

Sprachverständlichkeit in Kirchen, Klassen- räumen und Kindertageseinrichtungen

Hinweise zur Messung des Sprachübertragungsindex STI

In deutschen Regelwerken sind Verfahren zur Ermittlung des STI einerseits in Bezug auf die Verständlichkeit der Ansagen bei Sprach-Alarmierungs-Anlagen (SAA) beschrieben (VDE 0833-4) und andererseits im Hinblick auf die Abschirmung, also eigentlich die Sprach-Un-Verständlichkeit, in Büro-raum-Arbeitsplätzen (VDI 2569 und DIN EN ISO 3382-3). Eine sehr gut verständliche Einführung hierzu hat Anselm Goertz geschrieben ^{1 2}.

Zunächst habe ich mit den STI-Messungen bei Kirchen begonnen, um die Übertragungsqualität einer neuen Beschallungsanlage (zum Beispiel im Vergleich zu der alten oder zu der Sprachbeschallung ohne Verstärkung) zu belegen. In Anlehnung an das Verfahren für SAA wird ein kleiner Lautsprecher als Sprechernachbildung in dem für die Nutzung typischen Abstand vor dem Mikrofon aufgestellt und dieses mit dem STIPA-Rauschen beschallt. An verschiedenen Punkten im Raum wird der Sprachübertragungsindex für das von den Lautsprechern abgestrahlte Signal ermittelt, anschließend die Beschallungsanlage ausgeschaltet und der STI mit natürlicher Schallausbreitung erfasst. Bisweilen werden bei einer Probebeschallung auch die STI-Werte der alten Anlage mit denen der zur Probe aufgebauten verglichen.

In Klassenräumen und Kindertageseinrichtungen gibt es typischerweise keine Beschallungsanlagen. Somit kann man dort auch nicht normgerecht nach VDE 0833 oder zumindest in Anlehnung an diese Richtlinie messen. Aber in baulich ähnlichen Räumen kann man zumindest vergleichende

¹ <https://www.professional-system.de/basics/sprachverstaendlichkeit-sti-basiswissen/>

² <https://www.professional-system.de/basics/sti-messen-und-auswerten/>

Messungen durchführen. Dadurch kann man zum Beispiel in Klassenräumen zeigen, wie sich die zusätzliche schallabsorbierende Ausstattung auf die Verbesserung der Sprachverständlichkeit auswirkt. Solche Messungen haben auch Oberdörster und Tiesler³ bei ihrer Forschungsarbeit zur akustischen Ergonomie der Schule vorgenommen. Die damals untersuchten Klassenräume hatten alle ein Volumen von knapp 200 m³ und waren als rechteckige Räume auch baulich ähnlich. Da sie jeweils die Nachhallzeit des Klassenraumes und den dortigen STI gemessen haben, konnten sie die sehr enge Korrelation zwischen beiden Werten von 0,977 mit Messungen in über 150 Räumen belegen.

Für vergleichende Untersuchungen ist es natürlich wichtig, auch vergleichbare Situationen zu messen. In Kirchen steht deshalb der Messlautsprecher im typischen Besprechungsabstand vor dem Mikrofon am Lesepult/Ambo und bleibt an dieser Stelle auch bei ausgeschalteter Anlage stehen. In Klassenräumen ist die ungünstigste Situation beim Frontalunterricht mit relativ großen Abständen von den Schülern gegeben. Dann steht der Lautsprecher vor der Tafel (mit Blickrichtung zu den Schülern). Wenn es räumlich möglich ist, dann wird der Lautsprecher an einem zweiten Standort bei einer vertikalen Raumkante positioniert, um in der Diagonalen möglichst große Abstände messen zu können.

Das Messmikrofon wird in Kirchen relativ nahe der Längsachse aufgestellt, zum Beispiel am 1. Sitzplatz links oder rechts des Mittelganges. Die Messungen erfolgen dann Reihe für Reihe in Kirchen-Längsrichtung. In Klassenräumen wird in Abständen von 0,25 m, 0,5 m, 1 m und dann weiter Meter für Meter gemessen.

Prinzipiell könnte man in Klassenräumen auch direkt an den Schüler-Sitzplätzen messen. Wenn allerdings in zwei zu vergleichenden Klassenräumen die Tische unterschiedlich aufgestellt sind, dann wird ein solcher Vergleich schwierig. Deshalb bin ich davon wieder abgekommen und messe lieber auf einer Linie Meter für Meter.

