

Der Klang alter (2-Takt-)Motorräder

Udo Wagner¹, Peter Holstein², Matthias Domke¹, Jörg Neugärtner³, Jens Kleemann², Stefan Günther⁴,

¹*Microtech Gefell GmbH, 07926 Gefell, E-Mail: u.wagner@microtechgefell.de*

²*Steinbeis Transferzentrum Technische Akustik und angewandte Numerik, E-Mail: peter.holstein@stw.de*

³*REDLINE Engineering Consulting, 93051 Regensburg*

⁴*Powertechnik Audio-Elektronik, 08294 Lößnitz*

1. Einleitung und Motivation

Zum 50. Jubiläum der DAGA hatten wir (leider nur virtuell) mit Klängen von Zwei-Motorradklängen gratuliert [1]. Die damit verbundenen Arbeiten wollen wir in einem 2. Teil fortsetzen. Verschiedene teils **historische Modelle** wurden unter vergleichbaren Situationen vermessen und analysiert. Gerade um die Diskussion zu Motorradfahrverboten gewinnt die rationale Bewertung der akustischen Emission und den **Klangbildern von Motorrädern** an Bedeutung.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Überlegungen zielt darauf, die Klänge historischer Technik geeignet zu archivieren und die „**Einzigartigkeit & Schönheit**“ des Zusammenhangs zwischen Verbrennungskraftmaschine und Klang zu demonstrieren.

Bis vor 30 Jahren bestimmte der 2-Takt-Sound der MZ-Motorräder aus Zschopau, der Simson-Mopeds aus Suhl und teilweise auch der Jawa-Motorräder das Klangbild in Städten und Dörfern Ostdeutschlands (neben Trabant, Wartburg und Barkas). Seit den Neunziger Jahren wird der Anteil geringer. Das Fehlen dieses charakteristischen Klangbildes führt dazu, dass es heute „anders klingt als früher“.

Natürlich gibt es eine Community, die den Zweitaktklang eher als Musik empfindet und das langsame Verschwinden bedauert. Dazu gehören die Autoren. Mit der Idee, eine Art „akustisches Museum“ aufzubauen sind wir auf Interesse und Mitmachaktivität gestoßen.

Wir haben versucht, mit ersten Messungen an den alten (und geliebten und gepflegten) Maschinen ein geeignetes System zu entwickeln, das eine gewisse Vergleichbarkeit der technischen Aspekte aber auch des allgemeinen Klangbildes zulässt. Eine exakte Vergleichbarkeit im Sinne einer Normung wird dabei nicht angestrebt.

Mit dem Vorhaben zollen wir auch den ingenieurtechnischen Leistungen unseren Respekt.

2. Messkonzept

Fahrzeuge

Die Typenvielfalt – insbesondere auch im mitteldeutschen Raum - war seit Beginn der Zweitakt-Motorradentwicklung enorm. Deswegen wollen wir zunächst den lokalen Bezug betonen. Innerhalb der Typenreihen gab es zusätzlich viele

(auch akustisch wirksame) Modifikationen. Auch hier ist Vollständigkeit nicht unser Anliegen.

- Typ
- Baujahr
- Herkunft
- Eventuelle Modifikationen oder Umbauten

Messtechnik / Messbedingungen

Definierte und vergleichbare Messbedingungen sind eine wichtige Grundlage für systematisch aufgenommene und vergleichbare Daten. Festgelegt werden

- Mikrofone (1/4“)
- Kalibrierung
- Abstraten (96 kHz)
- Austauschbares und „langzeitstabiles“ Datenformat
- Aufnahmedauer
- Abstände.

Technische Aspekte

Das Klangbild wird erst in der komplexen Analyse differenzierbar. Motorradklang ist wesentlich mehr als eine auf Lautstärke bezogene dB-Angabe. Vielleicht ist der Vergleich mit Musik nicht abwegig. Mit einer überschaubaren Anzahl verschiedener Aufnahmebedingungen sollen die charakteristischen akustischen Eigenschaften erfasst werden:

- Leerlauf
- Standgas mit veränderlicher Drehzahl
- Vorbeifahrt
- Abstände und Fahrgeschwindigkeiten
- Möglichst vergleichbare Umgebungsbedingungen

Es ist später auch vorgesehen, in ausgewählten Fällen auch den Einfluss von Komponenten differenziert zu erfassen (Motor, Ansaugstrecke, Auspuff, Eigen- und Betriebsschwingeräusche u. a.) einzubeziehen.

Auswertung

Archiviert werden alle Zeitsignale. Mit MATLAB-Skripten wird ein Standard-Protokoll erzeugt. Dies dient der Qualitätskontrolle und ermöglicht einen schnellen Vergleich

direkt nach den Aufnahmen. Die Archivierung der Zeitsignale soll auch genutzt werden, um „später“ gezielt nach charakteristischen Merkmalen (Mustererkennung) suchen zu können.

