



**Fakultät Fahrzeugtechnik**

# **Laborbericht**

## **Elektronische Fahrzeugsysteme**

Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und  
Signalverarbeitung

im Studiengang

**Fahrzeugmechatronik –und Informatik**



Abgabedatum:

15.11.2018

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
3. Teil 1: Kalibrieren eines Klopfensors.....	1
3.1. Geräte und Material:.....	1
3.2 Aufnahme von Messwerten eines Klopfensors .....	2-3
4. Teil I2: Analyse der Signalverarbeitung eines Klopfensors: .....	4
4.1 Geräte und Material.....	4
4.2 Aufnahme von Messbildern .....	4
4.2.1 Verarbeitung nach der Stufe 2.....	5
4.2.2 Verarbeitung nach der Stufe 3.....	5
4.2.3 Verarbeitung nach der Stufe 4.....	6-7
Quellenverzeichnis .....	IV
Anhang.....	V

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 $E_{\text{Klopf}}$ als Funktion der Frequenz.....	3
Abbildung 2 Signal 2 bei Ausgang 3.....	5
Abbildung 3 Signal 2 bei Ausgang 5.....	5
Abbildung 4 Signal 2 bei Ausgang 6.....	6
Abbildung 5 Signal 2 bei Ausgang 7.....	6
Abbildung 6 Signal 2 bei Ausgang 8.....	7

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Messwerte eines Klopfensors .....	2
---	---

### **3. Teil 1: Kalibrieren eines Klopfensors**

Die erste Aufgabe im Labor war die Kalibrierung eines Klopfensors durch Messen von Werten. Diese Messwerte wurden mit Hilfe eines Klopfensors und eines Referenzsensors ermittelt. Die beiden Sensoren waren an einem Nexus Messverstärker von Bruel & Kjaer angeschlossen und dieser wiederum an einem Oszilloskop, an den man die Messwerte dann ablesen kann. Der elektrodynamischen Schwingungserreger wird mit Hilfe des Funktionsgenerators mit unterschiedlichen Frequenzen einer Sinusschwingung beaufschlagt

#### **3.1. Geräte und Material:**

- Elektrodynamischer Schwingungserreger (Shaker)
- Klopfsensor
- Beschleunigungssensor
- Nexus Messverstärker (Bruel & Kjaer) [1]
- Digitales Speicheroszilloskop (Votcraft VDO-2072)
- Funktionsgenerator (GWINSTEK SFG-2104)
- Kalibrierprotokoll [2]

### 3.2 Aufnahme von Messwerten eines Klopfensors

Im Teil 1 des Labors ist die Aufgabe den Shaker mit unterschiedlichen Frequenzen  $f$  zu beaufschlagen und  $U_{ss}$  (Klopf) zu messen und in eine Tabelle einzutragen [3]. Der nächste Schritt ist es  $E_{Klopf}$  zu berechnen. Die Formel für das logarithmische Übertragungsverhältnis lautet:

$$x_{dB} = 20 * \log \left( \frac{U_{ss}(Klopf)}{U_{ss}(Sensor)} \right) dB. [4]$$

Messwerte	Frequenz $f$ in KHz	$U_{ss}$ (Sensor) in mV	$U_{ss}$ (Klopf) in mV	$E_{Klopf}$ in dB
1	5,0	200	1000	13,979
2	5,5	200	1000	13,979
3	6,0	200	1000	13,979
4	6,5	200	1010	14,066
5	7,0	200	1010	14,066
6	7,5	200	1010	14,066
7	8,0	200	1040	14,320
8	8,5	200	1040	14,320
9	9,0	200	1050	14,403
10	9,5	200	1052	14,420
11	10,0	200	1056	14,453
12	10,5	200	998	13,962
13	11,0	200	970	13,715
14	11,5	200	990	13,892
15	12,0	200	1030	14,236
16	12,5	200	1020	14,151
17	13,0	200	1020	14,151
18	13,5	200	1018	14,134
19	14,0	200	1018	14,134
20	14,5	200	998	13,962
21	15,0	200	992	13,910
22	15,5	200	1000	13,979
23	16,0	200	1030	14,236
24	16,5	200	1040	14,320
25	17,0	200	1030	14,236
26	17,5	200	1070	14,567
27	18,0	200	1072	14,583

