wird am schwingenden Objekt befestigt und über das flexible Kabel mit einem Meßgerät verbunden.



Funktionsweise

Beim 1628 handelt es sich um einen absoluten Beschleunigungsaufnehmer, der im Gegensatz zu relativen Schwingungsaufnehmern keinen ruhenden Bezugspunkt benötigt.

Ein piezoelektrisches Wandlerelement ist mit einer freischwingenden Masse (**seismische Masse**) verbunden. Wird ein solches System in Achsrichtung beschleunigt, so übt die seismische Masse eine ihrer Beschleunigung proportionale Kraft auf das Piezoelement aus, verformt dieses und erzeugt damit eine elektrische Ladung, welche der Kraft proportional ist.



Für Schwingungen, deren Frequenz hinreichend klein ist in Bezug auf die Resonanzfrequenz des Systems folgt die seismische Masse exakt den Bewegungen des schwingenden Objektes, an dem der Aufnehmer befestigt ist. Die erzeugte Ladung ist dann genau proportional der Beschleunigung des Objektes, von dem die Schwingungen ausgehen.

Anwendung

Der 1628 kann Körperschall der Formen B, C, D und G absolut erfassen. Die Auswertung kann mit den computergesteuerten Meßsystemen AMS PC/ST und/oder einem Oszilloskop erfolgen.

Voraussetzung für eine genaue und reproduzierbare Messung ist ein inniger Kontakt zum Meßobjekt. Die bestmögliche **Befestigung** wird gewöhnlich mit einer Stahlschraube (M 6) erreicht. Die Befestigungsfläche sollte eben und sauber sein. Das Anzugsmoment beträgt maximal 10 Nm. Alternativ dazu ist natürlich auch die Befestigung mittels doppelseitig klebenden Folie möglich.

Der 1628 sollte an einem hochohmigen **Meßeingang** betrieben werden. Eine niedrige Impedanz dämpft das Ausgangssignal.

Luftschall hat einen vernachlässigbaren Störeinfluß auf den Sensor. Normalerweise ist die Übertragung von Luftschall auf das Meßobjekt größer als das durch die Luftschallempfindlichkeit des Aufnehmers direkt hervorgerufene Signal.

Die **Eigenresonanz** des 1628 beträgt typisch 2,5 kHz. Der Frequenzgang ist bis ca. 1 kHz in erster Näherung linear. Meßergebnisse bis 20 kHz sind aber durchaus (als relative Größe) verwertbar.

Unter Umständen ist mit einer **Störung des zu messenden Körperschallfeldes** durch den Sensor selbst zu rechnen. Sofern die Masse des Meßobjektes auf der vom Sensor bedeckten Fläche in der Größenordnung der Masse des Sensors liegt, wird dieser Einfluß vernachlässigbar sein.

Körperschall

Bei Körperschall wird zwischen verschiedenen Wellentypen unterschieden:

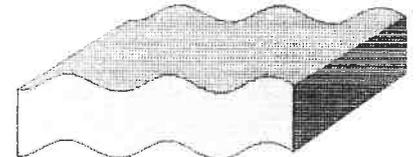
A) Reine Longitudinalwellen

Die Materieteilchen bewegen sich dabei (wie beim Luftschall) in Richtung der Ausbreitung. Dieser Wellentyp ist in Körpern von Bedeutung, deren Ausdehnung groß im Vergleich zur Wellenlänge ist.



B) Reine Transversalwellen

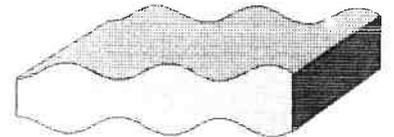
Die Bewegung erfolgt senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, es ergibt sich eine Formänderung (Schub-Deformation), aber keine lokale Volumenänderung. Ausbreitung in Körpern, deren Ausdehnung groß im Vergleich zur Wellenlänge ist.



Und Mischtypen, die eine Überlagerung von reinen Longitudinal- und reinen Transversalwellen darstellen, z. B.

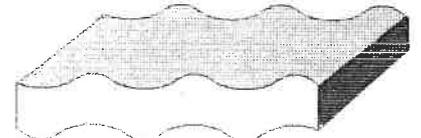
C) Dehnungswellen in Stäben,

bei denen abwechselnd Verdünnungen und Verdickungen den Stab entlang laufen (= Schnürewellen).



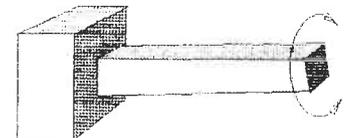
D) Biegewellen auf Stäben und Platten

Im Gegensatz zu den Transversalwellen bilden die Wellenfronten keine parallelen Ebenen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist frequenzabhängig. Wichtigster Wellentyp bei der Schallabstrahlung von Platten (Wand, Fenster etc.).



