

# Facharbeit zum Thema Lärm und Lärmmessung

von Annika Schäfer

---

## Inhalt:

### 1 Lärm

#### 1.1 Was ist Lärm?

#### 1.2 Eine Definition von Lärm

#### 1.3 Warum wird Lärm gemessen?

#### 1.4 Wie wird Lärm gemessen?

### 2 Lärmmessung

#### 2.1 Zum Versuch

#### 2.2 Materialien

#### 2.3 Versuchsaufbau

#### 2.4 Versuchsdurchführung

#### 2.5 Auswertung

#### 2.6 Beurteilung

### 3. Bibliographie

#### 3.1 Bücher

#### 3.2 Internetseiten

---

### 1 Lärm

#### 1.1 Was ist Lärm?

Bevor man mit dem Begriff Lärm in der Physik arbeiten kann muß genau geklärt werden, was Lärm eigentlich ist.

Der subjektive Begriff des Lärms kann Kindergeschrei, laute Musik und auch Baugeräusche umfassen. Ab wann von Lärm gesprochen wird, liegt am Betroffenen.

Es gibt ständig Geräusche in unserer Umgebung. Geräusche sind Schwingungen die Luftdruckschwankungen zur Folge haben. Diese Schwankungen werden Schalldruck genannt. Das Ohr erfährt eine Resonanz im Gehörgang. Das Trommelfell setzt eine Hebelwirkung in Gang, die im Innenohr eine Verstärkung des Schalldrucks zur Folge hat. Eine Membran sendet letzten Endes elektrische Nervenaktionspotentiale über den Gehörgang an das Gehirn. Dort wird der Schalldruck weiter verarbeitet und als Geräusch erkannt.

Ein Schalldruck kann unterschiedlich groß sein. Ein großer Schalldruck hat eine große Lautstärke zur Folge, und ein geringer Schalldruck bedeutet demnach also eine geringe Lautstärke.

Allgemein ist es so, dass Umgebungsgeräusche, die uns stören, als Lärm bezeichnet werden. Dabei ist jedoch nicht ausschließlich die Lautstärke entscheidend, sondern mehrere dem Lärm ausgesetzte Personen können ihn unterschiedlich empfinden. Verschiedene Gründe sind hierfür verantwortlich: z. B. der psychische und physische Zustand der Person sowie ihre Einstellung gegenüber der Lärmquelle.

Geräusche werden jedoch dann als Lärm bezeichnet, wenn die den Geräuschen ausgesetzte Person sich gestört fühlt und in ihrer Leistungsfähigkeit beschränkt wird.

Es ist also deutlich erkennbar, dass Lärm einen subjektiven Charakter hat, den verschiedene Personen nach eigenem Ermessen definieren. Trotzdem gibt es eine allgemein gültige Definition für Lärm.

## 1.2 Eine Definition von Lärm

Es gibt eine Vielzahl an Gesetzen zu dem Thema Lärm. Das besondere an einem Gesetz ist, dass es einheitlich und für jeden gleich ist. Aus diesem Grund darf die Klassifizierung von Geräuschen nicht auf einer Empfindung beruhen, sondern es muß eine allgemein gültige und rechtskräftige Definition geben. Besonders in den Bereichen Straßenverkehrs-, Nachbarschafts- und Arbeitslärm, um nur einige zu nennen, treten häufig Streitfragen auf, die eine Definition unumgänglich machen.

Daher wird in der "Technische Anleitung zum Schutz gegen den Lärm" (TA-Lärm) eine allgemein gültige Verwaltungsvorschrift für die Bundesrepublik Deutschland mit folgender Definition herausgegeben:

"Lärm ist jede Art von Schall, insbesondere von großer Intensität, durch den Menschen gestört, belästigt oder gar gesundheitlich geschädigt werden." Es ist auch die TA-Lärm, die eine Verwaltungsvorschrift mit Richtwerten für die verschiedenen Gebiete festlegt und den Lärmpegel in Kategorien unterteilt.

## 1.3 Warum wird Lärm gemessen?

Damit die obige Definition nicht erneut auf einer menschlichen, subjektiven Empfindung basiert, wurde eine einheitliche Regelung eingeführt. Die Messung von Lärm ist ein objektives Werkzeug, mit dem man Lärm als Störung klassifiziert. Damit erhält man Messwerte, die unabhängig bewertet werden können. Es ist jetzt möglich, den Lärm und die Geräusche in Kategorien einzuteilen und genau zu bestimmen. Es ist zum Beispiel sehr

wichtig zu wissen, wann Lärm nur störend ist oder wann Lärm gefährlich oder sogar definitiv schädigend ist.

