

28 (2001) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

P. Leistner, F. Zickmantel

## Akustische Prüfung von Sprechanlagen in Briefkastensystemen

### Einleitung

Gegensprechanlagen für Briefkastensysteme (Bild 1) unterscheiden sich je nach Hersteller z.B. hinsichtlich ihrer elektroakustischen Merkmale, die zudem durch die konkrete Einbausituation modifiziert werden können. Die akustischen Ansprüche sind dagegen einheitlich und eindeutig: Die Sprachsignale (Bild 2) sind möglichst originalgetreu zu übertragen. Die Prüfung von Gegensprechanlagen muß mit möglichst geringem meßtechnischen Aufwand eine einheitliche und reproduzierbare Analyse sowie eine eindeutige Klassifizierung bieten. Unter diesen Aspekten sind sowohl subjektive Methoden, z.B. zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit durch ein Ensemble von Zuhörern, als auch Messungen an einzelnen Komponenten (Lautsprecher, Mikrofone, Verstärker) der Sprechanlagen ungeeignet. Im Vergleich dazu wäre der sogenannte Sprachübertragungsindex [1] zur Bewertung der Sprachverständlichkeit elektroakustischer Systeme eine an sich geeignete Prüfgröße. Allerdings läßt sich dieser Einzahl-Wert nicht für alle Sprechanlagen ermitteln, da das Verfahren insbesondere bei nichtlinearen Übertragungseigenschaften (z.B. durch Schwellwert-Schaltungen) fehleranfällig ist.

### Prüfmethode und Prüfgrößen

Die Standardgröße zur Charakterisierung elektroakustischer Übertragungssysteme ist die Übertragungsfunktion als Quotient von Ausgangs- zu Eingangssignal bzw. analog dazu die Impulsantwort im Zeitbereich. Im Fall der Gegensprechanlagen sollte die Übertragungsfunktion möglichst linear, ggfs. verstärkt, die am Mikrophon ankommenden Eingangs- (Sprach-) Signale zum Lautsprecher übertragen, von dem sie als Ausgangssignale



Bild 1: Fotografische Aufnahme eines Briefkastensystems mit verschiedenen eingebauten Gegensprechanlagen (Teststand)

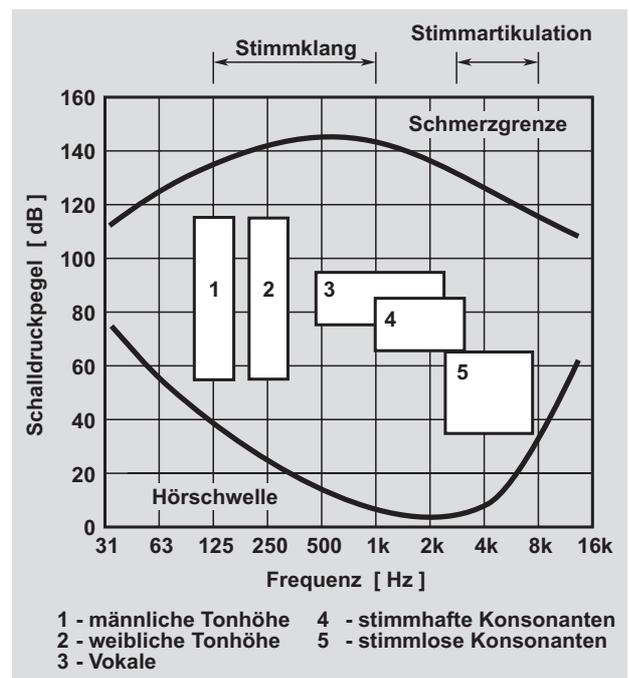


Bild 2: Frequenzbereiche und Pegel von Sprachsignalen (dicht vor dem Mund des Sprechers bei normaler Sprache) nach [2]

abgestrahlt werden. Dabei ist der für ausreichende Sprachverständlichkeit mindestens erforderliche Frequenzbereich von 300 Hz bis 3 kHz zu betrachten. Die ebenfalls zu berücksichtigende Dynamik von Sprachsignalen orientiert sich an einem mittleren Schalldruckpegel zwischen 70 und 80 dB (dicht vor dem Mund eines Sprechers). Schließlich ist das Zeitverhalten der Übertragung zu prüfen, um ggfs. Unterbrechungen oder Schwankungen zu erfassen. Daraus ergeben sich für jede Gegensprechanlage in beiden Übertragungsrichtungen, d.h. von der Sprechstelle am Briefkasten (Bild 1), zur Sprechstelle im Innenraum und umgekehrt, jeweils folgende Prüfgrößen:

- Schalldruckpegelspektrum am Eingang (Rauschen) und Ausgang in drei Lautstärkestufen (Dynamik)
- zeitlicher Schalldruckpegelverlauf am Eingang (1 kHz-Ton, ca. 2 sek. lang) und Ausgang

Die separate Angabe von Eingangs- und Ausgangspegel anstelle des Betrages der Übertragungsfunktion ermöglicht die Abschät-

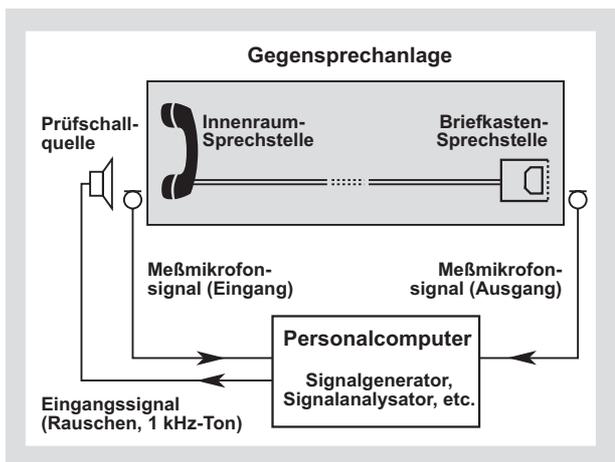


Bild 3: Schematische Darstellung des Prüfaufbaus zur akustischen Bewertung von Gegensprechanlagen.

zung des Pegelabstandes zum Hintergrundgeräusch während der Messungen aber auch in einer praktischen Einbausituation.

### Prüfaufbau und Meßinstrumente

Der Prüfaufbau ist schematisch in Bild 3 dargestellt, wobei die Innenraum- bzw. Briefkasten-Sprechstellen der bautypisch justierten Gegensprechanlagen an zwei getrennten Ständerwänden montiert sind (vgl. Bild 1). Neben den erforderlichen Mikrofonen und einem Lautsprecher als Prüfschallquelle besteht die Meßvorrichtung aus einem handelsüblichen PC, der mit geeigneter Hard- und Software ausgestattet ist. Dazu gehören zwei Einsteckkarten, d.h. eine Soundkarte als Signalgenerator und ein mehrkanaliger A/D-Wandler als Signalerfassung, sowie ein im Institut entwickeltes Analyseprogramm ("virtuelles Meßinstrument") zur Datenauswertung. Die Abstände von ca. 30 mm bis 100 mm zwischen der Prüfschallquelle bzw. den Meßmikrofonen und den Hör- und Sprechöffnungen der Sprechstellen stellen einen Kompromiß zwischen möglichst nutzungstypischen Entfernungen und ausreichender Meßsicherheit (z.B. Unabhängigkeit von Meßraumeigenschaften) dar.

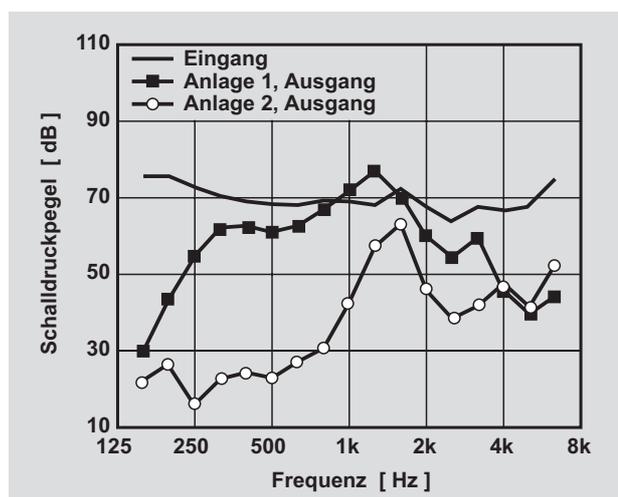


Bild 4: Eingangssignal (Innenraum-Sprechstelle) im Vergleich zu den Ausgangssignalen (Briefkasten-Sprechstelle) von zwei beispielhaften Gegensprechanlagen, in Abhängigkeit von der Frequenz.