³ Markus Oberdörster, Gerhart Tiesler: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1071(2006)

Messvorgang

Als Anregungs-Signal verwende ich das STIPA-Rauschen, welches vom NTi-Minirator auf den kleinen Lautsprecher als Sprecher-Nachbildung gegeben wird. Hierfür benutze ich den PAL-Tivoli, ein kleines akkubetriebenes Kofferradio mit Line-Input und 50 mm-Lautsprecher. Auf diese Weise bin ich mit der gesamten Messapparatur vom Stromnetz unabhängig.



Den Lautsprecher habe ich einmalig auf 60 dB(A) in 1 m Abstand im Freifeld kalibriert. Bei meinem Gerät wird dieser Pegel erreicht, wenn der Lautstärkereger am PAL-Tivoli auf Vollanschlag steht und die Ausgangsspannung am Minirator auf -38 dB eingestellt ist. Das ist auch etwa das Maximum, was man dem PAL-Tivoli zumuten darf. Bei höheren Eingangsspannungen fängt der Lautsprecher an zu klirren, was sich sofort auf die Qualität der STI-Messung auswirkt. Wer eine von Haus aus kalibrierte Referenzschallquelle einsetzen möchte, der kann die NTi Talkbox⁴ einsetzen. Der Lautsprecher ist dann aber ein „Großmaul“ mit über 100 mm Durchmesser.

Der PAL-Tivoli-Lautsprecher wird auf einem Stativ so aufgestellt, dass die Lautsprechermitte der mittleren Mundhöhe einer stehenden Person entspricht, also etwa 1,5 m bis 1,6 m über dem Boden. Dafür habe ich mir

⁴ <http://www.nti-audio.com/de/produkte/talkbox.aspx>

eine Grundplatte mit Stativgewinde anfertigen lassen. Auf dieser Platte wird der PAL-Tivoli mit stabilen Gummibändern fixiert.



Für die Messungen im Zuhörerbereich steht das Messmikrofon auf einem Stativ in 1,2 m Höhe. Wenn man den XL2 mit aufgestecktem Mikrofon in der Hand hält, dann verändern (verschlechtern) bereits kleine räumliche Schwankungen das Ergebnis, weil das Messgerät daraus eine Verkleinerung der Signalmodulation erkennt.

