



Fakultät Fahrzeugtechnik

Elektronische Fahrzeugsysteme

Laborbericht zum Versuch Nr. 2

Klopfsensor – Kalibrierung und Signalverarbeitung



Datum: 10. Mai 2019

Betreuer: Dipl.-Ing. Rolf Quednau



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Klopfsensor mit Shaker	4
2.1. Messwerte, Berechnung und Darstellung	4
2.2. Interpretation	5
3. Analyse der Signalverarbeitungsstufen.....	6
Anhang	12

Quellenverzeichnis



1. Einleitung

Im ersten Versuch des EFS Labor 2 wurde ein Klopfsensor für einen Verbrennungsmotor untersucht. Dabei wurde mit einer vorgegebenen Spannung und verschiedenen Frequenzen die Ausgangsspannung des Klopfensors gemessen. Anschließend wurde die Verstärkung berechnet und grafisch dargestellt.

Im zweiten Versuch des EFS Labor 2 wurde ein unbekannter Klopfsensor untersucht. Dazu wurde dieser kalibriert um die einzelnen Phasen der Signalverarbeitung zu ermitteln. Erwartungsgemäß sollte sich der Sensor ähnlich wie der Referenzsensor verhalten um eine Interpretation durchführen zu können. Im weiteren Verlaufe sind die Aufnahmen des Oszilloskops der einzelnen Verarbeitungsstufen gezeigt und erläutert.



2. Klopfsensor mit Shaker

2.1. Messwerte, Berechnung und Darstellung

Die Verstärkung E_{Klopf} wird logarithmisch als Verstärkungsmaß oder als Verstärkungsgrad in Dezibel (dB) ausgedrückt. Dabei gilt folgende Formel:

$$E_{\text{Klopf}} = 20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1} \cdot \text{dB}$$

Dabei gilt für U_1 = Eingangsspannung als Bezugswert und U_2 = Ausgangsspannung. Die Eingangsspannung sollte dabei konstant bei 200 mV gehalten werden, wodurch man nach jedem Messvorgang den Wert wieder einstellen musste.

Dadurch gilt für den ersten Messwert:

$$E_{\text{Klopf}} = 20 \cdot \log \frac{780}{200} \cdot \text{dB}$$

$$E_{\text{Klopf}} = 10,53 \text{ dB}$$

Die Berechnung wird mit den restlichen Messwerten durchgeführt und in die folgende Tabelle eingetragen:

Messwert	Frequenz in kHz	Uss (Sensor) in mV	Uss (Klopf) in mV	db
1	5	200	780	11,82
2	5,5	200	720	11,13
3	6	200	760	11,6
4	6,5	200	760	11,6
5	7	200	780	11,82
6	7,5	200	820	12,23
7	8	200	720	11,13
8	8,5	200	700	10,88
9	9	200	800	12,04
10	9,5	200	780	11,82
11	10	200	660	10,37
12	10,5	200	700	10,88
13	11	200	680	10,63
14	11,5	200	660	10,37
15	12	200	660	10,37
16	12,5	200	700	10,88
17	13	200	700	10,88
18	13,5	200	700	10,88
19	14	200	720	11,13
20	14,5	200	640	10,1



21	15	200	680	10,63
22	15,5	200	660	10,37
23	16	200	640	10,1
24	16,5	200	640	10,1
25	17	200	640	10,1
26	17,5	200	640	10,1
27	18	200	640	10,1

Tabelle 1: Stell- und Messwerte

Mit den Werten aus Tabelle 1 wird das Amplitudenverhältnis in einem Diagramm dargestellt, wo die Verstärkung E_{Klopf} in Abhängigkeit von der Frequenz abgebildet ist.

