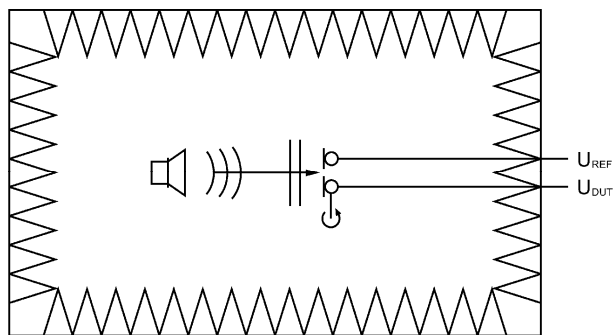


## KT-Labor WS11/12 - Mikrofone KT-M

### Hinweise zum Meßsystem

#### 1. Messablauf

Die Messungen im reflexionsarmen Raum erfolgen mit einzelnen Sinustönen („stepped sine“) nach der Substitutionsmethode. D.h. es wird zuerst der Frequenzgang des Gesamtsystems mit Messlautsprecher [KH120 Aktiv-Monitor] mit einem Messmikrofon [Microtech Gefell MK250] aufgenommen und als Referenz abgespeichert. Danach werden die zu messenden Mikrofone (DUT: „device under test“) an die identische Stelle [„Substitution“] platziert und durchgemessen. Als Generator und Analyzer wird das *dScope Series III* verwendet. Der Übertragungsfaktor des Messmikrofons beträgt  $M = 40,0\text{mV/Pa}$  bei 1kHz und Lastimpedanz  $R_L \sim \infty$ .



Die Übertragungsfunktion des Gesamt-Systems ergibt sich zu

$$Y_{DUT}(\omega) = X_{GEN}(\omega) H_{Lautsprecher}(\omega) H_{DUT}(\omega) \text{ bzw.}$$

$$Y_{REF}(\omega) = X_{GEN}(\omega) H_{Lautsprecher}(\omega) H_{REF}(\omega)$$

Daraus folgt

$$Y_{DUT}(\omega) / Y_{REF}(\omega) = H_{DUT}(\omega) / H_{REF}(\omega)$$

Das Messmikrofon ist genügend linear um als  $H_{REF}(\omega) = 1$  angenommen zu werden (s. Mikrophondatenblatt). Damit ist der logarithmierte Frequenzgang

$20 \log_{10} H_{DUT}(\omega) = 20 \log_{10} [Y_{DUT}(\omega) / Y_{REF}(\omega)] = 20 \log_{10} Y_{DUT}(\omega) - 20 \log_{10} Y_{REF}(\omega)$   
und ergibt sich aus einer einfachen Subtraktion der gemessenen logarithmierten Frequenzgänge.

Zur Ermittlung des richtungsabhängigen Verhaltens von Mikrofonen werden üblicherweise 2 Methoden angewendet. Da fast alle Mikrofone eine Symmetrieachse besitzen [Ausnahme: z.B. Kunstkopf] genügt meist Messung im Bereich  $0^\circ \dots 180^\circ$ .

- Polardiagramme: für einzelne Frequenzen, typisch Oktavabstand (125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k, 16k), gemessen in Winkelschrittweiten von  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  oder  $15^\circ$  [zeitaufwendig!]. Dabei werden alle Kurven auf 0 dB bei  $0^\circ$  normiert!
- Frequenzgänge 20Hz-20kHz über einzelne Winkel
  - o Kugel:  $0^\circ$ ,  $(90^\circ)$ ,  $180^\circ$
  - o Niere, Hyperniere, Superniere:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$
  - o Acht:  $0^\circ$ ,  $(45^\circ)$ ,  $90^\circ$ ,  $(135^\circ)$ ,  $180^\circ$

dabei werden alle Kurven relativ zur  $0^\circ$ -Kurve dargestellt, d.h. nicht normiert.