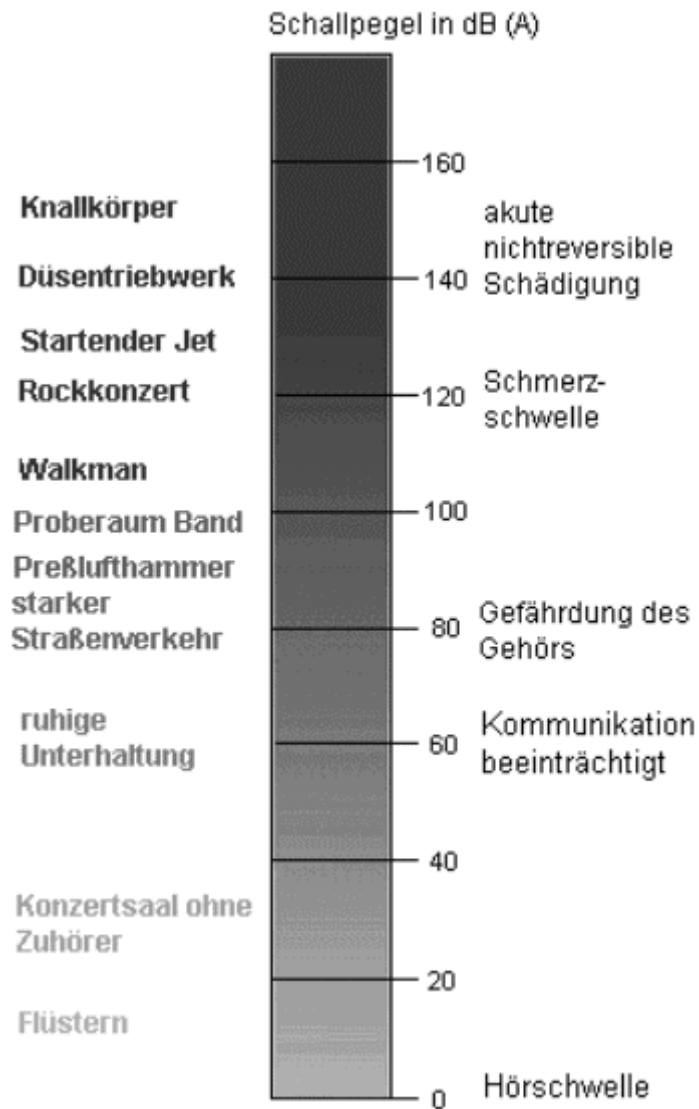
#### 1.4 Wie wird Lärm gemessen?

Bei der Lärmmessung orientiert man sich an der Lautstärke, die durch den Schalldruckpegel beschrieben wird. Die Maßeinheit dafür ist das Dezibel. Gemessen wird jedoch der Schalldruck in Pascal, auf dem der Schalldruckpegel basiert. "Der Schallpegel ist als logarithmisches Maß für das Verhältnis zwischen dem gemessenen Schalldruck und dem Bezugsschalldruck definiert."

Die Gleichung lautet:

$$\text{Schalldruckpegel [dB]} = 20 \cdot \log \left( \frac{\text{gemessener Schalldruck}}{\text{Bezugsschalldruck}} \right) \text{dB}$$
$$\Leftrightarrow L_p = 20 \cdot \log \left( \frac{P_x}{P_0} \right) \text{dB}$$

Dabei wurde der Bezugsschalldruck willkürlich auf die Hörschwelle von  $20 \mu\text{Pa}$  festgelegt. Das entspricht einem Schallpegel von 0 dB.



