

PRODUCTION PARTNER

3/2010

Beschallung Licht Bühne Event-Technik Projektion

Business: Behringer kauft Midas

Funhouse-Tour

Artikel aus Production Partner
Acoustic Analyzer NTI XL2



Endlich sichere Pegel:
NTI XL2

Report: **Beschallung in
WM-Stadien Südafrika**



LED-Washlights im Test:
GLP & SGM

Acoustic Analyzer NTI XL2

Ein großes grafisches Display, ein deutlich erweiterter Funktionsumfang und Recorderfunktionen sind nur einige der wichtigen Neuerungen des XL2. Insbesondere die DIN-gerechte Messung von Pegeln bei Veranstaltungen kann mit dem XL2 sicher durchgeführt werden.

Die in Lichtenstein ansässige Firma NTI hat sich in den vergangenen Jahren zu einem der führenden Hersteller von Audio-Messgeräten entwickelt. Neben Geräten für die Fertigungskontrolle von Lautsprechern und Telefonen sind es vor allem die Handgeräte, die NTI bekannt gemacht haben. Es gibt wohl kaum einen Tontechniker, der nicht in seinem Handgepäck irgendeinen der kleinen Helfer von NTI hat. Sei es einer der Generatoren, der Minilyzer oder der Acoustilyzer. Letztgenannter ist eher bekannt unter der Bezeichnung AL1 und hat es als Schallpegelmesser und STI-PA-Messgerät in den letzten Jahren zu einer außerordentlich großen Verbreitung nicht nur bei Tontechnikern gebracht. Viele Gutachter und Prüfstellen des TÜV etc. haben sich ebenfalls mit den AL1 Sets ausgerüstet, um Sprachverständlichkeits- und Maximalpegelmessungen an Notfallwarnanlagen normgerecht durchführen zu können. Die große Beliebtheit dürfte zum einen vom relativ günstigen Preis für den AL1-Handpegelmesser her rühren, aber auch maßgeblich durch die übersichtliche und leichte Bedienung begründet sein. Trotzdem ergaben sich natürlich über die Jahre eine Reihe von Wünschen, die sich auf der schon etwas älteren Hardwareplattform des AL1 nicht mehr realisieren ließen. Ganz oben auf der Wunschliste standen die Schallaufzeichnung und eine Nachhallzeitmessung mit Impulsanregung anstelle des abgeschalteten Rauschens. Mit dem XL2 gibt es nun die neue Hardwareplattform mit der Grundfunktion eines Schallpegelmessers und optionalen Zusatzpaketen für erweiterte Messfunktionen. Äußerlich wurde das Gerät dem schon bekannten Design des Minirator MR-Pro angepasst. Das Gehäuse ist jetzt deutlich solider und mit einer griffigen Schutzschale umgeben. Das Display wurde durch ein großes, hell leuchtendes grafisches LC-Display ersetzt und die Stromversorgung auf Li-Akku umgestellt. Ebenfalls neu im Angebot bei NTI sind die beiden Messmikrofone M4260 und M2210. Näheres hierzu später.

Komponenten des NTI Akustik Sets

Zum Test gestellt wurde der XL2 innerhalb eines kompletten Sets bestehend aus dem XL2 als Kerngerät, dem Minirator MR-Pro als Generator, den beiden Messmikrofonen sowie den installierten Optionen für STI-PA und erweiterte Akustikmessungen. Alles zusammen inklusive diverser Netzteile, Kabel und Ladegeräte wird in einem soliden Metallkoffer geliefert, der auch äußerlich den



gehobenen Anspruch gegenüber dem früheren Plastikköfferchen unterstreicht. Je nach Ausstattung liegen die Preise der Komplettsätze zwischen 1.841 € und 3.247 €.

Messmikrofone

Nicht ganz unwesentlich wird der Preis der Komplettsätze auch durch das zugehörige Messmikrofon bestimmt. Die beiden Modelle unterscheiden sich zum einen durch die Größe der Kapsel und durch ihre technischen Daten. Das M2210 ist ein Klasse 1 Mikro mit einer Halbzoll-Kapsel mit einer typischen Empfindlichkeit von 20 mV/Pa. Das 4260 mit einer Viertelzoll-Kapsel und 30 mV/Pa Empfindlichkeit erfüllt die Klasse-2-Bedingungen. Die IEC61672-1 gibt bestimmte Toleranzschläuche vor, die für eine Klasse 1 bzw. 2 Einstufung eingehalten werden müssen. Alle weiteren Eigenschaften treffen für beide Mikrofontypen zu. Die Stromversorgung der integrierten Preamps erfolgt über 48 V Phantomspeisung. Die Richtcharakteristik ist omnidirektional und die angegebenen Frequenzgänge wurden im Freifeld ermittelt, d. h. der angegebene Frequenzgang bezieht sich auf senkrechten Schalleinfall von vorne im Freifeld. Für eine Diffusfeldkapsel wird dagegen der Frequenzgang im diffusen Schallfeld, also z. B. in einem Hallraum, ermittelt, wo der Schall gleichmäßig verteilt aus allen Richtungen einfällt.

Die Mikrophone sind bereits mit der Automatic Sensor Detection (ASD) ausgerüstet, mit deren Hilfe entsprechend ausgestattete Empfänger, wie auch der XL2, vom Mikrofon die Typenbezeichnung, die Kalibrierdaten und die Empfindlichkeit mitgeteilt bekommen. Der Anwender ist somit vor falschen Einstellungen und damit auch falschen Messergebnissen relativ sicher.

Je nach Anwendung sind bestimmte Eigenschaften eines Mikrofons mehr oder weniger wichtig. Hierzu gehören der maximale Schalldruckpegel bis ein bestimmter Klirrfaktor erreicht wird, das Eigenrauschen und natürlich der Frequenzgang. Die beiden erst genannten bestimmen den möglichen Dynamikumfang. Für das Eigenrauschen gibt NTI 18 dBA für das M2210 und 27 dBA für das 4260 an. Möchte man mit den Geräten kleinen Störpegeln nachspüren, dann

bleibt ganz klar nur die Entscheidung für das M2210. Ähnliches spielt sich am anderen Ende der Pegelskala ab. 136 dB für das M4260 und 145 dB Maximalschalldruck für das M2210 sind die Herstellerangaben. Auch hier fällt die Entscheidung zu Gunsten des Klasse-1-Modells M2210 aus, wenn man hohe Schalldrücke, z. B. bei Lautsprechermessungen, sicher und ohne Verzerrungen erfassen möchte.