Protokollierungsoptionen:

- Zeitsignal
- Pegel
- Oktaven / $\frac{1}{n}$ -Oktaven
- Spektrogramm
- Berücksichtigung von unrunder Lauf (u.ä.)
- Fortgeschrittene Auswertungen im Hinblick auf Wiedererkennung
- (Mustererkennung, Varianz)

3. Messtechnik

Für die Messungen sollen möglichst einheitliche und (in gewissen Grenzen) reproduzierbare Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Zur Messung der akustischen Daten wurde eine 24-Bit-Messdatenerfassungskarte von DataTranslation (DT9847) mit einer maximalen Abtastrate von 216 kHz eingesetzt. Die Echtzeit- als auch Post-Processing-Module wurden in Matlab programmiert. Aufgenommen wurden bei allen Fahrzeugen die kompletten Zeitdaten. Damit sind auch im Nachgang noch Änderungen in der Auswertungs- und Vergleichsstrategie möglich.

Für die Aufnahmen wurden (bis auf die „extern“ gemessenen Daten) $\frac{1}{4}$ “-Mikrophone (IEPE, MK 301 von *Microtech Gefell*) verwendet.

4. Die Fahrzeuge

Im Folgenden soll nur eine Impression der erfassten Zweitakt-Fahrzeuge gegeben werden. Die geeignete fotografische Erfassung ist natürlich Teil der Archivierungsstrategie.

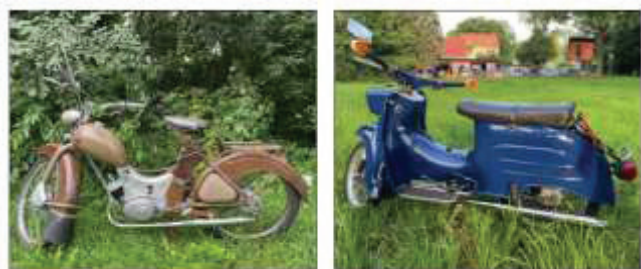


Abbildung 1: 50 cm³ Fahrzeuge (SR2 und Schwalbe von VEB Simson Suhl)



Abbildung 2: Motorroller Berlin (143 cm³, VEB Industrierwerke Ludwigsfelde), RT 125, VEB Motorradwerke Zschopau)



Abbildung 3: ES250 50 cm³ (VEB Motorradwerk Zschopau), Rixe 250 (Rixe & Co GmbH, Brake) bisher einziger Zweizylinder

5. Messungen

Die Messungen werden unter jeweils identischen Bedingungen durchgeführt.

Die Länge der Messfiles im Stand betrug 3 s, die der Vorbeifahrten 10 s.

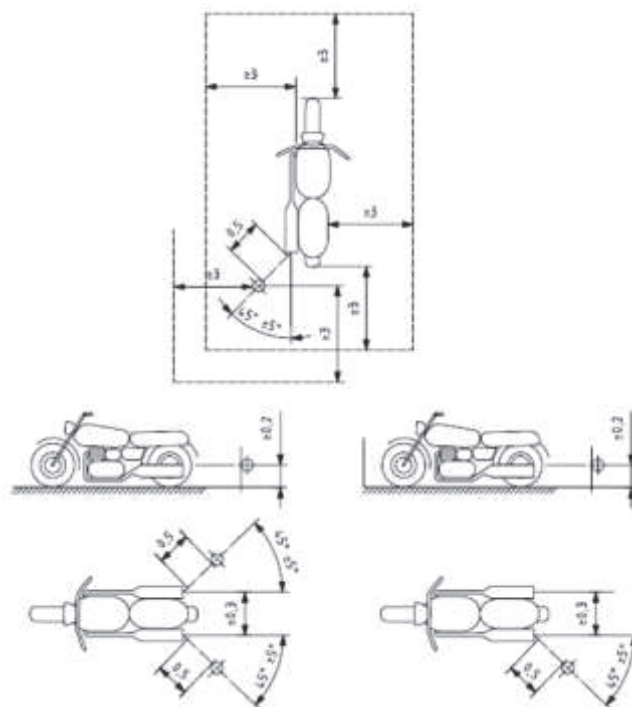


Abbildung 4: Messung der Akustik im Stand nach [2]. Die Höhe des Mikrofons entspricht der Auspuffhöhe

Die für die Beschreibung des Klangeindrucks möglicherweise wichtigsten Messungen sollen geeignete Vorbeifahrtmessungen liefern.

