

Technische Fortschritte des Auto-Radioempfangs am Beispiel des neuen Audi 100

Der folgende Beitrag beschreibt die Empfangsanlage des neuen Audi 100, bei welcher den erhöhten Anforderungen an den Radioempfang Rechnung getragen wurde. Die konstruktive Realisierung wird für die Einzelkomponenten detailliert dargestellt, die erzielten Ergebnisse werden mit einer Empfangsanlage bisheriger Ausführung verglichen. Die Verbesserungen sind durch Meßergebnisse bestätigt.

Progress in the Technique of Radio Reception by the Example of the New Audi 100

Abstract

The radio installation of the new Audi 100 incorporates a number of new developments. The antenna has been removed from the front fender to the rear fender, which improves the proportion of the useful signal to the interference signal by ≥ 5 dB, and by tuning the length of the antenna the useful signal level on FM has been increased by more than 2 dB. The radios have an automatic interference filter, an integrated traffic broadcast decoder with muting facility, and some sets are able to switch over automatically to the reproduction of a traffic bulletin on reception of a special recognition signal.

These features give maximum operating convenience when tuning in to a station broadcasting traffic information.

Two loudspeakers are installed with mono radios, and four loudspeakers are installed with stereo radios: these are long-stroke units, surrounded by enclosed acoustic chambers on the same principle as full-size hi-fi speakers. This improves the quality of sound reproduction, giving a better frequency response, particularly in the bass and treble ranges. The sound is distributed equally to all seating positions and the subjective impression is of a very high standard. The improvements which have been made are shown in the results of test measurements.

1. Einleitung

Der Radioempfang im Auto wurde in den letzten Jahren infolge der Einführung des Verkehrsfunks zu einem wichtigen Instrument der Verkehrsführung und -sicherheit. Dies ist einer der Gründe für die ständig steigende Zahl von Fahrzeugempfängern. Gleichzeitig sind mit der zunehmenden Verbreitung qualitativ hochwertiger Heim-Stereoanlagen die Anforderungen an die Wiedergabequalität gestiegen, d. h. die Übertragung soll im gesamten hörbaren Frequenzbereich originalgetreu wiedergegeben werden.

Dies gilt im Auto speziell für die Wiedergabe im Stand. Aus Tafel 1 sind außerdem die abweichenden Anforderungen bei verschiedenen Fahrzuständen zu ersehen.

Tafel 1. Wiedergabeanforderungen bei verschiedenen Fahrzuständen (schraffierte Bereiche erwünscht)

			Standwiedergabe
			Unterhaltungsmusik bei schneller Fahrt
			Sprachwiedergabe bei Fahrt
Bässe	Mitten	Höhen	

– Schnelle Autobahnfahrt mit Hintergrundmusik:
Hierbei sind die Bässe unwichtig, da sie im allgemeinen Geräuschpegel untergehen. Die Höhen sollen mit Rücksicht auf Ermüdungseffekte reduziert sein.

– Sprachwiedergabe (Verkehrsfunkdurchsagen), unabhängig vom Fahrzustand:

Zur guten Sprachverständlichkeit sind Mitten und Höhen wichtig, die Bässe dagegen nicht.

Die Lösung der gestellten Aufgaben wird nachfolgend am Beispiel des neuen Audi 100 beschrieben.

2. Antenne

Die Autoantenne soll dem Empfänger eine ausreichend hohe Empfangsspannung liefern. Sie ist so anzulegen, daß diese Aufgabe für alle Rundfunkfrequenzbereiche erfüllt wird. Wegen der steigenden Bedeutung des Verkehrsfunks im UKW-Bereich wurde beim neuen Audi 100 die Antennenlänge für diesen Bereich optimiert.

Bild 1 zeigt die Abhängigkeit der Empfangsspannung von der Stablänge. Die Antennenspannung im AM-Bereich (Lang-, Mittel- und Kurzwelle) ist praktisch längenproportional, da die Antennenlänge sehr viel kleiner als die empfangene Wellenlänge ist. Geringfügige Längenänderungen haben demnach keinen merklichen Einfluß auf die Empfangsleistung.