Die Frequenzgänge der beiden Mikros zeigt Abbildung 1. Zu beachten ist in der Darstellung sowohl der weite Frequenzbereich bis 40 kHz, wie auch die stark gedehnte Pegelachse mit nur ± 8 dB Umfang. Beide Mikrofone schneiden hier gut ab. Vor allem das Klasse-1-Modell M2210 liegt zwischen 20 Hz und 20 kHz innerhalb eines ± 1 dB Toleranzbereiches. Das M4260 verfehlt dieses Kriterium auch nur ganz knapp. Erstellt wurden diese beiden Messungen im direkten Vergleich zu einem Viertelzoll-Messmikrofon B&K 4939 mit Werkskalibrierung.

Generator Minirator

Für die Einspielung der Messsignale gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen liegen dem Set CDs bei, auf denen Sinussignale, diverse Rauschsignale und natürlich auch das STI-PA-Testsignal, ein mehrfach moduliertes Rauschen, gespeichert sind. Alternativ dazu gibt es den Minirator in Form eines kleinen Handgerätes mit symmetrischem und unsymmetrischem Ausgang. Auf dem Gerät gespeichert sind bereits Pinknoise, Whitenoise, das STI-PA-Signal, Sweeps, Sinussteps sowie diverse Sprachsamples. Zusätzlich kann der Anwender noch eigene Signale als WAV-Dateien im 16-Bit/48kHz-Format auf dem Gerät speichern. Andere Abstraten sind nicht möglich. Insgesamt stehen für eigene Samples noch ca. 480 MB Speicherplatz zur Verfügung, mithin auf jeden Fall ausreichend, um genug spezifische Testsignale und Sequenzen abzulegen. Die Ausgangsspannung lässt sich in 0,1- oder 1-dB-Schritten in einem sehr weiten Pegelbereich zwischen -80 und $+18$ dBu einstellen. Alle wichtigen Einstellungen des MR-Pro befinden sich mit einer jeweils zugehörigen Taste im direkten Zugriff. Das ist die Signalauswahl, die Frequenzeinstellung, soweit relevant, und die Pegel-einstellung. Zusätzlich zu den eigentlichen

Generatorfunktionen gibt es noch den Kabeltester, die Anzeige der Signalsymmetrie sowie Messfunktionen für eine mögliche Phantomspannung und der Eingangsimpedanz. Alle angezeigten Werte stimmen beim Testgerät absolut exakt. Eine weitere wichtige Funktion ist noch die frequenzabhängige Messung der an den Generator angeschlossenen Impedanz. Hier kann bei der kontinuierlich oder in Terzen wählbaren Generatorfrequenz die Impedanz in Betrag und Phase angezeigt werden oder alternativ auch der Nennleistungswert für verschiedene Spannungen von 25 bis 200 Volt, etwa für 100-V-Systeme.

Zurück zur eigentlichen Generatorfunktion stellt sich die Frage, welche Erwartungen man an die Signalqualität z. B. für Verzerrungs- oder Frequenzgangmessungen haben darf. Die Messwerte dazu finden sich in Abbildung 3 bis 5. Der Frequenzgang ist mit maximal $-0,25$ dB zwischen 20 Hz und 22,3 kHz vorbildlich gerade. Die Ausgangsdynamik von 111 dB (lin. bew.) sowie Verzerrungswerte von -97 dB bedürfen ebenfalls kaum einer weiteren Erläuterung. Der MR-Pro liefert als Generator eine hohe Signalqualität, die sich auch für Verzerrungsmessungen gehobenen Standards gut eignet.

THD- und Pegelmessungen

Passend zum Thema Signalqualität des Generators kommen wir als erste Messfunktion des XL2 zur THD- und Pegelmessung für elektrische Signale. Sobald das Gerät ein periodisches Signal am Eingang erkennt, wird die Grundfrequenz innerhalb weniger ppm Abweichung bestimmt, der THD+N-Wert berechnet und die Ergebnisse zusammen mit dem Gesamtpegel angezeigt. Die Anzeige kann in dBu, dBV und V erfolgen. Der Verzerrungswert wird in dB oder alternativ in % angezeigt. Im Eingang können dabei noch diverse Filter wie A-Bew., C-Bew. oder Hochpässe bei 400 Hz bzw. 19 kHz zugeschaltet werden. Das 19-kHz-Filter wird für die 20-kHz-Pilottonerkennung benötigt und das 400-Hz-Filter für die Unterdrückung möglicher Netzstörungen. Auch hier kommt man natürlich schnell zu der Kernfrage, wo die Grenzen des XL2 für diese Art Messungen liegen. Das vom Gerät selber gemessene Grundrauschen liegt bei -112 dBu (lin. bew.).

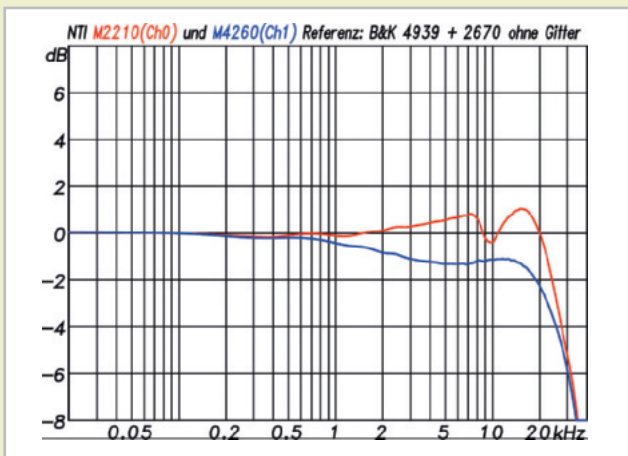


Abb. 1: Frequenzgänge der beiden Messmikrofone M2210 (rot) und M4260 (blau). Vor allem das Klasse 1 M2210 schneidet mit einem Verlauf von 20 Hz bis 20 kHz innerhalb eines ± 1 dB Toleranzbereiches sehr gut ab.

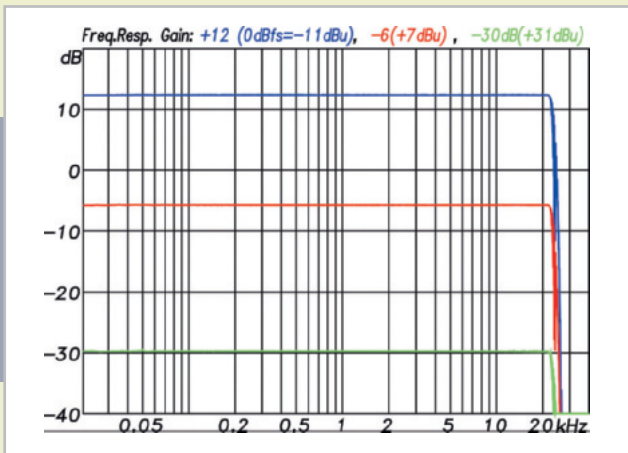


Abb. 2: Frequenzgänge des XL2 für die drei Verstärkungsstufen. Für die höchste Verstärkung (blau) liegt die Clippgrenze bei -11dBu, für die mittlere Stufe (rot) bei +7 dBu und für die geringste Verstärkung (grün) bei +31 dBu.