## 2. Programmablauf

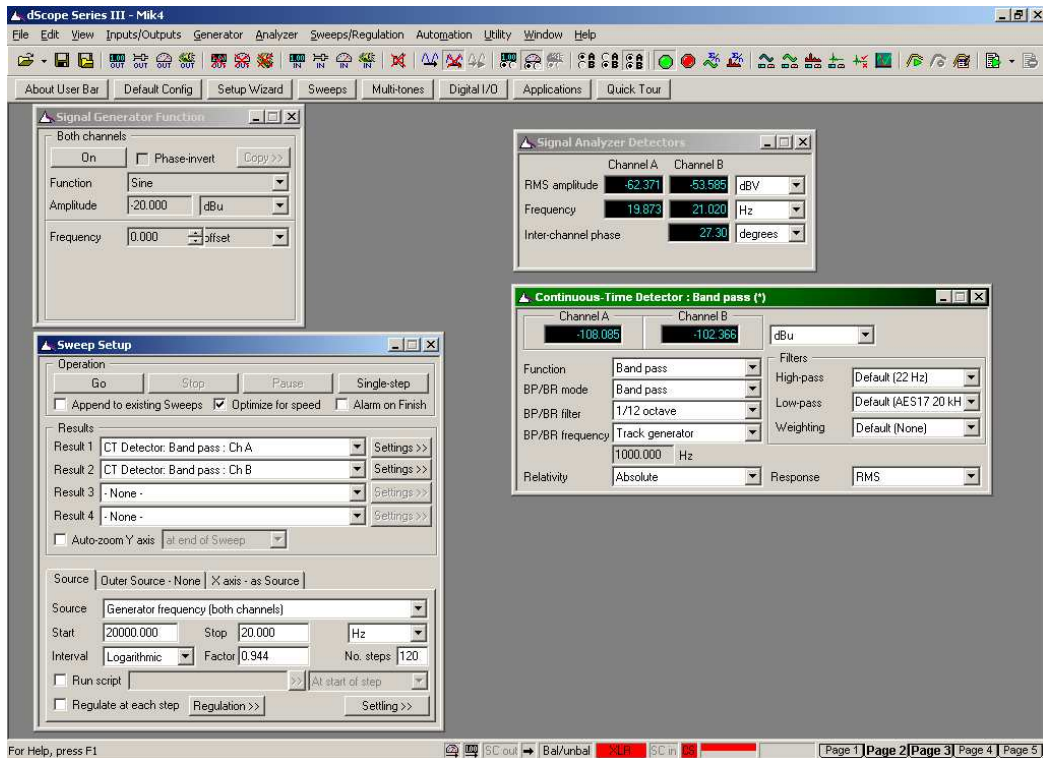
dScope starten

Configuration „C:\Mik-Labor\Mik-Labor“ laden

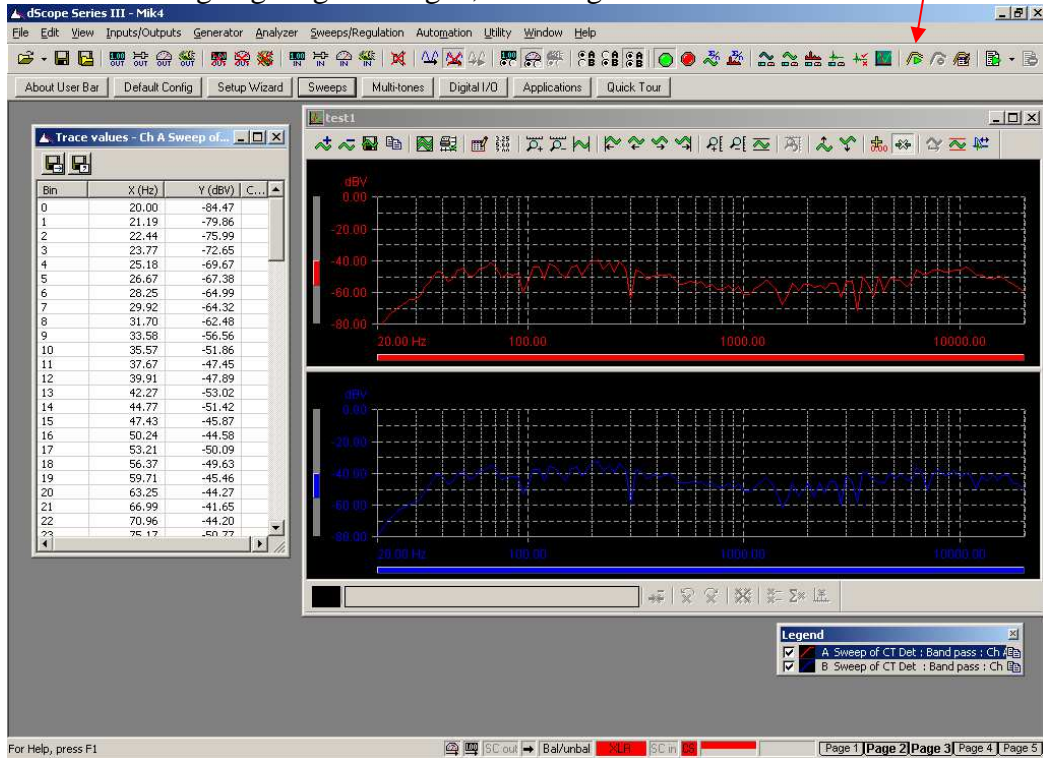
### Grundeinstellungen

Auf Page2 sieht man die verwendeten Funktionen und die Sweep-Einstellungen.

Die Messung erfolgt mit einzelnen Sinus-Tönen, deren Frequenz in Halbtönen verändert wird. [Halbtöne: Faktor  $\sqrt[12]{2} \sim 1,05946$  bzw. Kehrwert 0,944)]



Während der Messungen genügt die Page3, mit der gemessenen Kurve:



### Sweep

Der Sweep wird rechts oben gestartet (Button „Kurve mit grünem Pfeil“)

### Speichern der Daten als Tabelle

Über das Legend-Fenster wird eine Kurve ausgewählt.