Neben ausreichender Empfangsleistung ist für den guten Empfang ein hohes Nutz-/Störsignalverhältnis erforderlich. Durch Verlegen der Antenne vom vorderen an den hinteren Kotflügel wurde das Verhältnis Nutzsignal zu internem Störsignal N/S_{int} um ≥ 5 dB verbessert. Bild 2 zeigt in Feld b die Verbesserung der an mehreren Fahrzeugen gemessenen Funkstörspannung. Die Werte liegen erheblich niedriger als die von Vergleichsfahrzeugen (Feld a), bei denen die Antenne am vorderen Kotflügel plaziert ist.

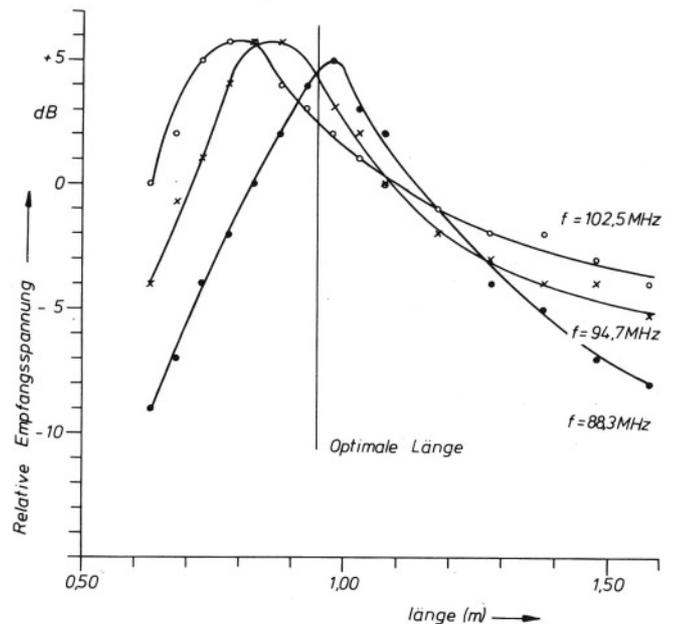


Bild 1. Optimierte Länge der Stabantenne für den UKW-Rundfunkbereich

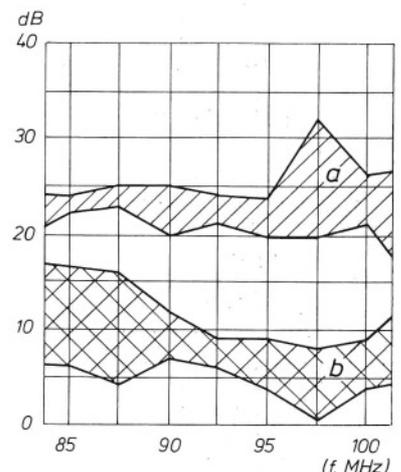


Bild 2. Funkstörspannung an mehreren Fahrzeugen nach VDE 0879, Teil 2, bewertet gemessen a) Vergleichsfahrzeuge: Antenne vorne links b) Audi 100 neu: Antenne hinten links

Tafel 2. Radiogeräteauswahl für den neuen Audi 100

Radioprogramm AUDI 100														
Autoradio	Wellenbereich				Technische Ausstattung									
	U	M	L	K	Stationstasten	UKW-Stereo	Balance-Regler	Automat-Antenne-Anschl.	Automatischer Sender-suchlauf	Verkehrsfunkanzeige u. akustische Abstimmhilfe (Stummschaltung)	Verkehrsdurchsagekennung (DK)	Automatische Störunterdrückung (ASU)	Kassetten-Stereo	Kassetten-Mono
Salzgitter	x									x		x		
Braunschweig	x	x								x		x		
Emden	3x	2x			x			x		x		x		
Ingolstadt Mono	3x	x	x	x	x			x		x	x	x		
Hannover Stereo	4x	2x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Neckarsulm Mono	x	x						x		x	x	x		x
Neckarsulm Stereo	x	x	x				x	x		x	x	x	x	

3. Empfänger

Tafel 2 zeigte die im neuen Audi 100 angebotene Auswahl an Radiogeräten. Sie weisen einige Besonderheiten auf. Es sind dies:

Integrierter Verkehrsfunkdecoder

Eine spezielle Kontrolllampe im Skalenbereich zeigt an, ob der im UKW-Bereich eingestellte Sender Verkehrsdurchsagen übermittelt.

