

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 10

Informatik/
Kommunikation

Christoph Pörschmann,
Gladbeck

Nr. 666

**Eigenwahrnehmung
der Stimme in
auditiven virtuellen
Umgebungen**

VDI Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	MODELLBILDUNG	3
2.1	Grundbegriffe	3
2.2	Relevante Schallausbreitungswege	5
2.3	Beziehungen zwischen physikalischer Ebene und Wahrnehmungsebene	7
2.4	Messverfahren und -aufbau	8
2.4.1	Bezugspunkte der Messungen	9
2.4.1.1	Referenzpunkt vor dem Mund	9
2.4.1.2	Referenzpunkt im Ohr	10
2.4.2	Bestimmung von Übertragungsfunktionen mit Hilfe spektraler Leistungsdichten	10
2.4.3	Messaufbau	11
2.4.4	Entzerrung der Mikrofone	13
2.5	Luftschall	13
2.5.1	Luftschallübertragungsfunktion ohne Kopfhörer	15
2.5.2	Luftschallübertragungsfunktion beim Tragen von Kopfhörern	16
2.5.3	Interindividuelle Unterschiede	17
2.5.4	Reproduzierbarkeit der Messergebnisse	20
2.5.5	Vergleich mit Messungen am Kunstkopf	21
2.5.6	Vergleich mit Literatur	22
2.5.7	Beeinflussung der Messungen durch Knochenschall	22
2.6	Knochenschall	23
2.6.1	Anregung von Knochenschall	23
2.6.2	Einkopplung des Knochenschalls in das Hörorgan	24
2.6.3	Messung sämtlicher Knochenschallkomponenten	25
2.6.3.1	Versuchsaufbau und -durchführung	26
2.6.3.2	Auswertung	28
2.6.4	Messung der Außenohrkomponente	31
2.7	Reflexionen	33
2.7.1	Möglichkeiten der Schallfeldberechnung	33
2.7.2	Messung der für die Simulation von Rückwürfen erforderlichen Komponenten	35
2.7.2.1	Umrechnung der im Nahfeld gemessenen Schallsignale in das Fernfeld	36
2.7.2.2	Messung der Richtcharakteristik eines Sprechers	37
2.7.2.3	Reflexionseigenschaften der Wände	38
2.7.2.4	Außenohrübertragungsfunktionen	39
2.7.3	Beispielhafte Untersuchungen zu Rückwürfen der eigenen Stimme	39
2.8	Vergleich der verschiedenen Schallausbreitungswege	43
2.8.1	Luftschall und Knochenschall	43
2.8.2	Einfluss der Rückwürfe auf die Wahrnehmung der eigenen Stimme	44
2.9	Kapitelzusammenfassung	46

3	INTEGRATION IN EIN SYSTEM ZUR ERZEUGUNG EINER AUDITIVEN VIRTUELLEN UMGEBUNG	48
3.1	Virtuelle Umgebungen	48
3.1.1	Auralisierung der Simulationsergebnisse	49
3.1.2	Architektur eines Systems zur Erzeugung auditiver virtueller Umgebungen	51
3.1.3	Leistungsfähigkeit des System	54
3.2	Integration eines Moduls zur Eigenwahrnehmung	55
3.2.1	Eignung der SCATIS-Architektur für eine Berücksichtigung der eigenen Stimme	55
3.2.2	Struktur des auditiven Teilsystems unter Berücksichtigung der eigenen Stimme	57
3.2.3	Direkter Luftschall	58
3.2.4	Reflexionen und Nachhall	63
3.2.5	Anforderungen an den Versuchsraum	64
3.3	Kapitelzusammenfassung	64
4	PSYCHOAKUSTISCHE UNTERSUCHUNGEN	66
4.1	Evaluierung der Kompensation der Einfügungsdämpfung	67
4.1.1	Auswahl des Kompensationsfilters	67
4.1.1.1	Versuchsaufbau	68
4.1.1.2	Versuchsdurchführung	68
4.1.1.3	Versuchsauswertung	69
4.1.2	Beurteilung der Kompensation	69
4.1.2.1	Versuchsaufbau und -durchführung	70
4.1.2.2	Versuchsauswertung	71
4.2	Einfluss der Eigenwahrnehmung auf die Beurteilung einer virtuellen Umgebung	76
4.2.1	Versuchsaufbau	76
4.2.2	Versuchsdurchführung	77
4.2.3	Messmethode	78
4.2.4	Versuchsauswertung	78
4.3	Auswirkungen der Eigenwahrnehmung auf die Einschätzung der Raumgröße	80
4.3.1	Versuchsaufbau	81
4.3.2	Messmethode	81
4.3.3	Versuchsdurchführung	82
4.3.4	Versuchsergebnisse	82
4.4	Störungen der Wahrnehmung der eigenen Stimme	84
4.4.1	Veränderung der Lautheit von Sprache in geräuschbehafteter Umgebung	85
4.4.2	Vergleich des Sprachpegels in lärmbehafteter realer und virtueller Umgebung	86
4.4.2.1	Versuchsaufbau	86
4.4.2.2	Versuchsdurchführung	87
4.4.2.3	Versuchsergebnisse	87
4.4.3	Veränderungen der Tonhöhe	89
4.4.4	Anpassung der Stimme an die Konversationssituation	90
4.5	Kapitelzusammenfassung	92

5	ANWENDUNGEN	94
5.1	Telekonferenzsysteme	94
5.1.1	Erweiterung der virtuellen Umgebung zu einem Telekonferenzsystem	96
5.1.1.1	Architektur	96
5.1.1.2	Vorteile des immersiven Telekonferenzsystems	98
5.1.2	Präsenz	99
5.1.2.1	Bedeutung der auditiven Komponente für die Präsenz in virtuellen Umgebungen	100
5.1.2.2	Messverfahren	101
5.1.3	Auswirkungen der adäquaten Darbietung der eigenen Stimme auf die Präsenz	102
5.1.3.1	Versuchsaufbau	102
5.1.3.2	Versuchsdurchführung	103
5.1.3.3	Messergebnisse	105
5.2	Weitere Anwendungen	106
5.2.1	Erhöhung der Akzeptanz von Kopfhörern und Gehörschützern	106
5.2.2	Übungs- und Experimentierumgebung für Sänger	107
5.2.3	Anwendungen im Tonstudio	108
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	110
Anhang A: Sprachmaterial		113
Anhang B: Verbesserung der Kompensation		114
Anhang C: Zeitliche Änderung des Sprachpegels		115
Anhang D: Vergleich der Eigenwahrnehmung der Stimme und des Klatschens		117
Anhang E: Abkürzungen		123
Literatur		124