



Foto: Karl M. Slavik

▲ Bild 1: Beschallung mit hoher Sprachverständlichkeit trotz akustisch ungünstiger Situation in einer Galerie

# SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT IN BESCHALLUNGSSYSTEMEN

Text **Karl M. Slavik**

„Wie bitte? Das habe ich nicht verstanden.“ Wenn Zuhörern dieser Satz durch den Kopf geht, hat Beschallung nicht funktioniert – am Bahnsteig ebenso wenig wie im Konzertsaal. Die Messung der Sprachverständlichkeit ermöglicht nicht nur eindeutige Aussagen über den Ist-Zustand und die Qualität von Beschallungssystemen, sie gibt auch wichtige Hinweise für die Optimierung der Anlagen.

Am 24. Dezember 1915 wurde in San Francisco die erste Großbeschallung der Geschichte durchgeführt, rund 100.000 Zuhörer wurden am Weihnachtsabend mit klar verständlicher Sprachinformation versorgt. Man sollte meinen, dass die letzten hundert Jahre zu einer weitgehenden Perfektion von Beschallungssystemen führten und schlechte Sprachverständlichkeit heute nur mehr ein Relikt aus fernen Tagen ist. Doch die tägliche Beschallungspraxis ist leider oft anders: Mangelnde Sprachverständlichkeit und ein allgemein grottiger Sound befinden sich nach wie vor im Repertoire der fest installierten, aber auch mobilen Beschallungstechnik. Ärgerlich, wenn man dafür auch noch Eintritt bezahlt hat. Gefährlich und gesetzwidrig, wenn deswegen gesprochene Warnhinweise nicht verstanden werden.

## WAS IST SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT?

Der Terminus Sprachverständlichkeit beschreibt, wie klar und eindeutig gesprochene Informationen bei der Übertragung über ein Beschallungssystem erhalten bleiben. Bereits früh wurden manuelle Verfahren zur Bestimmung der objektiven Sprachverständlichkeit entwickelt, bei denen ein Sprecher am Rednerpult bedeutungsreiche Silben und Worte vorlas, die von den Zuhörern im Saal möglichst fehlerfrei notiert werden sollten. Das Ergebnis wurde meist als Prozentangabe ausgedrückt, wobei 100% für fehlerfreie Übertragung stand. In den 1940er Jahren entwickelten die Bell Laboratories erste

Messverfahren für Sprachverständlichkeit. Der ALCons (Articulation Loss of Consonants) bezeichnet den Artikulationsverlust für Konsonanten, wobei die Prozentangabe für die nicht richtig verstandenen Worte bzw. Konsonanten steht. Ein ALCons-Wert von 0,00% stünde damit für fehlerfreie Übertragung (keinerlei verlorene Konsonanten).

Moderne Messverfahren, wie etwa STI (Speech Transmission Index) oder STIPA (Speech Transmission Index of Public Address Systems) versuchen, das Ergebnis als Einzahlwert darzustellen, wobei möglichst viele Störfaktoren (ergo die Realität) miteingerechnet werden sollen. Das Ergebnis wird als Zahlenwert (STI) zwischen 0,00 (keine Verständlichkeit) und 1,00 (perfekte Sprachverständlichkeit) ausgedrückt. Gute Beschallung erreicht selbst

in akustisch ungünstigen Räumen Ergebnisse zwischen 0,45 und 0,65, in akustisch guten Räumen 0,70 bis 0,90. Zum Vergleich: Eine gute Studioübertragungskette erreicht auf dem Weg über Mikrofon im Sprecherstudio und Studiomonitor im Regieraum typische STI-Werte zwischen 0,90 und 0,97 (Messungen des Autors).

## FREUNDE UND FEINDE DER SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Technisch ausgedrückt ist gute Sprachverständlichkeit immer dann gegeben, wenn die Modulationstiefe des Sprach- oder Testsignals ohne Veränderung erhalten bleibt. Das Signal wird ohne Veränderungen und ohne Verdeckungen in der Amplitude, im Spektrum und in der Zeitachse übertragen.