Akustische Abstimmhilfe

Mit einer Taste können alle Sender, welche keine Verkehrsdurchsagen übermitteln, stummgeschaltet werden. Diese Abstimmhilfe erhöht die Sicherheit im Straßenverkehr, da der Fahrer beim Einstellen eines Verkehrsfunksenders den Blick nicht von der Straße abwenden muß. Der Kassettenbetrieb wird durch die Stummschaltung nicht aufgehoben.

Verkehrsdurchsagekennung

Ab Gerät „Ingolstadt Mono“ wird zusätzlich eine Durchsagekennung integriert. Sie verhindert, daß ein Fahrer, der das Radioprogramm des Verkehrsfunksenders nicht hören will, auch zwangsläufig auf die Verkehrsdurchsagen verzichten muß. Eine unhörbare Kennung, die nur während der Verkehrsdurchsage ausgestrahlt wird, steuert das gleitende Aufschalten der Lautsprecher des stummgeschalteten Radios auf gut hörbare Lautstärke, unabhängig von der gewählten Einstellung. Für die Dauer der Verkehrsdurchsage wird auch die Kassetten-Wiedergabe unterbrochen.

Ist das Radio stummgeschaltet, bleibt verlorener Senderkontakt meist unbemerkt. Deshalb setzt bei Empfangsverlust ein rhythmischer Warnton ein. Er fordert dazu auf, einen neuen Verkehrsfunksender einzustellen.

Automatische Stör-Unterdrückung

Die Automatische Stör-Unterdrückung ist im Niederfrequenzbereich aller Radiogeräte eingebaut und kann im UKW-Bereich mittels Frequenzanalyse zwischen Nutz- und Störsignal unterscheiden.

Erreicht ein (zeitlich stets sehr kurzes) Störsignal die Automatische Stör-Unterdrückung, so wird für die Dauer des Störsignals der Signalweg gesperrt. Der zum Zeitpunkt der Sperrung existente Nutzpegel wird gehalten. Nach Ende der Sperrung wird auf den neuen Pegel des Nutzsignals geschaltet. So wird sichergestellt, daß einerseits die Störsignale unterdrückt werden, andererseits kein hörbarer Informationsverlust entsteht [1].

4. Lautsprecher

Ebenso wie bei Hi-Fi-Heimanlagen stellt auch im Auto der Lautsprecher das schwächste Glied im Wiedergabesystem dar. Deshalb wurde der konstruktiven Auslegung der Lautsprecher im neuen Audi 100 besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Neben der eigentlichen Lautsprecherkonstruktion wurden folgende Punkte optimiert:

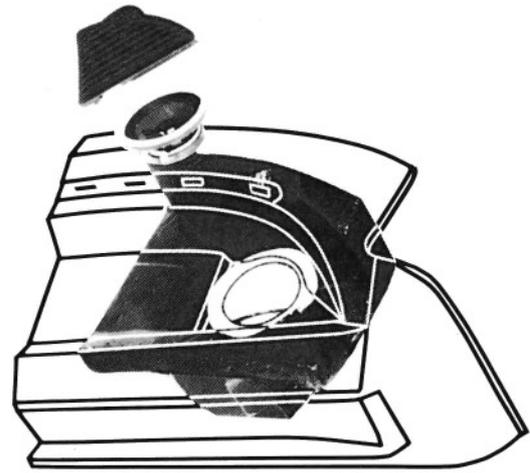


Bild 3. Explosionsdarstellung von Schallkörper, Lautsprecher und Schallaustrittsgitter rechts in der Schalttafel