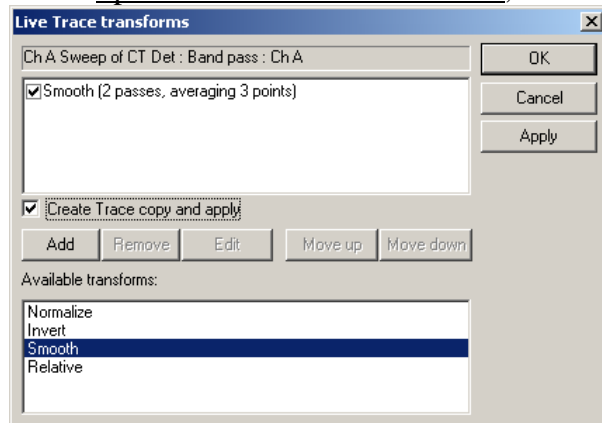
Im Graph-Fenster werden durch den 8-ten Button von links („Zahlenwerte“) die Werte in einem neuen Fenster „Trace Values“ als Tabelle dargestellt.

Im Trace Values-Fenster wird durch Klick auf den linken Button „Save as tab-separated file“ eine TXT-Datei erzeugt, die in MATLAB oder Excel zur Auswertung weiterbearbeitet werden kann.

### Glättung (eventuell):

Rechts-Klick im Legend-Fenster auf die zu glättende Kurve > Edit Trace Transform... > Smooth > Add > Create Trace Copy and Apply > Apply > OK

Dann: Speichern der Daten als Tabelle, wie oben.



