Messung der Sprachverständlichkeit STI-PA gemäß DIN60286-16

Grundlagen der Messung der Sprachverständlichkeit

Sprachverständlichkeit ist der Schlüssel menschlicher Kommunikation. Für Notfallwarnsystem (Sprachalarmierungssysteme SAA), Telekommunikationssysteme, Durchsagesysteme (z.B. in Bahnhöfen) oder allgemein Räume zur Sprachdarbietung (Schulungsräume) verringert eine ungünstige Sprachverständlichkeit nicht nur deren Funktion sondern ist auch sicherheitskritisch.

In vielen Ländern existieren daher gesetzliche Mindestanforderungen an die Sprachverständlichkeit. Für viele Neubauten und Sprachalarmierungssysteme umuss die Sprachverständlichkeit durch Messungen dokumentiert werden. In den meisten Fällen muss dabei die Norm IEC 60849 oder ISO 7240-16 berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Parameter STI (Speech Transmission Index), RASTI (Room Analysis Speech Transmission Index) und STI-PA erfolgt gemäß der Norm DIN/IEC 60268-16.

Im Bereich der Sprachalamierungssysteme (SAA) hat sich das STI-PA (oder auch STIPA) durchgesetzt.

Wir bieten für die Messungen verschiedene Geräte an. Besonders kompakt sind Geräte in Form eines Handschallpegelmessers, wie der **Bedrock SM50**.

Kompaktes STIPA Messgerät DIN60268-16 ED4.0 Bedrock SM50

Mit diesem kompakten Messgerät können Sie Sprachverständlichkeitsmessungen gemäß DIN60268-16 ED4.0 durchführen. Anwendungen sind im Bereich Sprachalamierungsanlagen (SAA) sowie der Raumakustik.

Das Gerät wurde von der Firma Embedded Acoustics BV in den Niederlanden entwickelt. Dieses Team hat auch den Standard für STI IEC/DIN 60268-16 (Herman J.M. Steeneken TNO Human Factors) entwickelt und ist damit die weltweite Referenz für das STIPA Verfahren.

Eigenschaften

- STIPA gemäß DIN60268-16:2011 ED4.0
- Schallpegel LAF,LAS,LCF,LCS,LEQ sowie Z Bewertungen
- Messmikrofon 1/4" gemäß Klasse 2 (Klasse 1 und 1/2" auf Anfrage)
- Dynamik 30-130dB (16dB(A) mit anderem Mikrofon)
- Nachhallzeit RT60
- FFT
- Terzanalysator
- Tonaufzeichnung
- 3,5" Farbdisplay mit Touchbedienung
- Eingebauter Akku (über USB ladbar)

Für fortgeschrittene Analysen bieten wir auch PC gestützte Varianten an

Das obige Bild zeigt ein vollständiges Meßsystem für STI-PA

Es besteht aus:

- PC: hier ein kleines Netbook, das besonders für mobile Messungen geeignet ist.
- Meßmikrofon
- Meßinterface
- Aktiver Testlautsprecher mit 10cm Membran
- CD-Spieler/MP3-Spieler oder auch Smartphone zur Signalerzeugung
- CD / USB Speicher mit STI-PA Testsignal

Sinnvoll sind noch ein Kalibrator zur Messung absoluter Schallpegel.

Eigenschaften

- Erfüllt IEC 60268-16:2003 und 2011 bzw. DIN EN 60268-16:2004 und 2012
- STI, STIPA, RASTI
- Die Benutzung ist sehr einfach. Führen Sie Ihre erste STIPA-Messung innerhalb von 2 Minuten durch.
- Messung über moduliertes Rauschen (direkte Methode) **und** Raumimpulsantwort (indirekte Methode)
- Berücksichtigung des Hintergrundgeräuschs über Oktavpegel oder direkt als .wav Datei. Es ist **keine** Nachberechnung mit einem Tabellenverarbeitungsprogramm erforderlich.
- "Auditory masking" ist konform zu IEC 60268-16 ED 3.0 (2003) und ED 4.0 (2011) und ist optional abschaltbar.
- Für jedes Band werden die Modulationsindizes angezeigt
- Oktavanalysator konform zu IEC 1260-Klasse 0
- Messung des Sprachpegels konform zu IEC 60268-16:2011 Annex J.2
- Einfacher Export der Daten

Allgemeine Hinweise

Bitte beachten Sie, das für eine korrekte Messung der Sprachverständlichkeit gemäß DIN60268-16 folgende Bedingungen erfüllt sein müssen:

- Keine Frequenzverschiebungen oder Frequenzmultiplikationen.
- Keine Sprachcodecs (LPC, CELP, RELP etc.)
- Das Hintergrundgeräusch darf keine hörbaren tonalen Komponenten enthalten.
- Das Hintergrundgeräusch darf keine impulsartigen Komponenten enthalten.
- Es dürfen keine Flatterechos auftreten, deren Periode ein Vielfaches der Modulationsfrequenzen ist.
- Das Hintergrundgeräusch muss stationär sein. Es darf sich nicht während der Messdauer verändern.

Hinweise:

Das Meßsystem arbeitet mit einer Abtastrate von 44,1kHz und entspricht damit dem CD-Standard. Bei der Wiedergabe der Testsignale auf einem CD-Spieler kann die Abtastfrequenz geringfügig abweichen. Dies ist bedingt durch die Taktabweichungen der Oszillatoren. Diese Abweichungen sind typischerweise nicht hörbar und liegen in der Regel unterhalb von 100ppm. Allerdings können diese geringen Abweichungen die STI Messungen verfälschen, da die Filter sehr schmalbandig sind. Daher sollte die Frequenzabweichung mit einem 1kHz Ton gemessen werden und protokolliert werden.

Einführung

Sprachverständlichkeit ist der Schlüssel menschlicher Kommunikation. Für Notfallwarnsysteme, Telekommunikationssysteme, Durchsagesysteme (z.B. in Bahnhöfen) oder allgemein Räume zur Sprachdarbietung (Schulungsräume) verringert eine ungünstige Sprachverständlichkeit nicht nur deren Funktion sondern ist auch sicherheitskritisch.

In vielen Ländern existieren daher gesetzliche Mindestanforderungen an die Sprachverständlichkeit. Für öffentliche Neubauten muss die Sprachverständlichkeit durch Messungen dokumentiert werden. In den meisten Fällen muss dabei die Norm IEC 60849 oder ISO 7240-16 berücksichtigt werden.

Die ersten Messungen der Sprachverständlichkeit basierten auf einer statistischen Analyse von Hörtests. Im Gegensatz hierzu sind die STI-Verfahren gemäß 60268-16 eine *objektive* Methode. Es werden spezielle Testsignale aus moduliertem Rauschen verwendet. Diese Signale simulieren die menschliche Sprache. Von besonderem Interesse ist die Verschlechterung des Signals durch den Übertragungskanal, der basierend auf den Testsignalen durch aufwendige Verfahren berechnet werden kann.

