

---

# **Externer Sweep und Meßobjekte mit extremem Einschwingverhalten adaptiv gemessen mit der Settlingfunktion in den Audio Analyseur UPL oder UPD**

---

Application Note 1GA12\_1D

T. Betz, W. Fischer, B. Küfner, ,4/94  
Neufassung 9/96

Änderungen vorbehalten

Produkte:

**Audio Analyser UPL**

**Audio Analyser UPD**



**ROHDE & SCHWARZ**

## 1. Zusammenfassung

Bei der Messung von Audio-Komponenten mit unbekanntem Einschwingverhalten beobachtet der erfahrene Meßtechniker das Einschwingen des Meßergebnisses bevor er einen Wert als gültig anerkennt. Das Settling-Verfahren in den Audio Analysatoren UPL und UPD ahmt diese Vorgehensweise nach und automatisiert sie, indem die Meßwerte laufend mit den vorangegangenen Werten verglichen werden. Nur wenn vorher definierte Einschwingbedingungen eingehalten werden wird ein gültiger Meßwert angezeigt. Die vorliegende Applikationsschrift erklärt die Vorgehensweise und gibt Tips für die Umsetzung in der Praxis.

## 2. Wozu braucht man Settling?

Wird eine Änderung am Generator des UPL/UPD vorgenommen, und ist die Einschwingzeit eines Meßobjektes bekannt, so kann diese mit der "Delay"-Angabe im Analyzerpanel berücksichtigt werden. Meßgeräteinterne Einschwingvorgänge werden automatisch berücksichtigt, so daß der Anwender diese Zeiten nicht beachten muß. Der Analysator liefert eingeschwingene, gültige Meßergebnisse.

Befindet sich zwischen dem Generator und dem Analysator ein Meßobjekt mit unbekanntem Einschwingverhalten oder wird ein Meßobjekt von einem externen Generator gespeist, dann wird nach einer Signaländerung oder einer Manipulation am Meßobjekt (bei hoher Meßrate gegenüber Einschwingzeit) i.d.R. ein Einschwingverhalten am Meßergebnis zu beobachten sein, bis sich eine stabile Anzeige einstellt. Der beruhigte Wert wird dann als gültig akzeptiert.

Das Settling-Verfahren im UPL/UPD hat zum Ziel, diese Vorgehensweise eines erfahrenen Meßtechnikers nachzuahmen und zu automatisieren. Ein Meßwert wird nur dann ausgegeben, wenn er einer bestimmten, vom Anwender frei einstellbaren Genauigkeit (max. Abweichung vom eingeschwingenen Endwert, später wird der Begriff "Tolerance" verwendet) genügt. Das Settlingverfahren ist bevorzugt dann anzuwenden, wenn an Meßobjekten mit unbekannter oder wechselnder Einschwingzeit gemessen werden soll. Das Settlingverfahren kann mit einer Wartezeit ("Delay") kombiniert werden, so daß ab dem Meßstartzeitpunkt (Generatoränderung oder Signaländerung bei externem Sweep) ein unerwünschter Signalverlauf ignoriert werden kann, bevor das Settlingverfahren einsetzt. Das Settling-Verfahren kann auch zur Anzeigenberuhigung eingesetzt werden, indem Werte, die nicht der angegebenen Genauigkeit genügen, verworfen werden.

## 3. Wie wird das Settlingverfahren realisiert?

Der vom UPL/UPD aufgenommene Meßwert wird laufend mit n (vom Benutzer unter "SAMPLES" gewählte Anzahl) unmittelbar vorher abgespeicherten Meßwerten verglichen. Ein Meßwert wird nur dann als gültig anerkannt, wenn er bezüglich der vorangegangenen Meßwerte innerhalb der vom Anwender eingegebenen Toleranzbedingungen liegt. Anderenfalls gelangt er nicht zur Anzeige, sondern wird in die Reihe der Vergleichswerte für den nächsten Meßwert aufgenommen.

## 4. Wo kann Settling eingestellt werden?

Das Settlingverfahren ist anwendbar auf:

- Externer Sweep (START COND \_ FREQ CH1 | FREQ CH2 | VOLT CH1 | VOLT CH2)
- Frequenzmeßwerte (FREQ/PHASE \_ FREQ)
- Phasenmeßwerte (FREQ/PHASE \_ FREQ&PHASE)
- Funktionsmeßwerte für alle Funktionen außer FFT, POLARITY und WAVEFORM

Das Settlingverfahren für den externen Sweep und das Settling für die Frequenz-, Phasen- oder Funktionsmessung können kombiniert werden.

### **Ausnahme:**

Settlingverfahren in Verbindung mit externem Sweep mit Frequenzänderung als Triggerbedingung (Einstellung START COND \_ FREQ CH1 | FREQ CH2) kann nicht mit einem Settling der Frequenzmeßwerte kombiniert werden.

Grund: Es stehen bereits eingeschwungene Frequenzmeßergebnisse zur Verfügung, die nicht nochmals mit einem Settlingverfahren bewertet werden müssen!

Alle Settlingeinstellungen können im ANALYZER-Panel in den entsprechenden Panelabschnitten unter dem Menüpunkt "Settling" eingeschaltet werden.

## 5. Die Settlingparameter:

Zu jeder Meßfunktion werden die zugehörigen Settlingparameter abgespeichert, sodaß bei einem Funktionswechsel die einmal gewählten und erprobten Settlingeinstellungen wirksam werden.

### **Settling\_EXPONENTIAL**

stellt ein Meßergebnis-Vergleichsfenster mit einem exponentiellen Verlauf (Toleranztrichter) ein, dessen "Fangbereich" durch die Einstellung "Tolerance" bestimmt wird. Diese Einstellung bietet sich bei Messungen an Meßobjekten mit normalem exponentiellem Einschwingverhalten an und deckt i.d.R. die meisten Anwendungsfälle ab (siehe Bild 1).

### **Settling\_FLAT**

stellt ein Meßergebnis-Vergleichsfenster mit völlig ebener Charakteristik (Toleranzschlauch) ein, dessen "Fangbereich" durch die Einstellung "Tolerance" bestimmt wird. Bei einer sehr kleinen Toleranzangabe liefert diese Einstellung nur dann ein Meßergebnis, wenn das Meßobjekt quasi völlig eingeschwungen und das Signal nicht von einem merkbaren Rauschen überlagert ist. Aufgrund dieser verschärften Einschwingbedingung ist die Zeit, bis ein gültiger Meßwert erkannt wird, i.d.R. höher als bei der Einstellung EXPONENTIAL (siehe Bild 1).

