

Untersuchung thermischer Einflüsse auf Kopfhörer mit der aktiven Umgebungsgeräusch – Kompensation NoiseGard™

**Studienarbeit im Studiengang Elektrotechnik – Telekommunikation
Sommersemester 2003**

Verfasser: Michael Przybilla
Zum Ihlenpfuhl 7
29525 Uelzen

Matrikelnummer: 20064319

Betreuer (FH Wolfenbüttel): Prof. C.-W. Turtur

Betreuer (Firma Sennheiser): Dipl. Ing. Nils Oliva

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Einleitung	4
Kapitel 2: Analyse der Anforderungen.....	5
Zusage Sennheiser	5
Anforderungen des Automobilherstellers	5
ANALYSE DER ANFORDERUNGEN UND VERGLEICH DER BISHERIGEN ERGEBNISSE	6
ZUSAMMENFASSUNG DER KRITISCHEN PUNKTE	14
Kapitel 3: Theoretische Grundlagen	15
KUNSTSTOFFE	15
PA6 GF30.....	15
PC-ABS und ABS.....	16
PVC	17
Weitere Kunststoffe.....	18
KLEBSTOFFE	19
Spule-Membranverklebung	20
Membran-Chassis-Verklebung.....	21
Leitklebstoff an der Mikrofonkapsel	21
Kapitel 4: Der Prüfplan	23
ZIELE	23
DURCHZUFÜHRENDE TESTS	23
Mechanische Vortests mit erwärmten und abgekühlten Kopfhörern	23
Betriebsprüfung bei Raumtemperatur	24
Lagerung bei Temperaturwechselklima	24
Betriebsprüfung nach Lagerung bei Temperaturwechselklima.....	24
Betriebsprüfung bei hohen Temperaturen zur Ist-Wert Feststellung.....	25
Betriebsprüfung bei tiefen Temperaturen zur Ist-Wert Feststellung	25
Kapitel 5: Die Prüfmittel	26
REGELBARE VERSUCHSUMGEBUNG	27
B&K MESSMIKROFON	27
SIGNALQUELLE UND AUDIO ANALYSESYSTEM	27
1. Steuerprogramm für den Klimaschrank	28
2. Steuerprogramm für die Übergangszeiten	28
WEITERE KOMPONENTEN DES MESSPLATZES.....	29
Akustischer Adapter	29
Elektrische Adapter	31
DER AUDIO - MESSPLATZ IM ÜBERBLICK	32
Kapitel 6: Durchführung der Prüfungen und Einzelergebnisse.....	33
LAGERUNG	33
Lagerung bei hohen Temperaturen	33
Lagerung bei tiefen Temperaturen.....	39
BETRIEB.....	40
Hohe Temperaturen	40
Tiefe Temperaturen.....	45
Kapitel 7: Zusammenfassung der Ergebnisse	48
Abkürzungsverzeichnis.....	51
Abbildungsverzeichnis.....	52
Diagrammverzeichnis.....	53

Diagrammverzeichnis	53
Quellenverzeichnis	54
BÜCHER:	54
INTERNE SENNHEISER FSL BERICHTE:.....	54
INTERNE SENNHEISER PRÜFNORMEN (SNP):	54
INTERNE PRÜFBEDINGUNGEN DES AUTOHERSTELLERS:	54
Anhang	55
SOFTWARE:	55
ZEICHNUNGEN:	55

Kapitel 1: Einleitung

Der Anlass für diese Studienarbeit beruht auf der Anfrage eines großen Automobilherstellers, einen bestehenden Kopfhörer der Firma Sennheiser electronic GmbH & Co. KG in eines ihrer Fahrzeuge einzubauen.

Aus dieser Anfrage ergeben sich viele Ansatzpunkte, anhand derer dieses Thema angegangen werden kann.

Von Firma Sennheiser sind zwar Mitte der 80er Jahre spezielle Kopfhörer für den Einsatz in Fahrzeugen gebaut worden, aber dies liegt so lange zurück, dass die damaligen Erkenntnisse auf keinen Fall eins zu eins auf die heutigen Anforderungen übertragen werden können.

Der erste Schritt muss daher eine umfassende Analyse der Anforderungen an Bestandteile des Innenraums eines Fahrzeugs sein (Kapitel 2), denn genau diese Anforderungen gelten auch für den Kopfhörer, wenn er fest in ein Fahrzeug eingebaut werden soll.

Als nächstes ist dann zu überprüfen, welche dieser Anforderungen von einem bereits vorhandenen Kopfhörermodell erfüllt werden und wo noch Verbesserungsbedarf besteht, denn das Ziel ist es, einen bestehenden Kopfhörer gegebenenfalls weiterzuentwickeln und keinen ganz neuen zu bauen.

Gegen eine Neuentwicklung sprechen einerseits Kostengründe, andererseits aber auch ein aus der Anfrage resultierender enger Zeitplan und die Tatsache, dass der Automobilhersteller mit dem Serienmodell des Kopfhörers grundsätzlich zufrieden ist und ihn für die geplante Anwendung favorisiert.

Basierend auf dem Ergebnis dieser Analyse folgt dann die Erarbeitung der für die Auswertung und das Verständnis der Ergebnisse nötigen theoretischen Grundlagen (Kapitel 3) und die Entwicklung eines schlüssigen Prüfkonzpts (Kapitel 4).