### 3. Hinweise für Excel:

Anmerkung: Excel ist nicht ideal geeignet zur Darstellung von akustischen Messwerten, z.B. in logarithmischen Abständen.

- TXT-Datei mit Messwerten öffnen
- Bei der Textkonvertierung beachten, dass dScope "englisch" arbeitet, d.h. mit Punkt als Dezimaltrennzeichen, und Komma als 1000er-Trennzeichen (Fenster „weitere Textimporteinstellungen“). Excel muss beim Importieren die Daten konvertieren, damit sie im Weiteren als „Zahlen“ weiterverarbeitet werden können!

**Textkonvertierungs-Assistent - Schritt 1 von 3**

Der Textkonvertierungs-Assistent hat erkannt, dass Ihre Daten mit Trennzeichen versehen sind. Wenn alle Angaben korrekt sind, klicken Sie auf 'Weiter', oder wählen Sie den korrekten Datentyp.

Ursprünglicher Datentyp  
Wählen Sie den Dateityp, der Ihre Daten am besten beschreibt:

- Getrennt** - Zeichen wie z.B. Kommas oder Tabstopps trennen Felder (Excel 4.0-Standard).
- Feste Breite** - Felder sind in Spalten ausgerichtet, mit Leerzeichen zwischen jedem Feld.

Import beginnen in Zeile:  Dateisprung:

Vorschau der Datei C:\berlin\tu\dscope\data\test2b.txt.

1	Bin	X (Hz)	Y (dBV)	Comment
0	40.00	-41.77512068380406		
1	42.37	-45.84324593719428		
2	44.88	-45.34543992252507		
3	47.54	-39.68475729440979		

**Textkonvertierungs-Assistent - Schritt 2 von 3**

Dieses Dialogfeld ermöglicht es Ihnen, Trennzeichen festzulegen. Sie können in der Vorschau der markierten Daten sehen, wie Ihr Text erscheinen wird.

Aufeinanderfolgende Trennzeichen als ein Zeichen behandeln

Trennzeichen

- Tabstopp
- Semikolon
- Komma
- Leerzeichen
- Andere:

Texterkennungszeichen:

Datenvorschau

Bin	X (Hz)	Y (dBV)	Comment
0	40.00	-41.77512068380406	
1	42.37	-45.84324593719428	
2	44.88	-45.34543992252507	
3	47.54	-39.68475729440979	

**Textkonvertierungs-Assistent - Schritt 3 von 3**

Dieses Dialogfeld ermöglicht es Ihnen, jede Spalte zu markieren und den Datentyp festzulegen.

Die Option 'Standard' behält Datums- und Zahlenwerte bei und wandelt alle anderen Werte in Text um.

Weitere...

Datenformat der Spalten:

- Standard**
- Text
- Datum:
- Spalten nicht importieren (überspringen)

Datenvorschau

Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Bin	X (Hz)	Y (dBV)	Comment	
0	40.00	-41.77512068380406		
1	42.37	-45.84324593719428		
2	44.88	-45.34543992252507		
3	47.54	-39.68475729440979		

**Weitere Textimporteinstellungen**

Bei numerischen Daten verwendete Trennzeichen

Dezimaltrennzeichen:

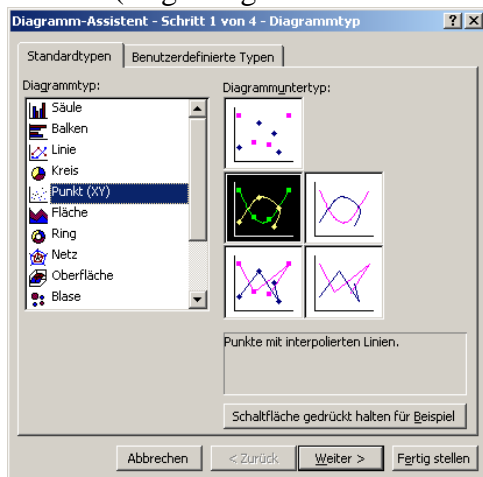
1000er-Trennzeichen:

Hinweis: Zahlen werden entsprechend den numerischen Einstellungen in den Ländereinstellungen der Systemsteuerung angezeigt.