- Einbauort
- Abstrahlrichtung
- Schallaustrittsgitter
- Abschirmung von unerwünschten Resonanzvolumina
- Bedämpfung der Lautsprechereigenresonanz

Als Lautsprecher werden sogenannte Langhuber verwendet. Sie besitzen eine sehr weiche Membranaufhängung und gestatten so trotz der kleinen Abmessungen eine gute Baßwiedergabe. Außerdem haben sie den Vorteil einer weit geöffneten Abstrahlcharakteristik. Zur Verbesserung der Klangfülle werden auch beim Einbau von Mono-Rundfunkgeräten zwei Lautsprecher installiert und mit der gleichen Leistung beaufschlagt. Die allgemeine Hörerfahrung, z. B. bei Gesprächen, im Konzertsaal usw. ist, daß der Schall aus der Blickrichtung an das Ohr gelangt.

Diese Hörerwartung wird dadurch erfüllt, daß die beiden Lautsprecher auf der linken und rechten Seite der Schalttafel in nahezu horizontalen Flächen angeordnet sind, Bild 3 (für den rechten vorderen Lautsprecher), so daß der abgestrahlte Schall an der Windschutzscheibe in Augenhöhe reflektiert wird und von dort an das Ohr gelangt.

Bei Stereogeräten werden zur Klangbildverbesserung und gleichmäßigen Beschallung aller Sitzpositionen 2 weitere Lautsprecher in der Hutablage montiert. Wie bei den Frontlautsprechern wird deren Schall an die Scheibe gerichtet und von dort in Kopfhöhe an das Ohr der Zuhörer reflektiert. Bei den Stereogeräten kann mit einem Balance- und Überblendregler das Lautstärkeverhältnis links/rechts bzw. vorn/hinten individuell verändert werden.

Es ist dafür zu sorgen, daß das Wiedergabesignal mit möglichst unverfälschtem Frequenzspektrum vom Lautsprecher auf den beschriebenen Schallweg gebracht wird. Dazu sind Schallaustrittsgitter, welche durch kleine ausgestanzte Öffnungen in der Schalttafel dargestellt werden, ungenügend, weil sie ein Bandfilter darstellen. Tiefe und insbesondere hohe Frequenzen über ca. 2 kHz werden nur gedämpft durchgelassen, was einen unnatürlich hohlen Klang hervorruft. Bild 4 zeigt, daß im Gegensatz zu gestanzten Schallaustrittsöffnungen die Lautsprecherabdeckung im neuen Audi 100 den Frequenzgang des Lautsprechers nicht beeinflusst.

Bei den bisher üblichen Anordnungen der Lautsprecher im Auto ist deren Membranrückseite an ein relativ großes, undefinierbares, nicht gedämpftes Volumen angekoppelt. Dadurch kommt es zu einer durch Resonanzen des rückwärtigen Volumens hervorgerufenen Überhöhung im Frequenzbereich bis etwa 500 Hz, zur sogenannten Baßüberhöhung. Der Klang wird dumpf. In Bild 5 zeigt das Feld 2 im Bereich von ca. 80 Hz bis 500 Hz diesen unerwünschten Effekt (Vergleichsfahrzeug), nicht jedoch das Feld 1 (Audi 100 neu).

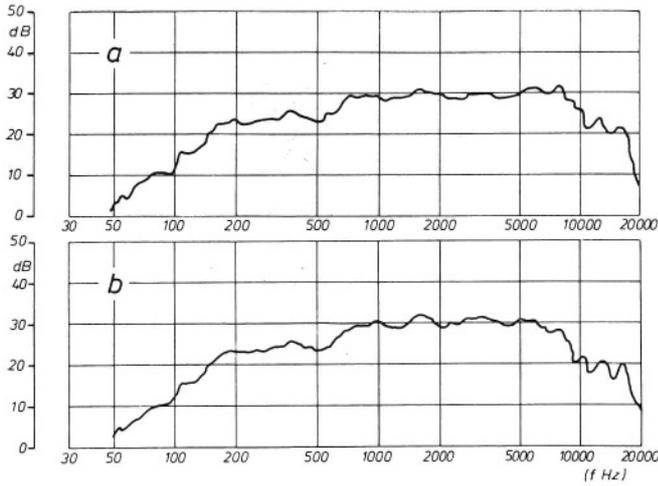


Bild 4. Frequenzgang des Lautsprechers im neuen Audi 100
a mit neuem Schallaustrittsgitter
b ohne Lautsprecher-Abdeckung