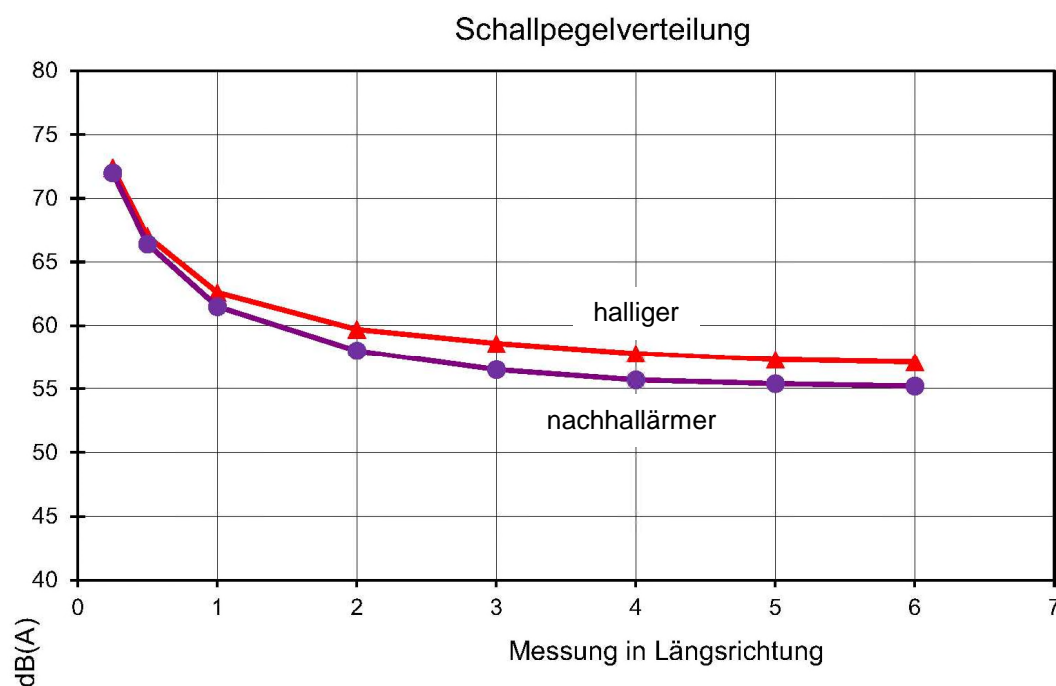
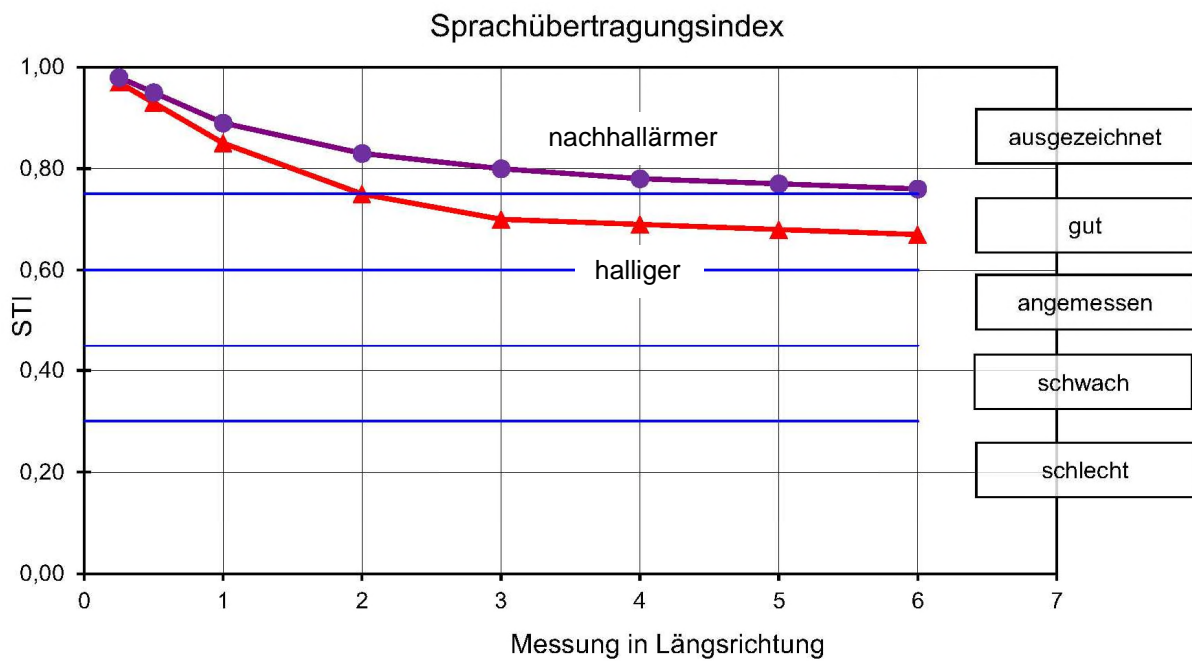
Die Messungen im Nahbereich (0,25 m, 0,5 m und 1,0 m) führe ich genau auf der Lautsprecherachse durch. Hier würde sich sonst die Abstrahl-Charakteristik des Lautsprechers zu stark bemerkbar machen. Beim Einmessen der Abstände von 0,25 m und 0,5 m muss man beachten, dass der tatsächliche Abstand zur schallabstrahlenden Membran nicht der Entfernung zum Lautsprechergitter entspricht, sondern dass die Membran weiter hinten im Lautsprecher liegt. Bei diesen geringen Abständen wirken sich geringe Verschiebungen zum akustischen Zentrum prozentual besonders stark aus, was man insbesondere bei den Pegeln merkt. Bei größeren Abständen sind „gewisse“ Ungenauigkeiten zu vernachlässigen.

An jedem Messpunkt wird über mindestens 3 Messperioden von jeweils 15 s Dauer gemittelt. Mit einem „?“ gekennzeichnete Messungen enthalten Fehler und sind zu wiederholen. Genaueres dazu ist in der Bedienungsanleitung⁵ des XL2 beschrieben. Die dann angezeigten Mittelwerte des STI und des L_{eq} werden für jeden Messpunkt notiert. Mein Protokollblatt habe

⁵ <http://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/XL2-Anleitung.pdf>

