
Klanganalyse

Qualitätssicherung für keramische Körper

Version: 1.0.0.1
Autor: Dipl.-Ing. Udo Marx
Datum: 07. 02. 2005
Dateiname: Sonor_Klanganalyse.doc

History

Version	Datum	Autor	Kommentar
1.0.0.0	10. 06. 03	Udo Marx	Erstellung
1.0.0.1	07.02.05	Udo Marx	Überarbeitung von Formatierungen

Inhalt

1 ALLGEMEIN.....	3
2 Dokumenten- und Quellenverweise.....	3
3 Absicht.....	3
4 Projektstart.....	3
5 Projektablauf.....	3
6 SKIZZIERUNG DES AUSWERTEVERFAHRENS.....	5
7 Auswerteprinzip.....	5
8 Grundannahmen.....	5
9 Festlegung des Auswertebereiches im Zeitbereich (Audiosignal).....	5
10 Einlernbetrieb.....	5
11 Testbetrieb.....	5
12 Analyse.....	6
13 Ergebnis.....	6
14 BEISPIELE.....	7
15 Audiosignale (Zeitbereich).....	7
16 Spektrum (Frequenzbereich).....	7

1 Allgemein

2 Dokumenten- und Quellenverweise

- /1/ IST-Klangprüfanlagen Sonor 2, Vom guten Ton zum guten Klang
Veröffentlichung im Internet: http://www.ist-schadenanalyse.de/html/akustische_prufanlagen.html
- /2/ Vom guten Ton zum guten Klang, Qualitätsüberwachung mit IST-Prüfanlagen,
Keramische Zeitschrift 54 (2002) (2)
- /3/ Programm „SpectraPLUS“, <http://www.telebyte.com/pioneer>
- /4/ Implementierungsspezifikation: Filterprüfung Version 2.0, Dipl.-Ing. Udo Marx, 18.11.2002
- /5/ SONOR – Marktanalyse, Version 1.0, Dipl.-Ing. Udo Marx, 24.06.2003

3 Absicht

Ziel dieser Dokumentation ist die Beschreibung meiner Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und deren Ergebnisse im Projekt „Klanganalyse“, welches ich in den Jahren 2002 – 2003 in Zusammenarbeit mit der Firm IST GmbH, München, durchgeführt habe.

4 Projektstart

Die Firma IST GmbH hatte den Kundenauftrag, einen Prototypen zur Qualitätskontrolle von speziellen kundenspezifischen keramischen Filtern zu entwickeln. Mit diesem Prototypen sollte der Nachweis erbracht werden, daß das Verfahren der Klanganalyse auf diese keramischen Körper anwendbar ist. Es handelte sich um Einmalfilter, die beim Gießen von Motorblöcken eingesetzt werden. Da ein Bruch des Filters zu einem vollständigen Verlust des Motorblockes führt, sollte hier eine 100 % Kontrolle unter Verwendung der Klanganalyse durchgeführt werden. Es hatte sich heraus gestellt, daß das Auswerteverfahren, welches bereits erfolgreich zur Überprüfung von Dachziegeln eingesetzt wurde (siehe /1/ und /2/), für die vorliegenden keramischen Körper nicht zum gewünschten Erfolg führte.

5 Projektablauf

Die Firma IST GmbH stellte den Versuchsaufbau zur Klangerzeugung und zur Aufnahme des akustischen Signals zur Verfügung. Unter Verwendung des Programmes „SpectraPLUS“ der Firma „Pioneer Hill Software“ (siehe /3/) konnten erste Analysen im Frequenzbereich durchgeführt werden. Die Mitarbeiter der Firma IST stellten einen Zusammenhang zwischen den Frequenzpositionen ausgeprägter Peaks und den Rückschluß auf die Qualität des zu prüfenden keramischen Filters fest. Ich erhielt den Auftrag zur Neuentwicklung eines Programmes, welches das Verfahren umsetzen sollte:

- Datenerfassung und Synchronisation des Meßablaufes

- Transformation des Zeitbereiches (Audiodaten) in den Frequenzbereich (FFT-Analyse)
- Graphische Darstellung des Frequenzbereiches (Spektrum)
- Bewertung der Ergebnisse entsprechend der Einstellparameter

In Absprache mit der Firma IST wurde von mir eine Implementierungsspezifikation erstellt (siehe /4/).