Die Sprachverständlichkeit eines Übertragungskanals wird beeinflusst von:

- Pegel des Sprachsignals
- Frequenzgang
- Nicht-lineare Verzerrungen
- Pegel des Hintergrundgeräuschs
- Qualität des Wiedergabesystems
- Echos (Reflektionen mit einer Verzögerung > 100ms)
- Nachhall
- psychoakustische Effekte (Maskierung)

Die STI-Methode verwendet 7 Oktavbänder im Bereich 125Hz bis 8kHz. Aus allen Bändern wird ein Einzahl-Wert berechnet. Dieser Wert kann zwischen 0 und 1.0 liegen. Ein Wert von 0 bedeutet das keine Sprachverständigung möglich ist. 1.0 bedeutet eine ideale Sprachverständlichkeit.

Installation

Führen Sie das Installationsprogramm „setup.exe“ auf der Programm-CD aus und folgen Sie den Anweisungen.

Einige Versionen werden mit einem USB-Kopierschutzstecker ausgeliefert. Dieser Dongle muss in einen USB Steckplatz eingesteckt werden. Das Programm startet nur, wenn dieser Dongle eingesteckt ist.

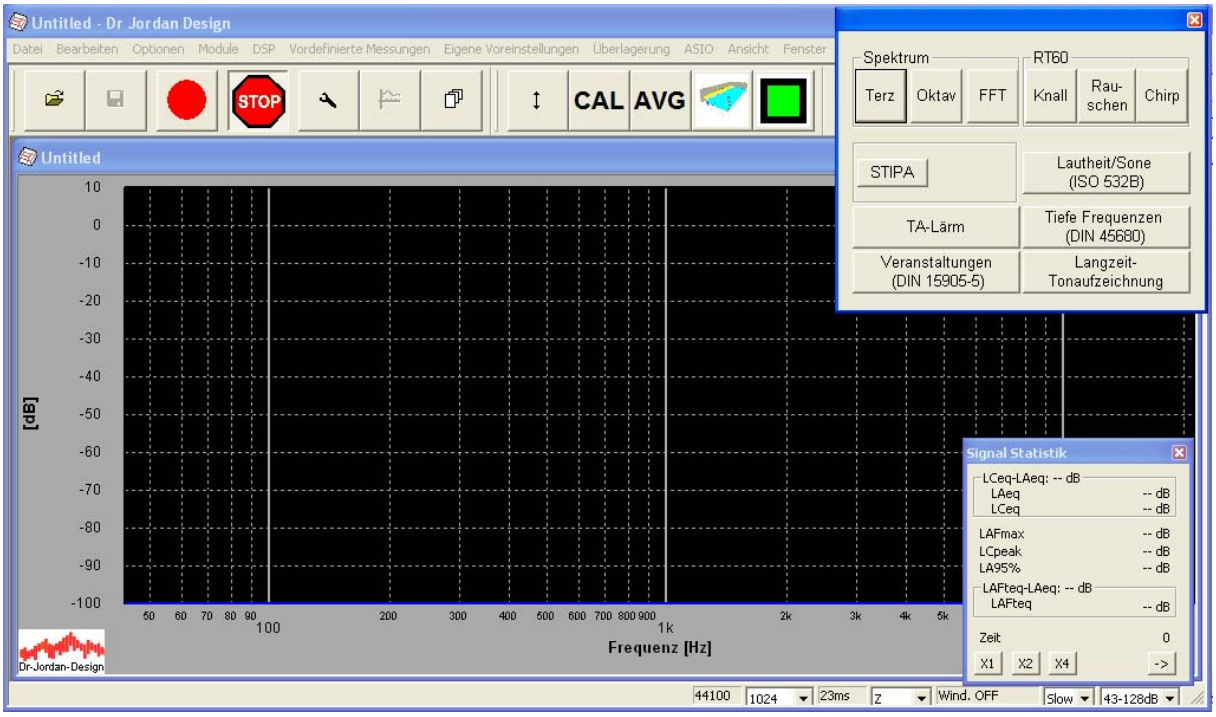
Zur Zeit verwenden wir ein System von Unikey.

Dieser Dongle wird von Windows automatisch erkannt und benötigt keine Treiber.

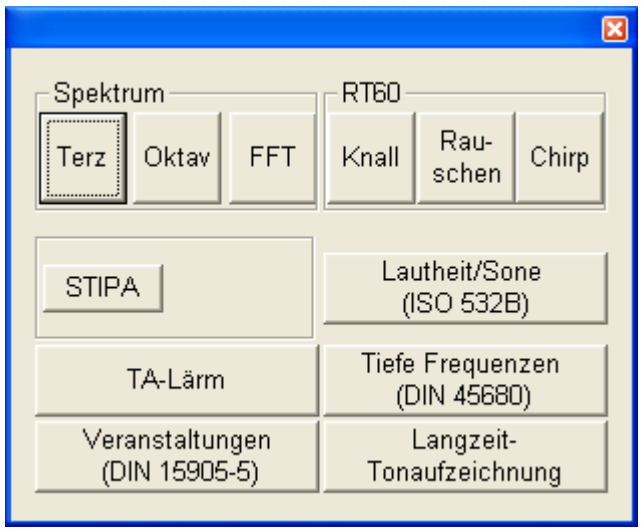
Erste Schritte

Verbinden Sie das Messmikrofon mit dem USB-Messinterface. Das USB-Messinterface schließen Sie an einen freien USB Port am Rechner an.

Starten Sie die Software.

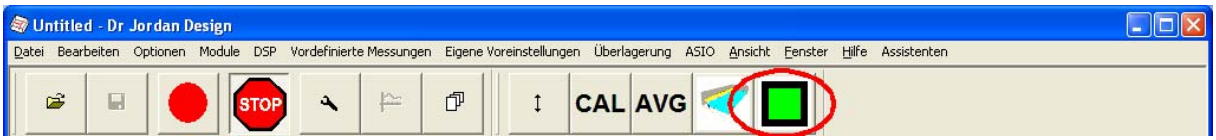


Sie sehen das Hauptfenster, die vordefinierten Messungen und die Signalstatistik.
Das Fenster für „vordefinierte Messungen“ erlaubt es Ihnen verschiedene Messaufgaben effizient auszuwählen. Das Programm wird zuvor stets in den Grundzustand gesetzt.



Das obige Bild zeigt die vordefinierten Messungen.

Dieses Fenster „vordefinierte Messungen“ können Sie immer über den grünen Knopf in der Werkzeugleiste erreichen.