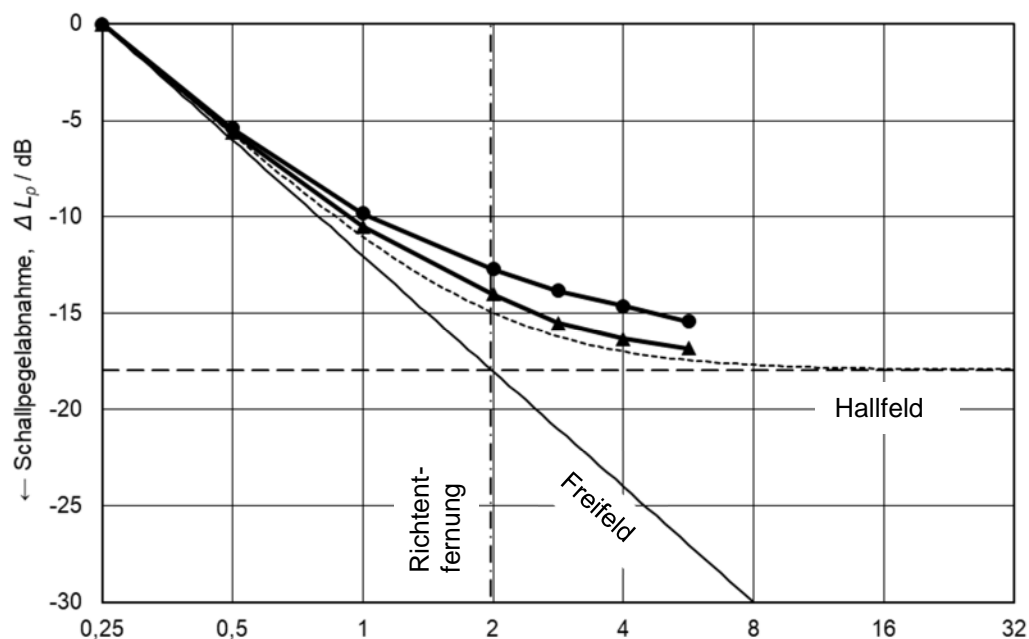
ich in der Anlage als Muster beigelegt. Schwankungen in den Messergebnissen, die durch vorher nicht erkannte Störeinflüsse entstanden sind, fallen beim handschriftlichen Notieren sofort auf. Man kann dann durch erneutes Messen auch sofort korrigieren.

Für die grafische Darstellung der Messergebnisse verwende ich drei verschiedene Excel-Programme. Zwei dieser Programme (je eins für den STI und den L_{eq}) haben eine lineare Teilung der Abstände. Hat man z. B. in



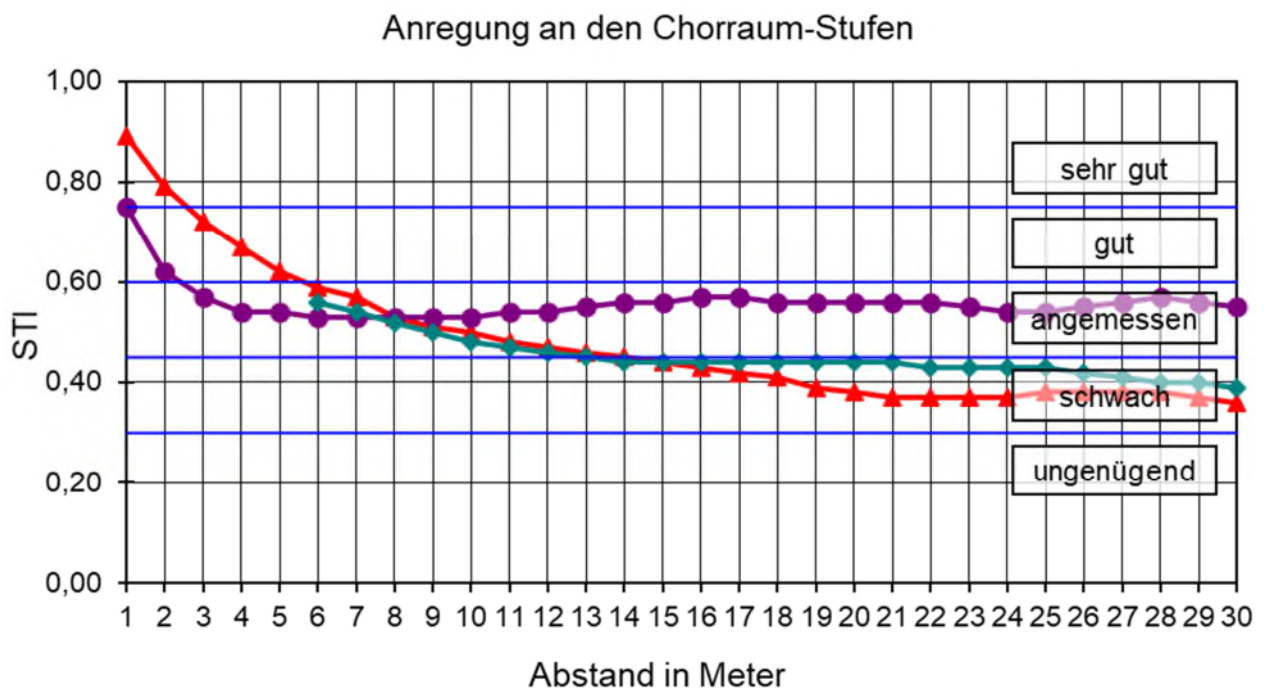
zwei Klassenräumen mit längerer und kürzerer Nachhallzeit gemessen so sieht man, dass bei längerer Nachhallzeit der STI schlechter ist (rote untere Kurve) aber die Pegelabnahme von vorne nach hinten geringer (rote obere Kurve). Damit kann man auch akustischen Laien gut erklären, dass für die Sprachverständlichkeit nicht der Gesamt-Schallpegel maßgeblich ist, sondern nur der Direktschall-Anteil, nicht jedoch der (höhere) Diffusschall-Anteil.