Der Schallpegel wurde aus rechentechnischen Gründen eingeführt. Der Wertebereich des Schalldrucks, den das Gehör verarbeiten kann reicht von  $20\mu\text{ Pa}$  bis  $20\text{ Pa}$ . Das ist ein Verhältnis von 1:1.000.000. Bei dem Schallpegel arbeitet man mit dem Gebiet zwischen der Hörschwelle und der Schmerzschwelle, von 0 dB bis 120 dB. Geräusche oberhalb dieser Grenze sind schmerzhaft und schädigen das Gehör dauerhaft. (vgl. Grafik)

## 2 Lärmmessung

### 2.1 Zum Versuch

Lärm ist zwar in erster Linie etwas Störendes, trotzdem ist er in einigen Situationen hilfreich. So ist es im Straßenverkehr zum Beispiel erforderlich, dass wir bestimmte Geräusche wahrnehmen können. Dazu gehört das Martinshorn eines Kranken- oder Feuerwehrowagens. Außerdem gibt es Geräusche wie das Hupen anderer Verkehrsteilnehmer oder das Blinkergeräusch eines Motorrades. In einem Auto sind diese Geräusche meist noch gut hörbar. Aber wie ist das unter einem Motorradhelm der Fall? Bei den Messungen soll

überprüft werden, welche Lautstärkeverhältnisse unter einem Motorradhelm herrschen, und wie viel des ursprünglichen Straßenverkehrslärms wird unter dem Motorradhelm noch wahrgenommen?

## 2.2 Materialien

Folgendes wurde während des Versuches benötigt:

- Styroporkopf
- Zwei Mikrofone
- Klinkenstecker
- Klebeband
- Motorradhelm
- Minidiscplayer
- Stereokopfhörer

Für die Auswertung wurde benötigt:

- Minidiscplayer
- Stereokabel
- PC (mit Soundkarte und Lautsprechern)
- Das Programm DasyLab

## 2.3 Versuchsaufbau

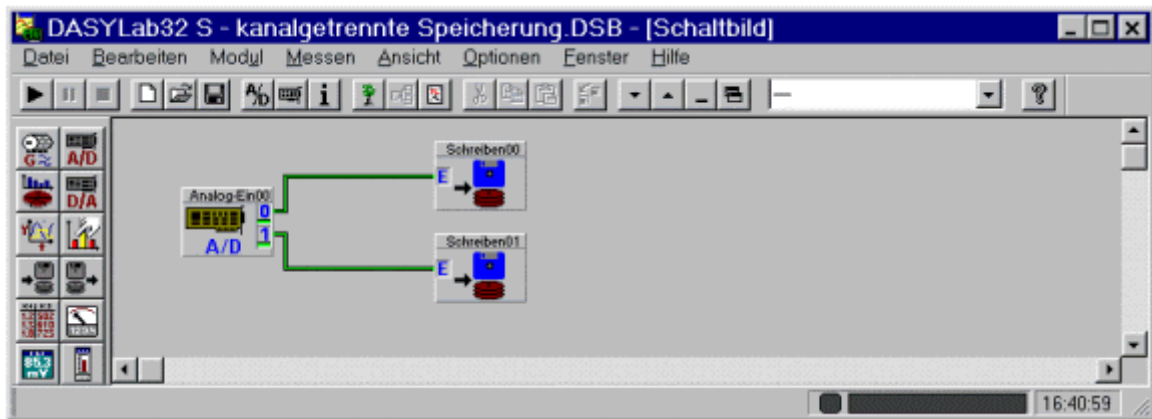
In den Styroporkopf wird auf der linken Seite auf Höhe des menschlichen Ohres ein kleines Loch gebohrt. In dieses Loch wird ein Mikrofon gesteckt und mit etwas Klebeband befestigt. Auf den Styroporkopf wird der Motorradhelm gesetzt. Das Kabel des Mikrofons führt am Hals aus dem Helm heraus und wird an den Klinkenstecker angeschlossen. Das zweite Mikrofon wird auf dem Helm platziert und an den zweiten Stecker des Klinkensteckers angeschlossen. Der Klinkenstecker wird an einen Minidiscplayer angeschlossen. Der Minidiscplayer nimmt die Geräusche der beiden Mikrofone wie ein Stereosignal auf.