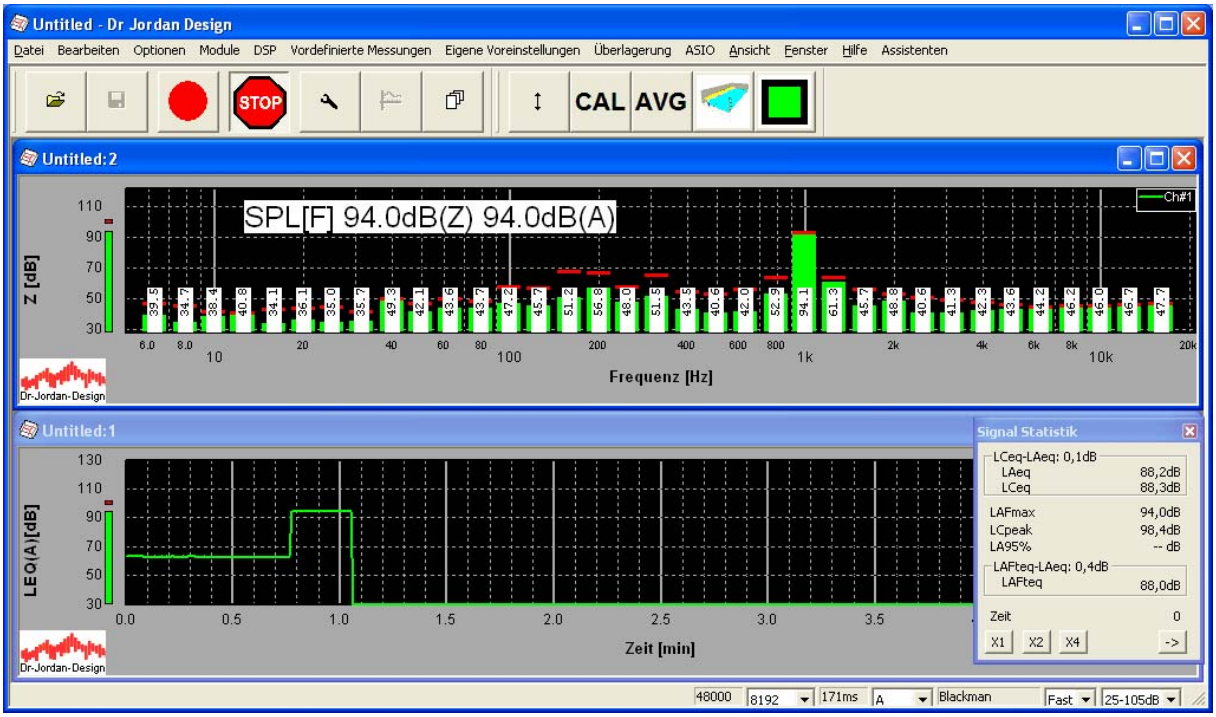
Überprüfung der Installation mit Kalibrator

Zur Messung der Nachhallzeit ist eine Kalibrierung nicht unbedingt erforderlich. Allerdings hilft ein Bezugspegel, Störgeräusche leichter zu identifizieren. Außerdem kann die Messkette in einem Schritt leicht überprüft werden.

Wenn Sie nicht über einen Kalibrator verfügen, können Sie diesen Schritt.überspringen.

Mit den folgenden Schritten können Sie die Installation und Verkabelung überprüfen.
Verbinden Sie den Schallkalibrator mit dem Mikrofon. Üblicherweise wird ein Pegel von 94dB oder 114dB verwendet.

Starten Sie den Terzanalysator.



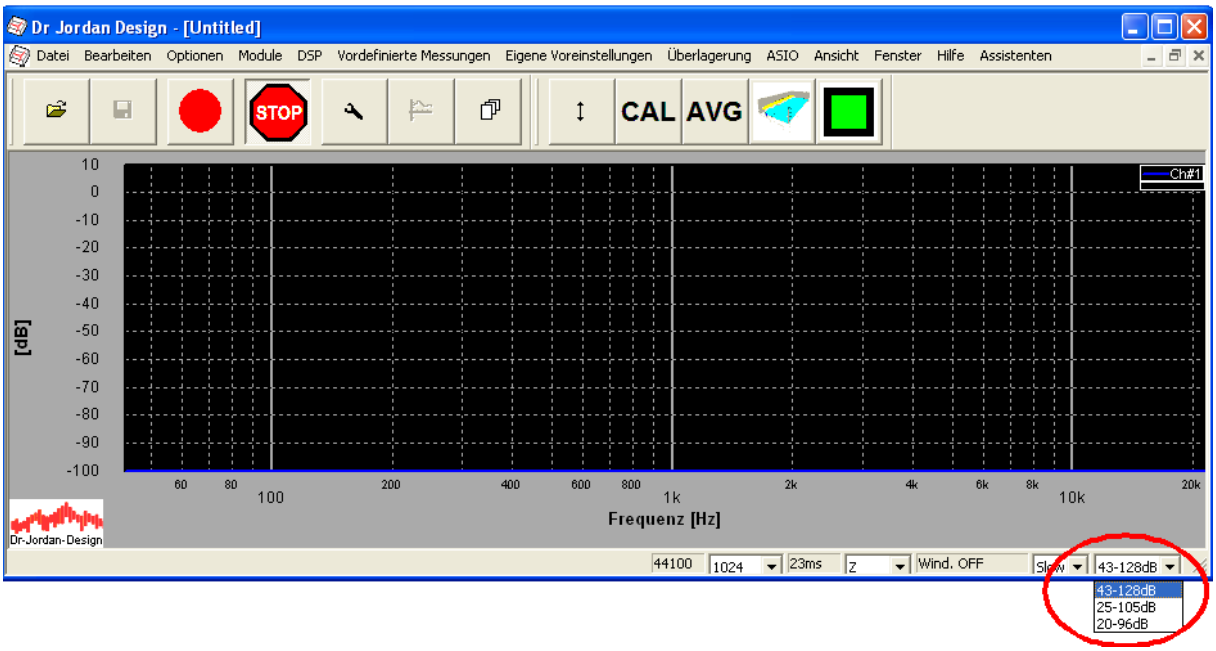
Im oberen Teil sehen Sie das Spektrum. Im unteren Teil wird ein Pegel-Zeitverlauf angezeigt.

Im Spektrum sollte das Signal des Schallpegelkalibrators angezeigt werden. In diesem Bild ist die Frequenz von 1000Hz deutlich erkennbar.

Wenn der Pegel nicht korrekt kalibriert ist, können Sie eine Kalibrierung durchführen. Das Verfahren wird in einem eigenen Abschnitt beschrieben.

Einstellung des Messbereiches

Bei einigen Typen unseres USB-Messinterfaces können Sie den Messbereich einstellen. Die verfügbaren Bereiche werden unten rechts in der Ecke angezeigt. Sie können dort den gewünschten Bereich direkt auswählen.



Die Kalibrierung bleibt nach Wechsel des Bereiches erhalten.