### **Settling\_AVERAGE**

bewirkt eine arithmetische Mittelwertbildung für die Anzahl der in Samples eingestellten Meßwerte. Nach einem Neustart der Messung durch Betätigung der Taste Single oder Start am UPL/UPD, oder einer Parametereingabe, die einen Neustart der Messung nach sich ziehen muß, wie z.B. Änderungen des Generatorsignales oder der Settlingparameter selbst, wird erst dann der Mittelwert ausgegeben, wenn die durch "Samples" eingestellte Anzahl von Messungen gemacht wurden.

Ist der Speicher mit Meßergebnissen gefüllt, wird mit jedem neuen Meßergebnis das jeweils älteste Meßergebnis verdrängt und der Mittelwert ausgegeben. In dieser Phase bewirkt eine sprunghafte Signaländerung eine schleichende Änderung des Mittelwertes (Tiefpaßverhalten).

## Tolerance:

Der Toleranzwert bezeichnet die max. zulässige Abweichung, die ein als eingeschwungen erkannter Meßwert gegenüber dem stationären Endwert aufweisen darf. Der Wert der maximal zulässigen Abweichung des aktuellen Meßwertes gegenüber dem 2./ 3./ 4./ und 5.-letzten Meßwert wird von der Einstellung EXPONENTIAL | FLAT bestimmt.

# Toleranzverlauf

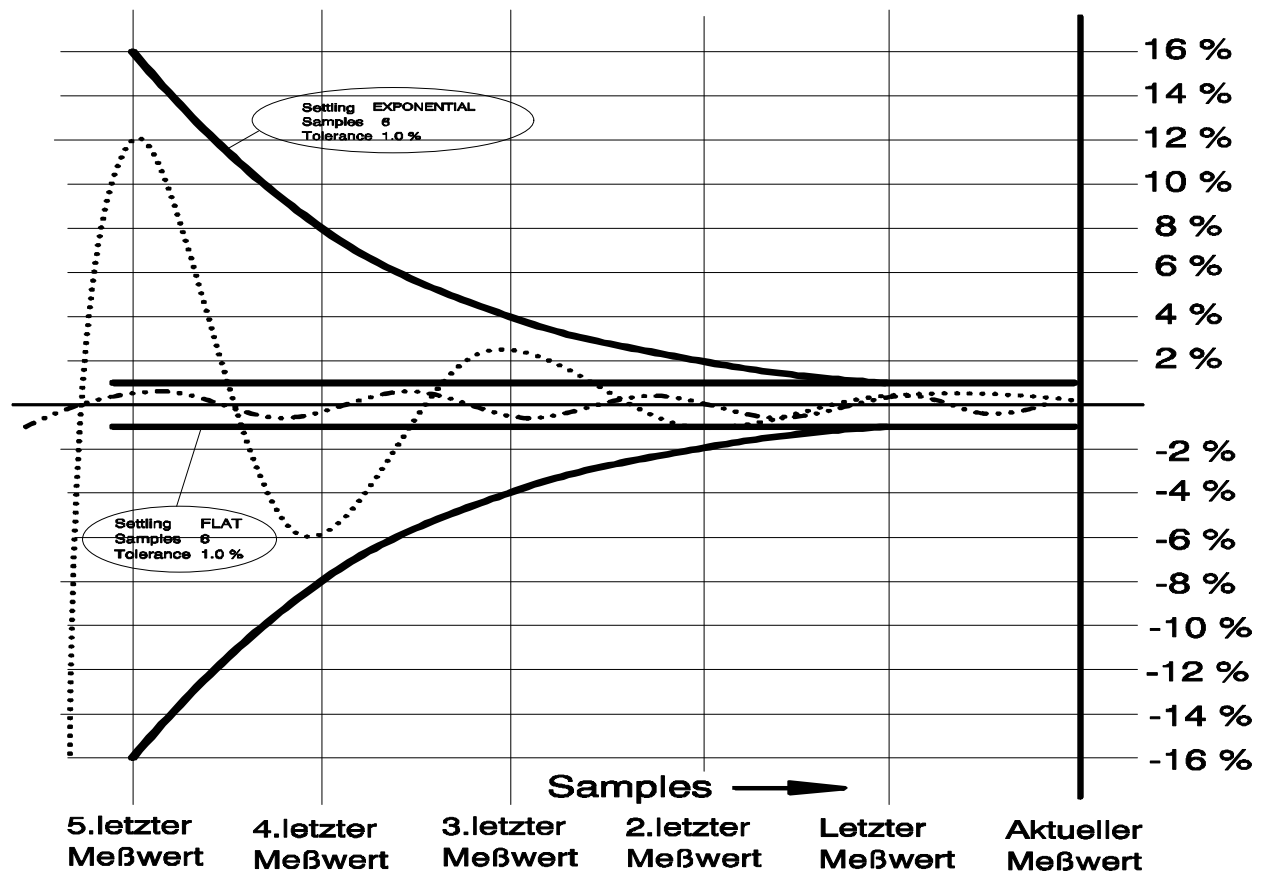


Bild 1: Toleranzverlauf

Wenn z.B. Samples = 6 gewählt, dann wird der jeweils neueste Meßwert mit den 5 vorangegangenen Meßwerten verglichen. Wenn für Toleranz = 1% (oder 0.086 dB) eingegeben wurde, dann bedeutet dies, daß der aktuelle Meßwert und

- der vorhergehende Meßwert auf  $\pm 1\%$  (oder  $\pm 0.086$  dB)
- der 2. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 2\%$  (oder  $\pm 0.172$  dB)
- der 3. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 4\%$  (oder  $\pm 0.340$  dB)
- der 4. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 8\%$  (oder  $\pm 0.668$  dB)
- der 5. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 16\%$  (oder  $\pm 1.289$  dB)

übereinstimmen müssen (bei Einstellung "EXPONENTIAL").