Gute Sprachverständlichkeit hat viele Feinde, aber auch mächtige Freunde. Hier eine Übersicht über die häufigsten Fallstricke, aus denen implizit auch die Lösung ableitbar ist.



Foto: Karl M. Slavik

▲ Bild 2: Messung der Sprachverständlichkeit mit NTi Audio XL2

Eine der wichtigsten Einflussgrößen ist die **Raumakustik**. Zu lange Nachhallzeiten (RT60) sowie späte Reflexionen (rund 80 bis 150 ms) wirken wie „Spachtelmasse“, die die nutzbare Modulationstiefe des Sprachsignals durch Überlagerung „zuschmiert“ und damit die Informationserkennung erschwert.

**Ungünstig positionierte Lautsprecher** mit ungeeigneter Abstrahlcharakteristik beschallen zwar den Raum, wie etwa gegenüberliegende Wände und Glasfronten, jedoch nicht direkt den Zuhörer. Dadurch wird der Nutzschallpegel beim Zuhörer

kleiner, der Störschallpegel (Reflexionen, Geräuschpegel) steigt im Verhältnis, die Sprachverständlichkeit nimmt ab.

**Unterdimensionierte Beschallungssysteme**, die nicht in der Lage sind, laute Publikumsgeräusche oder zum Beispiel das Einfahren eines Zuges zu übertönen, sind ein weiteres Problem. Auch hier verschlechtert sich das Nutz-Störsignalverhältnis, die Sprachverständlichkeit sinkt. Ausreichend dimensionierte Beschallung sollte zumindest 10 bis 15 dB über dem lautesten Störgeräusch liegen, wobei natürliche Grenzen (Gehörschutz) und störende Maskierungseffekte zu beachten sind.

schlecht gelungene Signalbearbeitung davor. Zu stark eingesetzte Dynamikkompensation, überfahrene Limiter, unnötige Beschneidungen oder Anhebungen im Frequenzgang und auch zu knauseartige Datenreduktion verschlechtern die Sprachverständlichkeit.

Musikalisch begleitete Lesungen in ehemaligen Flugzeug-Hangars, Improvisationstheater in leeren Schwimmbecken städtischer Bäder, Bahnsteigbeschallung beim Einfahren eines Zuges: In all diesen Fällen sind sehr genaue Planung und ein stark erhöhter technischer Aufwand nötig, um vernünftige oder zumindest erträgliche Sprachverständlichkeit zu erzielen.

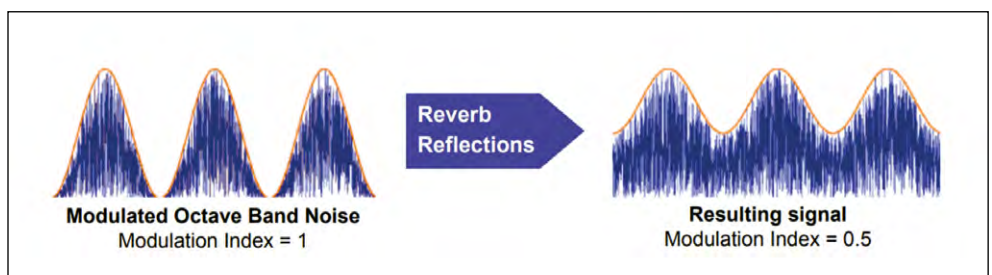
## GESETZLICHE ANFORDERUNGEN

Egal ob Konzertbeschallung, Flughafen-durchsagen oder Hörsaal-Beschallung: Die Sprachverständlichkeit ist eine der wichtigsten, entscheidendsten Größen

STI-Wert	Qualität <sup>1)</sup>	Verständlichkeit von Silben in %	Verständlichkeit von Worten in %	Verständlichkeit von Sätzen in %
0 – 0,3	Bad (ungenügend)	0 – 34	0 – 67	0 – 89
0,3 – 0,45	Poor (mangelhaft)	34 – 48	67 – 78	89 – 92
0,45 – 0,6	Fair (befriedigend)	48 – 67	78 – 87	92 – 95
0,6 – 0,75	Good (gut)	67 – 90	87 – 94	95 – 96
0,75 – 1	Excellent (Sehr gut)	90 – 96	94 – 96	96 – 100