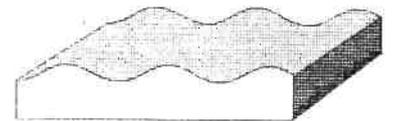
E) Torsionswellen,

die sich aus der Verdrillung (Torsion) bei Stäben ergeben.



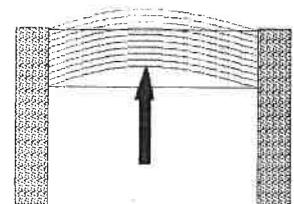
F) Rayleighwellen,

das sind Oberflächenwellen, deren Amplitude zum Inneren des Körpers exponentiell abnimmt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist deutlich niedriger als bei Longitudinalwellen.



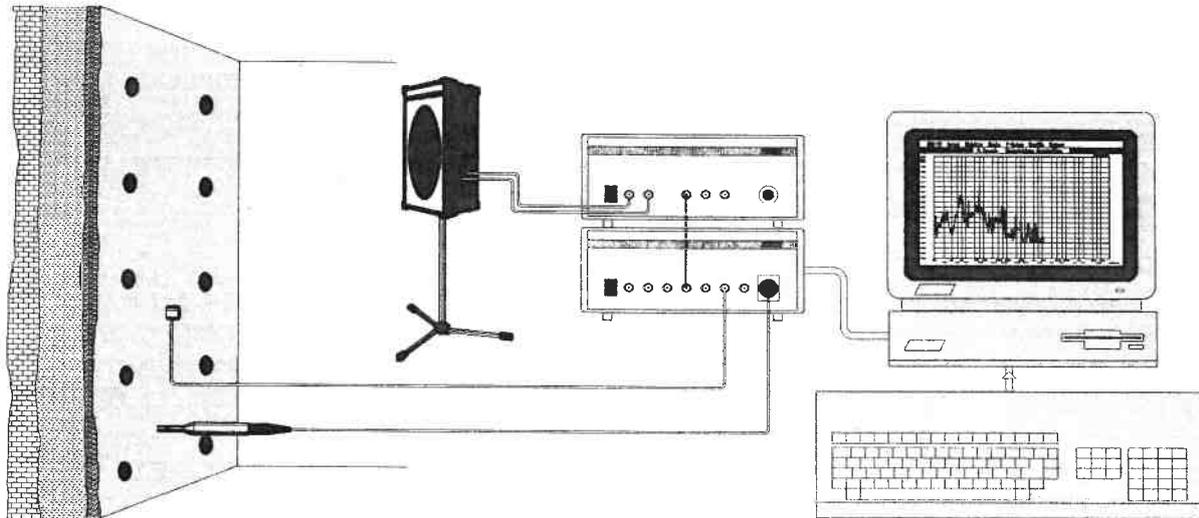
G) membranförmige Schwingung

von Platten zwischen festen Punkten, hervorgerufen durch Schalldruck auf einer Seite. Diese Schwingung ist typisch für Lautsprechergehäuse, sie wird natürlich auch in die Luft abgestrahlt und kann nennenswert den Klang einer Box verfärben.



Anwendungsbeispiel

Akustik-Verschaltungen in Abhörräumen sollen durch Absorbition die Hörsamkeit verbessern. Leider können solche Konstruktionen wegen Resonanzen in einigen Frequenzbereichen auch das Gegenteil bewirken; eine meßtechnische Kontrolle ist notwendig. Der Raum wird diffus angeregt (Sinus- Sweep oder Rauschen), Resonanzen der Platten sind am Körperschall-Frequenzgang meist klar erkenntlich. Der Vergleich mit dem Schalldruck-Frequenzgang vor der Wand kann weitere Aufschlüsse liefern. Abhilfe bewirken kann : mehr Dämmmaterial, mehr Wandanker (kleinere Resonanz-Wellenlänge), Anker ungleichmäßig verteilt..