Beträgt z.B. bei einer Pegelmessung der aktuelle Meßwert 1 V, dann müssen die vorhergehenden Meßwerte in folgendem Bereich liegen, damit der Wert als gültig erkannt wird:

- der vorhergehende Meßwert auf 0.99...1.01 V
- der 2. vorhergehende Meßwert auf 0.98...1.02 V
- der 3. vorhergehende Meßwert auf 0.96...1.04 V
- der 4. vorhergehende Meßwert auf 0.92...1.08 V
- der 5. vorhergehende Meßwert auf 0.84...1.16

Wenn für Toleranz = 0.1 dB eingegeben wurde, dann bedeutet dies, daß der aktuelle Meßwert und

- der vorhergehende Meßwert auf  $\pm 0.1$  dB
- der 2. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 0.2$  dB
- der 3. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 0.4$  dB
- der 4. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 0.8$  dB
- der 5. vorhergehende Meßwert auf  $\pm 1.6$  dB

übereinstimmen müssen.

### **Resolution:**

Für sehr kleine Meßwerte, insbesondere an der unteren Meßgrenze des UPD, oder bei Signalen mit überlagertem Rauschen macht sich eine relativ große Meßunsicherheit oder Schwankung der Meßwertanzeige bemerkbar, so daß die Meßwerte häufig nicht mehr im Toleranztrichter liegen. In diesem Falle wird ein Mindestwert der Meßwertauflösung berücksichtigt, der "Resolution"-Wert, der als Startwert für einen Resolutionstrichter dient, und der exakt den gleichen Verlauf (EXPONENTIAL oder FLAT) hat, wie der Toleranztrichter.

Ein Ausreißer aus dem Toleranztrichter, der durch überlagertes Rauschen zustande kam, hat keine Aussagekraft bezüglich des Einschwingverhaltens des Meßobjektes. Genügt aber der Meßwert noch der vom Anwender angegebenen Auflösung (Resolution), so wird er trotzdem als gültig anerkannt.

Erfüllt z.B. der aktuelle Meßwert im Vergleich zum 4.letzten Meßwert nicht die geforderte Toleranz, dann wird der Betrag der Differenz zwischen dem aktuellen Meßwert und dem 4.letzten Meßwert gebildet und mit dem Resolutionwert Nr. 4 verglichen. Ist dieser Differenzwert besser als der Resolutionwert, dann wird das Meßergebnis als gültig betrachtet, (siehe Bild 2).

Die EXPONENTIAL-Kurven werden immer zur Basis 2 berechnet. Die Stützpunkte des Toleranztrichters, z.B. ausgehend von Tolerance 1%, errechnen sich zu: 1%, 2%, 4% und 8%. Die Stützpunkte der Resolutionkurve, z.B. ausgehend von Resolution 0.5 mV, errechnen sich zu: 0.5 mV, 1 mV, 2 mV und 4 mV. Die Ablage des aktuellen Meßwertes gegenüber dem 3.letzten Meßwert beträgt -7.91 % und liegt deshalb nicht in der gewünschten Toleranz. Wenn der Betrag der Differenz zwischen aktuellem Meßwert (24 mV) und dem 3.letzten Meßwert (22.1 mV) kleiner oder gleich dem Resolutionwert[S2] (2 mV) ist, dann wird der aktuelle Meßwert trotzdem als gültig anerkannt.

$$|24 \text{ mV} - 22.1 \text{ mV}| = 1.9 \text{ mV}$$

Da  $1.9 \text{ mV} < 2 \text{ mV}$ , ist der aktuelle Meßwert gültig.

# Zusammenhang zwischen Toleranz und Resolution

Beispiel anhand folgender Paneleinstellung:

Settling	EXPONENTIAL
Samples	5
Tolerance	1.0 %
Resolution	0.5 mV

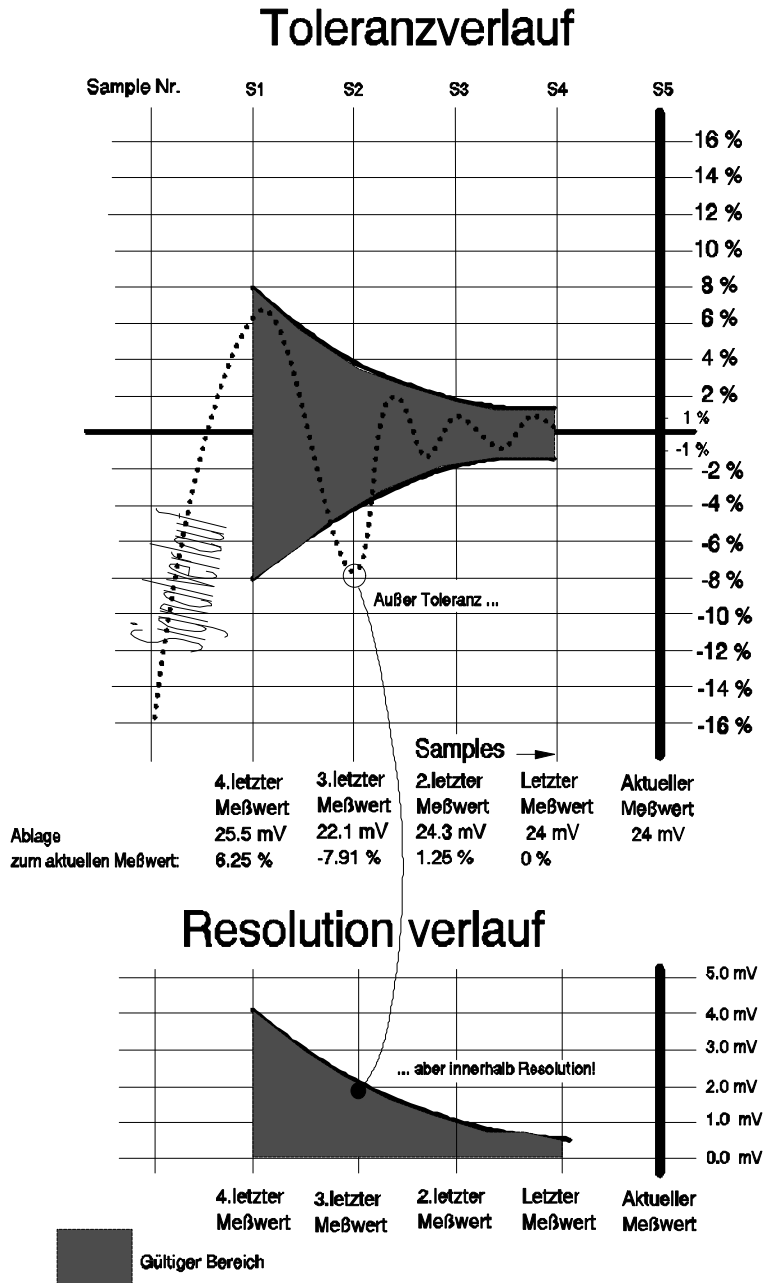


Bild 2: Zusammenhang zwischen Toleranz und Resolution

## Timeout (nur im Function-Settling):

Unter Timeout wird die Zeit angegeben, die vom Start einer Messung verstreichen darf, bis der Settlingmechanismus ein eingeschwungenes Meßergebnis erkannt hat. Wird in dieser Zeit keine Meßwertstabilisierung festgestellt, dann wird die Meßschleife abgebrochen und anstatt eines Meßwertes der Hinweis "Input - Press SHOW I/O" ausgegeben. Während eines Sweeps mit graphischer Kurvendarstellung weist eine Lücke auf den fehlenden Wert hin. Beim Settling mit externem Sweep (siehe nächster Absatz) wird kein Timeout berücksichtigt.