Kalibrierung mit Kalibrator

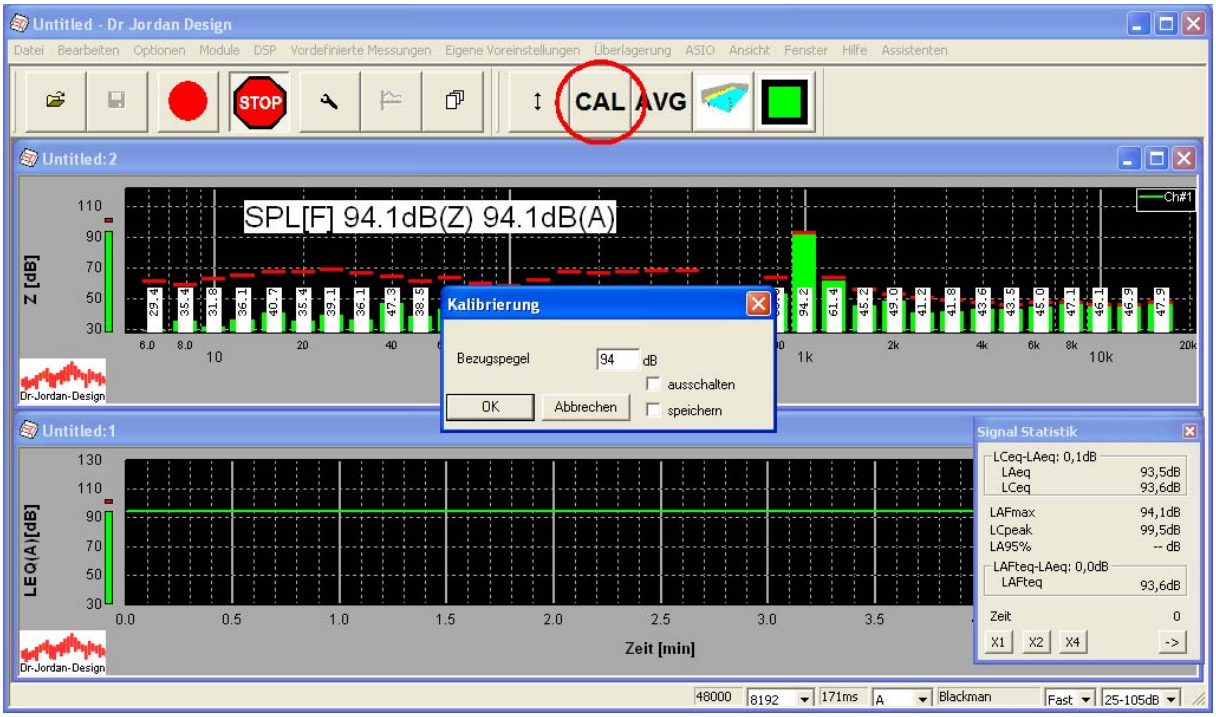
In diesem Abschnitt beschreiben wir die Kalibrierung mit einem Schallpegelkalibrator.

Zur Messung der Nachhallzeit ist eine Kalibrierung **nicht** unbedingt erforderlich. Allerdings hilft ein Bezugspegel, Störgeräusche leichter zu identifizieren. Außerdem kann die Messkette in einem Schritt leicht überprüft werden.

Sofern Sie ein Komplettsystem geliefert bekommen haben, wurde das System vom Hersteller kalibriert. Für eine Überprüfung wenden Sie sich bitte an Ihren Lieferanten.

Stecken Sie den Schallpegelkalibrator vorsichtig auf das Mikrofon. Üblicherweise wird ein Pegel von 94dB oder 114dB verwendet.

Starten Sie eine Messung mit dem Terzanalysator

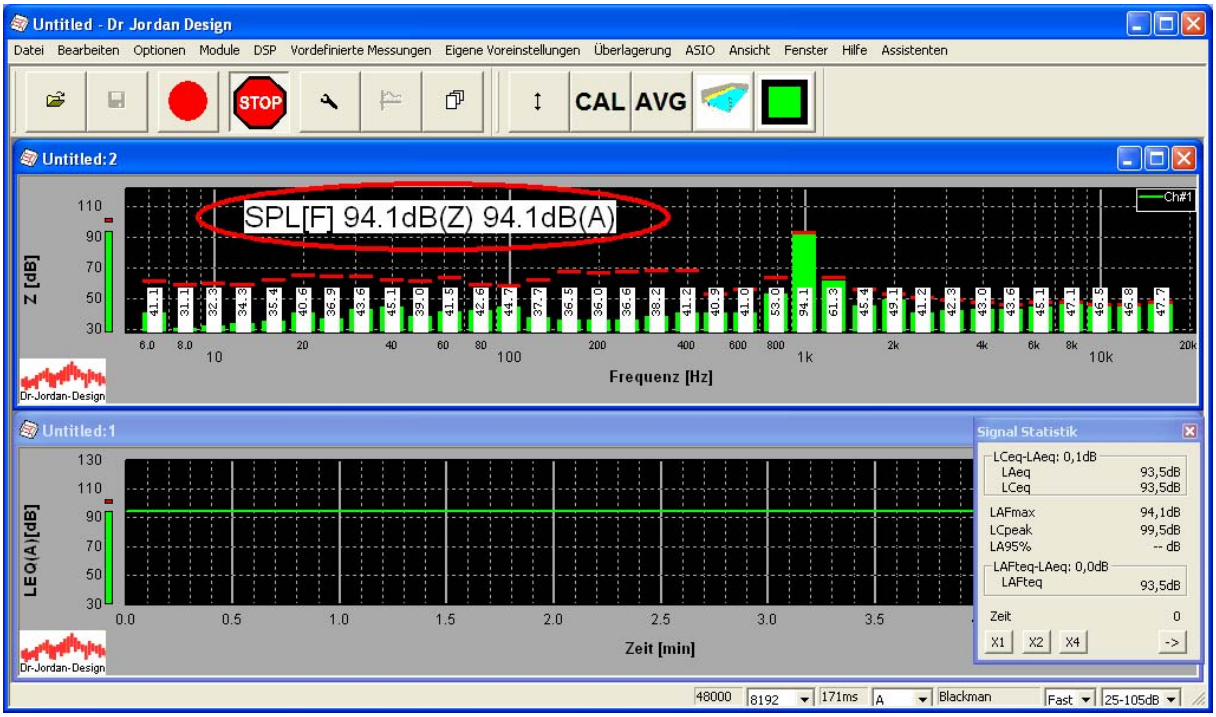


Sie erreichen den Kalibratordialog über die Werkzeugleiste.

Wählen Sie OK.

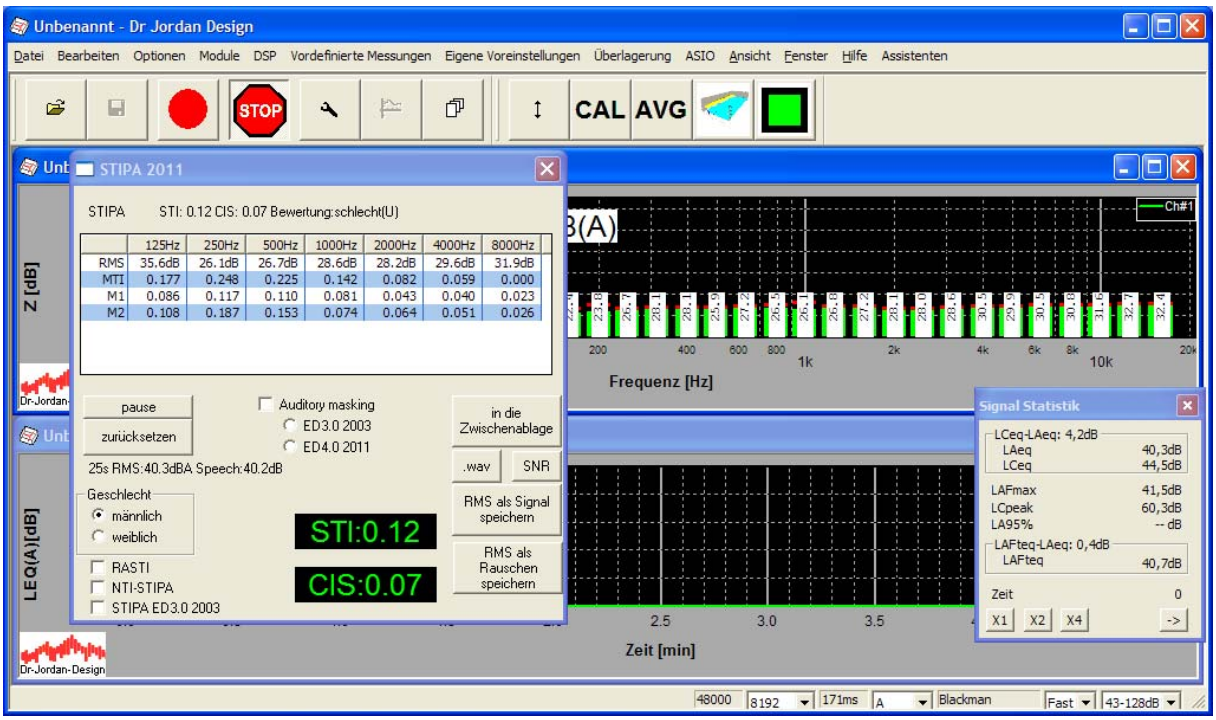
Sie können den Bezugspegel frei wählen. Üblich sind 94dB, 114dB sowie 124dB für Pistonfone. Achten Sie jedoch darauf, dass der Pegel des Kalibrators auch im aktuellen Messbereich liegt.