Technische Daten

Arbeitsprinzip:	Piezo
Mechanische Arbeitsweise:	Biegeschwinger
Richtcharakteristik:	annähernd axial
Übertragungsfaktor:	40mV /G (+/- 4 dB, an 1 MOhm / 30pF)
Frequenzgang:	20Hz bis 2kHz +8 /-3dB
Anschlußkabel:	6m- Chinch
Abmessungen:	21mm Durchmesser x 20mm
max. Beschleunigung:	30G
Gehäusematerial:	Aluminium
Gewicht:	13g ohne Kabel
Befestigungsgewinde:	M6

Kalibrierzertifikat

1628 Serien Nr.	Übertragungsfaktor	bei
	mV/G	1 kHz

- Zur Messung von Leistung und Leistungsfrequenzgängen von Endstufen
- Mit galvanisch entkoppelten Meßausgängen
- Mit geregelter Kühlung und thermischer Überlastsicherung
- Bis 2 x 400 W belastbar
- Ein praktisches Zubehörgerät im Service wie in der Entwicklung

Ein Leistungsverstärker braucht – will man ihn nach Leistung und Frequenzgang überprüfen – eine stabile, genaue Belastung, die den Lautsprecher simuliert (und die Ohren des Technikers schont).

Das 1633 bildet eine solche "dummy load" und bildet außerdem Meßsignale an praxisgerechten Anschlüssen (BNC). Der eigentliche Signalteil arbeitet völlig passiv; lediglich für die Kühlluft wird eine Netzversorgung benötigt.

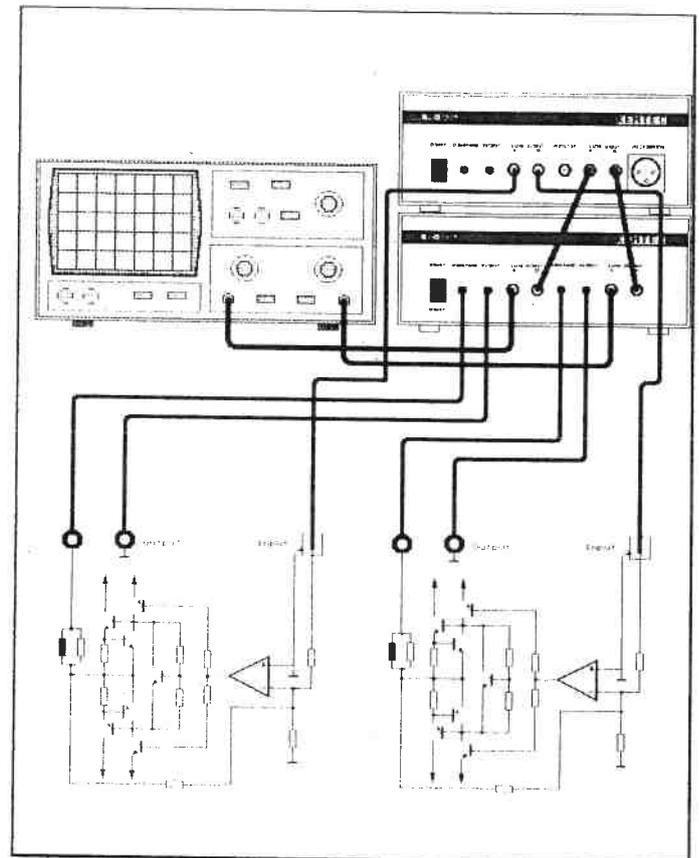
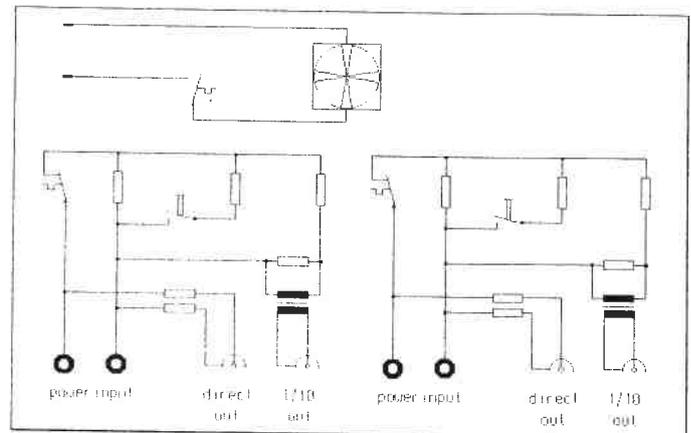
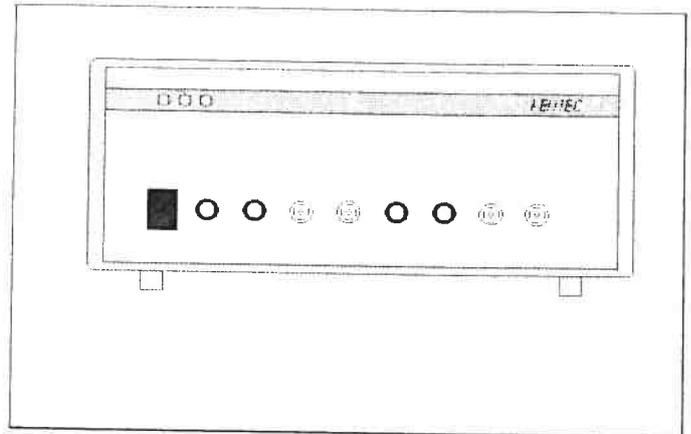
Pro Kanal verfügt der 1633 über jeweils zwei Ausgänge; zum Einen handelt es sich um direkte Verbindungen mit den Eingangsklemmen – hier kann gut ein (Zweistrahl-)Cszilloskop zur Indikation des Begrenzungseinsatzes angeschlossen werden. Die anderen Ausgänge führen die Signale zum Meßprozessor zurück; sie sind um 20 dB gedämpft und mit Übertragern galvanisch entkoppelt – um Meßfehler durch Spannungsabfälle auf den Leitungen zu vermeiden und auch Brücken-Endstufen problemlos anschließen zu können.