Ist im UPD die Option Highspeed (UPD-B3) eingebaut, beginnt die Timeoutzeit nach Ablauf von "Delay" gleichzeitig für beide Kanäle. Ist die Option Highspeed nicht eingebaut, werden die Kanäle Ch1 und Ch2 sequenziell gemessen und die Timeoutzeit wird mit jedem Kanalwechsel nach Ablauf von "Delay" neu gesetzt.

Beim UPL beginnt die Timeoutzeit immer gleichzeitig für beide Kanäle.

## 6. Settlingverfahren mit externem Sweep:

Zum Verständnis der folgenden Ausführungen bitte im Manual zum UPL/UPD im Kapitel "Startmöglichkeiten des Analysators, Externer Sweep" die Menüpunkte

- "Min VOLT"
- "Start"
- "Stop"
- "Variation"

nachlesen.

Wenn externer Sweep (START COND \_ FREQ CH1 | FREQ CH2 | VOLT CH1 | VOLT CH2) zusammen mit dem Settlingverfahren eingesetzt wird, dann ergibt sich folgender Meßablauf (siehe Bild 3):

1. Überprüfen, ob am Meßeingang ein Pegel von mindestens dem in "Min VOLT" angegebenen Wert anliegt. (Gilt nur für externen Sweep mit Triggerung auf Frequenzänderungen (STARTCOND \_ FREQ CH1 | FREQ CH2)  
Nein: Schritt 1 ausführen.
2. Frequenzberuhigung bei der Einstellung START COND \_ FREQ CH1 | FREQ CH2, Pegelberuhigung bei der Einstellung START COND \_ VOLT CH1 | VOLT CH2 durch das Settlingverfahren abwarten.
3. Überprüfen, ob sich der Pegel oder die Frequenz in dem durch "Start" und "Stop" angegebenen Bereich befindet.  
Nein: Schritt 1 ausführen.  
Ja: Die unter Delay angegebene Zeit abwarten, um einem Meßobjekt die Möglichkeit zum Einschwingen zu geben.  
Funktionmessung (evtl. inkl. Funktionsettling) ausführen  
Funktionmeßwert zur Anzeige weitergeben
4. Überprüfen, ob eine Pegel- oder Frequenzänderung um mindestens den in "Variation" angegebenen Wert stattgefunden hat.  
Nein: Schritt 4 ausführen  
Ja: Schritt 1 ausführen





## **Optimierung der Settlingparameter:**

Um maximale Meßgeschwindigkeiten in Verbindung mit dem Settlingmechanismus zu erhalten, ist die DELAY-Zeit unter START COND \_ AUTO zu beachten. Es handelt sich dabei um die Zeit, die vom Stellen des Generators bis zum Neustart einer Messung (und somit dem Start des Settling-Verfahrens) verstreicht, um evtl. Totzeiten eines Meßobjektes zu berücksichtigen. Die Einschwingzeit des Generators und des Analysators berücksichtigt der UPL/UPD vollautomatisch. Wird für DELAY der Wert 0.0 s eingegeben, wird keine zusätzliche Verzögerungszeit wirksam und maximale Meßgeschwindigkeit erreicht.

Da im UPL/UPD das Settlingverfahren auf Einzelmessungen anwendbar ist, können die geeigneten Settlingparameter durch Beobachtung der Meßergebnisse und durch Probieren leicht ermittelt werden.

## **Ermittlung von geeigneten Settling-Parametern**

Delay-Wert bei Verwendung des UPD-Generators, Messung mit Timetick (START COND \_ TIME) und grafischer Darstellung. Nach Pegeländerung im Generator die Zeit bis zum Ansprechen im Meßsignal ermitteln.

Delay-Zeit = (Anzahl Meßwerte - 1) \* Timetickabstand.

## **Delay-Wert bei externem Sweep**

Bei unbekanntem Signalen können kurze Totzeiten des Meßobjektes bis ca. 100 ms mit der Funktion WAVEFORM ermittelt werden, für längere Totzeiten wird die Verwendung eines Speicheroszilloskopes empfohlen. Bei Verwendung von Testbändern, Test-CD's usw. können evtl. Herstellerangaben herangezogen werden. Das Ausprobieren von Delay-Werten für externen Sweep führt i.d.R. nicht zum Ziel, da zwar eingeschwingene Meßwerte auftreten können, diese aber aufgrund der Totzeit den alten eingeschwingenen Wert vor der Änderung repräsentieren können.

## **Sample-Wert**

Ein hoher Wert stellt hohe Ansprüche an das Einschwingverhalten des Meßobjektes. Keine allgemeingültigen Angaben möglich.

## **Tolerance-Wert**

Balkendarstellung wählen, bis sich die Min/Max-Werte in den gewünschten Grenzen bewegen. Eine Toleranzangabe von 1% ist für die meisten NF-Anwendungen geeignet. Z.B. bei verrauschten Testbändern mit starken Pegelschwankungen darf der Toleranzwert nicht zu klein gewählt werden, da sonst niemals eingeschwingene Meßwerte zustande kämen. Toleranzwerte um 5% bei 3 Samples können sinnvoll sein.

## **Resolution-Wert**

Anzeigewert beobachten. Der Resolutionwert sollte sich immer in der Nähe der UPL/UPD-Auflösung befinden. Schwankt z.B. das Pegelmeßergebnis um 2 mV, dann wäre als Resolutionwert ein ca. 5 mal größerer Wert geeignet, also 10 mV.