Nach erfolgreicher Kalibrierung muss der angezeigte Pegel dem Kalibrierpegel entsprechen (hier 94dB).


Untitled - Dr Jordan Design
Datei Bearbeiten Optionen Module DSP Vordefinierte Messungen Eigene Voreinstellungen Überlagerung ASIO Ansicht Fenster Hilfe Assistenten
STOP
CAL
AVG
Untitled:2
SPL[F] 94.1dB(Z) 94.1dB(A)
Z [dB]
Frequenz [Hz]
Untitled:1
LEQ(A)[dB]
Zeit [min]
Signal Statistik
LCeq-LAeq: 0,1dB
LAeq 93,5dB
LCeq 93,5dB
LAFmax 94,1dB
LCpeak 99,5dB
LA95% -- dB
LAFteq-LAeq: 0,0dB
LAFteq 93,5dB
Zeit 0
X1 X2 X4 ->
48000 8192 171ms A Blackman Fast 25-105dB

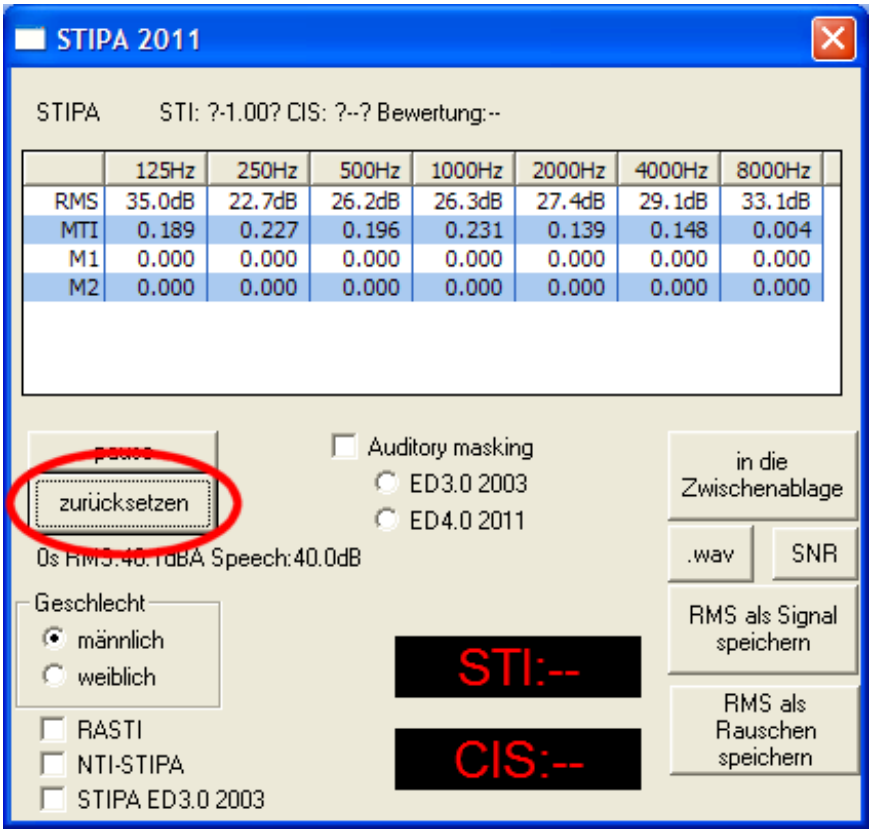
Erste STI-PA Messung

Wählen Sie die STI-PA-Messung



Legen Sie die Audio CD mit den STI-PA Testsignalen in einen Audio CD-Spieler und verbinden Sie diesen mit dem Aktiv-Lautsprecher.
Aus dem Lautsprecher sollte jetzt das rhythmische STI-PA Rauschen hörbar sein.

Halten Sie das Messmikrofon etwa 50cm vom Lautsprecher entfernt und stellen Sie einen Schallpegel von ca. 66dB(A) ein. Sie können den Pegel direkt am Lautsprecher oder am CD-Spieler anpassen.



Drücken Sie „zurücksetzen“, um eine neue Messung zu starten. Die Messzeit wird auf 0 gesetzt und alle Zwischenergebnisse werden gelöscht. Der Zähler sollte sofort starten.

Eine Messung dauert etwa 20s. Während dieser Zeit sollten Sie das Mikrofon nicht bewegen und Störgeräusche vermeiden.

Nach etwa 15s wird die Anzeige grün und Sie können die Werte ablesen. Sie könen dann auch „Pause“ drücken, um die Messung einzufrieren.
Bei diesem einfachen Test, bei dem der Testlautsprecher direkt gemessen wird, sollte der STI-Wert über 0.9 liegen.

IEC 60286-16:2011 ED 4.0

Die neuseste IEC 60286-16:2011 unterstützt nur noch einen männlichen Sprecher. Dies ist der erste Track auf der CD.

Track 1 male IEC 60286-16:2011 ED 4.0

IEC 60286-16:2003 ED 3.0

Unser Programm unterstützt gemäß der DIN60286-16:2003 zwei Sprechertypen (Männlich ‚male' und weiblich ‚female'). Auf der CD sind beide Testsignale enthalten.