Daraufhin folgt die Zusammenstellung des nötigen Messequipments sowie die Beschaffung oder Anfertigung der benötigten Gerätschaften (Kapitel 5) und schließlich die Durchführung der Testreihen (Kapitel 6) und deren Auswertung und Dokumentation (Kapitel 7).

Nachdem dieser grobe Plan nun einen effizienten Weg zum angestrebten Ziel aufzeigt, kann mit der detaillierten Ausarbeitung der einzelnen Schritte begonnen werden.

Im Vorgriff auf das letzte Kapitel kann hier aber schon erwähnt werden, dass der Kopfhörer die gestellten Anforderungen erfüllt und daher kein großer Verbesserungsbedarf besteht.

Kapitel 7: Zusammenfassung der Ergebnisse

Als Ergebnis der Untersuchungen in den vorherigen Kapiteln hat sich gezeigt, dass der Kopfhörer, abgesehen von zwei Schwachstellen, für den Einsatz bei einer Umgebungstemperatur von -40°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ geeignet ist.

Als noch bestehende Schwachstellen müssen jedoch folgende Aspekte benannt werden:

1. Die Ergebnisse aus Kapitel 6 – „Lagerung bei hohen Temperaturen“ haben gezeigt, dass die Ohrpolster ab Temperaturen von $+50^{\circ}\text{C}$ nicht formbeständig sind.
2. Wird der Kopfhörer an den Grenzen des Temperaturbereichs betrieben, kann es zu leichten Klangverfälschungen gegenüber dem Betrieb bei Raumtemperatur kommen.

Zur Verbesserung von Punkt eins bietet sich an, die Ohrpolster gegen andere auszutauschen. Dieser Mangel lässt sich somit sehr schnell beheben.

Die Ohrpolster sind anforderungsbedingt leicht abnehmbar konstruiert und können daher problemlos gegen Modelle aus anderen Kunststoffen mit besserer Formbeständigkeit ersetzt werden.

Für Punkt zwei ist keine so einfache Lösung möglich. Für die praktische Anwendung sind jedoch keine weiteren Modifikationen am Kopfhörer nötig, da die Veränderungen der Akustik beim normalen Musikhören nicht auffallen.

Weiterhin muss für die praktische Anwendung bedacht werden, dass der Kopfhörer während des Musikhörens auf dem Kopf getragen wird.

Die jeweilige Temperatur der menschlichen Ohren und des Kopfes spielt hier eine zusätzliche Rolle für die Temperaturverteilung im gesamten Kopfhörer. Ein kaltes Ohrpolster wird durch Kontakt mit den Ohren fast ebenso schnell erwärmt, wie die Luft im abgeschlossenen Raum zwischen der geschlossenen Hörrmuschel und dem Ohr. Die Wärme kann dann auch auf die Membran übergehen und diese erwärmen.

Nach dem gleichen Prinzip ist es auch möglich, einen warmen Kopfhörer durch „kalte Ohren“ abzukühlen.

Diese Vorgänge können mit den zur Verfügung stehenden Prüfmitteln nicht erfasst werden. Um diese Vorgänge zu messen, wäre ein unverhältnismäßig größerer Aufwand nötig.

Weiterhin ist zu bedenken, dass dieser Wärmetransport ein relativ langsamer Vorgang ist. Bewegt sich z.B. eine Testperson während des Musikhörens mit dem Kopfhörer in eine warme oder kalte Umgebung, gehen die Veränderungen der Akustik so langsam voran, dass der Mensch sie nicht als Veränderung wahrnimmt.

Dieses Phänomen hängt wiederum stark mit der Art und Lautstärke der gehörten Musik zusammen. Einem Menschen mit geschultem oder sensiblem Gehör würden beim leisen Hören von klassischer Musik etwaige Veränderungen daher eher auffallen, als einer Person, die ständig laute Rock- oder Popmusik hört.

Außerdem ist noch zu beachten, dass wahrscheinlich sehr selten bei Temperaturen im Grenzbereich Musik gehört wird.

Für die Insassen eines Fahrzeuges sind Temperaturen von +80°C oder –40°C im Innenraum nicht gerade angenehm. Die erste Maßnahme wird dann wohl eine Veränderung der Innenraumtemperatur sein und somit ist die Zahl der Fälle, in denen tatsächlich ein Kopfhörer bei diesen Grenztemperaturen in Betrieb genommen wird, in der Praxis verschwindend gering.

Als absolute Obergrenze für die Lagerung muss aufgrund der durchgeführten Tests aber eine Temperatur von +80°C angesetzt werden. Ab dieser Temperatur beginnen die im Kopfhörer verwendeten Kunststoffe zu erweichen und der Kopfhörer erleidet irreversible Schäden.

Quellenverzeichnis

Als Grundlage für diese Studienarbeit wurden die hier angegebenen Quellen verwendet.

Bücher:

- WEKA Praxishandbuch *PLUS* „Kunststoffpraxis: Eigenschaften“, Band 2, Kissing, Mai 2003.

interne Sennheiser FSL Berichte:

- FSL-2002-00646
- FSL-2002-00720
- FSL-2002-00767
- FSL-2002-00768
- FSL-2002-00964
- FSL-2003-00063
- FSL-2003-00162
- FSL-2003-00510

interne Sennheiser Prüfnormen (SNP):

- SNP 2 bis 8
- SNP 13
- SNP 19
- SNP 20
- SNP 21
- SNP 24
- SNP 26
- SNP 35
- SNP 51

interne Prüfbedingungen des Autoherstellers:

- Nummer 801 01: 2001-04

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Wennebostel, 28. August 2003

Michael Przybilla