## **Achtung!**

Ein zu großer Resolutionwert würde ständig eingeschwingene Meßwerte signalisieren, obwohl die Toleranzbedingungen ständig verletzt werden.

Durch Experimentieren kann die längste Zeit, die der UPL/UPD braucht, um das Meßobjekt zu messen, ermittelt werden. Diese Zeit, geringfügig erhöht, kann als Timeoutzeit verwendet werden und gewährleistet maximale Geschwindigkeit des Meßablaufes bei Timeoutüberschreitungen.

Werden verrauschte Signale über das Settling-Verfahren bewertet, dann kann durch geeignete Einstellung von "Tolerance" eine Anzeigenberuhigung erreicht werden. Allerdings verringert sich die Meßgeschwindigkeit, da evtl. sehr viele Meßwerte verworfen werden müssen, bis die Settlingbedingung erfüllt ist. Hier bietet das Settling-Verfahren die Möglichkeit der Mittelwertbildung (siehe AVERAGE).

## 7. Beispiel: Messung an einem Bandgerät

**Eine praktische Anwendung (Messung an einem Bandgerät) beschreibt der folgende Abschnitt, wobei das Meßobjekt den UPL/UPD über externen Sweep steuert:**

Bei vielen Messungen bzw. Meßabläufen in der Audiomeßtechnik wird der verwendete Audio Analyzer dazu benutzt, gleichzeitig zur Aufnahme, Protokollierung und Abspeicherung der Meßwerte auch den ganzen Vorgang zu steuern. Werden jedoch Wiedergabegeräte unter Verwendung genormter Tonträger (Bandmaschinen / Kassettenrecorder mit Normbändern, Platten-spieler / CD-Player mit Normplatten bzw. -CD's) vermessen, so bestimmt das bespielte Medium die Reihenfolge des Meßablaufs und dessen Geschwindigkeit.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, solche Messungen vorzunehmen:

- Audio Analyzer und Meßablauf werden von einem Steuerrechner mit Hilfe eines Meßprogramms gesteuert.
- Audio Analyzer steuert unter Berücksichtigung der Tonfolgen und Zeiten auf den Tonträgern den Meßablauf.
- Das Meßobjekt selbst steuert den gesamten Meßablauf und den Audio Analyzer.

Der gravierendste Nachteil der ersten beiden Methoden liegt auf der Hand:

Da die Steuerung nicht vom Tonträger selbst vorgenommen wird, müssen entsprechende Wartezeiten in das Meßprogramm eingebaut werden, die sicherstellen, daß mit einer Messung weder zu früh noch zu spät begonnen wird. Es ist also eine zeitintensive Anpassung der Wartezeiten innerhalb des Steuerprogramms an die Meßaufgabe vorzunehmen. Wird danach aber ein anderer Normtonträger verwendet, müssen die Zeiten wieder geändert werden, so daß eine ganze Anzahl von Meßprogrammen für die unterschiedlichsten Meßbänder und -platten geschrieben werden müssen.

Die Audio Analytoren UPL und UPD sind nun nicht nur in der Lage, als Steuerrechner zu arbeiten und auf diese Art den Meßablauf und sich selbst zu steuern, sondern sie können sich auch über einen externen Sweep von einem Meßobjekt steuern lassen. Damit ist oben beschriebener Nachteil umgangen, so daß keine Programmmodifikationen abhängig von Band oder Platte vorgenommen werden müssen. Dies bedeutet eine enorme Zeitersparnis beim Übergang auf andere Normtonträger.

Die **externe Steuerung** geschieht beim UPL/UPD über Eingaben im **Analyzer-Feld "START COND"**. Der Benutzer kann sich hier entscheiden, welcher Eingangsparameter die Messung triggern soll. Als Auswahlkriterium stehen eine Variation der Eingangsfrequenz oder des Eingangspegels zur Verfügung (jeweils im Kanal 1 oder 2).

Im folgenden wird beispielhaft eine **Messung des Frequenzgangs eines Bandgerätes** beschrieben. Es wurde dabei ein Ton- / Sprachband mit festen Frequenzen von 8 sek. Dauer und ein Normband nach MTT-650 C benutzt, wobei die Triggerung auf die Frequenzvariation vorgenommen wird, so daß jedesmal nach Erkennen einer Frequenzänderung über ein bestimmtes Maß hinaus eine neue Messung gestartet wird. Um richtig eingeschwungene Meßwerte zu erhalten, müssen im Feld "START COND" einige Einstellungen vorgenommen werden:

START COND	Eingabewert	Erläuterung
Delay	0.0000 s	<b>Verzögerungszeit zwischen Trigger und Messung.</b> Ein Delay hat bei einem externem Sweep wenig Sinn, wenn das Einschwingverhalten des Meßobjektes nicht bekannt ist und würde die Messung nur unnötig verlangsamen.
Min Volt	0.1000 V	<b>erforderliche minimale Eingangsspannung.</b> Sind auf dem Band Pegellücken vorhanden, können diese bei schlechteren Bändern bzw. Abspielgeräten eine Brummeinstreuung konstanter Amplitude beinhalten. Damit der externe Sweep darauf nicht fälschlicherweise triggert (die Brummstörung ist konstant und liefert daher einen eingeschwingenen Meßwert !), ist die Eingabe einer Mindestspannung, die oberhalb dieses Störpegels liegt, zur Triggerauslösung empfehlenswert.
Start	20.000 Hz	<b>Anfangsfrequenz der Meßreihe.</b> Die Angabe der Startfrequenz sollte etwas jenseits der tatsächlichen liegen, weil diese sich durch Abweichungen des Bandes von der Sollgeschwindigkeit verschieben kann. Im ungünstigsten Fall kann durch zu knappe Angabe der Grenzen der erste Meßwert nicht mehr zur Triggerung führen, weil die Bedingung im Start-Cond-Feld nicht erfüllt wurde. Dies äußert sich in einem fehlenden Kurvenzug am Anfang der Meßkurve.
Stop	20.000 kHz	<b>Endfrequenz der Meßreihe.</b> Das oben gesagte gilt in gleicher Weise auch für die Endfrequenz des externen Sweeps. Die Eingabe muß also einen größeren Frequenzbereich umfassen als die zu erwartenden Meßfrequenzen. Die Angabe der Frequenzrichtung muß der auf dem Meßband entsprechen, damit ein Sweep aufgezeichnet wird (siehe Erläuterungen am Schluß zu den Unterschieden zwischen continuous und single sweep).
Variation	5.000 %	<b>erforderliche minimale Änderung der Eingangsfrequenz zur Auslösung einer Triggerung.</b> Wegen der Geschwindigkeitsschwankungen des Bandes (W & F) darf dieser Wert nicht zu klein gewählt werden. Bei zu geringer Variation kann die Messung innerhalb des Zeitraums, in dem die Meßfrequenz mit relativ konstantem Pegel anliegt, mehrfach triggern. Diese Mehrfachtriggerung einer fast konstanten Frequenz kann jedoch zur Auslöschung der bisher geschriebenen Meßkurve führen (siehe dazu Erläuterungen am Schluß zu den Unterschieden zwischen continuous und single sweep).
Settling	EXPONENTIAL	<b>Art der Einschwingbedingung.</b> Wahlweise könnte hier auch FLAT gewählt werden. Da dies aber eine wesentlich schärfere Settlingbedingung ist, ist aufgrund der Pegel- und Frequenzschwankungen bei Bandmaschinen mit Problemen zu rechnen, die nur durch eine unakzeptable Vergrößerung des Toleranzschluchs zu beheben sind. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung des exponentiellen Toleranztrichters.
Samples	5	<b>Anzahl der zum Vergleich verwendeten Meßwerte.</b> Hat Auswirkungen auf die Ansprüche an den eingeschwingenen Meßwert und muß abhängig davon und vom Meßobjekt optimiert werden.
Tolerance	1.000 %	<b>zugelassene Meßwerttoleranz.</b> Wegen der <i>Schwankungen der Bandgeschwindigkeit</i> darf dieser Wert nicht zu klein gewählt werden. Bei zu kleinem Wert oder zu großer Ablage des Meßobjektes von der Sollgeschwindigkeit erhält man u.U. keinen eingeschwingenen Meßwert mehr, so daß trotz Triggerung keine Kurve aufgezeichnet wird und wegen Überschreitung der zulässigen Meßzeit (siehe unter Timeout) ständig " <b>press show I/O</b> " gemeldet wird.

<b>Resolution</b>	1.0000 Hz	<p><b>Angabe einer Auflösungsgrenze.</b>  Die Angabe im Resolutionfeld beeinflusst lediglich, ob der eingeschwungene Meßwert innerhalb des Toleranz- oder des Resolution-Trichters liegt. Ein definierter Wert hat nur Sinn, wenn die Meßwerte sich an der Grenze der UPL/UPD-Auflösung befinden, so daß die eingegebene Toleranz schon durch die Unsicherheit von <math>\pm 1</math> Digit in der letzten Stelle der Anzeige überschritten wird und deshalb keinen eingeschwungenen Meßwert mehr liefern würde. Bei einem Meßpegel weit oberhalb der UPL/UPD-Auflösungsgrenze ist nur darauf zu achten, daß kein zu großer Wert in diesem Feld ständig eingeschwungene Werte signalisiert und die Angabe im Toleranzfeld ohne Bedeutung ist.</p>
-------------------	-----------	---

Des weiteren sind noch Einstellungen für die Aufnahme des Frequenzgangs bei der gewählten **Meßfunktion RMS & S/N** im Analyserfenster weiter unten möglich:

Menüzeile	Eingabewert	Erläuterung
<b>Meas Time</b>	AUTO	Durch die automatische Anpassung der Meßgeschwindigkeit an das Meßproblem wird gewährleistet, daß bei sich ändernder Frequenz stets mit der richtigen Taktrate gemessen wird. Man ist also vor Fehlern sicher, die sich durch zu schnelle Messung bei zu tiefen Frequenzen ergeben und stark schwankende Pegel vortäuschen.
<b>Funct Settl</b>	OFF EXPONENTIAL FLAT AVERAGE	Zur besseren Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse kann nochmals ein Settling-Algorithmus eingeschaltet werden, der auch ein anderer sein kann als der im Fenster "START COND" definierte. Zur Beschleunigung des Meßablaufs ist das Settlingverfahren für die Meßfunktion auch abschaltbar.
<b>Samples</b>	3	Eine höhere Anzahl von Meßwerten für das Settling-verfahren erhöht die Meßwertstabilisierung, verlängert aber die Meßzeit. Für ein Optimum ist also eine Anpassung an das Meßproblem vorzunehmen.
<b>Tolerance</b>	5.0000 %	wegen der starken <i>Pegelschankungen</i> auf dem Band darf dieser Wert nicht zu klein sein, sonst erhält man trotz Triggerung keine eingeschwungenen Meßwerte.
<b>Resolution</b>	0.0010 V	Es gilt dasselbe wie im START COND-Fenster.
<b>Timeout</b>	8.0000 s	Der eingegebene Wert begrenzt die Zeit, innerhalb der eine Messung abgeschlossen sein muß. Wird sie überschritten, bevor ein getriggert Wert als stabil anerkannt wird, wird die Messung abgebrochen und es erscheint im UPL/UPD-Anzeigefenster " <b>press show I/O</b> ". Als Fehlermeldung ist dann z.B. "measuring time too long" o.ä. zu lesen. Der UPL/UPD wartet dann auf das nächste Triggerereignis, in der Grafik erscheint eine Lücke. Da die Töne auf dem Ton-Sprachband definitionsgemäß 8 s lang sind, hat eine längere Zeitangabe keinen Sinn.

Die Messungen an Abspielgeräten bringen **einige Besonderheiten** mit sich:

- Der Pegel auf den Bändern ist oft relativ klein, so daß der geringe Signal-Rausch-Abstand für erhebliche Störungen bei der Meßwernerfassung sorgt.
- Wegen des variablen Anpreßdrucks des Meßbandes an den Wiedergabekopf ist der zu messende Ton mit einer "Amplitudenmodulation" versehen, was zusätzlich zum geringen Signal-Rausch-Abstand zu Meßwertschwankungen führt.
- Aufgrund falscher Geschwindigkeit stimmt die gemessene nicht exakt mit der aufgespielten Testfrequenz überein ( Band oder Platte läuft zu langsam oder zu schnell ) und ist darüberhinaus wegen der nicht konstanten Geschwindigkeit mit einer Frequenzmodulation überlagert ( Wow and Flutter ).
- Einige Bänder sind zusätzlich zu den Normfrequenzen mit Sprachansagen zwischen den einzelnen Tönen versehen, die nicht zu einer Aufzeichnung durch den Audio Analyzer führen dürfen.