In dem dritten Diagramm wird die Schallpegel-Abnahme über eine logarithmische Abstands-Teilung dargestellt. Dann kann man sehr gut erkennen, wie weit die Messwerte der Freifeld-Geraden folgen und bei welchen Abständen der Übergang zum Hallfeld beginnt. Dieses Diagramm ist noch besser geeignet, um den Direktschall-Anteil und den Diffusschall-Anteil bei verschiedenen Abständen kenntlich zu machen. Aus Raumvolumen und Nachhallzeit errechnet dieses Programm den Hallradius, also den Abstand vom Messlautsprecher, in welchem der Direktschall-Anteil und der Diffusschall-Anteil gleich sind. Auch die Richtwirkung des PAL-Tivoli wird dabei berücksichtigt (virtuelle Vergrößerung des Hallradius' auf die Richtentfernung, hier fast genau 2 m).



In dem folgenden STI-Diagramm sind Messungen in einer recht langen Kirche dargestellt. Die rot markierten Messwerte wurden bei Aufstellung des Messlautsprechers vor dem Lesepult-Mikrofon an den Chorraum-Stufen

mit noch ausgeschalteter Beschallung aufgenommen. Die grauen Markierungen gelten für die alte Beschallungsanlage mit vielen kleinen im Raum verteilten Lautsprechern und die violetten für eine einzelne DSP-gesteuerte Lautsprechersäule.



Im Nahbereich bis 8 m ist in dieser Kirche die Sprachverständlichkeit ohne Lautsprecher besser als mit. Der Direktschall ist ausreichend und die verteilten Lautsprecher bringen hier nur zusätzlichen störenden Diffusschall. Ab etwa 16 m brachten die alten verteilten Lautsprecher eine gewisse Verbesserung, weil die natürliche Beschallung allein für den Direktschall zu wenig Pegel lieferte.

Mit dem neuen DSP-Lautsprecher geht die Sprachverständlichkeit auf den ersten 8 m deutlich zurück. Der Lautsprecher erzeugt hier zwar einen hohen Pegel, das Signal trifft aber zeitversetzt zum Direktsignal am Hörerplatz ein und wirkt deshalb wie lauter Diffusschall (und verschlechtert den STI). Man kann aber jenseits von 9 m die sehr deutliche Verbesserung erkennen. Durch die scharfe Bündelung des Lautsprechers auf die horizontale Ebene ist nämlich der sonst störende Hall-Anteil aus dem oberen Kirchenraum gering.

So, nun kann's mit dem Messen losgehen...

MESSPROTOKOLL STI-PA

Projekt-Nr.:	Datum:
Projektbez.:	Raumbez.:
Straße:	Ort:

Messzustand								
Messpunkt	STI	L _{eq}	STI	L _{eq}	STI	L _{eq}	STI	L _{eq}
0,25 m								
0,50 m								
1,00 m								
2 m								
3 m								
4 m								
5 m								
6 m								
7 m								
8 m								
9 m								
10 m								
11 m								
12 m								
13 m								
14 m								
15 m								
16 m								
17 m								
18 m								
19 m								