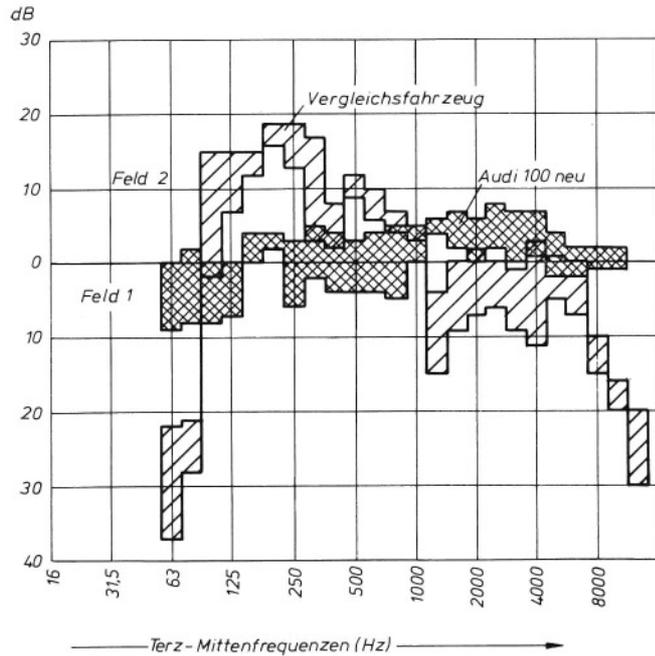


Bild 5. Wiedergabespektrum für Audi 100 neu (Feld 1) und Vergleichsfahrzeug (Feld 2); innerhalb der Breite des Bandes liegen die Meßwerte aller Sitzpositionen

Eine Trennung der Lautsprecher von größeren, ungedämpften Volumina durch ein geschlossenes Gehäuse ist nötig. Diese Erkenntnis führte beim Audi 100 zu einer neuen Lösung. Erstmals im Automobilbau werden bei allen Lautsprechern geschlossene Schallkörper nach dem Prinzip der Hi-Fi-Boxen verwendet. Sie haben ein mittleres Volumen von ca. 2 Liter. In der Form sind sie den Platzverhältnissen angepaßt (Bild 3). Die Boxen sind mit Schaumstoff ausgefüllt, welcher durch Dämpfung des Lautsprechers dessen Eigenresonanz verschiebt und praktisch unwirksam macht, Bild 6. Dies ermöglicht neben der guten Wiedergabe im gesamten Frequenzbereich eine deutliche Minderung des Klirrfaktors 2. und 3. Ordnung.

Die daraus resultierenden Verbesserungen im Gesamtsystem werden nachfolgend mit der bisherigen Ausführung verglichen.

5. Meßergebnisse

Zur Ermittlung der in Bild 5 dargestellten Ergebnisse wurden alle Lautsprecher gleichmäßig mit einem Rauschspektrum bekannten Energieinhaltes beaufschlagt. Das Meßmikrofon befand sich in der Kopfposition des jeweiligen Sitzplatzes. Innerhalb der Breite von Feld 1 bzw. 2 liegen die an allen vier Sit-

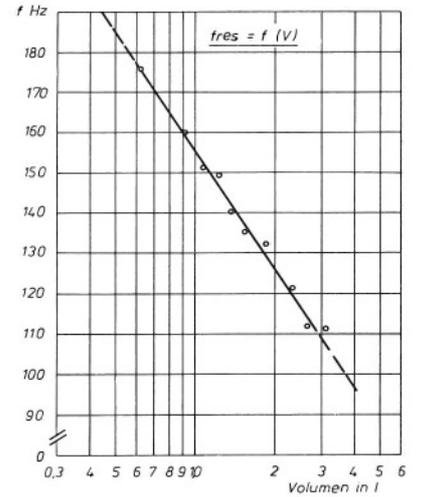


Bild 6. Resonanzfrequenz der Audi-100-Lautsprecherbox als Funktion des angekoppelten Volumens

