

XL2-Analysator/ STI-PA

Hintergrundinformationen zu den Messverfahren des XL2

Sprachverständlichkeit STI-PA, RASTI, STI

Talkbox oder Test-CD?

Durchsagesysteme in öffentlichen Gebäuden wie Bahnhöfen, Einkaufszentren oder Veranstaltungsräumen müssen im Notfall helfen, wichtige Informationen und Verhaltensregeln an alle Personen in Gefahrenbereichen weiterzugeben.

Nicht- oder falsch verstandene Nachrichten können dabei weitreichende Folgen haben.

Die DIN-EN 60849 schreibt deshalb für elektroakustische Notfallwarnsysteme eine Prüfung der Sprachverständlichkeit vor (andere nationale Normen siehe Tabelle). Damit soll unter realen Bedingungen ein Mindestmaß an Sprachverständlichkeit in Gefahrensituationen garantiert werden. Sprachverständlichkeit ist nicht etwa eine subjektive Größe; es gibt mehr oder weniger aufwendige objektive Bestimmungsverfahren, die in der IEC 60268-16 genormt sind.



Nationale Normen	
IEC 60268-16	Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit
DIN VDE 833-4	Gefahrenmeldeanlagen f. Brand, Einbruch, Überfall
DIN EN 60849 VDE 0828-1	Elektroakustische Notfallwarnsysteme
NFPA72	National Fire Alarm Code 2002 (section 7.4.1.4)
BS5839-8	Fire detection and alarm systems for buildings. Code of practice for the design, installation and servicing of voice alarm systems

Subjektive Bestimmungsverfahren

Wie das Wort Sprachverständlichkeit bereits aussagt, geht es bei deren Bestimmung nicht um Eigenschaften wie Frequenzgang, Verzerrungen und Lautstärke einer Beschallungsanlage (auch wenn diese Parameter Einfluss auf die Verständlichkeit haben). Vielmehr geht es darum, wie gut eine Nachricht tatsächlich an verschiedenen Orten verstanden werden kann.

Neben messtechnischen Bestimmungen der Sprachverständlichkeit gibt es eine ganze Reihe statistischer Verfahren, bei denen immer ein realer Sprecher sowie eine möglichst repräsentative Zahl von Hörern beteiligt sind. Ein geschulter Sprecher liest dabei, je nach Verfahren, eine Vielzahl von realen oder synthetischen Worten vor und jeder Hörer notiert für sich, was er glaubt, verstanden zu haben. Die Auswertung ergibt eine prozentuale Aussage, wie viel durchschnittlich von allen Hörern verstanden wurde.

Nach diesem Prinzip arbeitende Verfahren, heißen z.B. PB-words, CVC oder SRT (Speech Reception Threshold). Die Durchführung solcher Tests ist sehr aufwändig. Deshalb werden sie hauptsächlich dazu verwendet, messtechnische Verfahren während der Entwicklung zu überprüfen.

Messtechnische Verfahren

Bereits 1940 begannen die Bell Labs, Lösungen zur Messung von Sprachverständlichkeit zu entwickeln. Heute stehen Verfahren wie SII (Speech Intelligibility Index) oder die verschiedenen Varianten von STI (Speech transmission index) zur Messung der Sprachverständlichkeit zur Verfügung. Bei den Verfahren werden viele der folgenden für die Sprachverständlichkeit wichtigen Faktoren berücksichtigt:

- Sprachpegel
- Pegel von Hintergrundgeräuschen
- Reflektionen (Echos)
- Nachhall
- Psychoakustische Effekte (Verdeckungseffekte).

Messtechnische Verfahren verwenden synthetische Testsignale, die zwar nicht wie Sprache klingen, jedoch wichtige Parallelen zur realen Sprache aufweisen. Sowohl der durchschnittliche Frequenzgang als auch niederfrequente Veränderungen (Modulationen) sind der menschlichen Sprache nachgebildet.

Die Sprachverständlichkeitsmessung bestimmt, zu welchem Maß bestimmte Eigenschaften der menschlichen Stimme beim Hörer ankommen. Aufwändige Untersuchungen haben den Zusammenhang zwischen Verfälschung des Meßsignals und der tatsächlichen Sprachverständlichkeit gezeigt.

Diese Erkenntnisse steckten im Algorithmus eines Sprachverständlichkeits-Messgerätes. Dieses zeigt als Ergebnis eine Zahl zwischen 0 (0%, unverständlich) und 1, (100%, exzellent verständlich).