Anwendung

Das Gerät wird entsprechend der Illustration mit Meßobjekt, Meßprozessor und Oszilloskop verbunden. Der Wert der Leistung läßt sich im Checkbetrieb direkt digital ablesen, allerdings muß er bei Verwendung der 1/10-Ausgänge am Dummy Load mit 100 multipliziert werden. Soll die Voll-Leistung einer Endstufe bestimmt werden, stellt man den Eingangspegel des Leistungsverstärkers so ein, daß auf dem Oszilloskop gerade der Übersteuerungs-Einsatz erkennbar ist.

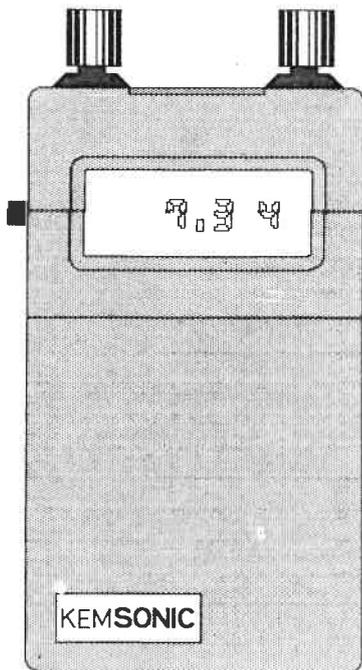
Technische Daten

Nennimpedanz:	4 oder 8 Ω schaltbar
Widerstandstoleranz:	+/- 0,1 Ω bei 8 Ω 0 Ω bis + 0,7 Ω bei 4 Ω
Frequenzgang:	10 Hz bis 40 kHz +0,1%
Dauerbelastbarkeit:	2 x 100W
Spitzenbelastbarkeit:	2 x 400W (15 min)
Ausgang direkt:	2 Schutzwiderstände 1k Ω
Ausgang 1/10:	übertragerentkoppelt
Dämpfung:	-20dB (+/- 0,05 dB)
Frequenzgang:	10Hz bis 40kHz +/-0,2 dB
Klirrfaktor	max 0,13 % bei 400W

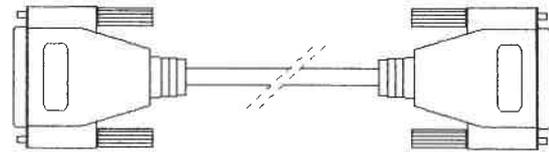




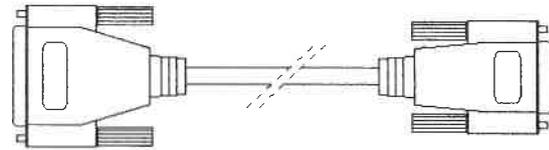
16002: Mikrofon-Bodenstativ mit Ausleger, gute Standfestigkeit, Ganzmetall verchromt, Höhe und Galgen kontinuierlich verstellbar, größte Höhe 228 cm, zusammengelegt 100 cm, zwei 3/8" Stativgewinde



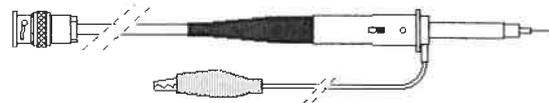
16030: Milliohm-Meter
3 1/2 Stellen bis 19,99 Ohm, optimiert für die Messung des Gleichstromwiderstandes von Lautsprecher-Schwingspulen



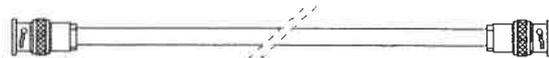
16040: Datenkabel SUB D 25 Pin m/f 1,5 m
16041: Datenkabel SUB D 25 Pin m/f 15 cm