### Auswertung und Beispiele

Im Ergebnis der Prüfungen ist eine große technische Bandbreite der Anlagen festzustellen. In Bild 4 sind die Eingangs- und Ausgangssignalspektren von zwei Gegensprechanlagen einander gegenübergestellt. Während das Ausgangssignal von Anlage 1 dem Eingangssignal ausreichend folgt, liegt das Ausgangssignal der Anlage 2 im Frequenzbereich unterhalb 1 kHz im Bereich der überhaupt meßbaren Pegel. Angesichts der Sprachfrequenzen (Bild 2) werden demnach die besonders energiereichen Vokale (z.B. o, u, a) nur mit sehr geringer Lautstärke wiedergegeben, so daß bereits eine wenig befahrene Straße im Hintergrund die Sprachwiedergabe übertönt. Ein anderes Beispiel für eingeschränkte Sprachübertragung zeigt Bild 5 anhand des zeitlichen Verlaufs des Ausgangssignals. Bezüglich des einsetzenden Eingangssignals wird das Ausgangssignal erst nach einer Zeitverzögerung von etwa 100 ms "zuschaltet". Diese Verzögerung ist in einem Gespräch wahrnehmbar, da sogenannte Explosivlaute (z.B. p, t, k) am Wortanfang nicht übertragen werden. Wörter wie "Tor" oder "Chor" sind nur als "Or" zu verstehen. Diese Beispiele belegen sowohl vereinzelte technische Schwächen von eingebauten Gegensprechanlagen, aber auch die Möglichkeit ihrer meßtechnischen Erfassung und Auswertung mit dem beschriebenen PC-gestützten Prüfverfahren.

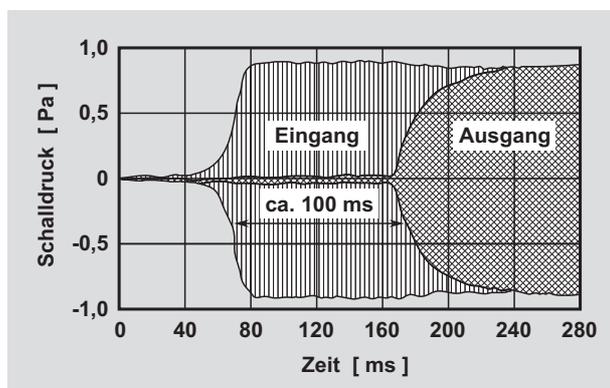


Bild 5: Eingangssignal (Innenraum-Sprechstelle) im Vergleich zum Ausgangssignal (Briefkasten-Sprechstelle) einer beispielhaften Gegensprechanlage, in Abhängigkeit von der Zeit.

### Zusammenfassung

Die ermittelte Bandbreite für die Gesamtbewertung von insgesamt ca. 30 Anlagentypen entspricht den auch subjektiv wahrnehmbaren großen Unterschieden. Zur Verbesserung aus akustischer Sicht sind Einlagen aus schallabsorbierendem Material im Gehäuse der Briefkasten-Sprechstelle in vielen Fällen hilfreich und in keinem Fall schädlich. Diese Einlagen könnten z.B. aus offenporigem Schaum bestehen, oder als Gewebelage bzw. als mikroperforierte Kunststoff- oder Metallfolie mit einem kleinen Wandabstand realisiert werden.

### Literatur:

- [1] DIN EN 60268 (02/1999) Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex
- [2] Fasold, W.; Sonntag, E.; Winkler, H.: Bau- und Raumakustik. Berlin: Verlag für Bauwesen (1987).



**Fraunhofer**  
Institut  
Bauphysik

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)**

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00

D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0