## 2.4 Versuchsdurchführung

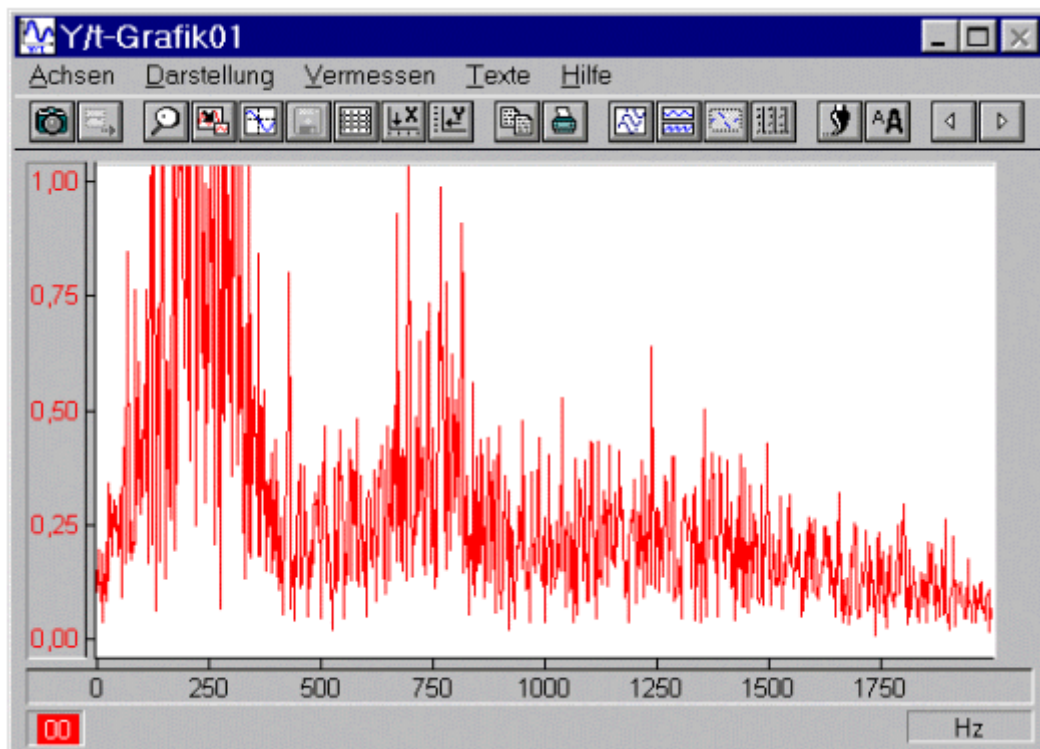
Als Standpunkt haben wir die Schloßallee in Benrath gewählt. Dort fahren außer Pkws auch Lkws und Straßenbahnen. Mit dem Minidiscrecorder werden die verschiedenen Lärmquellen aufgenommen.

## 2.5 Auswertung

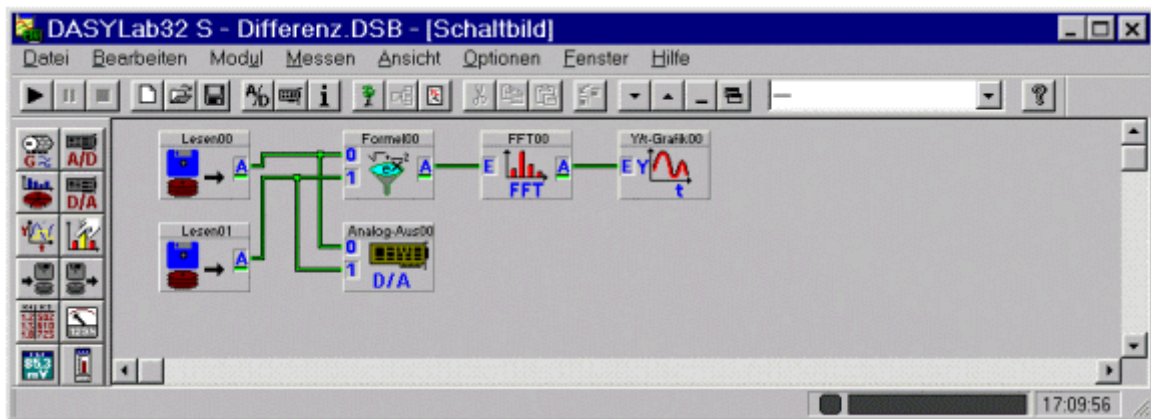
Zur Verarbeitung der Daten wird das Programm DasyLab genutzt. Mit dem Programm zur Signalverarbeitung lassen sich "Schaltbilder" erstellen. Außerdem gibt es viele Verarbeitungsmethoden in Form von Modulen, die man auf das Signal anwenden kann. Module zur Visualisierung sind ebenfalls vorhanden. Um die Geräusche im Programm DasyLab bearbeiten zu können wird der Minidiscplayer mit einem gewöhnlichen Stereokabel mit der Soundkarte verbunden und in DasyLab wird das folgende Schaltbild erstellt:



