

Beurteilung und Katalogisierung von Störgeräuschen bei Verbrennungsmotoren

I. Raubold, K. Genuit, HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, 52134 Herzogenrath

1. Einleitung

Die Bearbeitung von Störgeräuschen bei Verbrennungsmotoren bedingt aufgrund der Komplexität bestehender technischer Systeme einen hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand. Verbale Beschreibungen des Höreindrucks der Störgeräusche variieren zum Teil von Anwender zu Anwender: Es wird für verschiedene Störgeräusche der gleiche Begriff verwendet (und umgekehrt) oder aber verbale Beschreibungen fehlen. Somit ist die Ausgangssituation zur Bearbeitung bestehender Geräuschprobleme meist ungenau definiert. Dies führt zu Kommunikationsverlusten sowie ineffizienter Investitionen in vermeintliche Lösungen.

Es wurde ein FVV-Forschungsvorhaben initiiert, an dem drei Forschungsinstitute beteiligt waren: HEAD acoustics GmbH, Synotec Psychoinformatik GmbH und FORWISS. Dieses Forschungsprojekt wurde durch den BMWi gefördert.

Ziel des Projektes war die Erstellung eines interaktiven, multimedialen Geräuschkatalogs mit denen im Rahmen des Projektes gesammelten Störgeräuschen, ergänzt durch verbale Beschreibungen, sensorische Profile, sowie geeignete Analyseverfahren und zugehörige Analyseergebnisse. Hierdurch sollte erstmalig eine umfassende Katalogisierung von Störgeräuschen ermöglicht werden [1].

2. Geräuschsammlung und Systematisierung

Der erste Arbeitsschritt im Rahmen dieses Forschungsvorhabens betraf die Sammlung von Geräuschbeispielen mit Störgeräuschen bei Verbrennungsmotoren. Neben der Audiodatei des jeweiligen Störgeräusches wurde außerdem ein Steckbrief, der z.B. Informationen über die Art des Motors und die Aufnahmebedingungen enthält, erarbeitet. Nachdem die gesammelten Geräuschdateien in einheitlicher Form vorlagen, wurde eine erste Systematisierung vorgenommen. Die Datenbank enthält insgesamt ca. 180 Störgeräuschbeispiele, die in 51 Störgeräuschmuster verschiedener Ausprägungen eingeteilt sind. In Tabelle 1 sind diese verschiedenen Störgeräuschmuster aufgelistet.

Blubbern	Knattern	Quietschen	Schwebung
Brummen	Kollern	Rasseln	Schwirren
Brutzeln	Kreischen	Rattern	Stöhnen
Buhen	Mahlen	Rauigkeit	Stottern
Dröhnen	Muhen	Rauschen	Summen
Grollen	Nageln	Resonanz	Tickern
Grunzen	Patschen	Rollen	Trommeln
Heulen	Pfeifen	Schaben	Weinen
Jaulen	Pochen	Schepfern	Wimmern
Kieseln	Prasseln	Schettern	Wummern
Klappern	Puffern	Schmetterern	Zirpen
Klingeln	Quaken	Schnarren	Zischen
Klopfen	Quieken	Schnattern	

Tabelle 1: 51 Störgeräuschmuster der Geräuschdatenbank

3. Instrumentelle Analysen

Bei der Analyse wurden zunächst für jedes Störgeräuschmuster allgemeine Attribute festgelegt, um eine erste Identifizierung zu ermöglichen. Zu diesen allgemeinen Attributen gehören die Bandbreite (schmalbandig, breitbandig), die spektrale

Lage (tief, mittel, hoch), die Signalart (tonal, stochastisch, impulshaltig) und die Modulationsfrequenz (nicht moduliert, langsam, mittel, schnell). Für das Störgeräuschmuster *Pfeifen* ergab sich z.B. die folgende Einteilung: Bandbreite: schmalbandig, spektrale Lage: hoch, Signalart: tonal, Modulationsfrequenz: nicht moduliert. Diese allgemeinen Attribute beziehen sich jeweils auf die gesamte Gruppe eines Störgeräuschmusters. Die einzelnen Störgeräuschbeispiele wurden anhand unterschiedlicher Analysemethoden mit der Analysesoftware ArtemiS ausgewertet. Dabei kamen sowohl rein physikalische Verfahren (Pegel, FFT-Spektren) als auch psychoakustische Analysemethoden (Lautheit, Schärfe usw.) oder auch kombinierte komplexe Verfahren (Relativ Approach, gehörangepasste Mustererkennung [2]) zum Einsatz. Als Standard-Analyseverfahren wurde für jedes Störgeräuschbeispiel ein FFT-Spektrum über der Zeit berechnet. Als Beispiel ist in Abbildung 1 das FFT-Spektrum des Musters *Rattern* zu sehen. Es ist nur der linke Aufnahmekanal der Kunstkopfaufzeichnung dargestellt.

