

# Echobeurteilung beim Abhören von Kunstkopfaufnahmen im Vergleich zum aktiven Sprechen

Frank Kettler, Hans Wilhelm Gierlich, Ekkehard Diedrich\*, Jens Berger\*  
 HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, 52134 Herzogenrath  
 \*T-Nova Deutsche Telekom Innovationsgesellschaft mbH Berkorn

## 1. Einleitung und Motivation

Echos treten in der Telekommunikation bei unzureichenden Dämpfungen und signifikanten Signallaufzeiten auf. Unter Gegenseprechbedingungen ist die Störung weniger deutlich, da das Gegenseprechsignal die Echowahrnehmung für den Teilnehmer teilweise maskiert [1], [2]. Da die Echounterdrückung ein wesentliches Qualitätsmerkmal für Endgeräte ist und die Echofreiheit die Qualität ganzer Telefonnetze bestimmt, muß eine entsprechende Meßtechnik Möglichkeiten zur Qualitätsbestimmung bereitstellen. Dies ist sowohl unter Einzel- als auch unter den schwieriger zu messenden Gegenseprechbedingungen heutzutage möglich, jedoch müssen einzuhaltende Grenzwerte auditiv bestimmt werden. Ergebnisse zweier auditiver Testverfahren zur Echobeurteilung werden verglichen und diskutiert.

## 2. Auditive Testverfahren zur Echobeurteilung und Versuchsaufbau

Typischerweise werden auditive Testverfahren angewandt, bei denen eine Versuchsperson beim aktiven Sprechen die Echostörung beurteilt. Ein optimiertes, deutlich effizienteres Verfahren stellt die Beurteilung mittels Kunstkopftechnologie aufgezeichneter Sprachproben in einem Hörversuch dar [1], [3], [4]. Insbesondere für Vergleichstests ist hat dieses Verfahren aufgrund der Reproduzierbarkeit der Testbedingungen Vorteile. Das Prinzip beider Verfahren sind in Abb. 1 dargestellt.



Abb. 1: Prinzip der Beurteilung von Sprecherechos bei  
 a) aktiver Einbindung von Versuchspersonen (links) und  
 b) der Beurteilung von Kunstkopfaufnahmen in einem Hörversuch (rechts)

Die Versuchsreihe wurde mit einer Echtzeitsimulation einer Freisprecheinrichtung durchgeführt (Abb.2), bei der akustische Echos und Signallaufzeiten beliebig eingestellt werden können (linke Seite in Abb. 2). Der an der gegenüberliegenden Seite angeschlossene Handapparat wurde von den Versuchspersonen verwendet. Um reproduzierbare Bedingungen für alle Versuchspersonen zu gewährleisten, wurde die Sprachsequenz des Operators beim Gegenseprechen auf der Freisprecherseite (links) zuvor aufgezeichnet und eingespielt.

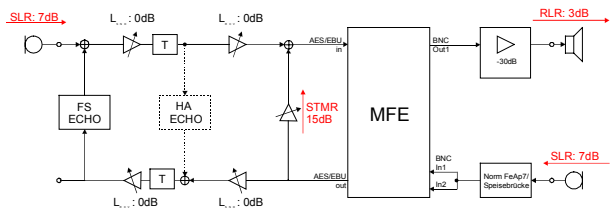


Abb. 2: Freisprechsimulation (linke Seite) zur Echobeurteilung mit Variation von Laufzeit (T) und Echos (FS ECHO). Ein Measurement Frontend MFE realisiert das Interface.

Bei den Versuchsbedingungen wurden eingestellte Laufzeiten und Echodämpfungen entsprechend nachfolgender Tabelle variiert. Eine echofreie Testbedingung gilt als Referenz.

Einweglaufzeit	Talker Echo Loudness Rating TELR [dB]	
	Einzelsprechen	Gegenseprechen
20 ms	13, 23, 27, 33	13, 23
50 ms	20, 24, 30, 34, 40	20, 24, 30
100 ms	24, 27, 37, 41, 47, 99 (Ref)	24, 27, 37, 99 (Ref)
200 ms	24, 32, 42, 52	20, 24, 32, 42

Tabelle: Testbedingungen

12 Versuchspersonen bewerteten die Echostörung auf einer fünfstufigen Skala mit Charakterisierungen zwischen „nicht wahrnehmbar“ und „sehr störend“.

