

# **Entwicklung eines intelligenten Prüf- und Abgleichkonzepts für NoiseGard™ Kopfhörer**

Diplomarbeit im Studiengang Elektrotechnik – Telekommunikation  
Wintersemester 2004/2005

Verfasser:	Michael Przybilla Zum Ihlenpfehl 7 29525 Uelzen
Matrikelnummer:	20064319
Betreuer (FH Wolfenbüttel):	Prof. Dr. C. W. Turtur
Betreuer (Firma Sennheiser):	Dipl. Ing. Harald Sander-Röttcher

Wennebostel, 18. März 2005

# Aufgabenstellung

Aufgabe dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung eines intelligenten Prüf- und Abgleichkonzepts für NoiseGard™ Kopfhörer.

Sie beruht auf der Tatsache, dass das derzeit verwendete Prüf- und Abgleichkonzept für Kopfhörer mit NoiseGard™ Technologie nicht präzise und eindeutig genug für die Serienfertigung ist, denn beim momentan verwendeten Verfahren treten immer wieder Probleme beim Abgleich der Elektronik auf.

## Zusammenfassung der Arbeit

Das Ziel dieser Diplomarbeit war die Ausarbeitung eines intelligenten Prüf- und Abgleichkonzepts für NoiseGard™ Kopfhörer um das derzeit verwendete Konzept zu verbessern oder zu ersetzen.

Um dieses Ziel zu erreichen war zuerst eine detaillierte Analyse des derzeit verwendeten Konzepts nötig, im Zuge derer einige Schwachstellen und konkrete Verbesserungspotenziale gefunden werden konnten. Darauf folgende theoretische Ausarbeitungen ebneten den Weg für die Entwicklung eines neuen adaptiven Prüfkonzepts und eine effiziente praktische Umsetzung in einem neuen Prüfplatz.

Die wesentlichen Verbesserungen im neuen Konzept und dessen Umsetzung im neuen Messplatz sind:

1. Es wird ein gleich bleibender Ablauf der Prüfungen bei verschiedenen Produktvarianten gewährleistet.
2. Der zeitliche Ablauf der einzelnen Prüfschritte ist effizient und ihre Hierarchie den jeweils möglichen Fehlertypen angepasst.
3. Die Benutzerführung des neuen Messsystems ist klar strukturiert und gewährleistet so eine einfache Handhabung ohne lange Einarbeitungszeiten.
4. Der Abgleich der NoiseGard™ Elektronik ist durch das neue Abgleichverfahren „Wobbelmessung“ eindeutig und um 55% schneller durchführbar.
5. Der Messplatz kann einfach an neue Produktvarianten angepasst werden.