0	STI	0.3	0.45	0.6	0.75	1.0
		BAD	POOR	FAIR	GOOD	EXCELLENT
0	CIS	0.48	0.65	0.78	0.88	1.0

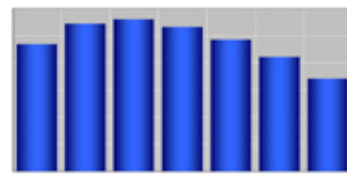


Sprachverständlichkeit - ein Vergleich der Verfahren

STI, RASTI oder STI-PA sind die am häufigsten verwendeten Messverfahren zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit. Alle drei Verfahren wenden im Grundsatz die gleiche Meßmethode an, wobei RASTI und STI-PA Vereinfachungen von STI sind. Dieser Artikel zeigt, was hinter diesen Verfahren steckt.

Sprachmodell

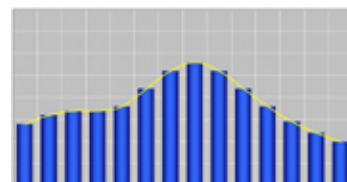
Um Sprachverständlichkeit überhaupt messtechnisch erfassen zu können, benötigt man zunächst ein Modell für Sprachsignale. Die Sprache lässt sich hierbei zum Beispiel als Frequenzgemisch beschreiben, welches zeitlich moduliert wird (Amplitudenmodulation)



Oktav-Spektrum männl. Sprecher gemittelt



Hüllkurve des Sprachsignals 250Hz-Band



Modulationsspektrum der 250Hz Hüllkurve

Frequenzspektrum

Analysiert man den Frequenzgehalt der menschlichen Sprache über eine längere Zeit, so erhält man z.B. für einen männlichen Sprecher den nebenstehend dargestellten Verlauf (durchschnittliches gemittelt Langzeit - Frequenzspektrum eines männlichen Sprechers, in Oktavbänden).

Zeitliche Modulation

Innerhalb jedes Frequenzbandes treten beim Sprechen Pegeländerungen auf, d.h. jedes Frequenzband wird durch den Sprecher „moduliert“ wobei der Verlauf der Hüllkurve durch den Sprachinhalt geprägt ist. Durch spektrale Untersuchung längerer Hüllkurvenspektren kann man zeigen, dass ein Sprecher die einzelnen Frequenzbänder mit Frequenzen zwischen 0.2 und 12.5 Hz moduliert.

Modulationsübertragungsfunktion (MTF)

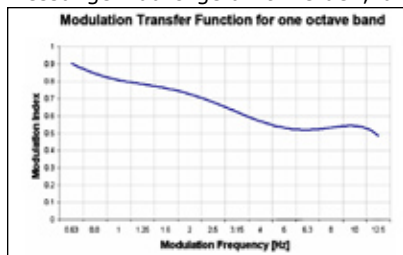
Um eine gute Sprachverständlichkeit zu erreichen, müssen die beim Hörer ankommenden Modulationen möglichst gut erhalten sein. Die Verfahren STI, RASTI und STI-PA basieren deshalb im wesentlichen auf der Messung der Modulationsübertragungsfunktion (MTF, Modulation Transfer Function). Diese beschreibt, in welchem Maße die Modulationen in den verschiedenen Frequenzbändern erhalten bleiben.

Das im oberen Bild gezeigte Hüllkurvenspektrum wird in einzelne Frequenzen im 1/3 Oktavabstand zerlegt (dies ergibt 14 Frequenzbänder zwischen 0.63 bis 12.5 Hz). Bei der Messung der MTF wird nun für jedes der 7 Sprachfrequenzbänder (oberes Bild) bestimmt, wie gut die einzelnen Modulationen erhalten bleiben.

Aus der MTF sowie weiteren Parametern wie Schalldruckpegel, Hörschwelle, Frequenzgang u. psychoakustischen Eigenschaften



(Verdeckungseffekte) lässt sich die Sprachverständlichkeit zuverlässig bestimmen. Die dafür notwendigen Rechenschritte basieren auf jahrelangen Untersuchungen und Vergleichen mit subjektiven Untersuchungsverfahren und werden ständig weiterentwickelt. Die Messung einer kompletten MTF, wie dies bei STI gemacht wird, kann sich sehr aufwändig gestalten. Zum Beispiel müssten im Prinzip $14 \times 7 = 98$ Messungen durchgeführt werden, um eine komplette MTF zu bestimmen, was mindestens 15 Minuten dauern würde. Um diese Dauer zu verkürzen, wurden für verschiedene Anwendungsfälle Vereinfachungen entwickelt, die in der Praxis eine Messung der Sprachverständlichkeit mit einem portablen Messgerät ermöglichen.