### 2.1 Aktive Einbindung der Versuchsperson - Talking and Listening Test (TALT)

Die Versuchspersonen müssen bei diesem Test zum aktiven Sprechen animiert werden, eine Beschreibung des Verfahrens findet sich in [5]. Sprechgeschwindigkeit und Lautstärke sind individuell, das aktive Sprechen selbst muß möglichst frei geschehen. Aus diesem Grund wurde den Versuchspersonen eine einfach zu lösende Aufgabe gestellt, so daß eine geringe Konzentration nötig ist. Nach einer Aufforderung, die über das Telefon eingespielt wurde (die Versuchspersonen benutzen einen Handapparat) sollten sie eine Ziffer in einer farblichen, geometrischen Figur (Dreiecke, Vierecke, Kreise) beschreiben. Die Struktur des Tests ist in Abb. 3 dargestellt.

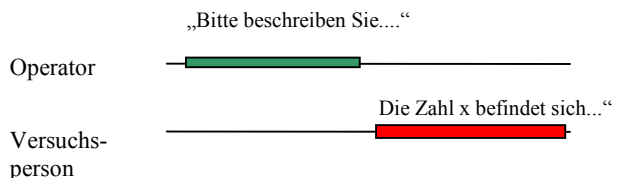


Abb. 3: Ablauf (schematisch) bei Einzelsprechen im TALT

Für die Anwendung dieses Tests während Gegenseprechbedingungen ist der Ablauf prinzipiell identisch, jedoch hört die Versuchsperson jetzt aber auch während des eigenen Sprechens über den Handapparat fortlaufende Sprache (Abb. 4).

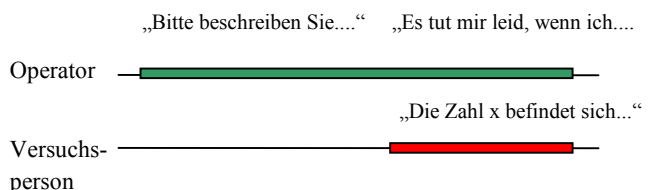


Abb. 4: Ablauf (schematisch) bei Gegenseprechen im TALT

Der Text ist an die Testsituation angepaßt („Es tut mir leid, wenn ich Ihnen ins Wort falle, aber das gehört zum Test. Bitte lassen Sie sich nicht stören und reden Sie einfach normal weiter“). Dieses Gegensprechen war so adaptiert, daß sich keine Einzelsprechphase für die Versuchsperson ergab.

## 2.2 Abhören von Kunstkopfaufnahmen - Third Party Listening Test

Die Aufnahmen für den Third Party Listening Test wurden mit einer männlichen und weiblichen Stimme durchgeführt. Die Sequenzen wurden aus einer Vielzahl von Aufnahmen ausgewählt, die bei vorangegangenen Tests mit realen Freisprechern den Mittelwert bei Echo-beurteilungen gut approximierten.

Der Wiedergabepegel durch den künstlichen Mund des Kunstkopf-Meßsystems beträgt  $-4,7 \text{ dB}_{\text{Pa}}$  am Mund-Referenzpunkt MRP. Die Aufnahmen wurden unter Einzel- und Gegensprechbedingungen mit Handapparat und 6N Andruckkraft am freifeldentzerrten künstlichen Ohr durchgeführt. Die Wiedergabe im Third Party Listening Test geschah über freifeldentzerrte Kopfhörer.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der Echobeurteilung bei Einzelsprechen in beiden Testverfahren ist in Abb. 5 anhand der MOS Werte und der Vertrauensbereiche (95% Niveau) gezeigt. Die jeweils linken Balken zeigen die Resultate im TALT, die rechten entsprechend die des Third Party Listening Tests. Hierbei wurden die Urteile der männlichen und weiblichen Stimme gemittelt. Geordnet sind die Ergebnisse nach abfallender Bewertung im TALT. Als wesentliche Ergebnisse sind festzuhalten:

- Die Testbedingungen deckten den gesamten Qualitätsbereich ab.
- Die Echobeurteilung stimmt in beiden Testverfahren über dem gesamten Qualitätsbereich sehr gut überein.
- Die geringeren Vertrauensbereiche in den Beurteilungen im Third Party Listening Test deuten auf eine geringere Streuung der individuellen Ergebnisse (größere Sicherheit der Versuchspersonen)
- Bei 3 Bedingungen aus dem gesamten Ensemble treten etwas bessere Beurteilungen im Third Party Listening Test auf, signifikante Unterschiede ergeben sich aber bei keiner Bedingung.
- Beim Third Party Listening Test ergaben sich erwartungsgemäß Unterschiede zwischen der männlichen und weiblichen Stimme. Die Auswahl des Sprachmaterials ist kritisch.