Der neue Messplatz konnte daraufhin problemlos in den Fertigungsprozess integriert werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen und Begriffe</b> .....	<b>1</b>
<b>Kapitel 1 Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>Kapitel 2 Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
ABSCHNITT 2.1 PROBLEME DER ANTISCHALLERZEUGUNG.....	3
ABSCHNITT 2.2 NOISEGARD™ – EIN SCHWINGFÄHIGES SYSTEM .....	5
ABSCHNITT 2.3 DER HELMHOLTZ VORRAUMRESONATOR .....	8
ABSCHNITT 2.4 AUSWIRKUNGEN AUF DEN BENUTZER .....	12
ABSCHNITT 2.5 ERGEBNIS DER THEORETISCHEN ÜBERLEGUNGEN .....	13
ABSCHNITT 2.6 DER LÖSUNGSANSATZ .....	14
<b>Kapitel 3 Nachbildung des verwendeten Messequipments</b> .....	<b>15</b>
ABSCHNITT 3.1 DER AKUSTISCHE KOPPLER.....	15
ABSCHNITT 3.2 ELEKTRISCHER ADAPTER ZUR SPANNUNGSVERSORGUNG .....	17
ABSCHNITT 3.3 DER AUDIO - MESSPLATZ IM ÜBERBLICK .....	17
<b>Kapitel 4 Analyse des derzeitigen Messverfahrens</b> .....	<b>19</b>
ABSCHNITT 4.1 FREQUENZGANG IM PASSIVEN BETRIEB .....	19
ABSCHNITT 4.2 ABGLEICH DER NOISEGARD™ ELEKTRONIK .....	19
<b>Kapitel 5 Das neue Prüfverfahren</b> .....	<b>24</b>
ABSCHNITT 5.1 VERGLEICH DES GEMESSENEN UND ERRECHNETEN AKTIVEN FREQUENZGANGS .....	24
ABSCHNITT 5.2 FLEXIBILITÄT DURCH DATEIVERWALTUNG .....	25
ABSCHNITT 5.3 FREQUENZGANG IM PASSIVEN BETRIEB .....	26
ABSCHNITT 5.4 TECHNISCHE UMSETZUNG DES ABGLEICHS DER NOISEGARD™ ELEKTRONIK.....	30
ABSCHNITT 5.5 ABLAUF DES ABGLEICHS DER NOISEGARD™ ELEKTRONIK .....	34
ABSCHNITT 5.6 ZEITLICHER VERGLEICH.....	37
<b>Kapitel 6 Kalibrieren des Messplatzes</b> .....	<b>38</b>
ABSCHNITT 6.1 KALIBRIERUNG AN HAND VON „REFERENZHÖRERN“ .....	38
<b>Kapitel 7 Ausblick auf weitere Verbesserungen</b> .....	<b>40</b>
ABSCHNITT 7.1 VERBESSERUNG DURCH B&K MIKROFONE .....	40
ABSCHNITT 7.2 FERNWARTUNG.....	40
ABSCHNITT 7.3 ZEITGLEICHE GRAFISCHE ANZEIGE ZWEIER MESSWERTKURVEN .....	40
ABSCHNITT 7.4 ELEKTRONISCHE POTENTIOMETER.....	40
ABSCHNITT 7.5 SELBSTABGLEICHENDE SYSTEME .....	41
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>43</b>
<b>Verzeichnis der Gleichungen</b> .....	<b>45</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>46</b>
BÜCHER.....	46
ABBILDUNGEN .....	46
<b>Verzeichnis der Anhänge</b> .....	<b>47</b>
HARDWARE: .....	47
SOFTWARE:.....	47

# Kapitel 1 Einleitung

Der Anlass für diese Diplomarbeit beruht auf der Tatsache, dass das derzeitige verwendete Prüf- und Abgleichkonzept für Kopfhörer mit NoiseGard™ nicht präzise und eindeutig genug für die derzeitige Serienfertigung ist, da nach dem im Moment verwendeten Verfahren immer wieder Probleme beim Abgleich der Elektronik auftreten. Daraus folgend dauert der Abgleichvorgang unverhältnismäßig lang und die Fertigung arbeitet nicht mehr effektiv. Außerdem hängt das Arbeitsergebnis vom Fingerspitzengefühl des jeweiligen Prüfers ab und ist damit nicht reproduzierbar.

Zur Lösung des Problems ergeben sich viele Ansatzpunkte, anhand derer dieses Thema angegangen werden könnte. Da die Serienfertigung aber schon angelaufen ist, sind keine Änderungen am Kopfhörer selbst mehr möglich und dadurch wird der Handlungsspielraum stark eingeschränkt.

Als erster Schritt werden die theoretischen Grundlagen der Antischallerzeugung erarbeitet, da die Funktionsweise des NoiseGard™ auf Antischallerzeugung beruht. Danach folgt eine umfassende Analyse des derzeitigen Abgleichkonzepts, um die Schwachstellen im System herauszustellen.