Nach Fertigstellung des Programmes konnten weitere Erprobungen bezüglich der Tauglichkeit des Auswerteverfahrens durchgeführt werden. Dabei zeigte sich, daß die Festlegung vorgegebener Peakbereiche zum Vergleich der Peakpositionen bei „guten“ und „schlechten“ Filtern aufwendig war und nur bedingt zum gewünschten Erfolg führte.

Daraufhin bot ich der Firma IST an, nach verbesserten Verfahren zu suchen und in einem Programm fertigzustellen, welches auf Basis von Lizenzen eingesetzt werden könnte. Das entwickelte Auswerteverfahren wird im folgenden skizziert.

Eine nachfolgende kleine Marktanalyse sollte die Möglichkeiten und Chancen der Klanganalyse im Bereich der keramischen Industrie verdeutlichen (siehe /5/).

6 Skizzierung des Auswerteverfahrens

7 Auswerteprinzip

Es werden nicht einzelne Peaks innerhalb des Frequenzspektrums betrachtet, sondern die Gesamtheit eines Bereiches. Der Bereich kann das gesamte Spektrum von 0 – 22kHz einschließen oder auf ein schmaleres Frequenzband eingestellt werden. Aus den Prüflingen wird ein „Master“ ermittelt, welcher sich dadurch auszeichnet, daß er die wesentlichen Frequenzmerkmale eines „guten“ Typs beinhaltet. Auf der Basis dieses „Masters“ werden nachfolgend alle anderen Prüflinge verglichen. Für den Vergleich wird das mathematische Prinzip der Kreuzkorrelation verwendet.

8 Grundannahmen

Das Auswerteverfahren setzt folgende Grundannahmen voraus:

- Die Anzahl „guter“ Filter ist sehr viel größer als die der „schlechten“
- Die Ergebnisse der Korrelationen der Frequenzspektren „guter“ Filter mit einem „Master“ unterscheiden sich signifikant von denen eines „schlechten“ Filters
- Die Ergebnisse der Korrelationen der Frequenzspektren gleicher Filter (wiederholte Messungen) ist signifikant größer als die unterschiedlicher Filter (Sicherstellung der Reproduzierbarkeit)
- Der Klang von „guten“ und „schlechten“ Filtern ist von einem geübten Hörer unterscheidbar

9 Festlegung des Auswertebereiches im Zeitbereich (Audiosignal)

Da der Auslöseimpuls zur Aufnahme des Audiosignals (Klopfimpuls) nicht konstant ist, wird ein Triggersignal definiert: Das Maximum des Audiosignals innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls definiert den Startpunkt, der zur FFT-Analyse verwendeten Daten. Das Zeitintervall für die FFT-Analyse wird eingestellt (siehe Abschnitt 3.1).

10 Einlernbetrieb

Während des Einlernbetriebes wird ein „Master“ ermittelt. Durch Korrelation aller Meßdaten im Frequenzbereich wird das Datenpaket eines Filters ermittelt, welches den besten Korrelationsfaktor zu allen anderen Filtermessungen aufweisen kann.

11 Testbetrieb

Im laufenden Testbetrieb werden die Frequenzspektren der einzelnen Prüflinge mit dem Frequenzspektrum des "Masters" korreliert. Wenn der Korrelationskoeffizient einen definierten Grenzwert unterschreitet, wird der Prüfling als "schlecht" eingestuft anderenfalls als „gut“.

12 Analyse

Unter Verwendung von bereits aufgenommenen Testdaten von "guten" und "schlechten" Filtern kann das Verhalten des Auswerteverfahrens unter dem Einfluß unterschiedlicher Parametereinstellungen überprüft werden.

