

ANWENDUNGSTIPPS

Installation von elektroakustischen Anlagen



Dieses Dokument bietet eine praxisnahe Anleitung für den Einsatz von NTi Audio Messgeräten bei der Inbetriebnahme und Wartung von Festinstallationen und Sprachalarmanlagen.

Index

Was Sie brauchen	3
Anwendungen	3
Kabeltest	4
Klirrfaktor-Messung	5
Überprüfung von 100V Systemen	7
Polaritytest	8
Spektralanalyse	10
Stützlautsprecher einrichten	11
Noise Curves	13
Messung der Nachhallzeit RT60	14
Messung der Sprachverständlichkeit STIPA	16
Anhang A	19
Anhang B	20

Was Sie brauchen

XL2 Kit für Festinstallationen, enthält:

- Audio- und Akustik-Analysator XL2
- STIPA Option für XL2
- M4261 Messmikrofon
- Minirator MR-PRO
- ASD Kabel für XL2
- Kabel Teststecker (MR-PRO)
- MR-PRO 70/100V Schutz
- 2x Netzteil
- Exel Systemkoffer

Optional nach Bedarf:

- NTi Audio TalkBox Akustik-Signalgenerator
- Spektrale Grenzwerte Option zur Messung der Noise Curves



XL2 Kit für Festinstallationen
und die NTi Audio TalkBox

Anwendungen

NTi Audio Messgeräte eignen sich insbesondere für folgende Bereiche:

- Kabeltest
- Klirrfaktor-Messung
- 100V Impedanztest
- Polaritätsprüfung
- Spektralanalyse
- Einrichtung von Stützlautsprechern
- Noise Curves
- Nachhallzeit RT60
- Sprachverständlichkeit STIPA

Kabeltest

Der Test ermöglicht die Detektion defekter XLR Kabel, auch wenn diese bereits in der Decke, Wand oder Boden eingebaut sind.



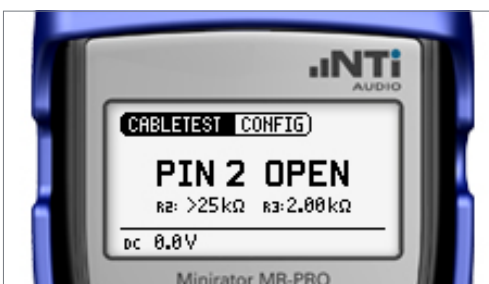
Verbinden Sie den Test-Adapter mit dem Kabelstecker.

Verbinden Sie den MR-PRO mit der Kabelbuchse.

Wählen Sie die Funktion CABLETEST im MR-PRO Hauptmenü.



Falls das Kabel OK ist, erscheint eine entsprechende Meldung



Kabel-Unterbrüche werden entsprechend benannt.

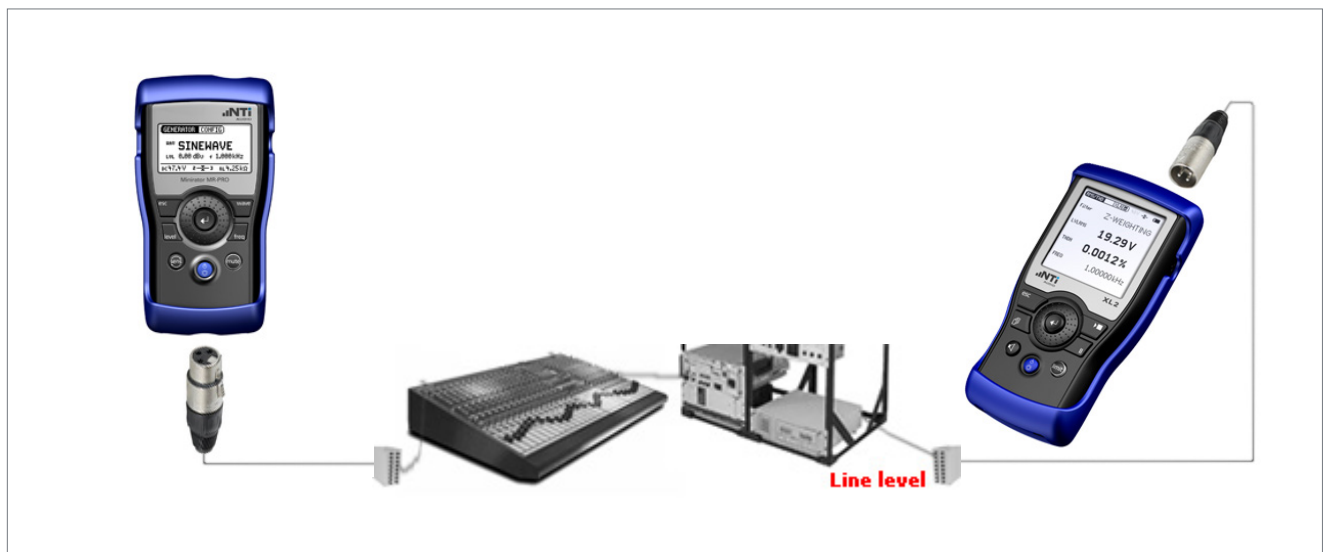


Kurzschlüsse, z.B. zwischen PIN 1 and PIN 2, werden ebenfalls angezeigt.