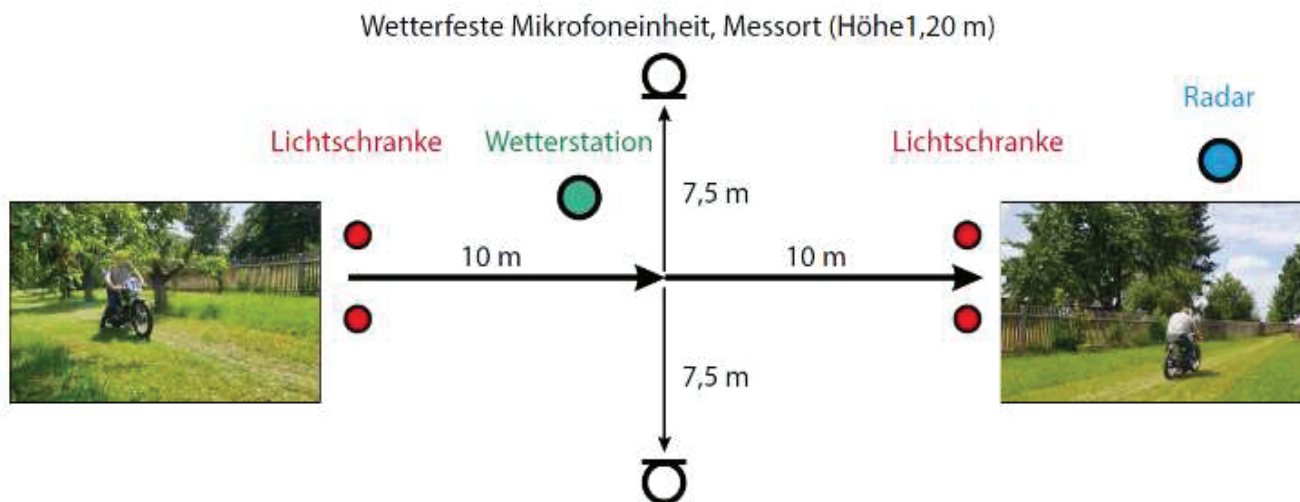


Abbildung 5: Beschleunigte Vorbeifahrt in Anlehnung an Typprüfverfahren (DIN ISO 362-1:2017-10). Die Mikrofonhöhe liegt bei 1,20 m.

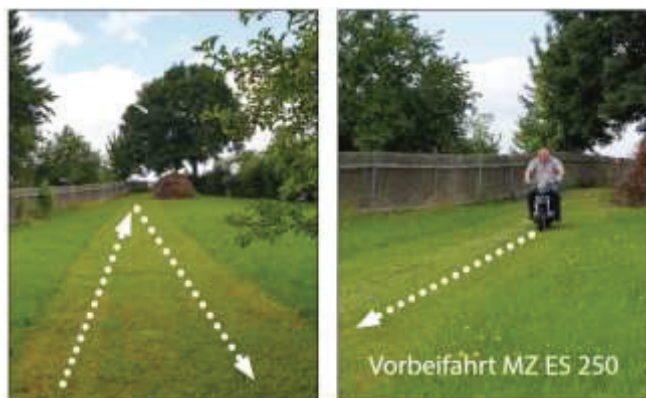


Abbildung 6: Für die Strecke wurde eine geeignete Strecke auf Rasen präpariert – auch um den Einfluss von Fahrbahn und Reifengeräuschen möglichst gering zu halten.



Abbildung 7: Akustische 3D-16-Surround-Aufnahme an einer ES 250 mit einem System von Powertechnik

6. Archivierung und Wiedergabe

Neben den akustischen Aufzeichnungen, „standardisierten“ Protokollen, Photos und Video-Clips planen wir auch einige Aufnahmen so auszulegen, dass eine hochwertige und eindrucksvolle Wiedergabe möglich ist – beispielsweise in geeigneter musealer Umgebung. Die Standardaufnahmen werden für binaurale Wiedergabe ausgelegt.

Die (geeignete) Wiedergabe ist ein wichtiges Ziel der Aktivitäten. Nur so kann der Schönheit dieser Klangwelt Rechnung getragen werden.

Vielleicht gibt es aber auch eine Renaissance der Motorenklänge mit von CO₂-neutralen Kraftstoffen angetriebenen Zweitakttern.

7. Akustik der Motorräder

Im Folgenden werden exemplarisch einige der Messprotokolle gezeigt. Eine komplette Beschreibung oder Analyse würde den Rahmen des Beitrags sprengen. Einige Messungen konnten uns (Corona bedingt) nur elektronisch übermittelt werden. Die spätere Archivierung soll jedoch später unter weitgehend identische Rahmenbedingungen (insbesondere mit gleicher Messtechnik) durchgeführt werden. In den Abbildungen 7 bis 8 werden jeweils die Pegelverläufe, die Spektrogramme (zusätzlich in einer dezimierten Variante zu Darstellung der Drehzahl-Vielfachen), die Spektren sowie die Oktav- und Terz-Darstellungen angegeben.