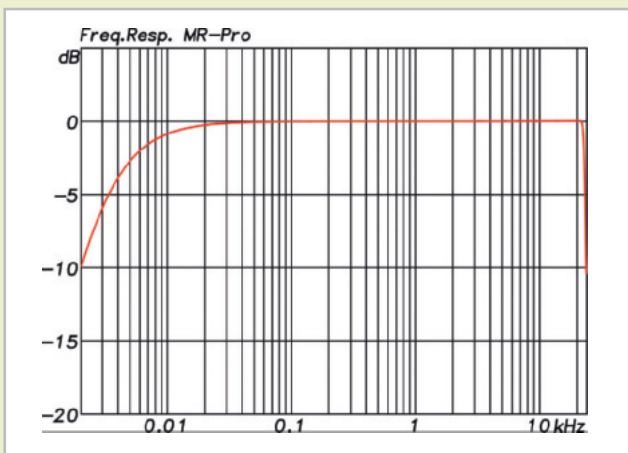


Abb. 3: Frequenzgang des MR-Pro Generators gemessen mit einem Sweep-signal. Zwischen 20 Hz und 22,3 kHz ist der Frequenzgang perfekt gerade. Bei 20 Hz sowie bei 22,3 kHz beträgt der Pegelabfall gerade einmal 0,25 dB. Am oberen Ende wird der Verlauf durch die feste Abtastrate von 48 kHz begrenzt.

Dem gegenüber steht eine Clippgrenze für die maximale Eingangsspannung von +30 dBu. Ein eingespeistes Sinussignal mit einem gemessenen THD+N von -112 dB lieferte auf dem XL2 einen THD+N-Wert von -100 dB (= 0,001 %). Auch hier kann man daher guten Gewissens behaupten, dass der XL2 für ein kleines tragbares Messgerät exzellente Werte liefert. Über die Mithörmöglichkeit über den eingebauten Lautsprecher oder über den Kopfhörerausgang kann zudem das gemessene Signal mit stark unterdrückter Grundwelle angehört werden. Man hört in diesem Fall primär die Verzerrungskomponenten und kann so deren Veränderungen in Abhängigkeit vom Pegel oder der Frequenz beurteilen.

Schallpegelmesser

Die Pegelmessfunktion ist ganz klar die breiteste ausgebaute Funktion des XL2. Gemessene Schallpegel können mit verschiedenen Frequenz- und Zeitgewichtungen bestimmt und protokolliert werden. Für die Frequenzgewichtung gibt es die drei Varianten A, C und Z. Die A- und C-Kurve sind gehörrichtige Bewertungen bei niedrigen (A) und hohen (C) Pegeln. Der Begriff Z-Gewichtung hat sich für eine lineare Bewertung eingebürgert, die üblicherweise bei elektrischen Messungen oder selektiven Frequenzbandmessungen eingesetzt wird. Die A-Bewertung hat sich heute bei fast allen Schallpegelmessungen, wo Summenpegel über alle Frequenzbänder beurteilt werden, etabliert, wenngleich das streng betrachtet nicht korrekt ist. Die A-Kurve entspricht der Hörkurve bei sehr niedrigen Pegeln in einer Größenordnung von 40 dB bei 1 kHz. Dem entsprechend stark fällt die Kurve zu den Rändern hin ab. Bei höheren Pegeln müsste die Kurve zunehmend flacher werden. Der Einfachheit halber hat man sich jedoch in vielen Normen darauf geeinigt, breitbandige Schallpegelmessung unabhängig vom Pegel A-bewertet auszuführen, sodass auch einfache analoge Messgeräte eingesetzt werden können. Moderne digitale Geräte könnten auch eine pegelabhängige präzisere Frequenzbewertung für alle Pegelbereiche durchführen.

Die zweite gebräuchliche Frequenzgewichtung ist die C-Bewertung, wo der Pegel lediglich noch zu den Rändern hin gemäßigt abgeschwächt wird. Für hohe Schalldruckpegel ist die C-Bewertung daher besser geeignet. Eingesetzt wird die C-Bewertung nach Norm meist bei Spitzenpegelmesswerten. Die B-Bewertung liegt zwischen A- und C- und wäre somit für mittlere Pegelwerte anzuwenden, ist aber in der Praxis ebenso wie die D-Bewertung nicht mehr gebräuchlich.

Bei den zeitlichen Bewertungen wird es noch etwas komplizierter. Hier gibt es die Varianten Slow, Fast, Impuls, Peak, äquivalenter Dauerschallpegel, gleitender äquivalenter Dauerschallpegel und Schallexpositionspiegel. Slow, Fast, Impuls und Peak definieren die Zeitkonstanten bzw. Integrationszeiten für den Pegelanstieg und Abfall. Für die Einstellung Slow liegt diese bei 1 s für Fast bei 125 ms. Die Impulsbewertung verwendet eine kurze Integrationszeit für den Pegelanstieg von 35 ms und eine lange Integrationszeit für den Pegelabfall von 2 s, sodass kurze Impulse stärker in die Pegelberechnung eingehen. Noch ausgeprägter ist die Variante Peak, wo beide Zeitkonstanten Null sind und somit jede noch so kurze Signalspitze erfasst wird.

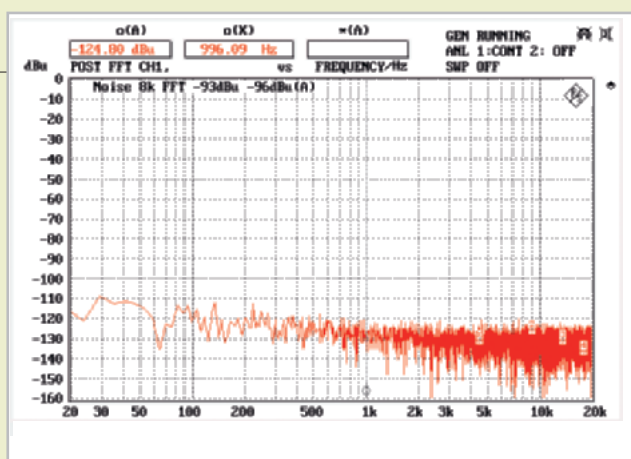


Abb. 4: Störspektrum am Ausgang des MR-Pro mit einem sehr niedrigen Pegel von -93 dBu linear bewertet. In Relation zur maximalen Ausgangsspannung von $+18$ dBu entspricht das einem Dynamikumfang von 111 dB.