Weitere Anwendungstips finden sich im Anhang A.

Klirrfaktor-Messung

Aufgrund eines einzigen Fehlers können in Ihrem System bzw. Signalpfad inakzeptable Störgeräusche auftreten, z.B. infolge einer fehlerhaften Installation oder Erdung, zu tiefer oder zu hoher Verstärkung, eines Defekts in einer Komponente oder eines Qualitätsmangels. Die dadurch auftretenden Verzerrungen lassen sich mit der Klirrfaktor-Messung des XL2 einfach bestimmen und lokalisieren.



Verbinden Sie den MR-PRO mit dem Line-Eingang.

Verbinden Sie den XL2 mit dem Line-Ausgang.

Aktivieren Sie die Funktion GENERATOR auf Ihrem MR-PRO, dann WAV und SINE, und setzen Sie den LVL auf 0.00 dBu, sowie die Frequenz (f) auf 1.000 kHz.

Wählen Sie die Messfunktion RMS/THD+N auf dem XL2, setzen Sie den Filter auf Z-WEIGHTING (um einen flachen Frequenzgang zu erhalten), und setzen Sie die Einheit von LVL RMS auf dBu, bzw. von THDN auf %.

Der Ξ Indikator zeigt an, ob die Verbindung symmetrisch ist.

Der LVL RMS Wert misst die Pegelabweichung vom eingespielten Signal; 0.0 dBu bedeutet keine Abweichung.



Die FREQ Anzeige widerspiegelt die am XL2 anliegende dominante Frequenz, in diesem Beispiel 1.00000 kHz. THDN (**T**otal **H**armonic **D**istortion + **N**oise) errechnet sich als das Verhältnis der Summe der Signalkomponenten, die vom Prüfling erzeugt werden, zum übertragenen 1 kHz Sinuston. Das THDN Messergebnis wird in % angezeigt, wobei z.B. 0.0031% bedeuten, dass die Verzerrungs- & Rauschanteile im Eingangssignal nur 0.0031% ausmachen.

Andersherum ausgedrückt ergibt sich daraus der Anteil des 1 kHz Sinustons am Eingangsstecker des XL2 zu 100% – 0.0031% = 99.9969% .

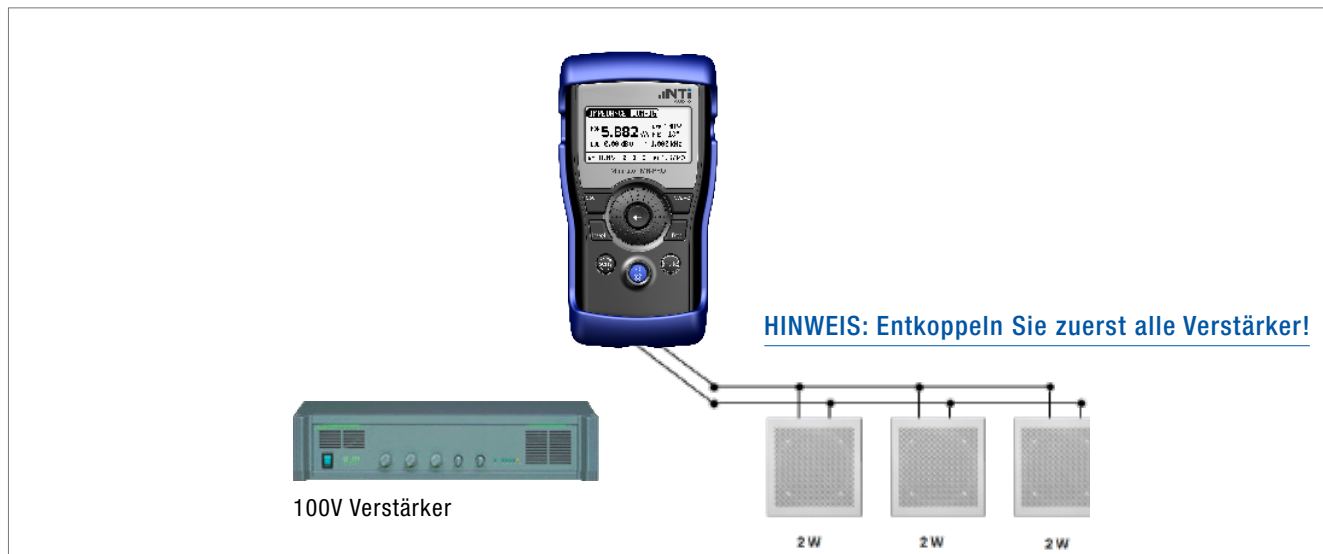


Die THDN Messung lässt sich auch in dB ausdrücken, wobei mit jedem –6 dB Abfall der THDN des Eingangssignals 2x kleiner ist als das Ursprungssignal.