Tafel 3. Subjektive Beurteilung der Schallverteilung und der Stereoortung

Anordnung der Lautsprecher im Fahrzeug		Vergleichsfahrzeug		Audi 100 neu	
		linker Kanal	rechter Kanal	linker Kanal	rechter Kanal
Sitzposition					
		linker Kanal	rechter Kanal	linker Kanal	rechter Kanal
vorne links	Schalldruckpegel	schlecht	akzeptabel	gut	gut
	Ortung von	hinten	rechts vorne	links vorne	rechts vorne
vorne rechts	Schalldruckpegel	schlecht	gerade noch akzeptabel	gut	gut
	Ortung von	links hinten	links vorne	links vorne	rechts vorne
hinten links	Schalldruckpegel	akzeptabel	gut	gut	gut
	Ortung von	hinten	rechts vorne	links seitlich	rechts vorne
hinten rechts	Schalldruckpegel	gerade noch akzeptabel	akzeptabel	gut	gut
	Ortung von	links seitlich	rechts seitlich	links vorne	rechts seitlich

zen gemessenen Schallpegelspektren. Man erkennt, daß beim neuen Audi 100 (Feld 1) die Abweichungen von der Idealforderung einer frequenzunabhängigen Übertragung (Nulllinie) an allen vier Plätzen nur gering sind, d. h. überall ist in gleicher Weise guter Hörgenuß möglich, nicht dagegen im Vergleichsfahrzeug (Feld 2) mit herkömmlicher Lautsprecheranordnung (d. h. ein Lautsprecher vorn in der Mitte, zwei Lautsprecher hinten in der Hutablage, übliche Lautsprecheranführung ohne Box).

Die Breite des Feldes 2 ist gegenüber Feld 1 zum Teil erheblich größer, d. h. daß die Beschallung auf den vier Sitzplätzen weniger gleichmäßig ist.

Für eine gute Stereoempfindung ist neben der Beschallungsrichtung noch die gleichmäßige Pegellage des linken und rechten Kanals wichtig. Die Überlegenheit der Anordnung des