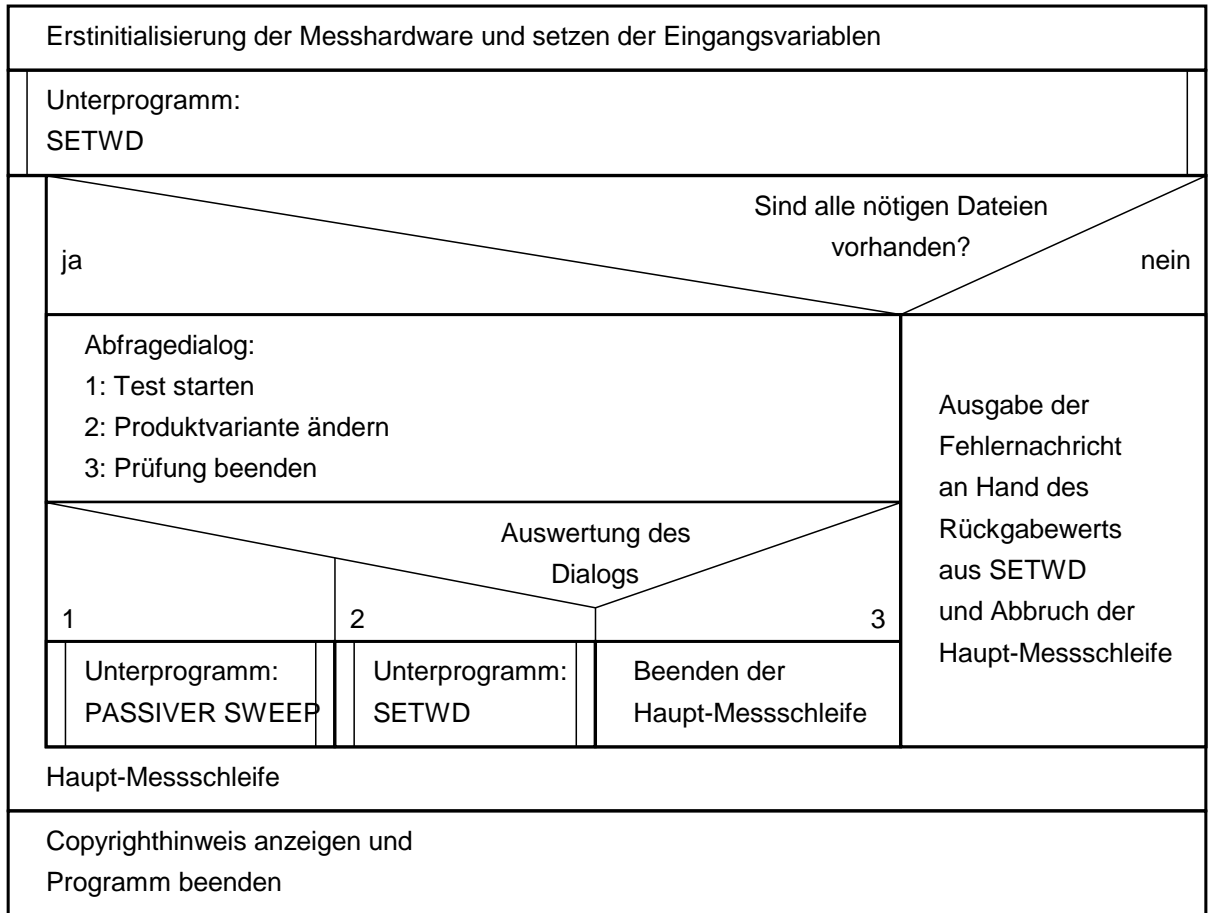
Als nächstes ist dann zu überprüfen, in welchem Umfang Verbesserungen eingebracht werden können, denn das Ziel ist es, bestehendes Prüfequipment zu optimieren und dadurch einen verbesserten Ablauf der Prüfungen und des Abgleichs des Kopfhörers zu schaffen.

Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf der Geschwindigkeit und Tauglichkeit zur Anwendung unter Fertigungsbedingungen.

Daraufhin folgt die Optimierung des nötigen Messequipments sowie die Beschaffung oder Anfertigung der benötigten Gerätschaften und schließlich die Durchführung der Testreihen zur Verifikation des neuen Konzepts und deren Auswertung und Dokumentation durch diese Diplomarbeit.