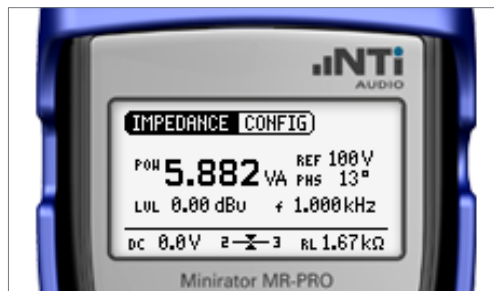
Weitere Hinweise finden sich im Anhang A.

Überprüfung von 100V Systemen (oder 25, 35, 50, 70, 100, 140 bzw. 200V Systeme)

100 V Systeme dienen üblicherweise zur Beschallung grösserer Räume, wobei die Lautsprecher parallel miteinander verdrahtet sind. Mit Hilfe des MR-PRO Impedanztests können Sie überprüfen, ob alle Lautsprecher korrekt angeschlossen wurden.



Verbinden Sie den MR-PRO mit den 100 V Lautsprechern.

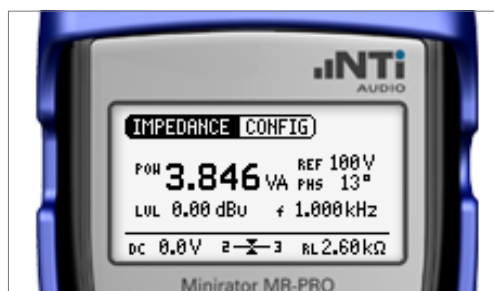


Wählen Sie die Messfunktion IMPEDANCE auf dem MR-PRO, klicken Sie auf IMP/POW und POW, setzen Sie REF auf die Referenz-Spannung Ihres Systems, LVL auf 0.00 dBu und die Frequenz (f) auf 1.000 kHz.

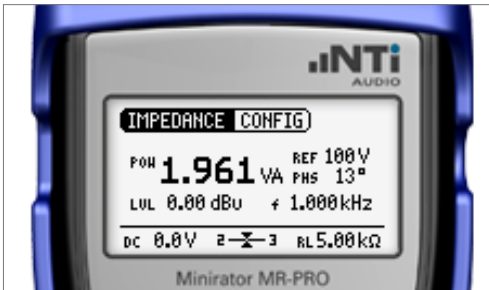
Notieren Sie, welche Lautsprecher am System angeschlossen sind, und wie diese verbunden wurden.

Merken Sie sich auch die auf dem MR-Pro angezeigten Werte.

Mit diesen Informationen können Sie periodisch verifizieren, ob die Lautsprecher korrekt angeschlossen sind.



Offensichtlich sind nur 2 der 3 Lautsprecher angeschlossen.



Nur einer der drei Lautsprecher ist richtig angeschlossen.

Polaritytest

In der Regel sollten alle Lautsprecher eines bestimmten Typs die gleiche Polarität aufweisen.



Verbinden Sie den MR-PRO mit einem Line-Eingang.

Platzieren Sie den XL2 direkt vor dem Lautsprecher.

Wählen Sie die Funktion GENERATOR auf dem MR-PRO, klicken Sie auf WAV und wählen POLARITY.

Passen Sie nun die Lautstärke so an, dass das Prüfsignal vom MR-PRO gut hörbar ist.

Wählen Sie nun die Messfunktion POLARITY im Haupt- und **123** im Untermenü des XL2.

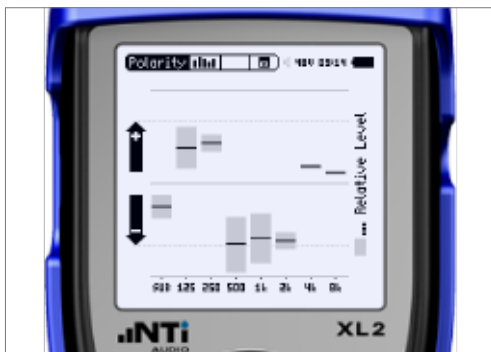


Platzieren Sie das Mikrophon so, dass es auf den Mittelpunkt des Lautsprechers zeigt, wobei der Abstand zum Lautsprecher in etwa dessen Durchmesser entsprechen sollte.