STI - Speech Transmission Index

Bei STI werden alle 98 Messungen zur Bestimmung der MTF durchgeführt. Wie bereits erwähnt, ist dies sehr aufwändig und wird daher in der Praxis kaum eingesetzt. STI stellt die kompletteste Art der Sprachverständlichkeitsmessungen dar und wird vor allem dann verwendet, wenn auf Grund ungünstiger Bedingungen andere Verfahren nicht durchgeführt werden können.

Octave Bands	Modulation Frequencies													
	0.63 Hz	0.8 Hz	1 Hz	1.25 Hz	1.6 Hz	2 Hz	2.5 Hz	3.15 Hz	4 Hz	5 Hz	6.3 Hz	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz
125 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

In der Praxis wird STI sehr oft über die Messung der Impulsantwort mit Hilfe von PC-basierenden Systemen berechnet. Dieser Ansatz ist zwar sehr schnell, setzt aber einiges an Erfahrung und vor allem ein lineares Übertragungssystem voraus, d.h. es dürfen keine Kompressoren oder Begrenzer in der Übertragungsstrecke vorhanden sein, was in der Praxis so gut wie nie gegeben ist.

RASTI - Room Acoustics Speech Transmission Index

RASTI mißt nur wenige Abschnitte einer kompletten MTF. Dies stellt eine extreme Vereinfachung von STI dar und hat zur Folge, dass die zuverlässige Bestimmung der Sprachverständlichkeit mit RASTI nur unter starken Einschränkungen möglich ist. Eigenschaften wie Frequenzgang, Echo oder frequenzabhängige Nachhallzeiten werden von RASTI kaum berücksichtigt

Octave Bands	Modulation Frequencies													
	0.63 Hz	0.8 Hz	1 Hz	1.25 Hz	1.6 Hz	2 Hz	2.5 Hz	3.15 Hz	4 Hz	5 Hz	6.3 Hz	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz
125 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Lediglich zwei von einem RASTI Generator gleichzeitig ausgesendeten Frequenzbänder werden für die Bestimmung der MTF herangezogen. Das 500 Hz Band wird mit 4, das 2 kHz Band mit 5 Frequenzen gleichzeitig moduliert. Der reale Einsatz von RASTI beschränkt sich zumeist auf die Bestimmung der Sprachverständlichkeit zwischen zwei Personen. RASTI war jedoch lange Zeit die einzige Möglichkeit, die Sprachverständlichkeit mit einem portablen Gerät zu messen.

STI-PA - Speech Transmission Index for Public Address Systems

Erhöhtes Sicherheits- und Qualitätsbewusstsein, neue technologische Möglichkeiten und die Unzulänglichkeiten von RASTI bewogen die Firma Bose zusammen mit dem Forschungsinstitut TNO dazu, einen neuen Ansatz zur Messung der Sprachverständlichkeit von Beschallungsanlagen zu entwickeln. Das Resultat dieser Entwicklungen ist das STI-PA Verfahren, welches mit wenigen Einschränkungen die einfache und zuverlässige Messung der Sprachverständlichkeit mit portablen Messgeräten ermöglicht.

Octave Bands	Modulation Frequencies													
	0.63 Hz	0.8 Hz	1 Hz	1.25 Hz	1.6 Hz	2 Hz	2.5 Hz	3.15 Hz	4 Hz	5 Hz	6.3 Hz	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz
125 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Die IEC 60268-16 beschreibt eine STIPA-Methode, bei der das 125Hz- und das 250Hz-Band kombiniert werden und die gelb markierten Bereiche unberücksichtigt bleiben

Auch STI-PA verwendet ein vereinfachtes Verfahren für die Messung der MTF. Diese Vereinfachungen fallen jedoch massiv geringer als bei RASTI aus. Bei STI-PA wird die MTF aus allen 7 Frequenzbändern bestimmt. Die 14 Modulationsfrequenzen werden dabei auf die 7 Frequenzbänder aufgeteilt, so dass jedes Frequenzband mit zwei Frequenzen moduliert wird. Alle 7 modulierten Frequenzbänder werden von einem STI-PA Generator gleichzeitig wiedergegeben.

Unter der Voraussetzung, dass keine impulshaltigen Hintergrundgeräusche auftreten und keine massiven nichtlinearen Verzerrungen

vorliegen, liefert STI-PA qualitativ vergleichbare Ergebnisse wie STI, (allerdings in 15 Sekunden!). Liegen im normalen Betriebsfall impulshaltige Hintergrundgeräusche vor, so kann eine Messung auch während einer Ruhezeit (z.B. in der Nacht) durchgeführt werden und zusammen mit separat aufgezeichneten Spektren des Hintergrundgeräusches der korrekte STI Wert errechnet werden.