Tabelle 1 Messwerte eines Klopfensors

In Abbildung 2 sieht man  $E_{\text{Klopf}}$  aus Tabelle 1 als Funktion der Frequenz eingetragen in einem Diagramm. Im Diagramm ist zu sehen, dass die Werte zwischen 13,7 dB und 14,6 dB schwanken. Abgesehen davon ist ein Zusammenhang oder ein bestimmtes System nach unseren Messungen und Auswertung zwischen den Sensoren nicht vorhanden.

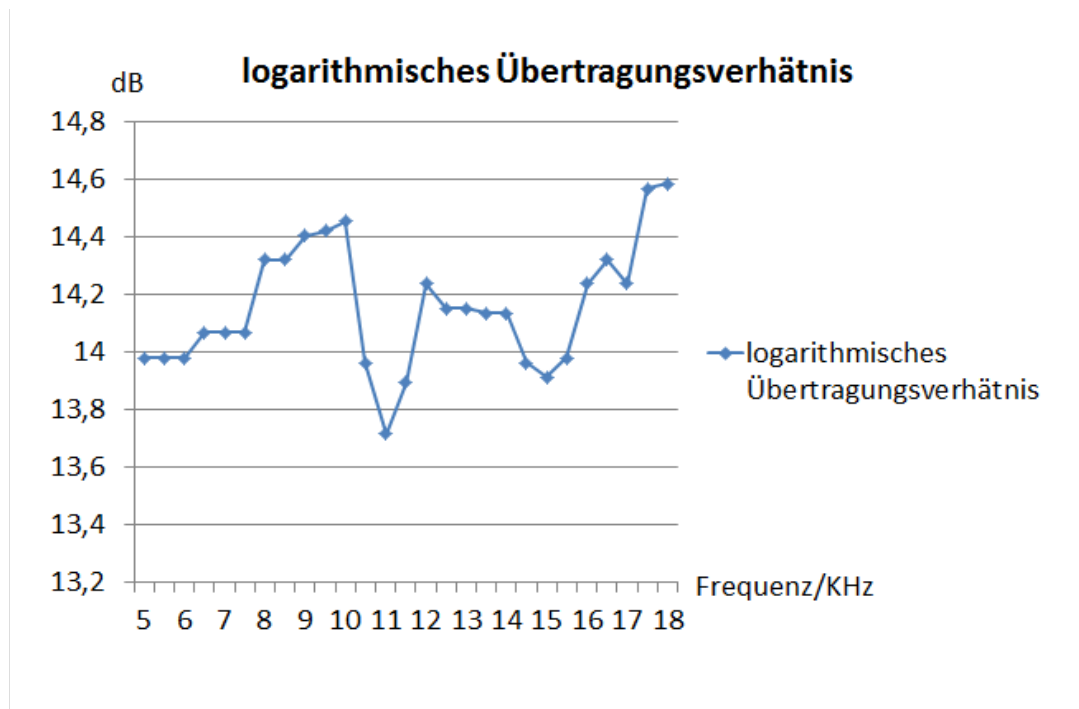


Abbildung 1  $E_{\text{Klopf}}$  als Funktion der Frequenz

Zusätzlich erwähnenswert ist, dass es zu Messungenauigkeiten beim Messen vorkommt, da man einerseits die Amplitude aus dem Oszilloskop mit bloßem hinsehen einstellt und abliest, andererseits wird vom Funktionsgenerator eine Sinusspannung gesendet, welche von den Eigenresonanzen der Bestandteile verfälscht wird und somit nicht klar dargestellt werden kann.