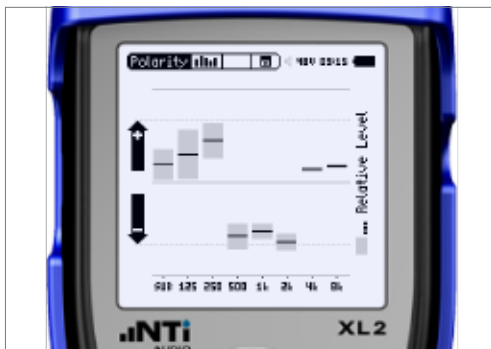
Das Display zeigt die Gesamt-Polarität des Lautsprechers.

Die Gesamt-Polarität kann zwischen verschiedenen Lautsprechern variieren, selbst wenn diese identisch verdrahtet wurden. Diese Unterschiede entstehen aufgrund von Reflektionen nahe gelegener Oberflächen, oder durch Abweichungen bei der Platzierung des Mikrofons. Zudem weisen die einzelnen Lautsprecher einer Mehrweg-Box oft absichtlich unterschiedliche Polaritäten auf. Aus diesem Grund betrachten wir die Polarität detaillierter in den 8 Oktavbändern. Wählen Sie die Funktion  im XL2 Menü.



Lautsprecher 1

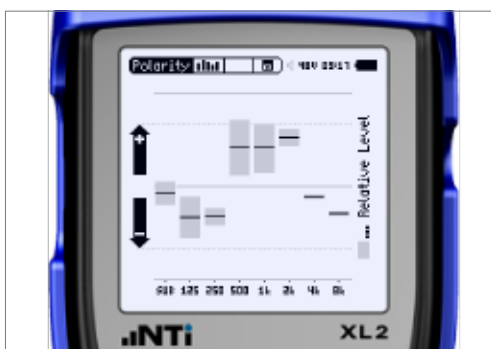
Lautsprecher 1: Die Polaritätsanzeige  auf dem Bildschirm visualisiert die individuellen Phasen in den jeweiligen Frequenzbändern. Die Mittelposition jedes Streifens zeigt die Polarität im entsprechenden Frequenzband, während die Streifenlänge der darin enthaltenen Energie entspricht. Da sich der grösste Teil der gemessenen Energie in der unteren Bildschirm-Hälfte befindet, weist Lautsprecher 1 eine negative Gesamt-Polarität auf.



Lautsprecher 2

Lautsprecher 2: Bei Lautsprecher 2 liegt die Energie in der  Darstellung vor allem in der oberen Hälfte, weshalb die Gesamt-Polarität positiv ist.

Da jedoch das Muster der Frequenzbänder stark demjenigen von Lautsprecher 1 ähnelt, können wir folgern, dass **Lautsprecher 1 und 2 dieselbe Polarität aufweisen**.



Lautsprecher 3

Lautsprecher 3: Die Polarität von Lautsprecher 3 ist in der  Darstellung eindeutig positiv, da die meiste Energie in der oberen Hälfte liegt.

Das spiegelbildliche Muster der Frequenzbänder lässt in-dessen darauf schliessen, dass **Lautsprecher 3 eine andere Polarität hat als die Lautsprecher 1 und 2**.

Spektralanalyse

Mit der Spektralanalyse ermöglicht der XL2 die Messung des Frequenzgangs Ihrer Festinstallation bzw. der Raumeigenschaften.

Damit können Sie zum Beispiel den Frequenzgang von Lautsprechern des gleichen Typs zwecks Fehlersuche miteinander vergleichen.



Verbinden Sie den MR-PRO mit dem Line-Eingang Ihres Systems.

Platzieren Sie den XL2 vor jedem Lautsprecher.

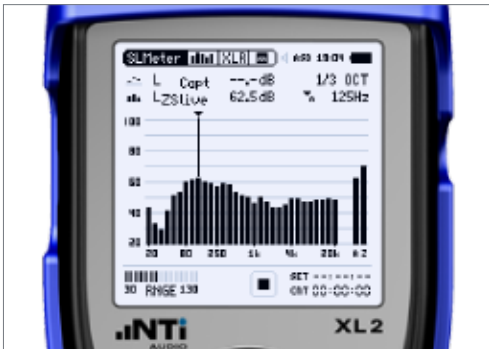
Wählen Sie die Funktion GENERATOR auf dem MR-PRO, klicken Sie auf WAV und PNOISE, dann MOD und CONT.

Passen Sie nun die Lautstärke so an, dass das Rosa Rauschsignal vom MR-PRO gut hörbar ist.