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

# Messplatz



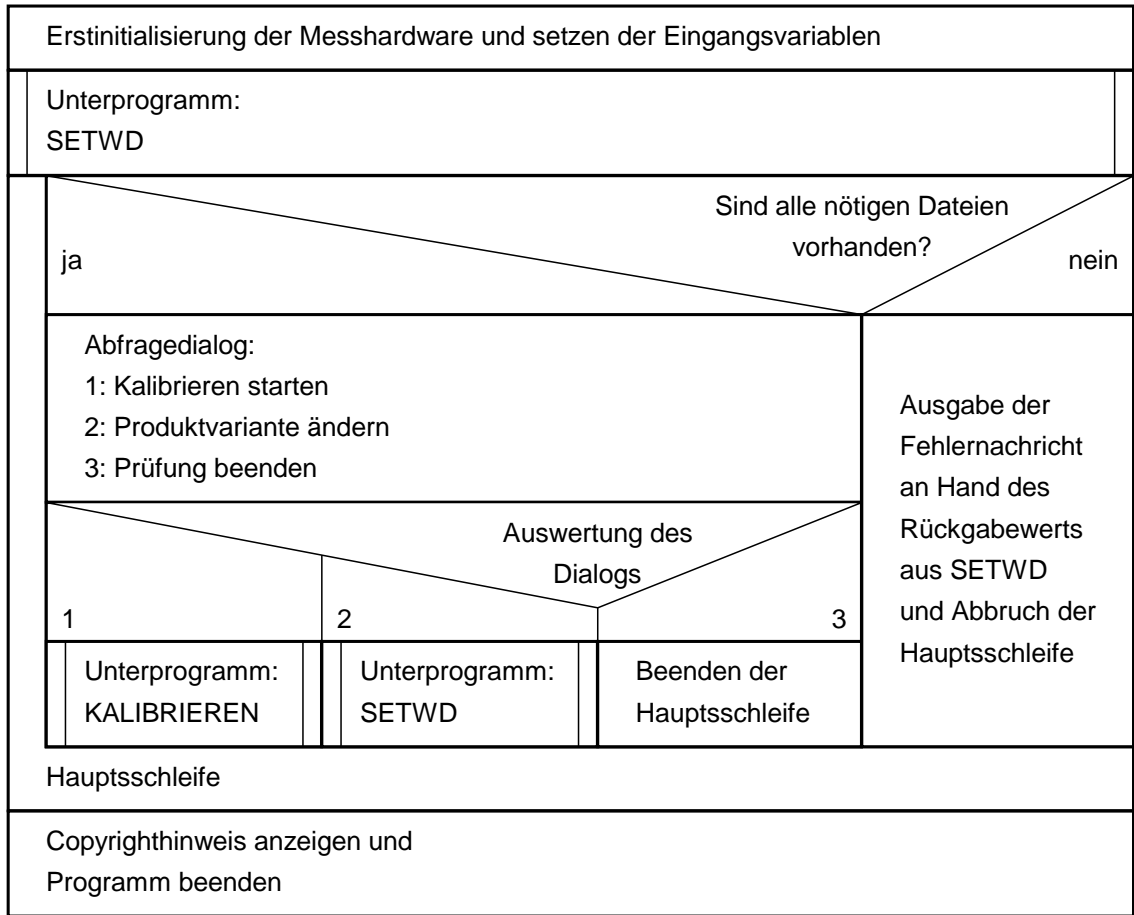
## Unterprogramm: PASSIVER SWEEP

Testsetup laden				
gespeicherte Referenzwerte für die Lautstärke bei 1 kHz laden				
Lautstärke bei 1 kHz messen				
Differenz zwischen Messwert und Referenzwert bilden				
Weicht die Lautstärke um mehr als $\pm 3\text{dB}$ vom Referenzwert ab?				
ja			nein	
Abfragedialog: Ist NoiseGard aktiv?		Schleife beenden		
ja	nein			
Die Schleife weiterlaufen lassen, damit die Messung neu beginnt	Schleife beenden			
Lautstärkemessung bei 1 kHz				
Weicht die Lautstärke um mehr als $\pm 3\text{dB}$ vom Referenzwert ab?				
ja			nein	
Anzeige: "Lautstärketest nicht bestanden" Prüfling hat Fehler!	Frequenzgangmessung mit Sweep von 20 Hz bis 20 kHz			
	Differenz zu gespeichertem Referenzfrequenzgang errechnen. Zugehöriges Toleranzfeld laden.			
	Toleranzfeld- Verletzung?			
	ja	nein		
	Differenzkurve der linken und rechten Seite errechnen. Zugehöriges Toleranzfeld laden.			
	Toleranzfeld- Verletzung?			
	ja	nein		
	Anzeige: "Klangtest nicht bestanden" Prüfling hat Fehler!	Anzeige: "Gleichlaufest nicht bestanden" Prüfling hat Fehler!	Anzeige: "Alle Prüfungen bestanden" Prüfling ist in Ordnung!	Unterprogramm: COMP Kompensationsmessung
Unterprogramm beenden. Rücksprung zum aufrufenden Programm.				