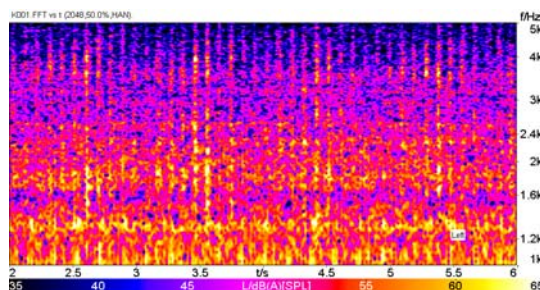


Abbildung 1: FFT vs. time Analyse *Rattern*

In Abbildung 2 ist das Ergebnis einer Modulationsanalyse des Störgeräusches *Rattern* abgebildet. Dazu ist auf der Ordinate die Trägerfrequenz f in Hz und auf der Abszisse die Modulationsfrequenz f_m ebenfalls in Hz aufgetragen. Der Modulationsgrad m des Signals wird durch die unterschiedlichen Farben dargestellt. Das Störgeräuschmuster *Rattern* ist stark moduliert mit einer Modulationsfrequenz $f_m = 10,5$ Hz und deren Harmonischen.

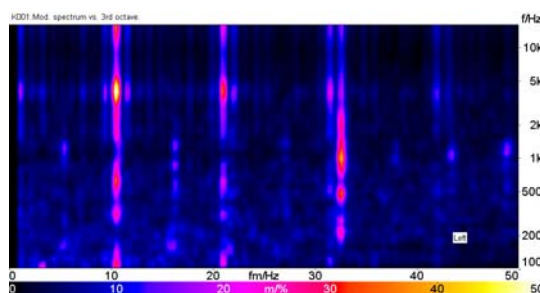


Abbildung 2: Modulationsanalyse *Rattern*

Die verwendeten Analysen sind in einem Analysecatalog beschrieben und zusammengestellt worden, der in dem multimedialen Geräuschcatalog als Nachschlagewerk dem Benutzer zur Verfügung steht. Dieser Katalog dient dazu, Wissen schnell aufzufrischen bzw. Personen, die mit der Analyse von Schallsignalen noch keine Erfahrung haben, die Benutzung des Geräuschcatalogs zu vereinfachen.

Zusätzlich steht dem Benutzer eine Tabelle zur Verfügung, in der die geeigneten Analysen, die für das jeweilige Störgeräuschmuster genutzt wurden, zusammengestellt sind.

Anhand der instrumentellen Analysen konnten die Störgeräuschmuster in verschiedene Cluster eingeteilt werden. Eine solche Clusterung ist für den Benutzer der Datenbank sehr wichtig, da sie ihm die Zuordnung eines neuen Geräuschbeispiels in die Datenbank vereinfacht. Auf Grund der instrumentellen Analysen wurden die Störgeräuschmuster nach Gesichtspunkten wie Modulationsfrequenz, Frequenzbereich bzw. Bandbreite eingeteilt.

4. Endprodukt – Multimediale Geräuschdatenbank –

Die Firma Synotec Psychoinformatik GmbH führte mit den ausgewählten Geräuschmustern umfangreiche Hörversuche durch und erstellte sensorische Profile [1]. Bei den Hörversuchen wurde auch eine neue Beurteilungsmethode („Riechfläschchenmethode“) eingesetzt. Ähnlich wie in einer „Duftorgel“ von Parfumeuren soll eine Batterie von „Höressenzen“ bereitgestellt werden. Die aus der Riechfläschchenmethode gewonnenen Urteile wurden einer Clusteranalyse unterzogen. Das Ergebnis dieser gehörmäßigen Clusteranalyse stand in sehr guter Übereinstimmung zu der oben erwähnten Clusterung bzgl. instrumenteller Analysen der Firma HEAD acoustics GmbH. Die Ergebnisse dieser gemeinsam erarbeiteten Clusterung wurden beim Design des Eingangs-Portals des multimedialen Geräuschkatalogs umgesetzt (Abbildung 3). Dieses Eingangsportal vereinfacht dem Benutzer das Einteilen neuer Störgeräuschbeispiele zu den vorhandenen Störmustern durch vergleichendes Anhören der Geräusche.