Alle diese Besonderheiten müssen bei Messungen an Abspielgeräten berücksichtigt werden, damit es nicht zu Fehlinterpretationen der Meßergebnisse oder Falschaussagen über das Meßobjekt kommt.

Für reproduzierbare Meßergebnisse ist es wichtig, daß beim externen Sweep keine Falschtriggerung auftritt. Es dürfen also nur Meßwerte zur Auswertung und Aufzeichnung gelangen, die richtig eingeschwingen und stabil sind. Die Settling-Algorithmen, denen ein gemessener Wert unterworfen wird, können für verschiedene Messungen eingeschaltet werden:

- bei einem externen Sweep im Fenster "START COND"
- bei der Frequenz- u. Phasenmessung
- bei der gewählten Meßfunktion ( RMS & S/N, THD usw. )

Der Sinn des zusätzlichen Settling bei der Meßfunktion ist bei Messungen z.B. an Hörgeräten erkennbar. Diese Geräte haben nämlich für Frequenz- und Pegeländerungen völlig unterschiedliche Einschwingzeitkonstanten. Als Folge davon wäre bei einer Indikation lediglich auf die eingeschwingene Frequenz der zu messende Eingangspegel ( zur internen Verstärkungsregelung ) noch längst nicht stabil.

Im Gegensatz zu anderen Audio Analyzern wirkt ein eingestelltes Settling im UPL/UPD nicht nur bei Sweeps, sondern auch im Hand- u. Fernsteuer-betrieb. Diese Philosophie hat zwei Vorteile:

1. Auch im normalen Meßbetrieb kann zur Anzeigeberuhigung das Settlingverfahren eingeschaltet werden. Dem gleichen Zweck dient z.B. bei der Wow & Flutter-Messung von Bandgeräten das 2-Sigma-Verfahren.
2. Der Benutzer kann vor einem u.U. zeitaufwendigen Sweep schon einmal vorab im Handbetrieb die für das Meßobjekt erforderlichen Settlingparameter für reproduzierbare Meßergebnisse austesten und kann im Anschluß daran den Sweepablauf starten.

Wie weiter oben schon erwähnt, kann der Benutzer Angaben bezüglich der **Toleranz** sowie der **Resolution** machen. Anhand dieser beiden Funktionen ist sehr anschaulich zu erklären, wie der Settlingmechanismus funktioniert (siehe dazu auch Bild 2).

Einer abrupten Änderung des Eingangssignals kann aufgrund interner Zeitglieder des Meßobjektes sein Ausgangssignal nur verzögert und mit einem Einschwingen behaftet folgen. Wird nun zu früh auf das Ausgangssignal zugegriffen, so hat es noch keinen stationären Zustand erreicht und der Meßwert wird falsch. Im Settlingverfahren werden nun eine unter Samples ausgewählte Anzahl von Meßwerten herangezogen und mit dem angegebenen Toleranztrichter verglichen. Solange ein Meßwert außerhalb des Trichters liegt, gilt der Wert als nicht eingeschwingen und der Settlingmechanismus wird für den nächsten Meßwert und die gewählte Anzahl vorhergehender Werte wiederholt.

Um zu verhindern, daß wegen einer Meßwertschwankung an der Auflösungsgrenze des UPL/UPD nie ein stabiler Meßwert erkannt wird, erfolgt bei Verletzung des Toleranztrichters ein Vergleich mit dem Resolutionstrichter. Ist der Meßwert oder einer der vorgehenden zwar außerhalb des Toleranztrichters, erfüllt aber die Bedingung des Resolutionstrichters, so wird er als konstant betrachtet und führt zur Auswertung. An dieser Stelle ist also erhöhte Vorsicht geboten, um zu vermeiden, daß ein Meßwert stets durch Erfüllung des evtl. breiteren Resolutionstrichters als stabil anerkannt wird, obwohl das Meßobjekt eigentlich noch nicht eingeschwingen ist.

Anhand dieses Ablaufs wird deutlich, daß auch Messungen von Bändern mit Spracheinschüben keine Probleme bereiten, weil durch die ständige Änderung von Frequenz und Pegel eines gesprochenen Wortes kein stabiler Meßwert erkannt wird und deshalb die Meßreihe nicht verfälschen kann.

Eine weitere Eingabemöglichkeit betrifft das **Delay**. Während die Eingabe einer verzögerten Messung bei externer Triggerung weniger Sinn macht, ist sie zur Messung von Meßobjekten mit Verzögerung unbedingt erforderlich. Zwei spezielle Fälle sind beispielsweise die Messungen an Hörgeräten (wo die Pegelung eine deutlich längere Zeitkonstante besitzt als die Reaktion auf Frequenzänderungen) oder die Messung an einem **Tonbandgerät mit Hinterbandkontrolle**:

Soll das Signal am Mithörkopf detektiert und die Meßergebnisse dem Settlingalgorithmus unterworfen werden, so würde das bisherige Signal ständig zu Triggerungen führen und unerwünschte Meßwertaufzeichnungen verursachen, weil es sich dabei ja um ein längst eingeschwingenes Signal handelt. Sinn eines eingebauten Delays ist es nun, die Zeit, die eine Signaländerung braucht, um vom

Aufnahme- zum Wiedergabekopf zu gelangen, aufzufangen und erst nach dieser definierten Zeit wieder mit der Meßwertaufnahme zu beginnen. Nach Ablauf der per Delay eingegebenen Wartezeit kann nun das Settlingverfahren den eingeschwungenen neuen Pegel- bzw. Frequenzwert erfassen, ohne daß unerwünschte Zwischentriggerungen auftreten.

Bei dieser Art von Messungen wird das eigene Generatorsignal benutzt, so daß der Zeitpunkt der Signaländerung genau bekannt ist. Das Delay setzt in diesem Falle unmittelbar nach dieser Änderung ein.

Die zeitliche Einbindung der Wartezeit im Falle eines externen Sweeps ist aus Bild 3 ersichtlich.

Daraus wird deutlich, daß die eingegebene Wartezeit erst nach dem abgeschlossenen Settlingalgorithmus bei "START COND" zur Geltung kommt (also nach Erkennen einer Änderung des Eingangsparameters) und nach Ablauf des Delays das Function-Settling ausgeführt wird. Damit wird verhindert, daß z.B. ein stochastisch auftretender Spike als Änderung des Eingangssignal fehlinterpretiert wird und jedesmal eine Meßverzögerung um die Delayzeit zur Folge hat.