Wählen Sie die Messfunktion SLMETER/RTA auf dem XL2 und  vom Untermenü, sowie LZS mit Capt und Live . Setzen Sie die Auflösung auf 1/3 Oktave .



Platzieren Sie das Mikrofon im Bereich des Direktschalls vom Lautsprecher (z.B. bei 1 Meter). Bei Zweiweg-Systemen sollte sich das Mikrofon im gleichen Abstand zum Hochtöner und zum Basslautsprecher befinden. Wählen Sie bei jedem Lautsprecher die gleiche relative Mikrofon-Position.



Wählen Sie  und Capture live .



Platzieren Sie das Mikrofon vor dem nächsten Lautsprecher.

Die Unterschiede im Frequenzgang der beiden Lautsprecher werden über das gesamte Spektrum angezeigt.

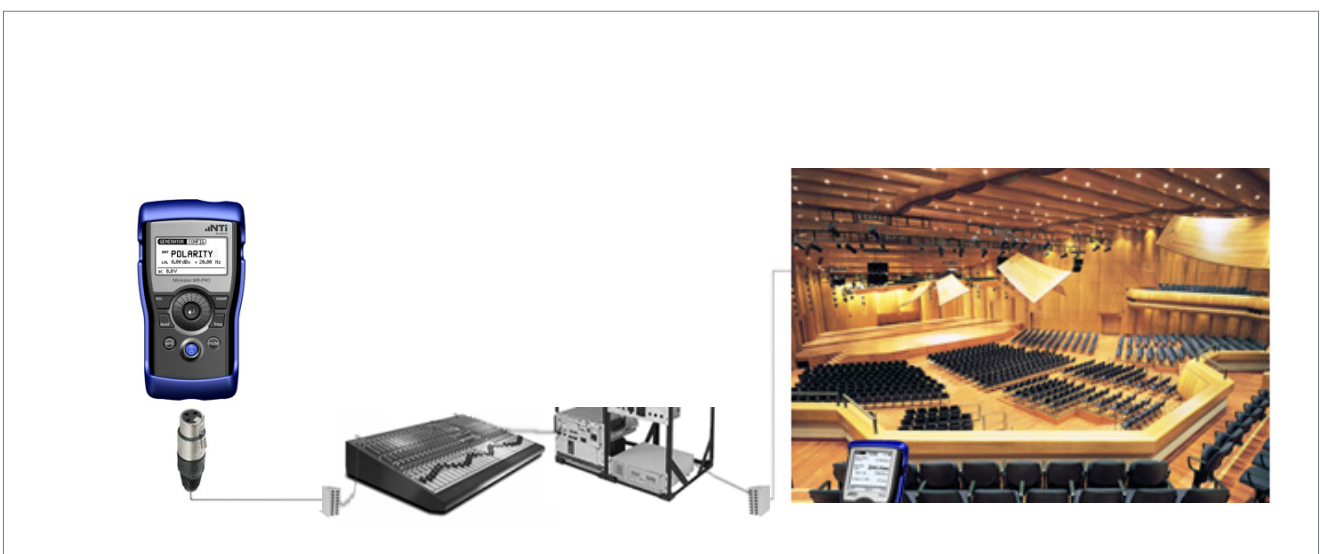
Lautsprecher 1: gestrichelte Linie

Lautsprecher 2: Balken

Das gezeigte Spektrum weist darauf hin, dass der Hochtoner im Lautsprecher 2 entweder defekt oder nicht angeschlossen ist.

Stützlautsprecher einrichten

Stützlautsprecher verbessern die Tonqualität und Sprachverständlichkeit in grossen Räumen. Bei korrekter Installation dürfen sie die empfundene Schallrichtung nicht beeinflussen.



Verbinden Sie den MR-PRO mit einem Line-Eingang

Messen Sie mit dem XL2 Voice Note Mikrofon.

Wählen Sie die Funktion GENERATOR auf dem MR-PRO, klicken Sie auf WAV und DELAY. Passen Sie nun die Lautstärke so an, dass das DELAY-Signal vom MR-PRO gut hörbar ist. Wählen Sie die Messfunktion Delay Time auf dem XL2.



Verbinden Sie den MR-PRO direkt mit dem XL2, um die beiden Geräte zu synchronisieren.

Der XL2 zeigt zuerst die Nachricht "Synchronizing", und dann "Measure" an, sobald das Gerät für die Messung bereit ist.

Sie haben nun 5 Minuten Zeit für Messungen, bevor die nächste Synchronisierung notwendig ist.

Verbinden Sie den MR-PRO mit einem Line Eingang Ihres Systems.



Geben Sie das MR-PRO Signal nur durch die Bühnenlautsprecher wieder, und speichern Sie (STORE) das Result auf dem XL2.