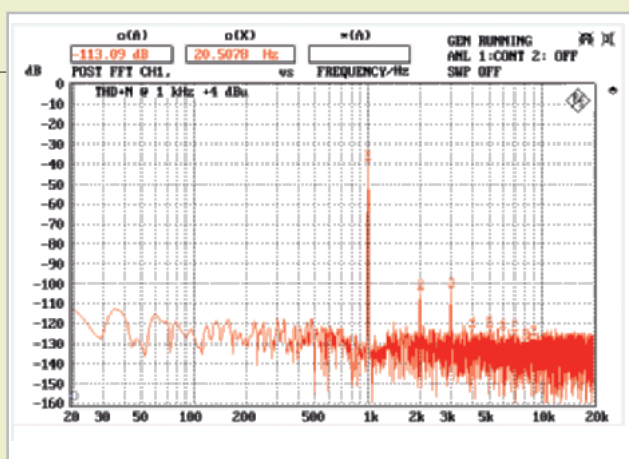


Abb. 5: Klirrspektrum des MR-Pro bei 1 kHz und $+4$ dBu Ausgangsspannung. Die Verzerrungen in der Summe (THD) liegen bei sehr guten -97 dB (= $0,00141$ %).

Eine sehr häufig verwendete Angabe ist der äquivalente Dauerschallpegel, L_{eqT} abgekürzt, der für ein beliebiges Schallsignal der Dauer T den Pegel eines äquivalenten kontinuierlichen Signals angibt. Wäre die betrachtete Zeit z. B. eine Minute und während dieser Minute wäre über 15 s ein Pegel von 70 dBA gemessen worden und für die restlichen 45 s von 30 dBA, dann würde sich daraus ein $L_{Aeq1'}$ von 64 dBA ergeben. Die 30 dBA sind gegenüber den 70 dBA vernachlässigbar und die 70 dBA verteilen sich über die insgesamt vierfache Dauer, was einem Abzug von 6 dB entspricht. Der äquivalente Dauerschallpegel wird für einen fest gelegten Zeitraum berechnet, z. B. für die Zeit Nachtruhe von 22:00 bis 6:00.

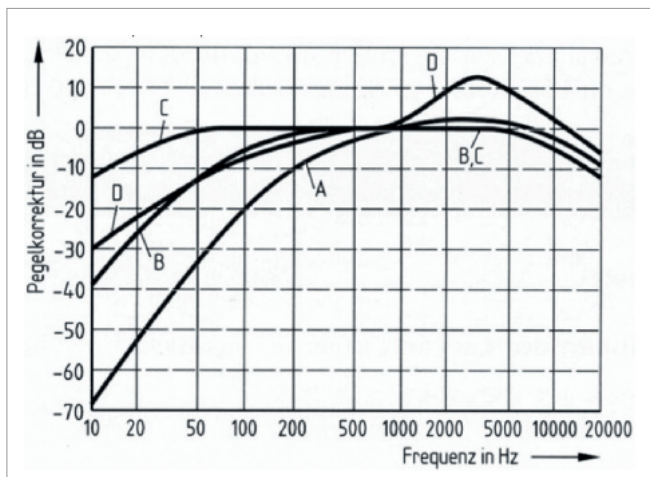


Abb. 6: Bewertungskurven der verschiedenen Filtertypen

Dem gegenüber bezieht sich der gleitende äquivalente Dauerschallpegel immer auf den aktuellen Messzeitpunkt und eine definierte zurückliegende Zeitspanne. Der Schallexpositionspegel ist die gesamte während einer gegebenen Messzeit aufgenommene Schallenergie. Bezieht man diese auf die Messdauer, dann ergibt sich daraus wieder der schon besprochene äquivalente Dauerschallpegel. Das Bezugsintervall ist 1 s. Ist man einem konstanten Pegel von 75 dBA über 60 s ausgesetzt, dann ist der Schallexpositionspegel $75 \text{ dBA} + 10 \cdot \log(60) = 92,78 \text{ dBA}$. Als weitere Pegelwerte können für eine Messperiode auch der Maximal-, der Minimal- und der aktuelle Wert (live) angezeigt werden.

Als Option im erweiterten Akustikpaket gibt es dann noch die Perzentilen Schallpegel sowie die Taktmaximalpegel. Der Taktmaximalpegel berücksichtigt die als störend empfundene Takthaltigkeit von Signalen und wird als maximaler Schallpegel mit A-Frequenz-Gewichtung und F-Zeitgewichtung während eines gegebenen Zeitintervalls von 3 oder 5 s bestimmt. Einige Messvorschriften bilden zudem noch Differenzwerte z. B. zwischen dem Taktmaximalpegel und äquivalenten Dauerschallpegel. Alle gängigen Kombination werden bei Bedarf vom XL2 angezeigt und protokolliert. Noch nicht erläutert wurde der Perzentilpegel. Die Anleitung des XL2 sagt dazu knapp und aussagekräftig: „Während xx% der Messdauer ist der Schallpegel höher als der angezeigte Messwert; z. B. LAf90% misst den Schallpegel, der für mindestens 90 % der Messdauer erreicht wird. Der perzentile Wert xx% ist wählbar für 1 %, 5 %, 10 %, 50 %, 90 %, 95 %, 99 %“. Diese statistischen Schallpegelverteilungen werden typischerweise bei Analysen von Umgebungslärm oder auch bei der Messung von Sprachsignalpegeln verwendet. Nach VDE 0833-4 kann die Wiedergabelautstärke eines Sprachalarmsystems entweder mit Hilfe eines rauschförmigen Testsignals mit Sprachspektrum oder mit einem „echten Sprachsignal“ gemessen werden. Bei Letzterem kann keine einfache Messung des äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} durchgeführt werden, da hier die Länge der Sprachpausen den Wert direkt beeinflussen würde. Stattdessen ist der $L_{A10\%}$ zu messen, der nur den in 10 % der Zeit überschrittenen Pegel berücksichtigt und damit im Normalfall von Sprechpausen unbeeinflusst bleibt.