Folgende Parameter sind einstellbar und auf dessen Einfluß zu untersuchen:

- FFT-Blockgröße
- Triggerbereich des Audiosignals
- Grenzwert zur Bewertung des Korrelationskoeffizienten
- Frequenzband des Auswertebereiches
- Filter

13 Ergebnis

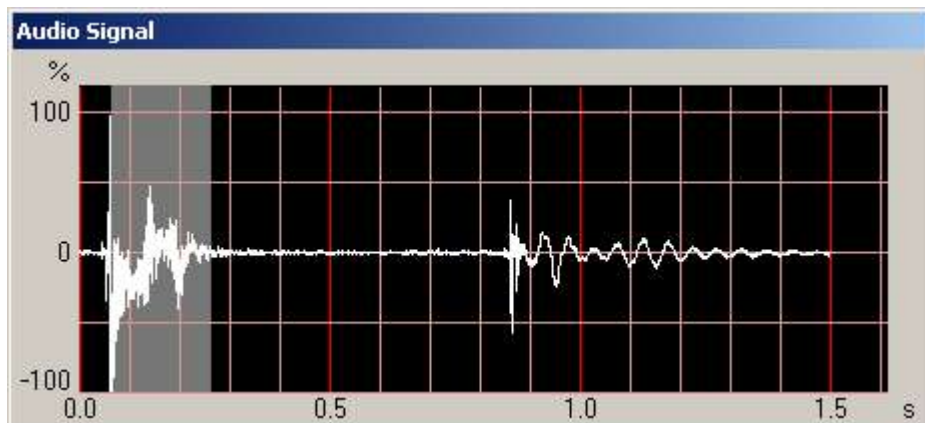
Nachfolgende Untersuchungen haben ergeben, daß bei den vorgegebenen Filtern das Verfahren greift. Es hat sich jedoch auch gezeigt, daß bei anderen keramischen Körpern, die zur Möglichkeit der Qualitätskontrolle überprüft wurden sollten, keine signifikanten Unterscheidungskriterien gefunden werden konnten.

14 Beispiele

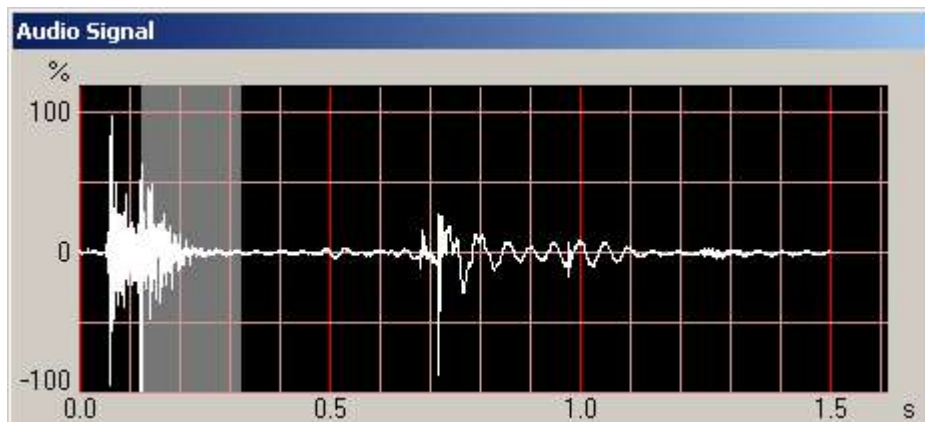
15 Audiosignale (Zeitbereich)

Der graue Bereich in den unten dargestellten Diagrammen kennzeichnet den Zeitabschnitt, der zur FFT-Analyse verwendet wird.

Das untere Bild stellt das Audiosignal eines “guten” Filters dar (rote Kurve im Frequenzspektrum Abschnitt 3.2):



Das untere Bild stellt das Audiosignal eines “schlechten” Filters dar (grüne Kurve im Frequenzspektrum Abschnitt 3.2):



16 Spektrum (Frequenzbereich)

Das untere Bild stellt das Frequenzspektrum von 4 Messungen dar:

- WEISS, GELB: „guter“ Filter

- BLAU, GRÜN: „schlechter“ Filter