### **Unterschiede zwischen continuous und single sweep:**

Ein falscher Trigger aufgrund fehlerhaft eingestellter Settlingparameter wirkt sich bei den verschiedenen externen Sweeps unterschiedlich aus.

**Beispiel:** unerwünschter Trigger auf Netzbrummstörung von 100 Hz, Sweep von hoher zu tiefer Frequenz

#### a) continuous sweep:

Liegt die eigentliche Meßfrequenz oberhalb dieser Störung, so wird diese unerwünschte Zwischentriggerung und die darauffolgende ordnungsgemäße Triggerung auf die Meßfrequenz als Frequenzumkehr bezüglich der Sweeprichtung interpretiert und der bis zu diesem Zeitpunkt aufgezeichnete Kurvenzug wieder gelöscht. Diese Richtungsumkehr bewirkt nämlich einen Neustart des Sweeps.

#### b) single sweep:

Liegt die eigentliche Meßfrequenz oberhalb dieser Störung, so wird diese unerwünschte Zwischentriggerung und die darauffolgende ordnungsgemäße Triggerung auf die Meßfrequenz als Frequenzumkehr bezüglich der Sweeprichtung interpretiert und alle weiteren Meßfrequenzen oberhalb dieser Störfrequenz von 100 Hz ignoriert, d.h. sie führen nicht mehr zu einer Triggerung (Die Meßkurve bleibt im Gegensatz zum continuous sweep erhalten).

Erst wenn eine ordnungsgemäße Meßfrequenz unterhalb der Störfrequenz abzüglich der eingegebenen Variation auftritt, triggert der externe Sweep wieder und die Kurve wird weitergezeichnet. Das falsche Triggern auf den Störer führt aber natürlich zu einem geraden Strich zwischen dem letzten gültigen Meßwert und dieser Störfrequenz; von diesem aus würde die Kurve dann ordnungsgemäß weitergezeichnet werden.

### **Besonderheit der zweikanaligen Messung beim externen Sweep**

Beispiel: Frequenzgangmessung mit **Start Cond = FREQ CH 1**

Während im Kanal 1 ständig das Frequenzmeßergebnis im rechten oberen Fenster aktualisiert wird, steht im Fenster des Kanals 2 nur der Meßwert, der zum Triggerzeitpunkt gültig war. Diese Anzeige wird bis zum nächsten gültigen Triggerereignis und Überschreiben mit dem neuen Wert nicht geändert. Als Kontrolle, ob der UPL/UPD auf alle auf dem Band aufgespielten Frequenzen triggert, kann also stets dieser Wert gelesen werden, auch wenn der Zeitpunkt der eigentlichen Triggerung nicht beobachtet wurde. Im Kanal 2 steht also immer der letzte getriggerte Frequenz- und der dazugehörige Pegelwert in den entsprechenden Fenstern.

**Achtung:** Bei der Messung von Magnetbändern kann im worst case genau an dieser Stelle im Kanal 2 ein extremer Pegelbruch (Dropout) vorliegen, der dann zu einer falschen Frequenzanzeige führt, wenn

dadurch das S/N für den Frequenzzähler zu schlecht wird ! Durch Vertauschen der Kanäle kann dieser Mangel aber behoben werden, weil dann an dieser Stelle keine Triggerung vorgenommen wird ( Min Volt nicht erfüllt ). Der eigentliche Triggerzeitpunkt liegt dann an einer anderen Bandstelle. Es wäre schon ein großer Zufall, wenn an dieser Stelle jetzt der ursprünglich zum Triggern verwendete Kanal ein Dropout aufweisen würde. Schon der erste Fall dürfte relativ selten sein, ist bei schlechten bzw. älteren Bändern schon aufgetreten.

## Weitere Erfahrungen bei Bandmessungen:

### Messungen mit AUTO FAST beim Function Settling:

Trotz eingegebener unterer Mindestschwelle von 0.1 V kann es sporadisch zu Meßwertausreißern kommen. Diese äußern sich so, daß Kurvenzüge von etwa der Minimalschwelle zu einem Meßpunkt gezogen werden, welche den normalen Frequenzgang nicht wiedergeben. Dies tritt bei hohen wie tiefen Meßfrequenzen auf.

Des weiteren ist die Reproduzierbarkeit bei Folgemessungen bei Verwendung von schlechten Bändern bzw. Abspielgeräten nicht so gut wie mit der Meßgeschwindigkeit AUTO ( teilweise um 0.5 dB ). Bei Messungen an schwierigen Bändern bzw. mit geringem Störabstand ist also vorzugsweise AUTO zu verwenden !

### Messungen mit AVERAGE:

- Durch zu große Wahl der Average-Samples (30 ... 50) gehen viele Meßpunkte verloren, weil dann die Mittelung zu lange dauert. Dies steht der höheren Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse entgegen.
- Trotz hoher Sample-Zahl werden Ausreißer nicht komplett verhindert ( z.B. speziell bei 1 kHz beim MTT-650C ). Ob eine Meßreihe durch einen Ausreißer gestört wird, hängt von der eingegebenen Variation und den sich daraus ergebenden Meßfrequenzen ebenso ab wie durch die Angabe der Samples und die dadurch erforderliche Meßzeit im Verhältnis zur Sweepgeschwindigkeit auf dem Band.
- Bei größeren Pegelsprüngen auf dem Band erzielt man trotz Mittelung von 30 ... 50 Samples einen breiteren "Meßwertschlauch" bei Mehrfachmessungen. Diese Pegelsprünge treten besonders bei tiefen Frequenzen bis ca. 200 Hz auf.
- Größere Sample-Zahl ( 30 ... 50 ) bringt wegen der Pegelschwankungen auf dem Band kaum Vorteile gegenüber z.B. S = 10. Lediglich im flachen Teil des Frequenzgangs ist die Reproduzierbarkeit besser (auf Kosten der Frequenzpunkte, siehe oben). Mit S = 10 ist der Meßwertschlauch praktisch über die gesamte Kurve gleich breit → **S = 10 ... 15 also empfehlenswert**, hängt aber natürlich vom Meßobjekt ab !
- Auch bei Average ( S=10 ) führt die Messung mit AUTO FAST zu schlechterer Reproduzierbarkeit speziell bei tiefen Frequenzen wegen zu schneller Messung.