## **4. Teil 2: Analyse der Signalverarbeitung eines Klopfensors:**

Die zweite Aufgabe des Labors war die Analyse der Signalverarbeitung eines Klopfensors durch die Aufnahme von Messbildern von zwei unterschiedlichen Klopfsignalen. Zur Hilfe hat man einen Computer mit einer Software die zwei unterschiedliche Klopfsignale simuliert (Signal 1 schwaches Klopfen, Signal 2 starkes Klopfen) [5] und einen Versuchsträger, der die Signalverarbeitung darstellt. Die Signalverarbeitung ist wiederum in vier unterschiedlichen Stufen unterteilt. Die unterschiedlichen Stufen bewirken folgendes: die erste Stufe verstärkt das Signal und invertiert es, die zweite Stufe ist der Bandpassfilter, die dritte Stufe ist der Gleichrichter und in der vierten Stufe fängt die Signalauswertung an. Außerdem hat man auf dem Versuchsträger unterschiedliche Ausgänge gegeben, an denen man das Signal mit Hilfe eines Oszilloskops abfangen kann, um zu sehen wie sich das Signal in den unterschiedlichen Stufen verhält.

### **4.1 Geräte und Material**

- Digitales Messsystem zur Bereitstellung (synthetischer) Klopfsignale [6]
- Spannungsversorgung für den Versuchsträger
- Versuchsträger zur Signalbearbeitung
- Digitales Speicheroszilloskop (Votcraft VDO-2072) [7]
- Multimeter

### **4.2 Aufnahme von Messbildern**

Auf den folgenden Bildern des Oszilloskops sind zwei Linien zu verzeichnen, eine Gelbe und eine Blaue. Die Gelbe Linie ist das Eingangssignal und wird sich nicht verändern. Die Blaue Linie wiederum ist das Signal wie es momentan aussieht. Die Bilder wurden nach den unterschiedlichen Ausgängen aufgenommen.



#### 4.2.1 Verarbeitung nach der Stufe 2

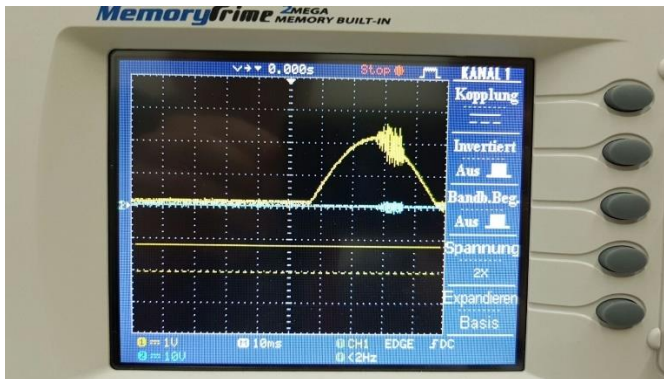


Abbildung 2 Signal 2 bei Ausgang 3

In der Abbildung 3 kann man gut erkennen, dass das Signal gerade vom Bandpassfilter überarbeitet worden ist. Der Bandpassfilter besteht aus einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter. Deswegen werden in der zweiten Stufe der Signalverarbeitung uninteressante Frequenzen rausgefiltert.

#### 4.2.2 Verarbeitung nach der Stufe 3



Abbildung 3 Signal 2 bei Ausgang 5

In der Signalverarbeitung Stufe 3 werden durch den Gleichrichter negative Frequenzen gleichgerichtet und in Positive umgewandelt.

### 4.2.3 Verarbeitung nach der Stufe 4

Die 4. Stufe der Signalverarbeitung wird in drei Teilen betrachtet. Hier fängt die Auswertung des Signals an.