Alle weiteren gesammelten Ergebnisse des Projekts wurden ebenfalls in dem multimedialen Katalog (Implementierung durch die Firma FORWISS) archiviert [1].

5. Zusammenfassung

Während der Datenakquisitionsphase entstand eine Sammlung von Audiodateien mit Störgeräuschbeispielen verschiedener Ausprägung. In einer ersten Systematisierung gelang eine Unterteilung dieser Beispiele in 51 Störgeräuschmuster. Es wurden die physikalisch technischen Analysen, welche die speziellen Charakteristiken des jeweiligen Störgeräuschmusters am besten herausstellen, ermittelt und in einer Datenbank abgelegt. Zusätzlich zu den Analyseergebnissen wurde ein Analyse-katalog erstellt, der die genutzten Analysen kurz erläutert und auf Literaturstellen verweist.

Die gesammelten Ergebnisse wurden zusammen mit den Ergebnissen der Firma Synotec Psychoinformatik GmbH in dem multimedialen Geräuschkatalog (implementiert von der Firma FORWISS) archiviert.

6. Literatur

- [1] Abschlussbericht „Beurteilung und Katalogisierung von Störgeräuschen bei Verbrennungsmotoren“, Forschungsvereinigung Verbrennungsmotoren e.V., Frankfurt, Heft 715, 2001
- [2] Genuit, K. „Objective Evaluation of Acoustic-Quality Based on a Relative Approach“ Inter-Noise '96, Liverpool, England

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des FVV-Forschungsvorhaben Nr. 720 mit der Unterstützung des BMWi/AiF (AiF-Nr. 11963) ermittelt.

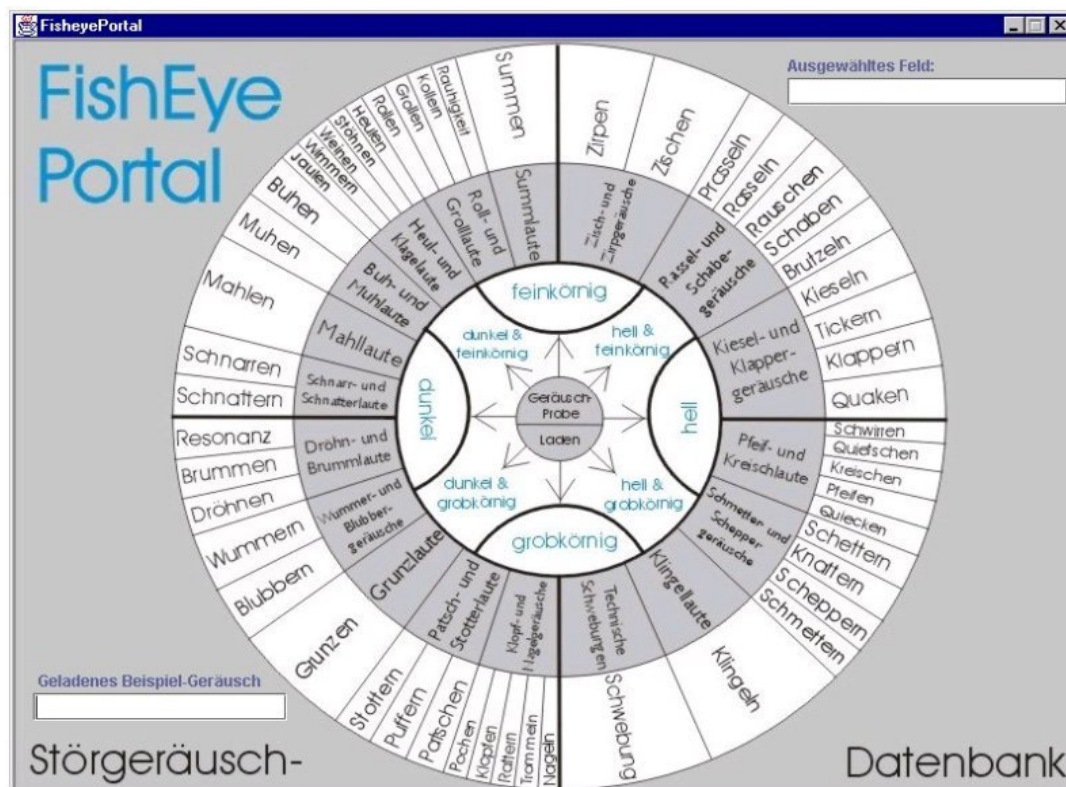


Abbildung 3: Eingangsportal zum multimedialen Geräuschkatalog [1]