Die vielen verschiedenen Varianten und Vorschriften der Schallpegelmessung lassen schon das Problem erkennen, dass es nicht immer ganz einfach ist, auch die passenden Werte zu bestimmen und festzuhalten. Während es bei alten Pegelmessern noch einer Entscheidung im Vorfeld der Messung bedurfte, welche Werte relevant waren, kann dank der Speicherkapazität moderner Geräte wie des XL2 pauschal erst einmal alles gespeichert und dann später ausgewertet werden. Der XL2 bietet dazu die Protokoll- und die Logging-Funktion. Für beide Funktionen können entweder selektiv bestimmte Messwerte aufgezeichnet werden oder eben pauschal alle verfügbaren Varianten und Kombinationen einschließlich der Terz- und Oktavbandwerte. Auf dem Display des Gerätes können während der Messung je nach Größe der Darstellung drei oder fünf Messwerte angezeigt werden.

Ist die Protokollfunktion eingeschaltet, dann werden immer am Ende einer jeden Messung, oder im Dauerbetrieb eines jeden Messzyklus, alle Werte in der Protokolldatei im ASCII Format (R_SLM) auf der SD-Karte gespeichert. Die Logging-Funktion arbeitet ähnlich. Hier können bestimmte Zeitintervalle vorgegeben werden, in denen alle Werte in zwei Logging-Dateien, einmal für die Breitbandwerte (L_SLM) und optional schaltbar für die einzelnen Frequenzband-

komprimierte ADPCM-Aufzeichnung gehört zur Grundausstattung des XL2, die WAV-Aufzeichnung ist Bestandteil des erweiterten Akustikpaketes. Der große Vorzug einer Aufzeichnung liegt darin, dass sich auch später noch leicht nachprüfen lässt, welches tatsächliche Schallereignis jetzt mit einem bestimmten Messwert in Zusammenhang steht.

Neben dem eigentlichen Messsignal können auch noch Kommentare aufge-

den eingebauten Lautsprecher des XL2 das Messsignal direkt mitzuhören.

Pegelüberwachung nach DIN 15905-5

Neben den allgemeinen Schallpegelmessungen dürfte die Veranstaltungsüberwachung nach DIN 15905-5 zu den wichtigen Funktionen des XL2 gehören. Beim Start des XL2 mit Setup Menu gibt es daher auch schon ein fertiges Setup speziell für diesen Einsatz. Alle nicht damit zusammenhängenden Funktionen sind dann ausgeblendet und es können nur diejenigen Parameter überhaupt eingestellt werden, die zu genau dieser Funktion gehören. Die Möglichkeit der Fehlbedienung ist damit auf ein Minimum reduziert. Worum geht es genau? Es ist bei einer Veranstaltung zum Schutz des Publikums sicherzustellen, dass am lautesten für Publikum zugänglichen Ort der Beurteilungspegel L_{aeq30} , also der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel über dreißig Minuten einen Wert von 99 dBA nicht überschreiten darf und zu keiner Zeit ein L_{CPKmax} , der C-bewertete Spitzenpegel einen Wert von 135 dB nicht überschreitet. Weitere Bedingungen besagen, das Publikum bei zu erwartenden Beurteilungspegeln von mehr als 85 dBA zu informieren und bei mehr als 95 dBA zum Tragen von Gehörschutz aufzufordern. Genau dafür ist das Gerät mit diesem Setup voreingestellt. Die Dauer der Messperioden ist 30 Min., der Messbereich ist auf 50 bis 150 dB eingestellt und angezeigt werden der L_{aeq30} und L_{CPKmax} der aktuell laufenden Messperiode sowie der L_{aeq5} , der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel für 5 Sekunden zur kurzfristigen Orientierung, welcher Pegel gerade vorherrscht. Zusätzlich gibt es noch für den ganz schnellen Überblick am Gerät eine Limit-LED, die bis 95 dB L_{aeq5} grün leuchtet, von 95 bis 99 dB gelb und ab 99 dB rot.

In Abbildung 7 fallen die Indizes k_1 und k_2 auf, die bisher noch nicht erläutert wurden. Dahinter stehen Korrekturfaktoren für die Differenz zwischen dem lautesten Ort im Publikum und der tatsächlichen Messposition. In der Regel wird es nicht möglich sein, das Messmikrofon dort zu platzieren, wo der höchste Pegel zu erwarten ist, was meist inmitten der Publi-



zeichnet werden, die z. B. bei überwachten Messungen erfolgen, wenn unerwartete Ereignisse auftreten und die Messwerte

beeinflussen. Der Anwender kann sich zur Überwachung der Messung entweder direkt vor Ort befinden oder auch an einer mit einem langen Kabel für das Mikrofon abgesetzten Position, wo dann die Möglichkeit besteht über Kopfhörer oder auch über

werte (L_{RTT}) geschrieben werden. Im Logging-Modus kann zudem eine Aufzeichnung des Messsignals in einer WAV-Datei erfolgen. Das Format ist 24 Bit/48 kHz oder alternativ als komprimiertes ADPCM. Die

kumsfläche irgendwo ist. Zudem wäre dort auch ein hoher Störpegel durch das Publikum selber zu erwarten, z. B. das Kreischen tausender Teenies wenn Tokio Hotel die Bühne betritt.

Daher steht das Mikro meist etwas abseits vom Publikum, z. B. am FOH-Platz, dem so genannten Ersatzimmissionsort, und es wird ein Korrekturfaktor von dort zum vermeintlich lautesten Platz, dem Immissionsort, eingerechnet. Dieser ist vorab durch zwei Messungen an den beiden Positionen gewissenhaft zu bestimmen. Dazu wird die Lautsprecheranlage mit einem breitbandigen Pinknoise beschickt und an beiden Positionen gemessen. Eine vorkonfigurierte Einstellung am XL2 macht diese Messung leicht. Abb. 8 zeigt die Vorgehensweise, wo lediglich das Mikro an den beiden Positionen aufzustellen und die Messung zu starten ist. Nach etwas mehr als zweimal 5 s Messdauer liegen dann die Korrekturfaktoren vor.

Zum Abschluss einer Veranstaltung wird die Messung gestoppt und der XL2 schreibt eine Report- und eine Logging-Datei im ASCII-Format auf seine SD-Karte. Gibt es hier Unregelmäßigkeiten, z. B. ein extrem hoher Spitzenpegel, dann lässt sich anhand der Logging-Datei der Zeitpunkt auf 5 s genau bestimmen, die man anschließend im synchron aufgezeichneten WAV-File anhören kann. In einem der nächsten Firmware-Updates, das wie immer kostenlos sein wird, werden die Reports einheitlich zeilenbasiert umgestellt werden, sodass eine automatisierte Visualisierung in Excel vereinfacht wird.

Der Veranstalter kann danach die Reports archivieren und ist so jeder Zeit in der Lage nachzuweisen, dass er seiner Sorgfaltspflicht nachgekommen ist.