In diesem Beispiel beträgt die Distanz vom XL2 zur Bühne 80.0 Meter, und der Schall braucht 231.9 ms, um bei einer Lufttemperatur von 25°C diese Distanz zurückzulegen.



Geben Sie das MR-PRO Signal nur über die Stützlautsprecher wieder.

In diesem Beispiel beträgt die Distanz vom XL2 zum Stützlautsprecher 11.0 Meter, und der Schall braucht 31.9 ms, um bei einer Lufttemperatur von 25°C diese Distanz zurückzulegen.

Die Differenz zwischen den beiden Lautsprechern beträgt $231.9 - 31.9 = 200.0$ ms.

Stellen Sie das Delay Ihres Stützlautsprechers 15 ms über der ermittelten Differenz ein: $200 \text{ ms} + 15 \text{ ms} = 215 \text{ ms}$.

Weitere Erklärungen zum Thema Stützlautsprecher finden Sie in Anhang B.

Noise Curves (Kurven des Geräuschespektrums)



Messen Sie mit dem XL2 alle 6 bis 12 Meter.

Noise Criterion (USA) und Noise Rating Kurven (Europa) definieren die Oktavband-Grenzwerte für das Hintergrundrauschen, das den Ansprüchen Ihrer Installation genügt.



Stellen Sie sicher, dass es ruhig im Raum ist.

Wählen Sie die Messfunktion "Noise Curves" auf dem XL2.

Wählen Sie den nötigen Noise Curve Typ bzw. Standard.

Drücken Sie die 'Start' Taste für die Messung.

Nach Beendigung der Messung speichern Sie das Messresultat und den Bildschirminhalt (Screenshot).

Messung der Nachhallzeit RT60

Nachhall kann die Tonqualität und die Sprachverständlichkeit beeinträchtigen.



Verbinden Sie den MR-PRO mit einem Line-Eingang.

Messen Sie mit dem XL2 alle 6 bis 12 Meter.

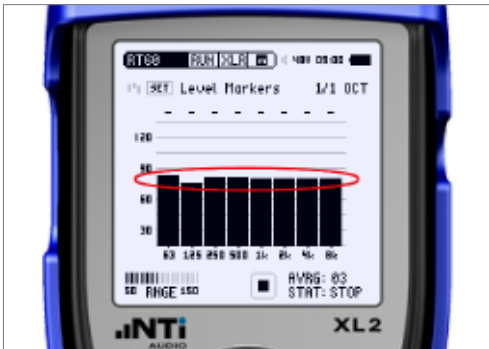
Wählen Sie die Funktion GENERATOR auf Ihrem MR-PRO, klicken Sie auf WAV und PNOISE, dann auf MOD und , und setzen Sie schliesslich CYC auf 3/3 s.

Aktivieren Sie die Messfunktion RT60 auf Ihrem XL2, dann 'Run' im Untermenü bei 1/1 OCT Auflösung.



Sobald es still ist im Raum, wählen Sie SET.

Folglich setzt das Gerät in jedem Frequenzband die Pegel-Grenzwerte 35 dB oberhalb des Rauschteppichs an.



Geben Sie das zyklische PNOISE Signal vom MR-PRO über Ihr System wieder. Passen Sie nun die Lautstärke so an, dass sich in möglichst jedem Frequenzband genug Energie findet, um die o.g. Pegel-Grenzwerte im XL2 zu erreichen. **WARNUNG: Tragen Sie einen Gehörschutz.** Hinweis: Eventuell müssen die Pegel bei tiefen Frequenzen besonders erhöht werden. Dennoch kann es vorkommen, dass der Zielwert im 63 Hz Frequenzband nicht erreicht werden kann.



Drücken Sie die 'Play' Taste auf dem XL2.

Der Gerätestatus (STAT) wechselt sodann zu ARMED. Jedesmal, wenn der MR-PRO einen Zyklus beendet, erhöht sich der Wert AVRG um 1. Führen Sie mindestens 3 Messungen durch um sicherzustellen, dass über jedem Frequenzband ein Häkchen erscheint (evtl. mit Ausnahme des 63 Hz Bandes).



Drücken Sie die 'Stop' Taste auf dem XL2.

Drücken Sie die 'Mute' Taste auf dem MR-PRO.

Wählen Sie 'Res' vom Untermenü des XL2; somit werden die RT60 Resultate angezeigt.



Speichern Sie die Ergebnisse.

Messung der Sprachverständlichkeit STIPA

Die Sprachverständlichkeit STIPA (Speech Transmission Index for Public Address) ermittelt die Qualität Ihrer Sprachalarmanlage.



Platzieren Sie die TalkBox in der üblichen Position eines Sprechers vor dem Mikrofon.