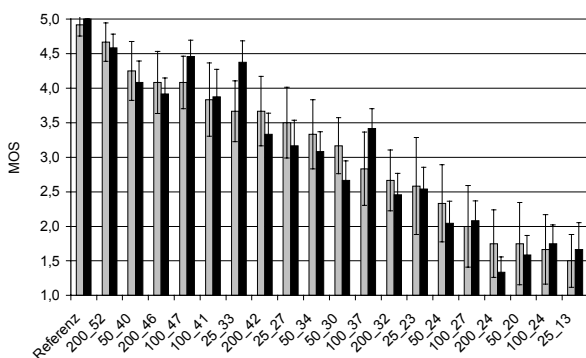


Abb. 5: Vergleich der Echobeurteilung unter Einzelsprechbedingungen (links TALT)

Aus dem in Abb. 6 dargestellten Vergleich der Echobeurteilung unter Gegensprechbedingungen in beiden Testverfahren ergaben sich folgende Schlüsse:

- Obwohl auch hier bei keiner Bedingung ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Verfahren besteht ergeben sich tendenziell etwas kritischere Beurteilungen im TALT (linke Balken). Obwohl dieser Test bewußt sehr einfach strukturiert war, äußer-

ten die teilnehmenden Versuchspersonen doch einen deutlichen Konzentrationsaufwand.

- Die Vertrauensbereiche im Third Party Listening Test sind geringer und deuten entsprechend auf eine geringere Streuung der individuellen Urteile.
- Kritisch ist die Auswahl der Sprachsequenzen, da insbesondere die spektrale Charakteristik dieser Sprache wesentlich die Maskierung im Third Party Listening Test bestimmt.
- Gleiches gilt für die Charakteristik der im TALT eingespielten Gegensprechsequenz.

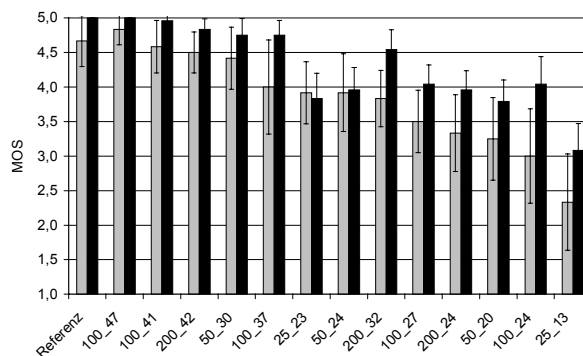


Abb. 6: Vergleich der Echobeurteilung unter Gegensprechbedingungen (links TALT)

Die Zusammenhänge zwischen den Urteilen bei Einzel- und Gegensprechen bei beiden Testverfahren ist im Detail analysierbar. Hieraus lassen sich Vorschläge zu notwendigen Echodämpfungen bei Gegensprechen ableiten, um ausreichende Qualität zu garantieren [1], [2].

## 4. Zusammenfassung

Beide Testverfahren wurden durch die Verwendung einer echtzeitfähigen Freisprechsimulation unter exakt gleichen Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind damit direkt vergleichbar. Die Aufzeichnung mittels Kunstkopftechnologie mit reproduzierbarer Handapparaturpositionierung garantiert realitätsnahe Aufzeichnungsbedingungen. Mit den verwendeten Sprachsequenzen läßt sich eine sehr gute Übereinstimmung der Echobeurteilung im Hörversuch im Vergleich zu aktiv sprechenden Versuchspersonen erzielen. Ein Third Party Listening Test hat bei Vergleichstests oder Tests unter vielen Randbedingungen aufgrund seiner Effizienz und der Kontrollierbarkeit der Testbedingungen große Vorteile.

Ergebnisse dieser Art werden herangezogen, um z.B. notwendige Echodämpfungen in der Gegensprechsituation abzuleiten, um Empfehlungen für das Design von akustischen oder Netzechokompensatoren abzuleiten.

## 5. Literatur

- [1] Echo and Speech Level Variations During Double Talk Influencing Hands-free Telephone Transmission Quality, International Workshop on Acoustic Echo and Noise Control, F. Kettler, H.W. Gierlich, E. Diedrich, Pocono Manor, USA 1999
- [2] Transmission Characteristics of Hands-free Telephones, ITU-T Recommendation P.340
- [3] Subjective Performance Evaluation of Hands-free Telephones, ITU-T Recommendation P.832
- [4] Der Einsatz der Kunstkopftechnologie zur Aufzeichnung von Hörtests und Gegensprechttests für Freisprecheinrichtungen, DAGA 1998, Zürich
- [5] Subjective Evaluation of Echo Cancellers, ITU-T Recommendation P.831