Ähnlich komfortabel wie für die DIN 15905-5 lassen sich ebenfalls mit einem vorgefertigten Setup die Messungen der Schweizer SILV (Schall und Laserverordnung) 2007 nachmessen. Im Prinzip ist das Messverfahren mit dem der DIN 15905 vergleichbar, nur die Grenzwerte und zeitlichen Zyklen sind geringfügig anders.

STI-PA Messungen

In ähnlicher Form, wie sich der Bedarf nach Messgeräten für die DIN 15905-5 entwickelt hat, verhielt es sich auch mit Geräten für die Messung der Sprachverständlichkeit nach DIN 60268-16 und VDE 0833-4. Durch die Anwendung der Normen für Notfallwarnsysteme und natürlich auch für den Nachweis dem Kunden gegenüber entstand eine große Nachfrage nach einfach zu handhabenden Geräten für die Messung der STI- bzw. STI-PA-Werte. Gemessen wird die Sprachverständlichkeit mit Hilfe eines mehrfach modulierten Rauschsignals, dessen Verlust an Modulationstiefe ausgewertet und in den STI-Wert umgerechnet wird. Mehrere Faktoren können dabei zum Modulationsverlust und zur Verminderung der Sprachverständlichkeit führen. Das sind in erster Linie der Nachhall und Störgeräusche. Weitere Faktoren sind in Abhängigkeit vom Signalpegel die Hörschwelle auf der einen

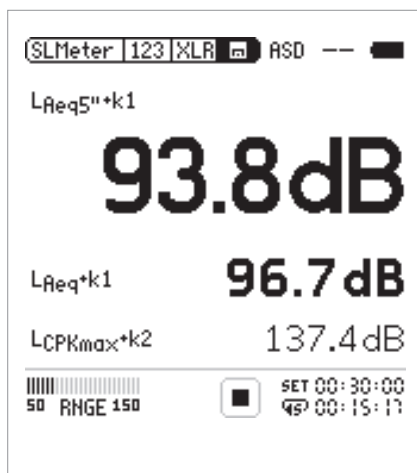


Abb. 7: XL2 Bildschirm im 15905 Modus. Hier hat man alle relevanten Werte sofort im Blick.

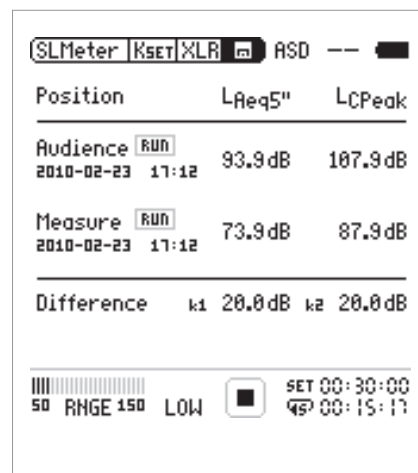


Abb. 8: XL2 Bildschirm zur Messung der Korrekturfaktoren k1 und k2

XL2 Sound Level Meter Reporting			
# Configuration			
	Start:	2010-02-23, 17:22:13	
	End:	2010-02-23, 19:30:00	
	Timer mode:	repeat sync	
	Timer set:	00:30:00	
	k1:	20.0 dB	
	k2:	20.0 dB	
	kset Date:	2010-02-23, 17:12	
	Mic Type:	NTi Audio M2210, S/N: 1110	
		User calibrated 2010-02-18	
	Mic Sensitivity:	17.7 mV/Pa	
# CYCLE 1, 2010-02-23, 17:30:00			
# Broadband Results			
	LAeq+k1	79.0	dB
	LCPKmax+k2	118.3	dB
# CYCLE 2, 2010-02-23, 18:00:00			
# Broadband Results			
	LAeq+k1	96.6	dB
	LCPKmax+k2	126.8	dB
# CYCLE 3, 2010-02-23, 18:30:00			
# Broadband Results			
	LAeq+k1	93.5	dB
	LCPKmax+k2	122.9	dB
# CYCLE 4, 2010-02-23, 19:00:00			
# Broadband Results			
	LAeq+k1	97.9	dB
	LCPKmax+k2	137.4	dB
# CYCLE 5, 2010-02-23, 19:30:00			
# Broadband Results			
	LAeq+k1	94.5	dB
	LCPKmax+k2	133.2	dB

Abb. 9: Report einer zweistündigen Messung in 30-Minuten-Zyklen nach DIN 15905-5. Lediglich ein Wert (LCPKmax) in Zyklus 4 wurde leicht überschritten.

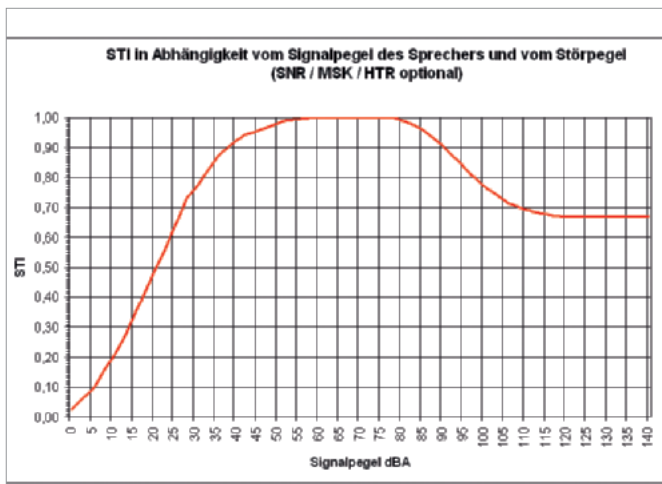


Abb. 10: Abhängigkeit der Sprachverständlichkeit als STI vom Sprachpegel im Zusammenhang mit der Hörschwelle und der Maskierung



Seite, wenn Signale sehr leise sind oder wenn Hörschäden vorliegen und auf der anderen Seite die Selbstmaskierung von Sprache, wenn sie sehr laut wird. Eine optimale Sprachverständlichkeit wird für Pegel zwischen 55 und 80 dBA erreicht. Die natürliche Sprechlautstärke in ruhiger Umgebung liegt im Mittel bei 60–70 dBA.

Abb. 10 zeigt die Zusammenhänge, wie die Sprachverständlichkeit bei ansonsten optimalen Bedingungen vom Pegel abhängt. D. h., wenn Sprache sehr leise wird, fallen die ersten Anteile unter die Hörschwelle und die Verständlichkeit sinkt. Wenn Sprache sehr laut wird, maskieren bzw. verdecken laute Vokale nachfolgende Details, was ebenfalls zu einer verminderten Verständlichkeit führt. Daher gilt der Grundsatz: Immer nur so laut wie nötig, denn lauter ist nicht zwangsläufig auch besser.