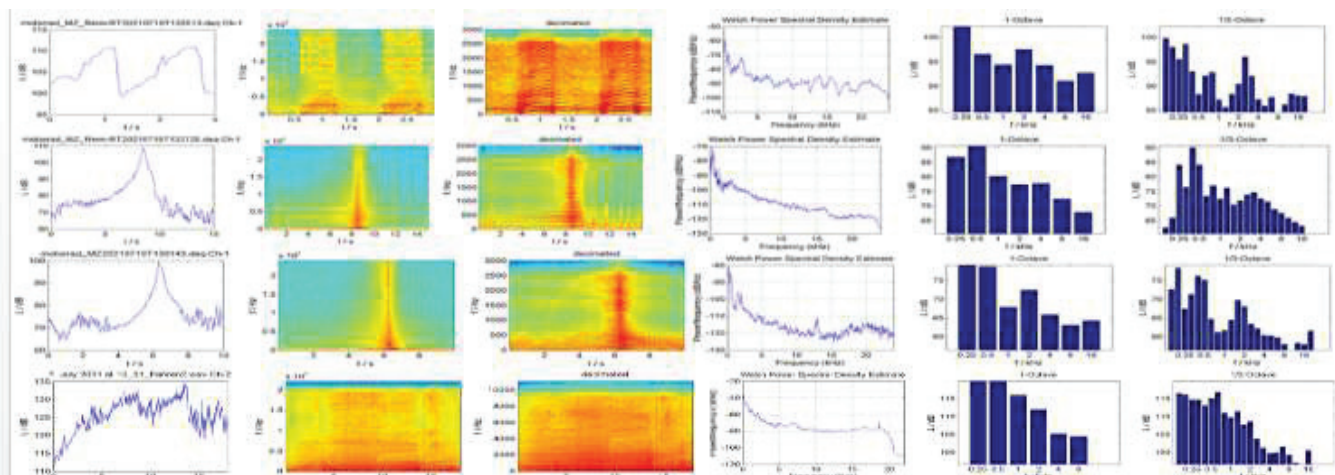


Abbildung 8: von oben -MZ RT 125 (Rennausführung) – 2-maliges Hochdrehen im Stand
 - MZ RT 125 (Rennausführung) - Vorbeifahrt
 - Analyse-Protokoll der Vorbeifahrt der ES 250
 - SR2 (50 cm³) – Ausschnitt Fahrbetrieb

Ausblick

Folgende Aspekte werden die Fortsetzung des Vorhabens bestimmen:

- Einbeziehung einer wesentlich größeren Anzahl (auch des gleichen Typs) von Maschinen und von technischen Details (Varianz von Motoren, Auspuffanlage usw.)
- Differenziertere Betrachtung der einzelnen Schallquellen unter Verwendung spezieller Messtechnik.
- Bestimmung akustischer Charakteristika (Erkennbarkeit / Differenzierbarkeit). Was macht eigentlich den speziellen Klang und die Wiedererkennbarkeit aus?
- Beschreibung des Zusammenhangs zwischen technischer Realisierung und typischem Höreindruck.
- Erarbeitung eines Systems zur Archivierung
- Aufbereitung der Messfiles für Wiedergabe
- Ausgewählte komplexere Aufnahmen (3D) und Messungen (Akustische Kamera)

Da sich inzwischen eine Reihe von Enthusiasten an dem Vorhaben beteiligt erwarten wir, dass wir Zugang zu einer ziemlich großen Zahl von Motorrädern haben werden. Die Einbeziehung von Viertaktmaschinen. Wird zwangsläufig erfolgen.

Danksagung

Wir bedanken uns bei allem, die engagiert unsere Initiative unterstütz(t)en. Unser besonderer Dank gilt S. König (FH Jena), der seine 50 cm³ Maschinen aktivierte und so vor allem die höheren Töne durch eigene Messungen beisteuerte, und A. Tharandt vom *Steinbeis-Transferzentrum "Technische Akustik und Angewandte Numerik"* der die Auswertesoftware programmiert.

Literatur

- 1 Wagner, U., Domke, M., Holstein, P., Kleemann, J., Neugärtner, J., Der Klang alter Zweitakt-Motorräder – Teil 1, Hannover, DAGA 2020,
- 2 DIN ISO 5130, Acoustics – Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles (ISO 5130-2006, S. 6 Version ISO 5130-2019 erschienen,