1) Eine genauere Klassifikation der Sprachverständlichkeit STI in 12 Kategorien zwischen A+ (besser als 0,76) und U (schlechter als 0,36) findet sich in EN 60268-16 Annex F und Annex G

▲ Tabelle 1: Bedeutung der STI-Werte in der Praxis



Grafik: NTi-Audio

▲ Bild 3: Nachhall und andere Störungen reduzieren die Modulationstiefe

**Psychoakustische Maskierungseffekte** tragen ebenfalls zum Nachlassen der Sprachverständlichkeit bei. Nicht nur externe Störquellen zählen hier dazu, sondern durchaus auch die Sprache selbst, und das vor allem bei sehr hohen Sprachpegeln. Tieffrequente Anteile in der Sprache können durch die Maskierung leiserer, höherfrequente Laute verdecken und verhindern so deren Wahrnehmung. Eine weitere Störgröße sind **lineare und nichtlineare Verzerrungen** der Übertragungsstrecke. Verursacht werden diese Störungen nicht nur durch übersteuerte Verstärker und schlechte Lautsprecher, sondern oftmals durch gut gemeinte, aber

zur Bewertung von Lautsprecheranlagen aller Art. Wenn Beschallungsanlagen auch als Sprachalarmierungsanlagen (SAA) eingesetzt werden, gelten besonders strenge Richtlinien.

In Deutschland sind die Anforderungen an Sprachalarmanlagen in der Norm DIN VDE 0833-4 geregelt, in Österreich in den Brandschutzrichtlinien TRVB 123 und 158, für beide Länder gilt auch EN 50849 für „Elektroakustische Notfallwarnsysteme“. Die Details zur Sprachverständlichkeitsmessung sind im Standard EN 60268-16

spezifiziert. Doch ab wann gilt eine Beschallungsanlage als „Sprachalarmierungsanlage“, die hinsichtlich ihrer Sprachverständlichkeit (und anderen Kriterien) den genannten Normen unterliegt?

Viele Festinstallationen, zum Beispiel in Hörsälen, Hotels und Konferenzzentren, stellen eine Kopplung aus Hochleistungsbeschallung (für Vorträge, audiovisuelle Präsentationen, Konzerte, Partys) und akustischer Alarmierungsanlage dar. In diesen Fällen gilt für die gesamte (!) Anlage die Vorgabe für „Elektroakustische Notfallwarnsysteme“ gemäß EN 50849. Über diese Norm werden die Leistungsanforderungen an solche Systeme definiert und damit garantiert, dass Verfügbarkeit und Betriebssicherheit für höchste Anforderungen sichergestellt ist. Im Alar-

▼ Akustik-Mess-Set mit STIPA Funktion: NTi Audio XL2 Analyzer mit Messmikrofon und Generator MR-PRO 01



Foto: Karl M. Slavik

Anforderungen an Betriebssicherheit und Sprachverständlichkeit stellen wie bei fix installierten Anlagen. Auch ohne besondere behördliche Auflagen empfiehlt es sich dringend, Anlagen dem Stand der Technik nach zu planen und für höchste Sprachverständlichkeit zu sorgen. Im Anlassfall, etwa bei Verletzungen nach einer Massenpanik oder durch Unwetter, wird im Allgemeinen genau geprüft, ob Durchsagen der Veranstalter gut hörbar waren und zur Verkehrslenkung eingesetzt wurden (allgemeine Sorgfalts- und Verkehrssicherungspflicht).