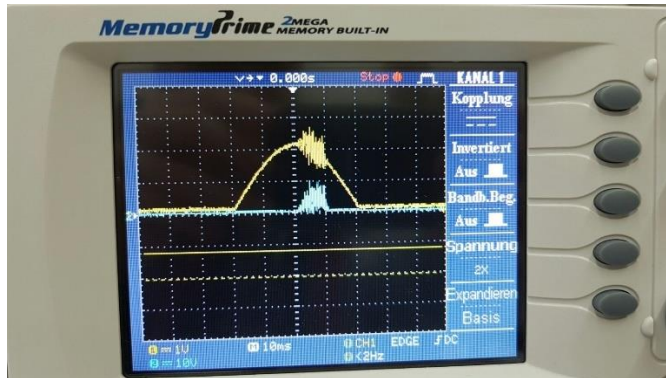


Abbildung 4 Signal 2 bei Ausgang 6

Den ersten Teil dieser Auswertung ist eine Verstärkung der gleichgerichteten Signale, was man in Abbildung 5 sehen kann.

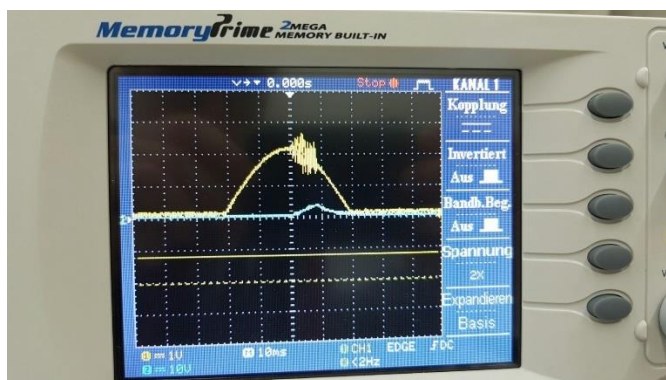


Abbildung 5 Signal 2 bei Ausgang 7

Im zweiten Teil durchlaufen die verstärkten Signale nochmals einen Tiefpassfilter. Da in diesem Aufbau auch ein Kondensator verbaut ist, erhalten wir eine Glättung des Signals, wie in Abbildung 6 zu sehen ist.

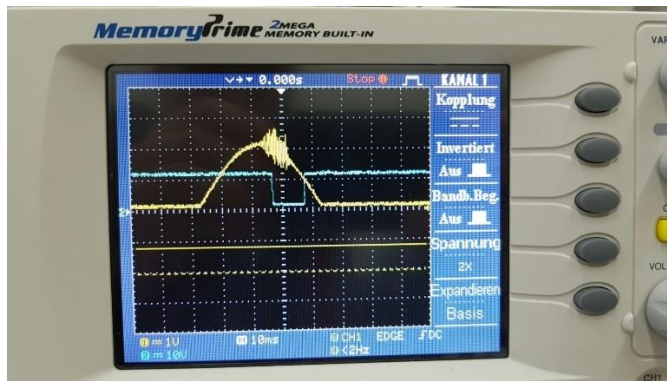


Abbildung 6 Signal 2 bei Ausgang 8

Im letzten Teil der Auswertung der Signale sollte man für Signal 1 den Komparator so einstellen, dass das Signal nicht durchgelassen wird. So würde man auf dem Screenshot nur eine Linie erkennen.

Für das Signal 2 sollte man den Komparator so einstellen, dass er das Signal bei starken Klopfen durchlässt und somit bekommt man einen Ausschlag (s. Abbildung 7).

## Quellenverzeichnis

- [1] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 4
- [2] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 5
- [3] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 6-7
- [4] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Prof. Dr. Goß, Stefan (2018): *Formelsammlung Elektronik & MT V6*, S. 3
- [5] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 8
- [6] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 8
- [7] Prof. Dr. Sabbert, Dirk; Dipl.-Ing. Quednau, Rolf (2018): *Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung*, S. 9

# Anhang

- Skript Labor für Elektronische Fahrzeugsysteme, Versuch 2: Klopfsensor-Kalibrierung und Signalverarbeitung
- Hausaufgaben von:

El Mehdi Boulaid	70455645
Abdellah Ibentar	70457322
Faruk Bal	70455334