Messen Sie mit dem XL2 an verschiedenen Messpositionen.



Hintergrundgeräusch messen (voller Raum)

- Wählen Sie die Messfunktion STIPA auf Ihrem XL2, und 'Cor' im Untermenü.
- Aktivieren Sie die Hintergrundgeräuschkorrektur „Ambient Noise Correction: On“
- Klicken Sie auf 'Measure' und messen das Hintergrundgeräusch im vollbesetzten Raum.
- Wählen Sie 'Save', um die Messdaten abzuspeichern.



Sprachverständlichkeit STI messen (leerer Raum)

- Wählen Sie an der TalkBox das STIPA-Testsignal aus (Nr. 1) und spielen das Signal ins Sprechermikrofon.
- Alternativ speisen Sie das STIPA-Testsignal mit dem MR-PRO in die Sprachalarmanlage ein.
- Prüfen Sie den Durchsagepegel – dieser soll den standardmässigen Betriebsbedingungen entsprechen.
- Wählen Sie **123** im XL2-Untermenü.

- Starten Sie die Sprachverständlichkeitsmessung am XL2.
- Verhalten Sie sich ruhig, bis der Messwert nach 15 Sekunden angezeigt wird.



Das STI-Resultat mit Umgebungsgeräuschkorrektur wird gross angezeigt. Darunter können Sie bei 'Measured' die ermittelte Sprachverständlichkeit ohne Korrektur ablesen.



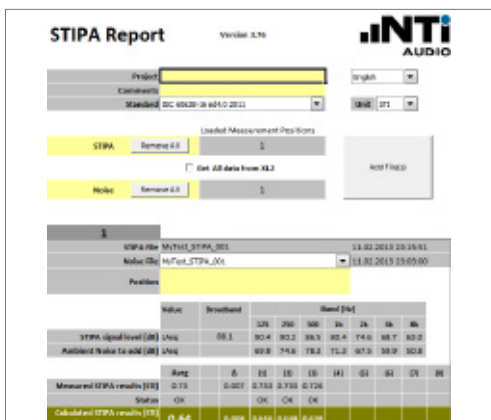
Wenn der gemessene STI-Wert nahe am Grenzwert liegt, der in den Konstruktionsanforderungen Ihrer Installation angegeben ist, dann wählen Sie 'Avr' aus dem zweiten Menü auf dem XL2.

- Wählen Sie ADD CYCLE, um erneut von derselben Messposition aus zu messen. Wiederholen Sie die Messung für mind. 3 Zyklen. Die Abweichung sollte weniger als 0.03 % betragen.
- Wählen Sie FINISH.



Das Resultat wird automatisch gespeichert.

- Wählen Sie KEEP.
- Gehen Sie zur nächsten Messposition im Raum und starten Sie eine neue Messreihe.



3. Erzeugen Sie einen STI Bericht

- Wenn Sie alle Positionen gemessen haben, schließen Sie Ihren XL2 über USB an den PC an und wählen Sie 'Massenspeicher' auf dem XL2.
- Aktivieren Sie das Kästchen 'Get All Data from XL2'.
- Die Messdaten werden automatisch geladen, und Ihr Sprachverständlichkeits-Bericht erzeugt.
- Fügen Sie Ihren Text in die entsprechenden Felder ein.

HINWEIS: Mit einem Rechtsklick können Sie Ihr eigenes Logo einfügen

STIPA Summary Report



Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

Project	Waiting Room
Comments	Measured in empty room with TalkBox
Standard	IEC 60268-16 ed4.0 2011

All		Arithmetic mean lav	STI	0.58	
		Standard deviation σ	STI	0.06	
		lav - σ	STI	0.52	G
1	Position		STI	0.58	E
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 1)			
	Noise File	XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1)			
2	Position		STI	0.57	E
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 2)			
	Noise File	XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2)			
3	Position		STI	0.60	D
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 3)			
	Noise File	XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 3)			
4	Position		STI	0.54	F
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 4)			
	Noise File	XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1)			
5	Position		STI	0.52	F
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 5)			
	Noise File	XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2)			
6	Position		STI	0.52	F
	STIPA File	AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 6)			
	Noise File				

The STI Report is free to download on the XL2 support website <https://my.nti-audio.com> for all registered users (enable all macros when opening the document).

Anhang A

HINWEISE ZUR FEHLERSUCHE

Bevor Sie Ihr Messgerät zur Hand nehmen, können Sie bereits verschiedene hilfreiche Aktionen ausführen:

- Bleiben Sie gefasst – Vorwürfe an Aussenstehende oder an das Material helfen in den seltensten Fällen weiter.
- Überprüfen Sie das Stereo-Bild – falls das Problem nur auf einer Seite auftritt, befindet sich der Fehler liegt wahrscheinlich nach dem Mischpult.
- Gehen Sie methodisch vor – untersuchen Sie jeden Signalpfad kontinuierlich, anstatt nach dem Zufallsprinzip einzelne Komponenten herauszupicken.
- Materialtausch – ersetzen Sie z.B. einzelne Mischpult-Kanäle durch solche, die sicher funktionieren.