Alle diese Zusammenhänge müssen bei der STI-Messung berücksichtigt werden und sind im XL2 implementiert. Das zugehörige Testsignal kann entweder von einer beiliegenden CD oder natürlich vom MR-Pro Generator abgespielt werden. STI-PA-Testsignale anderer Hersteller sollten nicht verwendet werden, da nicht alle Signale zueinander kompatibel sind. Die Messung der STI-Werte läuft je nach Anforderung in einem oder zwei Schritte ab. Wenn der Noiseless STI gemessen wird, dann wird nur eine Messreihe benötigt, muss jedoch ein Störgeräusch mit einbezogen werden, dann muss das Störgeräusch entweder bei der STI-Messung in seiner Original-Lautstärke vorliegen oder es muss eine getrennte Störpegelmessung in einer zweiten Messreihe erfolgen. Beide Messreihen können anschließend über ein Excel-Sheet von NTI zusammengebracht werden, sodass die STI-Werte dann mit und ohne Störgeräusch in einer übersichtlichen Tabellenform vorliegen. Während der ca. 16 s dauernden STI-Messung wird der A-bew. Momentanpegel angezeigt und nach Ablauf der Messung der STI-Wert sowie der L_{aeq} für die Messperiode. In der Detaildarstellung lassen sich auch noch die linear bewerteten Oktavbandpegel sowie die 14 zur STI-PA-Messung gehörigen Modulationskoeffizienten anzeigen. Alle Messwerte werden im zugehörigen Report-File auf der SD-Karte des XL2 gespeichert. Das STI-Testsignal kann ohne weiteres auch zur Bestimmung des Sprachsignalpegels verwendet werden, da die spektrale Verteilung und der Crestfaktor dem eines natürlichen Sprachsignals entsprechen. Der Crestfaktor liegt bei 14 dB und die spektrale Verteilung entspricht exakt dem eines männlichen Sprechers nach 60268-16. Zu beachten ist, dass sich die zu messende Anlage während der Messung auch im Alarmierungszustand befindet.

Da die STI-PA-Messung prinzipbedingt etwas anfällig gegen Zeitvarianzen z. B. durch Wind ist, sollte man sich schon im Vorfeld der Messungen in der einschlägigen Norm kundig machen, wie die Messung genau durchzuführen ist. In jedem Fall empfiehlt es sich, das Messmikrophon vom Gerät abgesetzt auf einem ruhig stehenden Stativ zu platzieren und während der Messung einige Schritte vom Mikrophon wegzutreten. Ein Windschutz sollte ebenfalls verwendet werden.

Eine einzelne Messung pro Position ist nur dann zulässig, wenn der Wert über $\text{STI} = 0,63$ liegt. Ansonsten sind immer mindesten drei Messungen pro Position auszuführen. Liegt deren maximale Differenz unter 0,03, dann ist über diese drei Werte zu mitteln. Liegt die Differenz über 0,03 aber noch unter 0,05, dann sind drei weitere Messungen auszuführen. Bei einer Differenz von mehr als 0,05 ist die Messung als ungültig zu betrachten. Das Messraster sollte in einer angemessenen Größenordnung (Anhaltswert: 6 m) liegen und gleichmäßig über alle Bereiche verteilt sein. Abschließend ist über alle Messungen der Mittelwert zu bilden und von diesem noch die Standardabweichung abzuziehen, woraus sich dann der Gesamtwert

ergibt, der größer oder gleich 0,5 sein sollte. Diese Auswertungen lassen sich übersichtlich und einfach mit dem zugehörigen Excel-Sheet von NTI durchführen.

RT60 Messungen

Hinter der Bezeichnung RT60 (Reverberation Time 60dB) verbirgt sich im XL2 die Nachhallzeitmessung. Gemessen wird entweder mit abgeschaltetem Rauschen und einer Auswertung des Abklingverhalten oder nach der Methode der Schröderschen Rückwärtsintegration mit Impulsanregung.

Für die Messung mit abgeschaltetem Rosa Rauschen wird ein Signal von der Test-CD oder vom Generator genutzt. Die Messung beruht darauf, dass zunächst der Geräuschpegel in Oktavbändern ohne Signal gemessen wird. Den Pegel zeigt das Display durch eine erste Markierung an. Eine zweite Markierung befindet sich ca. 35 dB oberhalb der ersten Markierung und kennzeichnet so den Pegel, der mit dem Testsignal im jeweiligen Oktavband mindestens vorhanden sein muss, um eine Berechnung der Nachhallzeit durchführen zu können. Startet man das Testsignal und erhöht den Pegel soweit, dass in allen Oktavbändern die zweite Markierung überschritten wird, dann kann die Messung beginnen. Das Signalende triggert automatisch den Start der Messung. Die Resultate werden in einer zweiten Ansicht dargestellt, wobei die Ergebnisdarstellung sich auf die letzte Messung, eine bestimmte Einzelmessung aus einem Messdurchlauf oder auch den Mittelwert aus mehreren Messdurchläufen beziehen kann. Bei Problemen während des Messdurchlaufs, z. B. verursacht durch einen zu geringen Störabstand in einem Oktavband, kennzeichnet der XL2 das betroffene Oktavband in der Ergebnisdarstellung durch einen Hinweis.

Neu im XL2 gegenüber dem AL1 ist die Messung der Nachhallzeit mit einer Impulsanregung. Dazu wird die Messung gestartet und anschließend für verschiedene Kombinationen aus Sender und Empfänger eine Raumimpulsantwort aufgezeichnet und nach Schröder ausgewertet. Die Impulsanregung kann je nach Raumgröße und Störpegel durch eine Schreckschusspistole (Achtung, unbedingt Gehör-



Abb. 11: Darstellung der Messwerte nach einer STI-Messung. Der L_{Aeq} bezieht sich auf den 16 s langen STI Messzyklus.

schutz verwenden!), platzende Luftballons oder in kleinen Räumen auch durch ein kräftiges Händeklatschen oder das Platzen einer Brötchentüte (Achtung, vorher die Krümel entfernen!) erfolgen. Die Auswertung läuft voll automatisch ab und am Ende einer Messreihe werden die Mittelwerte und Abweichungen für die Oktavbänder von 63 Hz bis 8 kHz angezeigt. Je nach Art Quelle kann die Anregung der tieffrequenten Frequenzbänder schwierig werden. In die unteren Bänder entfällt ja wegen ihrer relativen Schmalbandigkeit am wenigsten Anregungsenergie und genau in diesem Frequenzbereich mag die Quelle wenig abstrahlen. Die Beispielmessung in Abbildung 13 zeigt das Problem. Hier wurde eine einfache Messung durch lautes Händeklatschen im Büro ausgeführt. Ab 250 Hz aufwärts konnten damit solide Ergebnisse erzielt werden, für das 125-Hz-Band und das 63-Hz-Band jedoch nicht. Ohne Frage ist die Methode der Impulsanregung für die Nachhallzeitmessung die schnellste und einfachste, da kein Lautsprecher und kein Verstärker benötigt wird. Erforderlich sind lediglich der XL2, ein Mikrofon, ein Stativ und die Knallquelle. Selbst bei mehreren Mittelungen ist so die Messungen für einen Raum binnen weniger Minuten durchzuführen. Aktuell ist es mit dem XL2 leider noch nicht möglich, die gemessenen Impulsantworten auch als WAV-Dateien abzuspeichern, was für weitere Auswertungen praktisch wäre.