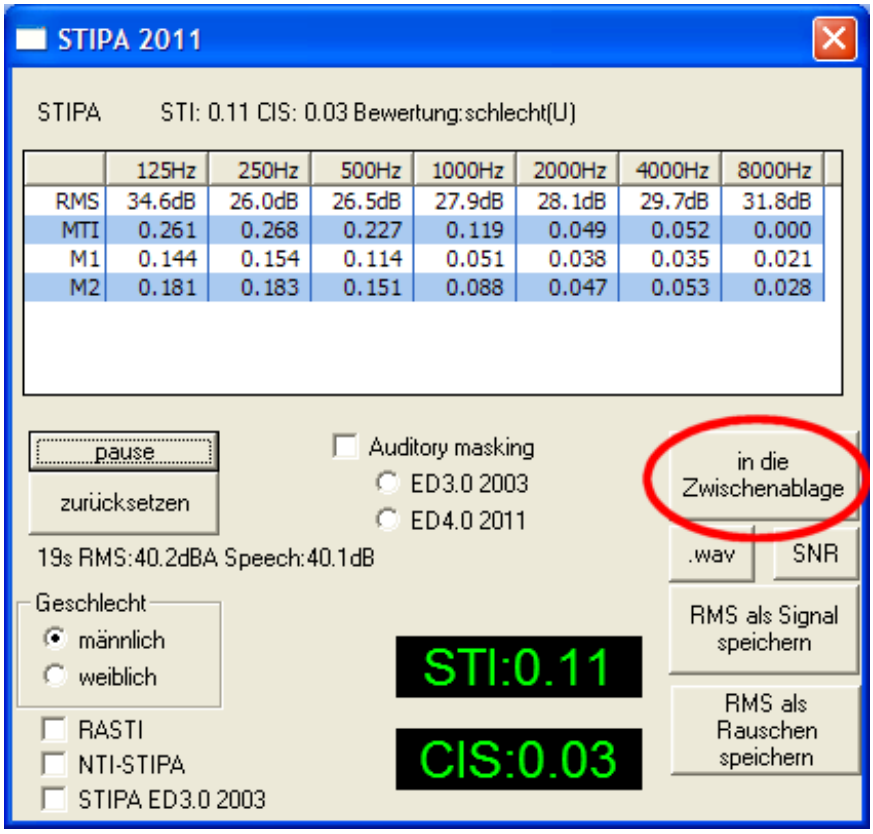
Achten Sie darauf, dass das Programm entsprechend eingestellt ist. Sofern Sie keine genaueren Vorgaben haben, verwenden Sie den Typ männlich.

Track 2 male IEC 60286-16:2003 ED 3.0
Track 3 female IEC 60286-16:2003 ED 3.0

Eine reale Messung läuft wie folgt ab:

1) Positionieren Sie das Mikrofon
2) Starten Sie ein neue Messung mit Reset.
3) Warten Sie mind. 10-15s. Die Anzeige wird dann grün.
4) Die Messergebnisse können Sie entweder als ‚screenshot' speichern oder die Meßdaten im Textformat weiterverarbeiten.

Meßdaten als Bildschirmfoto



Wenn Sie die Funktion „Copy to clipboard" verwenden, werden die Messdaten in die Zwischenablage gespeichert, wo Sie diese leicht nach Excel etc. exportieren können.

STI: 0.11 CIS: 0.03 Bewertung:schlecht(U)
MTI:0.262 0.268 0.226 0.120 0.051 0.052 0.000
M1: 0.144 0.155 0.114 0.052 0.038 0.035 0.021
M2: 0.181 0.182 0.150 0.088 0.048 0.053 0.028
RMS: 34.6 26.0 26.5 27.9 28.1 29.7 31.8
männlich
19s RMS:40.2dBA Speech:40.1dB

Das Programm zeigt folgende Parameter:

Beschreibung	**Parameter**
Speech Transmission Index	STI

Common Intelligibility Scale	CIS
Pegel im Band	RMS
Modulation Transmission Index	MTI
Modulationsindices	M1 M2

Details zu insbesondere M1,M2, MTI finden Sie in der Norm DIN60268-16

Die beiden Verständlichkeitsmaße können auf einfache Weise umgerechnet werden:

$$CIS=1+\log10(STI)$$

Der Sprachverständlichkeitsindex STI kann im Bereich von 0.0 (unverständlich) bis 1.0 (exzellent verständlich) liegen.

STI Index	**Kommentar**
0.0-0.3	unverständlich/bad
0.3-0.43	schwach/poor
0.43-0.6	angemessen/fair
0.6-0.75	gut/good
0.75-1.00	ausgezeichnet/excellent

Im Zuge der 2011 Norm, wurde die Bewertung verfeinert. Hier wurden die Gruppen U bis A+ eingeführt.

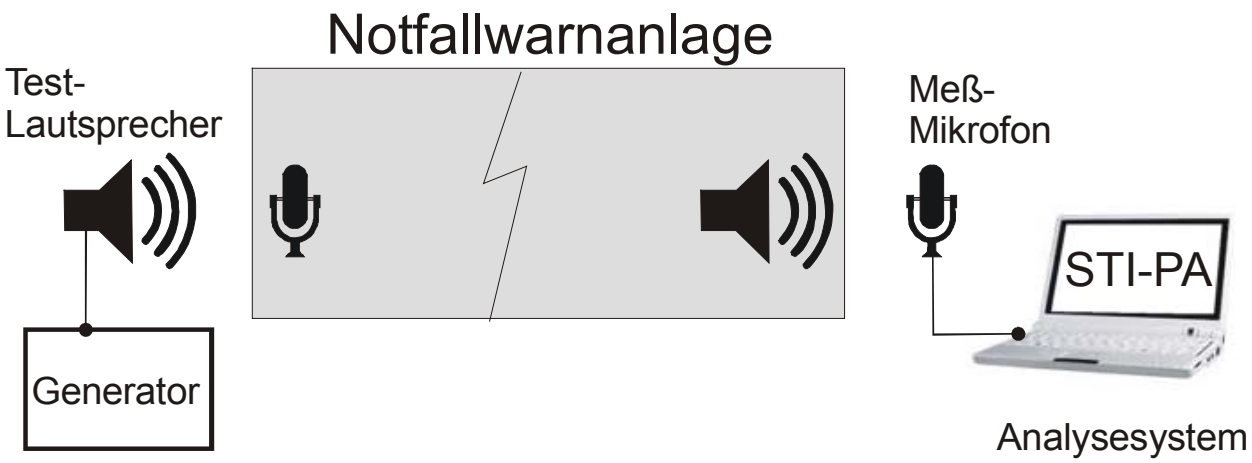
Gemäß Norm DIN 60849 muß die Verständlichkeit auf der Allgemeinen Verständlichkeitsskala (CIS: Common Intelligibility Scale) größer oder gleich 0.7 sein. Dies entspricht einem STI (Speech Transmission Index) von 0.5.

Die folgende Tabelle zeigt typische STI-Werte, sowie die Kategorien für verschiedene Räume.

Kategorie	**typischer STI**	**Beispiel**
A+	>0,76	Aufnahmestudio
A	0,74	Theater,Hörsaal, Parlamentssaal,Gerichtssaal
B	0,7	Theater,Hörsaal, Parlamentssaal,Gerichtssaal
C	0,66	Theater,Telekonferenzraum
D	0,62	Klassenraum, Konzerthalle
E	0,58	Konzerthalle, moderne Kirche
F	0,54	PA Anlagen in Einkaufsgalerien, öffentliche Gebäude, Kathedralen
G	0,5	PA Anlagen in Einkaufsgalerien, öffentliche Gebäude, Kathedralen
H	0,46	PA System in schwieriger akustischer Umgebung
I	0,42	PA System in sehr schwieriger akustischer Umgebung
J	0,38	ungeeignet für PA Systeme
U	<0,36	ungeeignet für PA Systeme

Praktischer Meßaufbau

Der Meßaufbau ist sehr einfach. Das Testsignal, das aus speziellem modulierten Rauschen besteht, wird über einen Test-Lautsprecher über das Mikrofon der Notfallanlage eingespeist. An verschiedenen Stellen wird das Signal über ein Meßmikrofon aufgenommen und analysiert. Pro Messpunkt dauert die Messung etwa 15s.