KEIN SOUND

Überprüfen Sie die üblichen Verdächtigen :

- sind alle Komponenten eingeschaltet?
- ist der Mischpult-Kanal stumm geschaltet?
- wurden alle Kabel im Signalpfad korrekt eingesteckt?
- müssen Batterien ausgewechselt werden?
- ist die Eingangsverstärkung des Mischpults zu tief?

BRUMM

Die Hauptursache für Brumm liegt meistens in der Verkabelung:

- falls unterschiedliche Erdpotentiale an den beiden Enden des Signalpfads auftreten – speisen Sie alle Geräte (Mischpult, Instrumente und Lautsprecher) von einem einzigen Netzverteiler aus.
- halten Sie Audio-Kabel von aufgewickelten Spannungskabeln fern.
- Dimmschalter für das Licht sollten mit einer anderen Steckdose als Ihre Sound-Anlage verbunden sein.

Brummquellen sind unter Umständen nur schwer auffindbar, besonders bei sehr grossen Festinstallationen. Ein Ansatz zur Identifikation der Problemquelle besteht darin, alle verwendeten Geräte ab dem Mischpult zuerst aus- und dann schrittweise wieder einzuschalten.

Anhang B

DAS PROBLEM

Bei grossräumigen Veranstaltungen kann es notwendig werden, zusätzliche Lautsprecher – sogenannte Stützlautsprecher – in einem Abstand zur Bühne aufzustellen, um auch den Zuhörern in den hinteren Rängen eine gute Klangqualität zu gewähren.

Dies kann jedoch dazu führen, dass diejenigen Zuhörer, die sich nahe bei den Stützlautsprechern befinden, letztere als Schallquelle wahrnehmen, anstatt die Bühne.

Ein solcher Zustand würde offensichtlich das Hörvergnügen für die betroffenen Personen stark beeinträchtigen – hingegen wäre es wünschenswert, wenn die Richtung des eintreffenden Schalls mit dem Standort der Band übereinstimmt.

DIE LÖSUNG

Es gibt eine einfache Massnahme, damit auch weiter entfernt platzierte Zuhörer den eintreffenden Schall als direkt von der Bühne kommend empfinden.

Der Trick besteht darin, das elektrische Signal hin zu den Stützlautsprechern so weit zu verzögern, dass deren Schall ungefähr 15 ms NACH demjenigen von der Bühnenanlage die entsprechenden Zuhörer erreicht.

Sobald diese Bedingung erfüllt ist, empfindet das Publikum den Sound als von der Bühne kommend, während derjenige von den Stützlautsprechern als Reflektion aus derselben Richtung wahrgenommen wird, was das Hörerlebnis in keiner Weise beeinträchtigt.

Dieser Effekt funktioniert selbst dann noch, wenn der Schalldruck von den Stützlautsprechern bis zu 10 dB über demjenigen der Bühnenlautsprecher liegt.

DER HAAS EFFEKT

Die menschliche Wahrnehmung betreffend der Herkunft eines Tons wird durch diejenige Schallquelle bestimmt, von welcher die erste Schallfront beim Zuhörer eintrifft.

Falls der gleiche Ton zusätzlich mit maximal 5 ms Verzögerung von einer zweiten Quelle kommt (z.B. Stützlautsprecher), dann ortet der Zuhörer die Schallquelle an einer Position zwischen der Bühne und den Stützlautsprechern.

Sobald jedoch der Schall der zweiten Quelle innerhalb von 5 ms bis 35 ms nach der ersten Front eintrifft, dann verschwindet diese „verschobene“ Wahrnehmung, das heisst die empfundene Position der Schallquelle stimmt mit der ersten eintreffenden Schallfront überein.

Sollte der Sound von den Stützlautsprechern jedoch mit einer Verzögerung von über 35 ms eintreffen, dann wird dies als Echo empfunden, d.h. der Zuhörer nimmt zwei getrennte Schallquellen wahr, nämlich die Bühnenanlage und die Stützlautsprecher.

Folglich erlaubt eine um 5 ms bis 35 ms verzögerte Soundwiedergabe über Stützlautsprecher (empfohlener Richtwert: 15 ms) die Beschallung von entfernteren Bereichen im Zuhörerraum, ohne das Sounderlebnis zu beeinträchtigen. Diese bemerkenswerte Konstellation ist als Haas Effekt bekannt.