Durch die kanalgetrennte Speicherung erhält man zwei Dateien. Die eine enthält die Aufnahmen mit dem Helm, die andere die Aufnahmen ohne Helm. Jetzt kann man die Daten auf verschiedene Aspekte hin untersuchen. Zu Anfang werden die Signale Fourier-transformiert. Das bedeutet, das Signal wird in die beteiligten Frequenzen zerlegt. Hiervon lässt man sich die Amplituden anzeigen. Diese Funktionalität wird in DasyLab "Frequenzspektrum" genannt. Mit einer y/t-Grafik kann man jetzt die Frequenzen (in Hertz) auf der x-Achse und die Amplituden auf der y-Achse veranschaulichen. So sieht beispielsweise das Frequenzspektrum einer Straßenbahn (ohne Helm) aus:



Interessanter war jedoch der Unterschied (Differenz) zwischen den zwei Aufnahmen und nicht so sehr die Einzelsignale. Um einen Vergleich zwischen dem durch den Helm gedämpften Lärm und dem ungedämpften Lärm machen zu können, kann man folgende Schaltung verwenden:

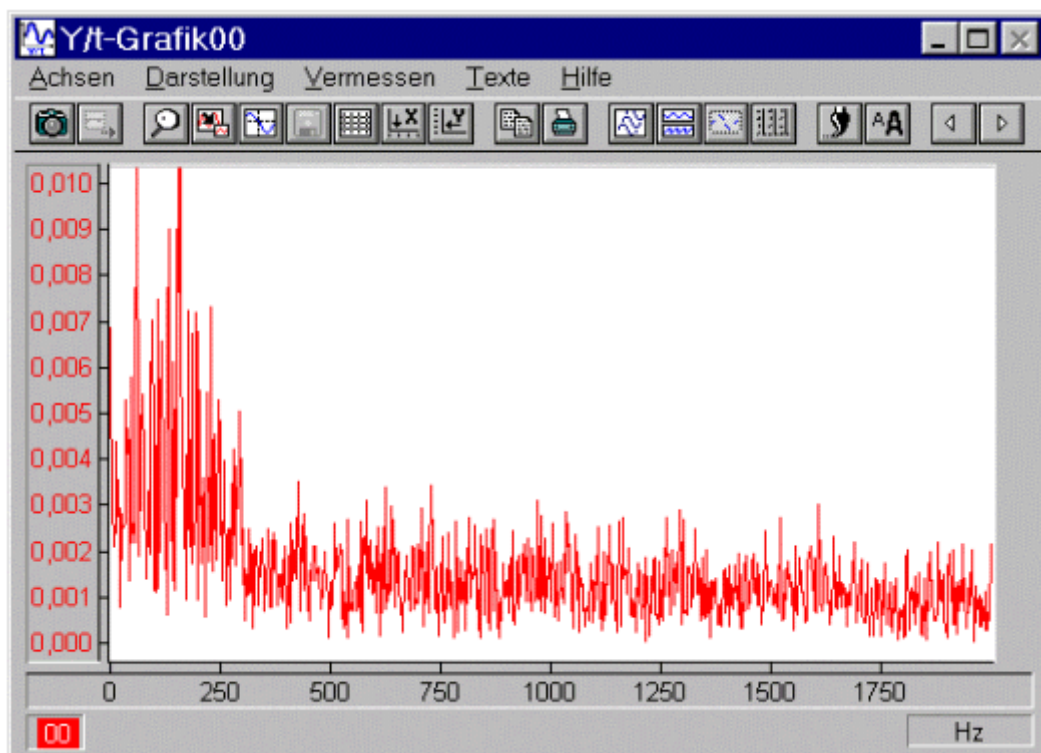


Beide Signale laufen in das Formelmodul mit folgender Formel:

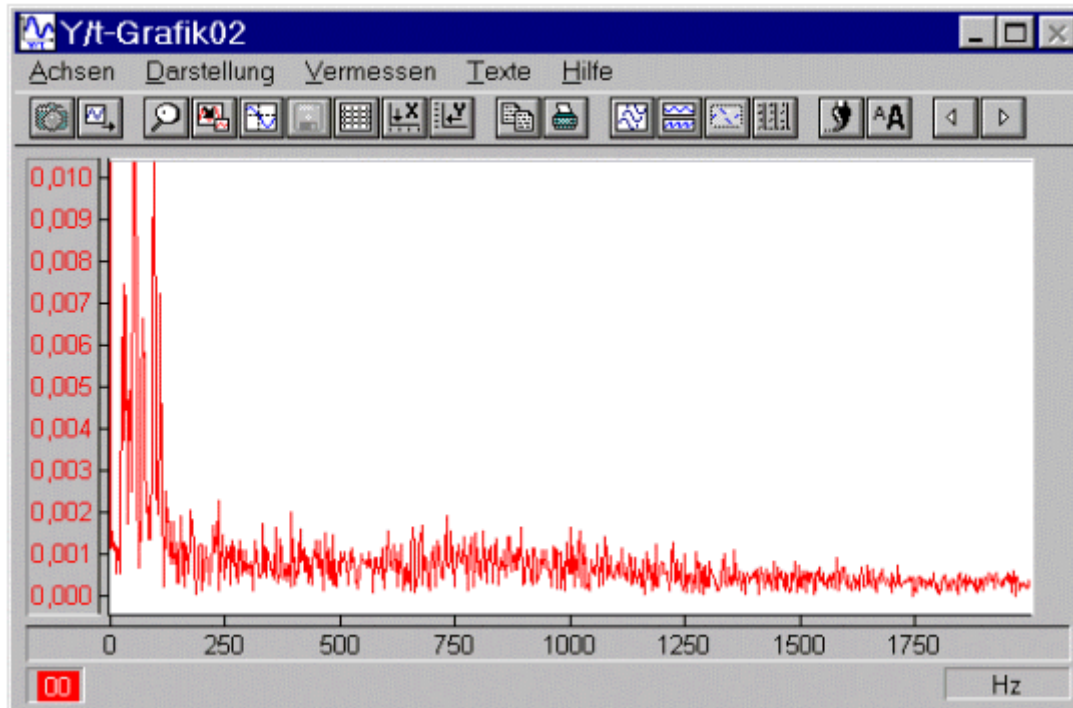
$$\text{Eingang}[0] - \text{Eingang}[1]$$

Eingang[0] ist die Aufnahme ohne Motorradhelm und Eingang[1] ist die Aufnahme mit Helm. Die Formel bildet die Differenz zwischen den beiden Signalen und gibt das resultierende Signal wieder aus. Das Ergebnis wird Fourier-transformiert. Mit einer y/t-Grafik kann man dann die Frequenzen mit den dazugehörigen Amplituden anzeigen, die von dem Helm herausgefiltert werden.

Diese y/t-Grafik zeigt die Frequenzen einer vorbeifahrenden Straßenbahn, die von einem Motorradhelm herausgefiltert werden:



Selbiges für ein Auto:



LKW und Motorrad sahen der Straßenbahn bzw. dem Auto sehr ähnlich, deswegen sei hier auf den platzraubenden Ausdruck verzichtet.

## 2.6 Beurteilung

Die Annahme, dass der Motorradhelm die Geräusche dämpft, war richtig.

Zur Verdeutlichung der beiden unterschiedlichen Frequenzen habe ich sie zunächst gleichzeitig in einer gemeinsamen y/t-Grafik verglichen. Die Unterschiede waren jedoch nicht offensichtlich genug, als das man sie hätte herausarbeiten können. Aus diesem Grund habe ich die Differenz der Signale gebildet. Die Differenzgrafiken sind im Amplitudenbereich, also der y-Achse, 100-fach vergrößert. Betrachtet man ausschließlich diese Darstellungen, so fällt insbesondere bei kontinuierlicher Beobachtung auf, dass die meisten Frequenzen, die gedämpft wurden, im Bereich bis zu 300 Hz liegen, wobei die Dämpfung jedoch relativ gering ist. Besonders die Differenzgrafik der Autogeräusche zeigt, dass die höheren Frequenzen kaum noch durch den Helm gedämpft werden. Das dennoch Werte angezeigt werden, liegt teilweise an Rechen- und Rundungsfehlern, sowie Störgeräuschen (Rauschen).

Aus diesem Grund liegen Signaltöne wie zum Beispiel der Blinker, die Hupe und das Martinshorn in einem höheren Frequenzbereich oberhalb von 800 Hz.