Abb. 12: Details einer STI-Messung mit linear bewerteten Oktavbandpegel sowie den 14 zur STI-PA Messung gehörigen Modulationskoeffizienten

Sonstiges (Scope, Delay, Polarity)

Als weitere Funktionen im XL2 gibt es noch die Signaldarstellung in der voll automatischen Scope-Betriebsart. Nützlich ist diese Darstellung im Zeitbereich vor allem dann, wenn es darum geht schnell eine Signalform (Sinus, Rechteck, Rauschen, ...) zu erkennen und die Spannungswerte abzuschätzen.

Die Scope-Funktion gehört ebenso wie die Delayzeit-Messung und der Polaritätstester zur Grundausstattung des XL2. Die beiden letztgenannten benötigen jeweils ein entsprechendes Testsignal von der CD oder vom MR-Pro Generator.

Die Delay-Messung ist hilfreich, wenn Laufzeitdifferenzen von verschiedenen Boxen zum Hörer gemessen, ausgeglichen oder gezielt eingestellt werden sollen, um virtuelle Schallquelle zu positionieren.

Die Polaritäts-Messfunktion zeigt auf einem gesonderten Screen für jede der Oktaven 63 Hz bis 8 kHz die dominante Phasenlage sowie einen Indikator, wie viel der Signalenergie auf die jeweilige Oktave entfällt. Bei Impulstreue zeigt das Display 0 Grad und gleichen Pegel in allen Bändern. So erhält man hier neben der üblichen Möglichkeit, einen zusammenfassenden Polaritätswert zu messen, ohne gesagt zu bekommen, ob nun der Woofer, der Midrange oder Tweeter für das Messergebnis entscheidend war, auch ein Bild der Impulstreue der gemessenen Lautsprecherbox in ihrer Umgebung.

Preise

XL2 Basisgerät:
1.144,- €
MR-Pro Generator:
458,- €
M2210 Halbzoll Mic. Klasse 1:
1.104,- €
M4260 Viertelzoll Mic. Klasse
2.814,- €
STI-PA Option:
950,- €
Erweitertes Akustikpaket:
593,- €
CAL1 Kalibrator Klasse 1:
946,- €
CAL2 Kalibrator Klasse 2:
524,- €
Talkbox:
1.724,- €

Fazit

Der XL2 von NTI ist die lange erwartete Nachfolge des erfolgreichen AL1. Es handelt sich dabei um einen Schallpegelmesser mit erweitertem Funktionsumfang für STI-, THD- und RT60-Messungen. Erweitert und verbessert wurde das Gerät genau an den Punkten,

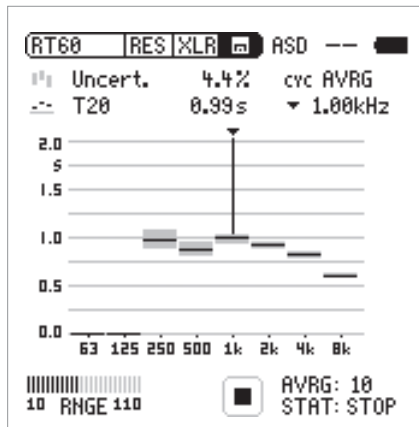


Abb. 13: Ergebnis einer einfachen Nachhallzeitmessung durch Händeklatschen als Impulsanregung im Büroraum. In den Bändern bei 125 und 63 Hz reichte die Signalenergie nicht mehr aus.

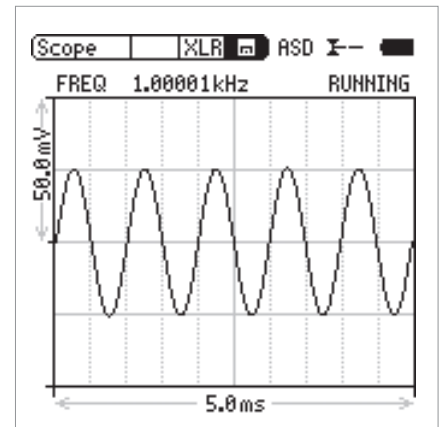


Abb. 14: Scope-Funktion des XL2 mit automatischer Spannungs- und Zeitachsen-Einstellung

wo man es sich auch schon immer gewünscht hat, sodass es jetzt viel Speicherplatz auf einer SD-Karte gibt, ein großes grafisches Display und ein robustes Gehäuse. Auch der Funktionsumfang wurde deutlich erweitert. Als Schallpegelmesser kann der XL2 kurz gesagt jetzt „einfach alles“, die RT60-Messung kann jetzt auch mit Impulsanregung erfolgen und es ist eine kontinuierlich Signalaufzeichnung im 48 kHz/24 Bit-Format möglich. Zusammen mit dem XL2 gibt es auch zwei sehr gute neue Messmikrofone der Klasse 1 und 2 mit ASD-Funktion. Die Handhabung und Bedienung betreffend ist der XL2 bestens gelungen, sodass es dem technisch nicht so versierten Anwender gut möglich ist, die Messungen durchzuführen. Insbesondere die wichtigen Messungen für Lärmpegel bei Veranstaltungen nach DIN 15905-5 und die Sprachverständlichkeitsmessung nach 60268-16 können mit dem XL2 nach einer kurzen Einführung sicher durchgeführt werden. Besonders erfreulich ist in diesem Zusammenhang der Preis des XL2, wo das Basisgerät schon für 961 € und ein Koffer mit dem kompletten Set inklusive Klasse-2-Mikro und MR-Pro Generator in der günstigsten Ausführung auch schon für 1.841 € zu haben ist. Wer sich in der Akustikbranche auskennt, weiß diese Preise mit Sicherheit sehr zu schätzen.

◆ Text und Messungen: Anselm Goertz
Fotos: Dieter Stork