Der Lautsprecher sollte einen Abstand von etwa 0.5m zum Mikrofon haben. Der Schallpegel des Testsignals sollte bei 66dB(A) liegen.

Auf der Produkt-CD befinden sich zwei Testsignale für STI-PA, einmal für eine männliche Stimme und die zweite für eine weibliche Stimme. Diese können Sie z.B. auf einen MP3-Spieler übertragen oder direkt von CD abspielen. Die Testsignale dürfen jedoch keinesfalls komprimiert werden sondern müssen direkt als .wav/PCM oder Audio CD abgespielt werden. Dieses Testsignal wird kontinuierlich über die Notfallanlage abgespielt.

Die Messung erfolgt sinnvollerweise mit einem kleinen Laptop z.B. Netbook und einem Messmikrofon an den Meßpunkten. Zusätzlich empfehlen wir einen Kalibrator, um auch absolute Schallpegel zu erfassen.

Verbesserung der Sprachverständlichkeit

Die Sprachverständlichkeit kann durch verschiedene Massnahmen verbessert werden.

Pegel

In gewissem Rahmen kann die Sprachverständlichkeit durch einen höheren Pegel verbessert werden. Hier sollte aber vorher unbedingt der Signal-Störabstand bestimmt werden. Zu hohe Pegel verschlechtern wiederum die Sprachverständlichkeit. Ist die Raumakustik ungünstig, verbessern hohe Pegel **nicht** die Sprachverständlichkeit. Daher muss unbedingt vorher die Ursache der geringen Sprachverständlichkeit ermittelt werden.

Verringerung des Nachhalls

Hier sind verschiedene Massnahmen sinnvoll. Grundsätzlich ist die Sprachverständlichkeit im Hallradius eines Lautsprechers besser als ausserhalb. Daher sollten mehrere kleine Lautsprecher als wenige große aufgestellt werden. Die Richtwirkung der Lautsprecher hat hier auch eine zentrale Bedeutung.

Durch *Absorber* kann die Nachhallzeit im sprachrelevanten Frequenzbereich verbessert werden.

Durch elektronische Entzerrung (*Equalizer*) können ausgeprägte Raumresonanzen verringert werden.

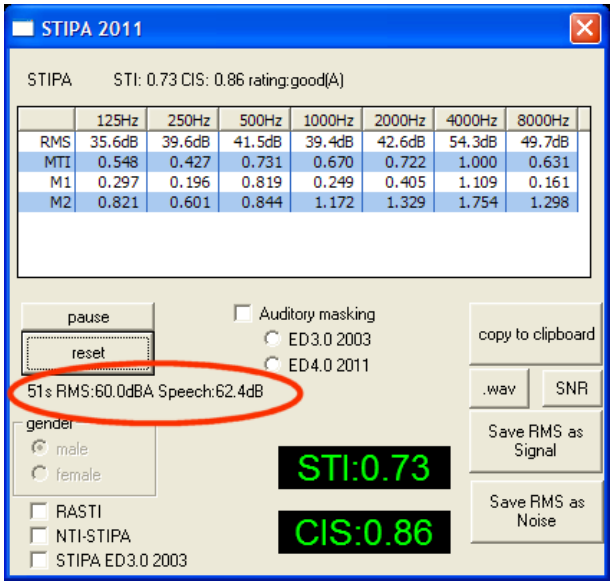
Pegelmessungen bei Sprache

Für reproduzierbare STI-Messungen müssen die verschiedenen Pegel sorgfältig gemessen und kalibriert werden.

Die aktuelle Norm 60268-16:2011 Annex J beschreibt eine Methode mit der der Pegel von Sprachsignalen gemessen werden kann. Bei Sprache ist es nicht ausreichend nur den A-bewerteten mittleren Schallpegel (LAEQ) zu bestimmen. Diese Messung hängt in hohem Maße von den Sprachpausen ab. Mit dem standardisierten Messverfahren werden die Sprechpausen erkannt und aus der Berechnung entfernt.

Anzeige

Diese spezielle Messmethode können Sie direkt aus dem STIPA-Dialog ablesen.



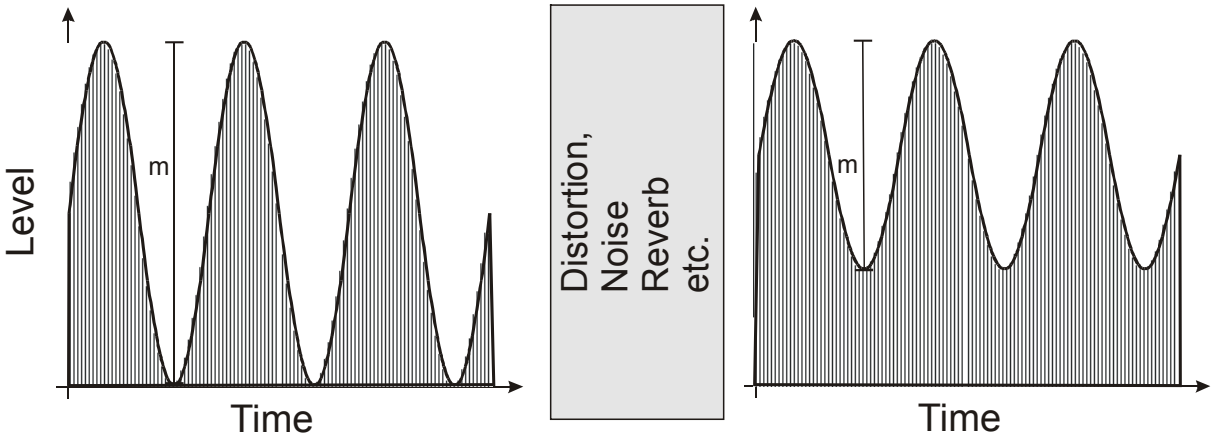
In diesem Fenster wird der normale A-bewertete mittlere Schallpegel (RMS) angezeigt

Der rechte Wert zeigt den Sprachpegel gemäß 60268-16:2011 Annex J.2 an. Dieser Pegel ist immer größer als der reine RMS. Typischerweise liegt er etwa 3dB oberhalb des RMS. Sind die Sprechpausen größer, so ist auch der Pegelabstand zum RMS größer. Bei einem konstanten Signal ohne Pausen sind beide Pegel fast identisch.