Nachstehendes Minuszeichen für negative Zahlen

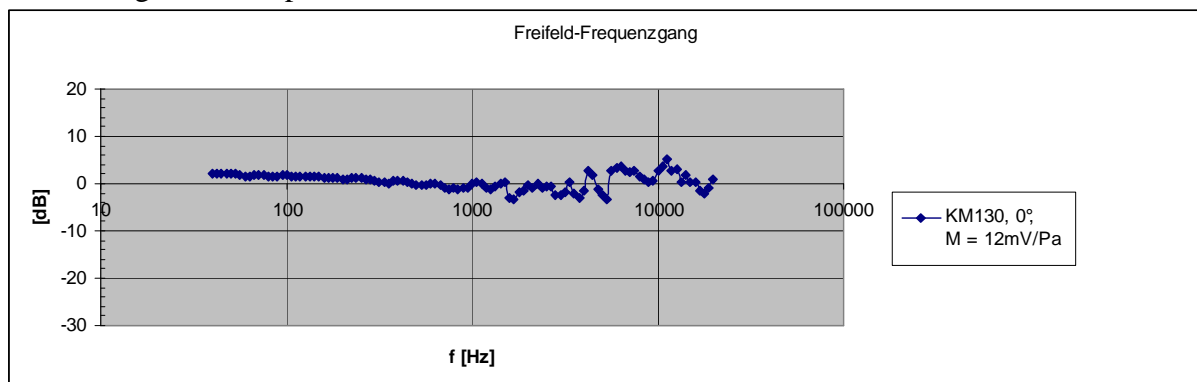
- In Excel können dann die Daten spaltenweise voneinander subtrahiert werden.

- Darstellung der resultierenden Kurven vermutlich am Besten mit „Punkte mit interpolierten Linien“ (wegen logarithmischer Abstände der Messpunkte).



- Graphik-Formatierung entsprechend typischer Datenblätter.
- Darstellung der Kurve entweder
  - mit Y-Achse in [dBV], oder
  - auf 0dB bei 1000 Hz normiert, mit zusätzlicher Angabe des gemessenen Übertragungsfaktors bei 1kHz (s.u.)

Anbei ein grobes Beispiel:



- **Bitte unbedingt auf konsistente X- und Y-Achsen-Skalierungen bei allen erstellten Grafiken achten, wegen der besseren Vergleichbarkeit!**

#### 4. Rauschmessung

Der reflexionsarme Raum *kann* (an ruhigen Tagen) ruhig genug sein, um das Eigenrauschen von Mikrofonen zu bestimmen.