16C42: Datenkabel SUB D, 25 Pin m / 9 pin f



16030 : Meßkabel BNC - Tastkopf , 1m

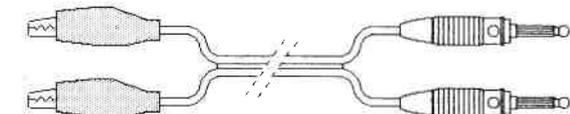


16031: Meßkabel BNC - BNC, 1m

16032: Meßkabel BNC -BNC Winkel, 6,5 cm

16033: 12cm

16034: 1 m



16020: Lautsprecher-Anschlußkabel 6m
Bananenstecker 4mm - Krokodilklemme 2,5 mm²



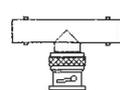
16006: Mikrokabel
XLR Stecker - XLR Kupplung 6m

16012 : 12m

16024: 24m

16025: Steckadapter BNC - Chinch 

16026: Steckadapter BNC - Banane 

16027: Steckadapter BNC T-Stück 

Best.Nr.	Produkt	Atari	PC	Bemerkungen
1656	AMS-PC/ST Meßprozessor, Tischgerät	(G)	(G)	M: 16040, 5 X 16025
1656 P	AMS-PC/ST Meßprozessor, 19"-Gerät (2HE)	(G)	(G)	M: 16040, 5 X 16025
1666	Meßprogramm für Atari ST (L, Z, φ, TSP, RT60, Tape)	G		
1667	Meßprogramm für IBM XT/AT (L, Z, φ, TSP, RT60, Tape)		G	
1668	amS-qc, PC-Programm für die Qualitätskontrolle		S	V: 1656/1666
1660	acoustiX ST-Programm für Lautsprecher-CAD	S		
16277	AMS-PC/ST Filterkarte	H	H	
16279	AMS-PC/ST Phasenkarte	H	H	V: 16277
16282	AMS-PC/ST Studiokarte	H	H	
1620	100 W Leistungsverstärker DC- 100 kHz	Z	Z	
1633	Lastwiderstand 2 X 400 W	Z	Z	
1642	2 X 8 Kanal Signalmultiplexer Tischgerät BNC	H	H	M: 2 X 16033
1642 X	2 X 8 Kanal Signalmultiplexer Tischgerät XLR	H	H	
1627	symmetrisches Meßmikrofon	H	H	M: 16006, Halter
1722	Vorverstärker für MMS-100	H	H	
1727	Leitungstreiber für MMS-100	H	H	
17001	Verbindungskabel für MMS-100, 1m	H	H	
	MK 201, 1/2"-Kapsel (22mV/Pa, 10Hz-40kHz, Freifeld)	H	H	
	MK 221, 1/2"-Kapsel (80mV/Pa, 3,5Hz-20kHz, Freifeld)	H	H	
	MK 222, 1/2"-Kapsel (80mV/Pa, 0,5Hz-20kHz, Freifeld)	H	H	
	MK 231, 1/2"-Kapsel (80mV/Pa, 3,5Hz-8kHz, Diffusfeld)	H	H	
	NV 65, Nasenkonus	H	H	
	SV 65, Sondenvorsatz	H	H	
	W2, Windschutz	H	H	
	W3, Windschutz	H	H	
1740	SSM-100E, Kugelflächenmikrofon mit Electret-Kapseln	H	H	M: Koffer, Kabel
1741	SSM-100G, Kugelflächenmikrofon mit Gefell-Kapseln	H	H	
1628	Körperschallsensor	H	H	M: Klebeflächen
16002	Mikrofonstativ mit Ausleger (Galgen)	Z	Z	
16006	Mikrokabel XLR Stecker - XLR Kupplung, 6m	Z	Z	
16015	Mikrokabel XLR Stecker - XLR Kupplung, 12m	Z	Z	
16040	Datenkabel 1,5 m SUB D 25 Pin male / female	Z	Z	
16042	Datenkabel 1,5 m SUB D 25 Pin male / 9 Pin female	Z	Z	
16025	Steckadapter BNC - Chinch	Z	Z	
1630	Milliohm-Meter 3 1/2 Stellen	Z	Z	M: 9V Batterie
1621	Schallpegelmeter (G: 1622)			M: 1622, 9V Batterie

G: Grundausstattung V: Voraussetzung S: Softwareerweiterung H: Hardwareerweiterung
 Z: Zubehör M: mitgeliefertes Zubehör (): Möglichkeit mit Alternativen