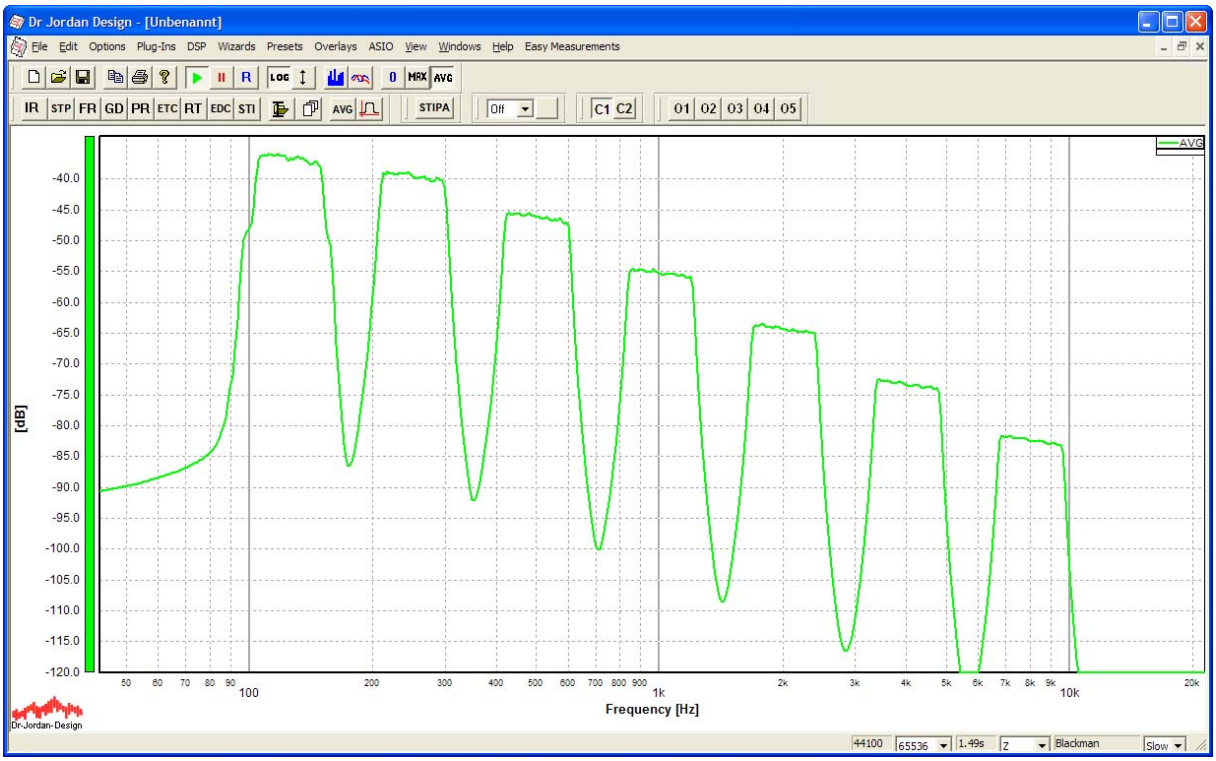
Bei Sprache sollte mindestens über 40s gemittelt werden.

Test Signale

Das STIPA Testsignal enthält 7 bandbegrenzte modulierte Rauschsignale mit den Mittenfrequenzen 125Hz 250Hz 500Hz 1000Hz 2000HZ 4000Hz und 8000Hz.

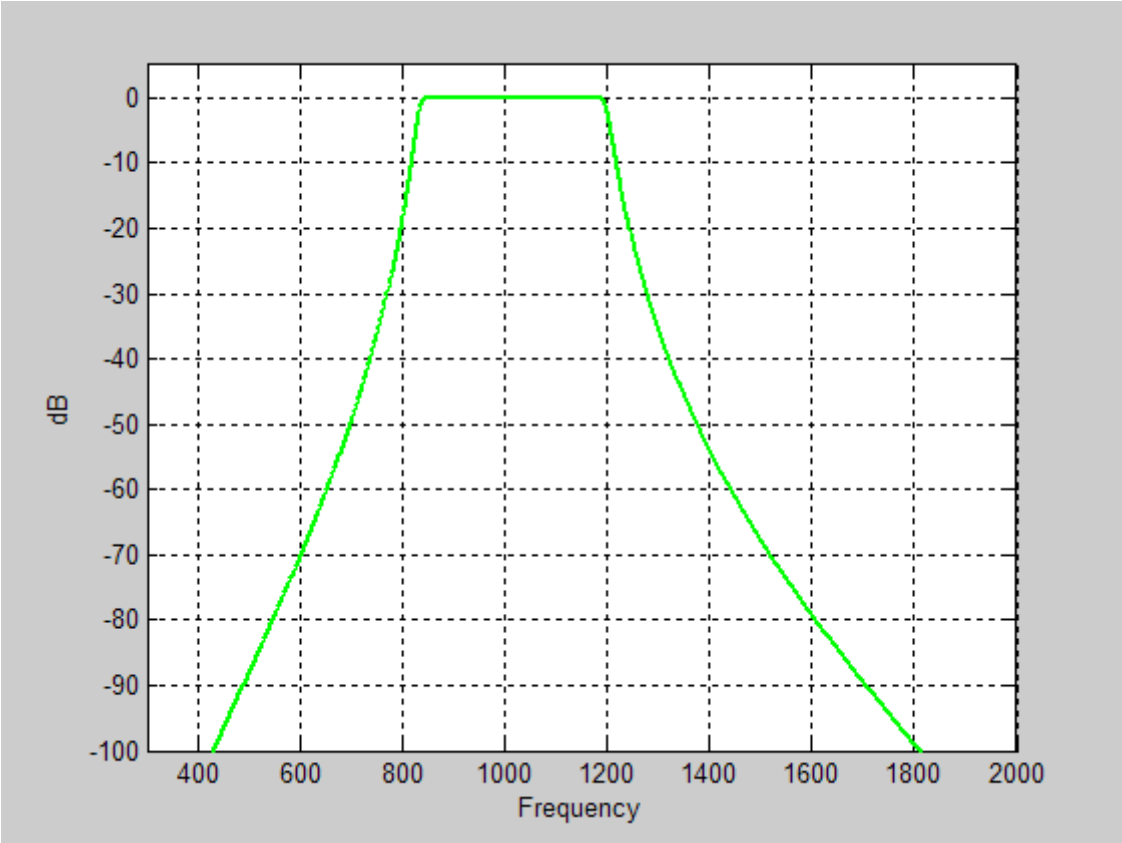


Das Rauschsignal für jedes Band wird Amplituden-moduliert (AM). Das ideale Signal hat ein Modulationsindex von 1.0 und entspricht einem exzellenten STI-Wert. Rauschen, Nachhall, Echos, lineare und nicht-lineare Verzerrungen verringern den Modulationsindex und führen so zu einem schlechteren STI-Wert. Das Analyse-System bestimmt den Modulationsindex für jedes Band und berechnet daraus den STI-Wert als Einzahlwert.



Das obige Bild zeigt eine Spektralanalyse des STIPA-Signals (IEC 60268-16:2011). Man erkennt deutlich die 7 Oktavbänder. In jedem Band fällt der Pegel mit 3dB/Oktave ab, da rosa Rauschen als Basissignal verwendet wurde.

Das folgende Bild zeigt den Frequenzgang unseres Band-Pass Filters für das 1000Hz Band



STIPA verwendet die folgenden Bänder mit Pegel:

Mittenfrequenz [Hz]	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
Pegel [dB]	2.9	2.9	-0.8	-6.8	-12.8	-18.8	-24.8

0dB ist der A-bewertete Pegel des STIPA-Signals. Nach einer Kalibrierung zeigt ein Oktav-Analysator z.B. –6.8dB für das 1000Hz Band an.

STIPA verwendet 2 Modulationsfrequenzen pro Band. Zusätzlich beträgt die Phasenverschiebung 180° zwischen den beiden Modulationsfrequenzen.

Mittenfrequenz [Hz]	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
Mod. Freq. 1 [Hz]	1.6	1	0.63	2	1.25	0.8	2.5
Mod. Freq. 2 [Hz]	8.0	5	3.15	10	6,25	4	12.5