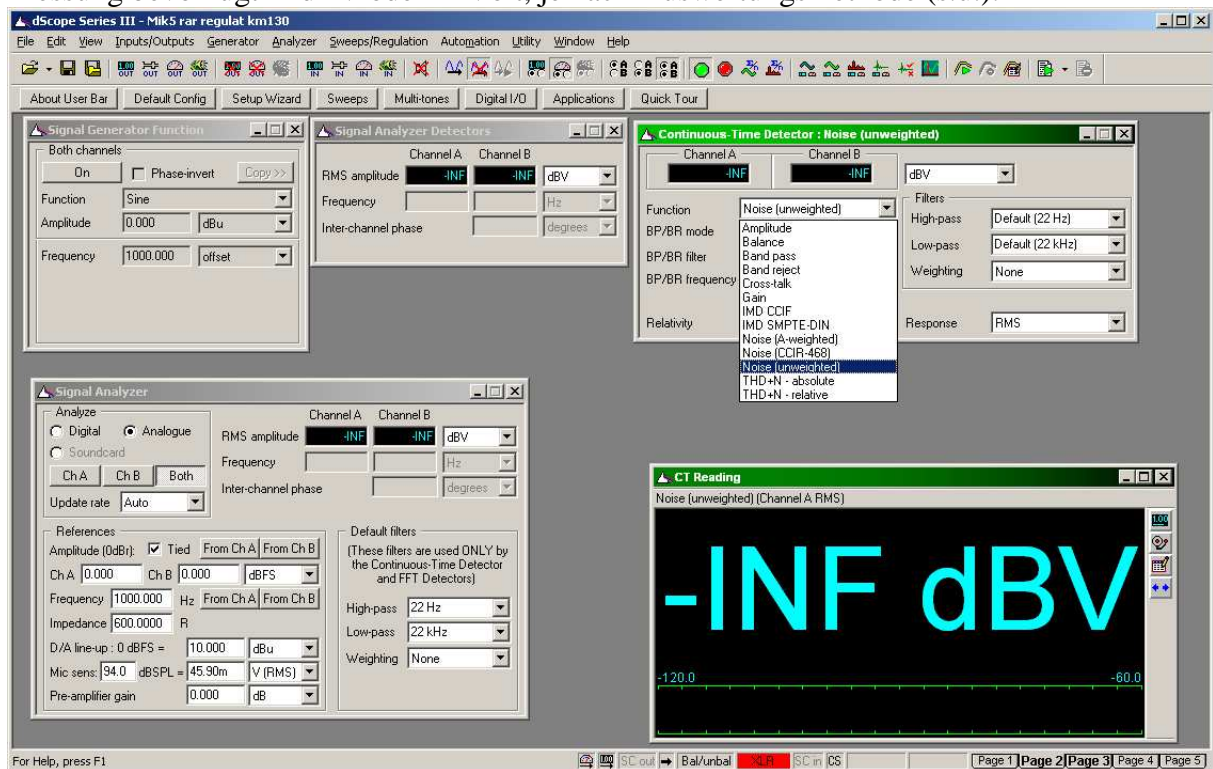
Configuration „C:\Mik-Labor\Mik-Labor Rauschen“ laden

Der Generator ist ausgeschaltet, der Analyzer wird in *Noise*-Modus betrieben.

Über *Function* wird im CT-Detector die Bewertungskurve [A / CCIR / unweighted] ausgewählt.

Über *Response* wird Messung von Effektivwert [RMS; für A-Bewertung] oder Quasispitzenwert [Q-Peak, für CCIR und unweighted] ausgewählt.

Messung bevorzugt in dBV oder in Volt, je nach Auswertungsmethode (s.u.).



Der gemessene Wert wird ins Verhältnis zur Empfindlichkeit gesetzt, und damit der äquivalente Stör-Schalldruckpegel  $L_R$  (auch: *Ersatzgeräuschpegel*, *Eigenrauschen*).

Beispiel: (MK250 Datenblatt)

**Übertragungsfaktor**, bei 1kHz und 1Pa [= 94 dB SPL]

$$M = 40\text{mV/Pa} \quad \text{bzw. alternativ}$$

**Übertragungsmaß**

$$L_M = 20 \log_{10} (M/M_R) = -28 \text{ dBV} \\ \text{mit } M_R = 1\text{V/Pa}$$

Dies ist also die Ausgangsspannung, die das Mikrofon bei Beschallung mit 1 Pa = 94 dB SPL abgibt. Wird nun eine A-bewertete Störspannung von z.B.  $U_R = 5,6\mu\text{V}$  bzw. -105dBV gemessen, kann über  $M = U_R / p_R$  der äquivalente Schalldruck  $p_R$  bestimmt werden.

Mit  $L_R = 20 \log_{10} (p_R/p_0)$  und dem Referenzschalldruck  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$  [= 0 dB SPL] wird der äquivalente Störschalldruckpegel zu  $L_R = 15 \text{ dB-A}$  bestimmt.