### MESSUNG DER SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Auch wenn es heute mehrere Verfahren zur Ermittlung der Sprachverständlichkeit gibt, hat sich STIPA als schnelle und genaue Methode für viele Anwendungen etabliert. Die Erfassung des „Speech Transmission Index for Public Address Systems“ wurde von NTi Audio weiterentwickelt und ist heute nach EN 60268-16 genormt, mehrere Messgerätehersteller bieten dieses Verfahren mittlerweile an. STIPA basiert auf der Messung der MTF (Modulation Transfer Function), gemess-

## Literaturtipps

- The Measurement of Speech Intelligibility. Herman J.M. Steeneken, TNO Human Factors, Soesterberg, the Netherlands.
- Bedienungsanleitung XL2, NTi Audio, 2018 <http://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/XL2-Anleitung.pdf>
- Beschallungsanlagen in Räumen, Teil 3 (Messtechnik und STI). Seminarunterlagen (PDF) von Anselm Goertz und Alfred Schmitz. DEGA Akademie Raumakustik und Beschallung, 2017.
- EN 60268-16, Objektive Bewertung des Sprachverständlichkeit durch den Spürachübertragungsindex (IEC 60268-16:2011)
- NTi Audio Application Note „Speech intelligibility“, 2017

Die Messung der Sprachverständlichkeit kann auf zwei Arten realisiert werden: Entweder mittels Signalgenerator (z.B. NTi Audio MR-PRO), der das STIPA-Signal direkt in das zu prüfende Beschallungssystem einspeist, oder mittels „TalkBox“ mit eingebautem Signalgenerator. Dieser spezielle Lautsprecher dient als „Sprecher-Ersatz“ und wird vor dem Mikrofon

► Tabelle 2: Zusammensetzung des STIPA Messsignals

		Modulationsfrequenzen													
		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
Oktavbänder	125 Hz					✓							✓		
	250 Hz			✓							✓				
	500 Hz	✓							✓						
	1 kHz						✓							✓	
	2 kHz				✓							✓			
	4 kHz		✓							✓					
	8 kHz							✓							✓

mierungsfall muss etwa die laufende Darbietung automatisch unterbrochen und eine (meist automatische) Durchsage in ausreichender Sprachverständlichkeit übertragen werden können. Für die meisten Anlagen ist im Normalbetrieb eine Sprachverständlichkeit von STI=0,5 oder 0,55 vorgeschrieben, beim Ausfall von Anlagenkomponenten muss zumindest STI = 0,45 erreicht werden (vergleiche z.B. DIN VDE 0833-4 oder TRVB 158).

Bei mobilen Aufbauten, etwa für große Open-Air-Konzerte und Sportveranstaltungen, aber auch in kleineren Sälen, wird die Beschallungsanlage im Notfall ebenfalls zur Sprachalarmierungsanlage (SAA). Damit kann die Behörde, die den jeweiligen Event genehmigt, ähnlich strenge

sen wird also der Verlust an Modulationstiefe in verschiedenen Oktavbändern. Als Messsignal kommt speziell modulierte Rauschen in den Oktavbändern von 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 und 8.000 Hz zum Einsatz, wodurch sowohl die Übertragungsqualität im Basisband, als auch die für die Sprachverständlichkeit besonders wichtigen Oberwellen der Sprache (Formanten) beurteilt werden können. In jedem Oktavband wird das Rauschen mit zwei Frequenzen moduliert, es entsteht ein amplitudenmoduliertes Rauschsignal. Spektrum und Modulation entsprechen dem zeitlich gemittelten Signal eines männlichen Sprechers.

der Beschallungsanlage positioniert. Als Analyzer kommt ein NTi Audio XL2 mit STIPA-Software und Messmikrofon zum Einsatz. Die Messung selbst dauert etwa 15 Sekunden, wobei eine Korrektur der ermittelten Sprachverständlichkeit mit dem Spektrum des Umgebungslärms möglich ist. Während der Messung dürfen keine impulshaltigen Störgeräusche oder andere kurze Sprechgeräusche auftreten. Eine automatische Mittelung berechnet den Durchschnitt und die statistische Abweichung mehrerer Messungen. Die Anzeige des Ergebnisses erfolgt als Sprachverständlichkeitsindex in STI (Speech Transmission Index) oder CIS (Common Intelligibility Scale,  $CIS = 1 + \log(STI)$ ). ●