Linker Kanal

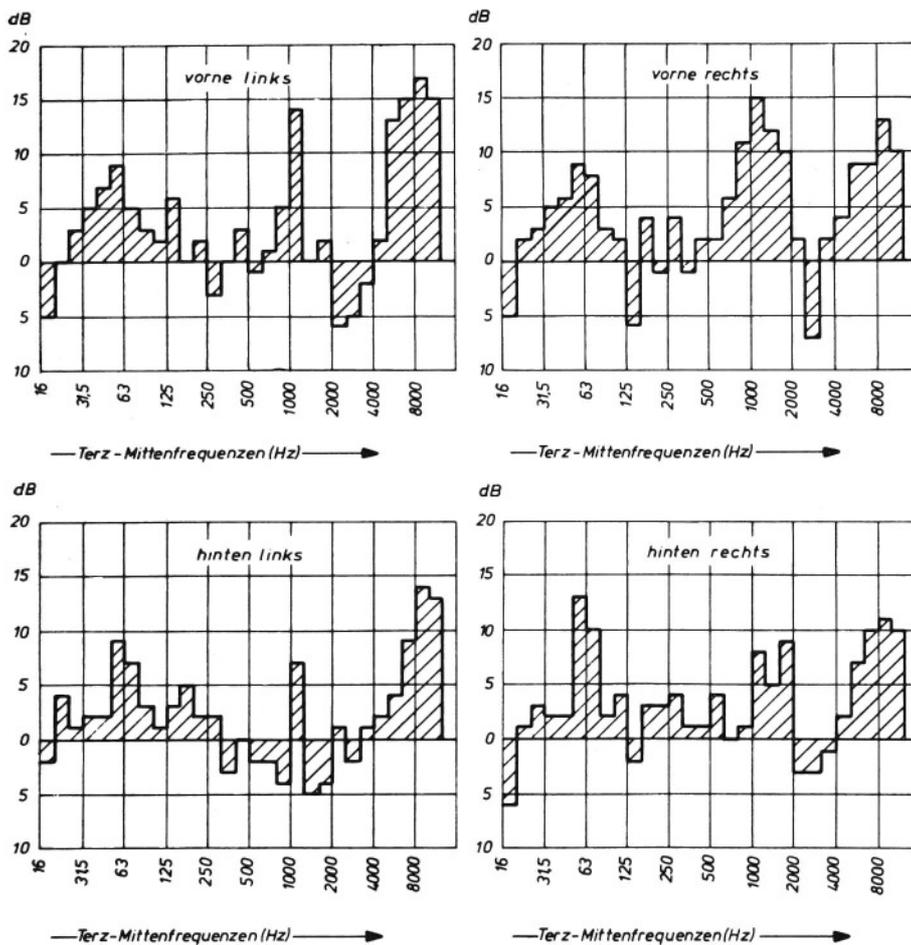


Bild 7. Verbesserung des Schalldruckpegels in dB im neuen Audi 100 an den 4 Sitzpositionen für den linken Kanal, bezogen auf ein Vergleichsfahrzeug

neuen Audi 100 wird deutlich, wenn man aus Bild 7 die Verbesserung des Schalldruckpegels in dB für die vier Sitzpositionen, dargestellt für den linken Kanal, betrachtet. Die Ergebnisse für den rechten Kanal sind ähnlich.

Weiterhin wurden Höreindruck und die Ortung bei der Stereowiedergabe subjektiv beurteilt. In Tafel 3 ist in den Zeilen „Ortung“ für alle Sitzpositionen angegeben, aus welcher Richtung der Höreindruck für den linken und rechten

Kanal kommt. Die Hörerwartung, daß die Hörrichtung mit der Blickrichtung übereinstimmen soll, kann grundsätzlich nur bei zwei Frontlautsprechern erfüllt werden.

Beim Vergleichsfahrzeug wird die Hörerwartung, besonders auf den Vordersitzen nicht erfüllt, auf den Rücksitzen, insbesondere hinten rechts, ist die Beschallung günstiger. Bei der Lautsprecheranordnung des neuen Audi 100 wird die Hörerwartung auf allen, insbesondere auf den Vordersitzen, weitgehend erfüllt.

Die akustischen Untersuchungen erfolgten in Zusammenarbeit mit der Firma Blaupunkt.

6. Zusammenfassung

In der Empfangsanlage des neuen Audi 100 sind neuere Erkenntnisse verwirklicht. Durch die Verlegung der Antenne vom Vorder- zum Hinterkotflügel wird das Verhältnis Nutzsignal/Stör-signal um ≥ 5 dB, durch Abstimmen der Antennenlänge der Nutzsignalpegel bei UKW um mehr als 2 dB verbessert. Die Empfänger besitzen automatische Stör-Unterdrückung, integrierten Verkehrsfunkdecoder mit akustischer Abstimmhilfe und zum Teil Durchsagekennung.

Mit Hilfe dieser Merkmale wird ein Maximum an Bedienungsvereinfachung bei der Suche der Verkehrsfunksender erreicht.

Bei Monogeräten werden zwei, bei Stereogeräten vier Lautsprecher eingebaut.

Es handelt sich um Langhuber, die von geschlossenen Schallkörpern nach dem Prinzip der Hi-Fi-Boxen umgeben sind. Hierdurch wird das Wiedergabespektrum, speziell im Baß- und Höhenbereich, verbessert. Die Beschallung der einzelnen Sitzplätze ist sehr gleichmäßig, der Eindruck entspricht der Hörerwartung. Die erzielten Verbesserungen sind durch Meßergebnisse ausgewiesen.

Schrifttum

- [1] Rasehorn, H.: Schaltung zur automatischen Stör-Unterdrückung. Funk-Technik, 31 (1976) 10, S. 296-298