## Unterprogramm: COMP

Testsetup laden			
Zugehörige Toleranzkurve laden			
Referenzspektrum messen und speichern.			
Signalspektrum messen			
Differenz aus Referenzspektrum und Signalspektrum errechnen			
Differenzspektrum darstellen			
Echtzeit "Wobbelmessung" zum Abgleich der NoiseGard Elektronik Nebenläufig wird über eine Grundfunktion des ATS ein Signal zum beenden des Tests überwacht, über das diese Schleife beendet wird			
Signalspektrum messen			
Differenz aus Referenzspektrum und Signalspektrum errechnen			
Differenzspektrum darstellen und mit der Toleranzkurve vergleichen			
Wird die Toleranzkurve verletzt?			
ja		nein	
Abfragedialog: nochmal Abgleichen		Differenzkurve der linken und rechten Seite errechnen. Zugehöriges Toleranzfeld laden.	
ja		nein	
		Toleranzfeld- Verletzung?	
ja		nein	
Anzeige: "NoiseGard abschalten"		Abfragedialog: nochmal Abgleichen	
ja		nein	
Anzeige: "Der Prüfling ist fehlerhaft" Schleife beenden!		Anzeige: "Der Prüfling ist fehlerhaft" Schleife beenden!	
		Anzeige: "Der Abgleich ist in Ordnung! Der Prüfling ist zum Verkauf bereit" Schleife beenden!	
Abgleich der NoiseGard Elektronik			
Unterprogramm beenden. Rücksprung zum aufrufenden Programm.			

## Messplatz - Kalibrieren





## **Unterprogramm: KALIBRIEREN**

Testsetup laden

Anweisung an Benutzer:

- Referenzhörer auf den Koppler setzen und anschließen

Lautstärke bei 1 kHz messen und abspeichern

Frequenzgang messen und abspeichern

Unterprogramm beenden.

Rücksprung zum aufrufenden Programm.

## Unterprogramm: SETWD

Derzeitiges Haupt-Arbeitsverzeichnis anzeigen			
Abfragedialog: Welche Produktvariante wird geprüft			
		Abfragedialog auswerten	
PXC250	PXC300	PXC150	erneut prüfen
Unterverzeichnis setzen: PXC 250	Unterverzeichnis setzen: PXC 300	Unterverzeichnis setzen: PXC 150	Benutzereingriff: Haupt-Arbeitsverzeichnis richtig setzen
Abfrageschleife: Stimmt das Haupt-Arbeitsverzeichnis			
Sicherheitskontrolle 1			
Sind alle Programmdateien vorhanden			
ja		nein	
Sicherheitskontrolle 2			Rückgabewert: System ist nicht komplett
Sind alle Kalibrierdaten vorhanden			
ja		nein	
Rückgabewert: System ist komplett	Rückgabewert: System muß kalibriert weden		

# Quellenverzeichnis

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

## Bücher

- [1] Technische Akustik, Dr.-Ing. Ivar Veit, 1974  
Vogel-Verlag, ISBN 3-8023-0063-7
- [2] Physikalische und Technische Akustik,  
Dr. phil. Dr.-Ing. E. H. Meyer & Dr. rer. nat. Ernst-Georg Neumann, 1967  
Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig, Best.-Nr. 8255
- [3] ATS-2 User's Manual, 2002,  
Document part number 8211.0135 revision 1  
Audio Precision, Inc.
- [4] APWIN Basic User's Guide and Language Reference, 1999  
Document part number 8211-0089 revision 2  
Audio Precision, Inc.
- [5] Audio Measurement Handbook, Bob Metzler, First edition, August 1993,  
Audio Precision, Inc.
- [6] An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series,  
J.M. COOLEY, J.W. TUKEY, 1965
- [7] Rechneraufbau und Rechnerstrukturen,  
Walter Oberschelp and Gottfried Vossen, 2. Auflage, 1987

## Abbildungen

- Die Abbildung 2.1.1 stammt aus der Produktbeschreibung des Sennheiser PXC250 Kopfhörers
- Die Abbildung 2.4.1 stammt ursprünglich aus der Dissertation von Anke Hirschfelder zum Thema: „Modulation von Distorsionsprodukt-Otoemissionen durch Töne tiefer Frequenz“

# Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Wennebostel, 18.03.2005