Portable STI-PA Analytoren wie z.B. der XL2 von NTi Audio können die Sprachverständlichkeit innerhalb von 15 Sekunden pro Messtelle exakt erfassen und eignen sich somit bestens für eine flächendeckende Überprüfung bei höchster Genauigkeit!

Alle relevanten Normen können mit dem XL2 voll abgedeckt werden (z.B.: DIN EN/ IEC 60268-16, DIN VDE 0833-4 DIN EN 60849, VDE 0828).

Octave Bands	Modulation Frequencies													
	0.63 Hz	0.8 Hz	1 Hz	1.25 Hz	1.6 Hz	2 Hz	2.5 Hz	3.15 Hz	4 Hz	5 Hz	6.3 Hz	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz
125 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8 kHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Die NTI-STI-PA-Methode, (die von TNO verifiziert wurde!) berücksichtigt alle 7 Oktavbänder und alle 14 Modulationsfrequenzen. Sie liefert daher noch etwas genauere Werte als die IEC STI-PA-Metrode, bei der das 125Hz- und das 250Hz-Band kombiniert werden und die gelb markierten Bereiche (Bild links unten) unberücksichtigt bleiben.

Test-CD oder Talkbox?



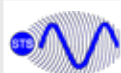
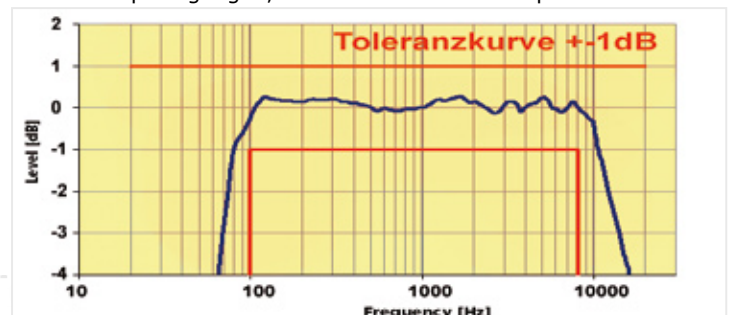
Grundsätzlich kann bei der Überprüfung von Durchsagesystemen das STIPA-Testsignal auch elektrisch, z.B. über einen CD-Player eingespeist werden. Vor allem, wenn die Notfallwarnanlage ausschließlich automatische Durchsagen erlaubt, ist dies völlig in Ordnung. (Dies ist jedoch selten der Fall - meist sind zusätzlich Durchsagen z.B. von der Feuerwehr oder Angestellten möglich.)

Die Verwendung einer kalibrierten akustischen Signalquelle wie der NTI-Talkbox bietet zwei große Vorteile:

- Die gesamte Signalkette vom Mund des Sprechers bis hin zum Ohr des Hörers wird geprüft. (Dies schließt auch die Raumakustik in der Sprecherkabine, sowie die Mikrofoneigenschaften ein!)
- Viele CD-Player (auch höherwertige) weisen eine leicht schwankende Abtastrate (Jitter) auf. Hierdurch werden die Ergebnisse einer STI-PA-Messung unter Umständen verfälscht - Ein Nachteil, den man durch eine Talkbox zuverlässig ausschließen kann.

Die kopfgroße NTI TalkBox ersetzt und simuliert den menschlichen Sprecher während Sprachverständlichkeits-Messungen und bietet darüber hinaus noch zahlreiche weitere nützliche Testsignale (auch „Wave-Files“ von Flashkarte. Da sie auch einen elektrischen Ausgang besitzt, ist sie zugleich ein hochwertiger tragbarer Signalgenerator.

Durch den präzise entzerrten, extrem flachen Frequenzgang (siehe unten) eignet sie sich auch hervorragend zur Überprüfung von Mikrofon-Frequenzgängen, oder als Referenzschallquelle.



Schalltechnik SÜD & NORD
PROFESSIONELLE SCHALLMESSTECHNIK

Zentrale und Vertrieb Süd
Schalltechnik SÜD & NORD GmbH
Nürnbergener Straße 262
93059 Regensburg
Tel.: 0941/94 555 85
Fax.: 0941/94 555 83
www.akustiktest.de
sued@akustiktest.de

Vertriebsbüro Nord
Schalltechnik SÜD & NORD GmbH
Am Schwarzen 13
45239 Essen
Tel.: 0201/54 56 980
Fax.: 0201/54 56 981
www.akustiktest.de
nord@akustiktest.de