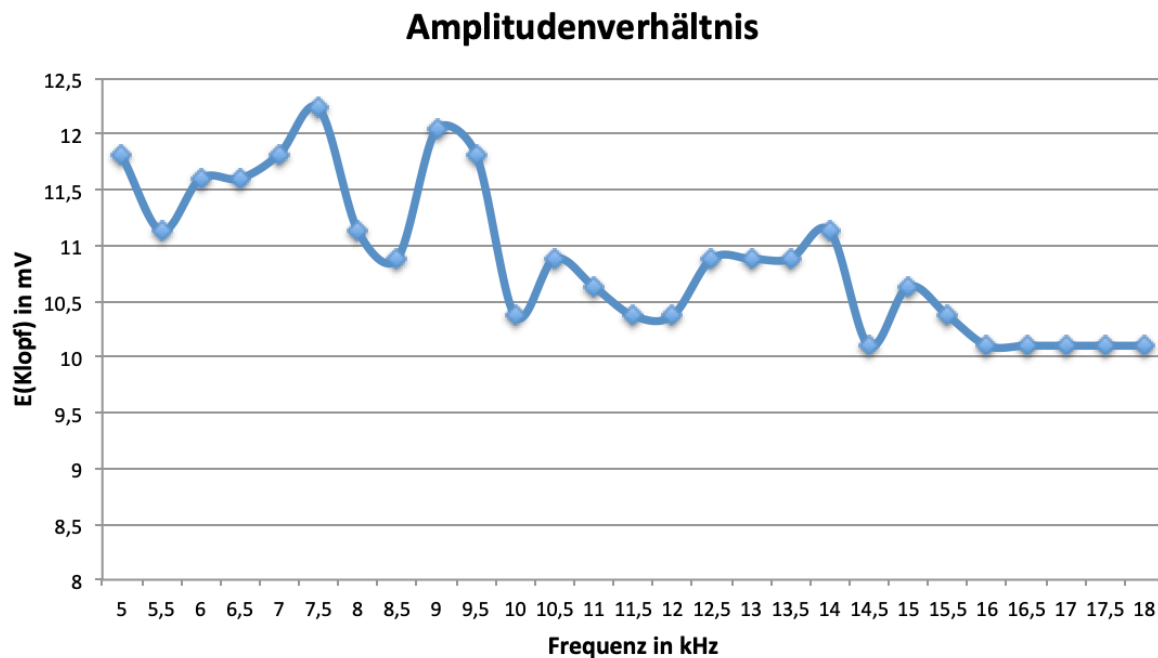


Abbildung 1: Amplitudenverhältnis

2.2. Interpretation

Der Empfindlichkeitsbereich des Klopfensors hat einen Wertebereich von 8,56 dB bis 9,5 dB.

Die Kennlinie stimmt nicht mit der Kennlinie des Referenzsensors überein. Das bedeutet, dass der Klopfensor empfindlicher gegenüber dem Referenzsensor ist. Aufgrund des Piezoelektrischen Materials, können auch schwächere Klopfsignale aufgenommen werden was bei Beschleunigungssensoren nicht der Fall wäre. Aus diesem Grund wird ein Klopfensor zu Messung der klopfenden Verbrennung verwendet.



3. Analyse der Signalverarbeitungsstufen

Im zweiten Laborteil wird die Auswertung einer Messkette über den Verlauf der Aufnahmen des Oszilloskops durchgeführt. Dabei werden zwei Signale miteinander verglichen, einmal das Signal 1, welches ein „schwach klopfendes“ Signal darstellt und das Signal 2, welches ein „stark klopfendes“ Signal ausgibt. Wir unterscheiden diese durch den hochfrequenten Signalanteil.

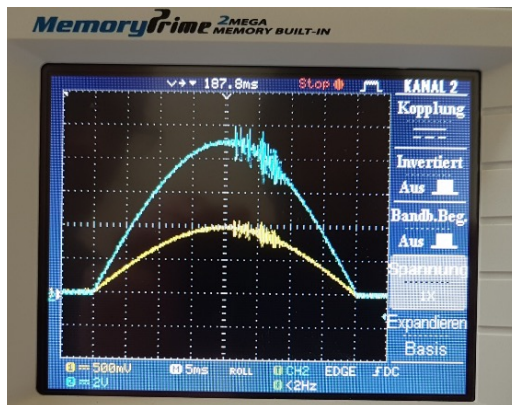


Abbildung 2 : Ausgang 1, Signal 1

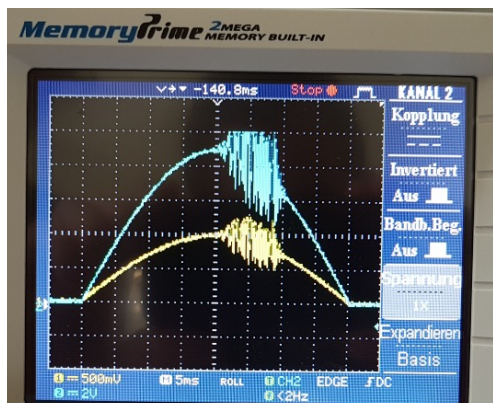


Abbildung 3 : Ausgang 1, Signal 2

In Abbildung 2 und 3 ist zu erkennen, dass die beiden Signale nach der ersten Verarbeitungsstufe den selben Kurvenverlauf vorzeigen mit dem einzigen Unterschied, dass das blaue Signal um den Wert $V = \frac{10V}{1V} = 10$ verstärkt wird.

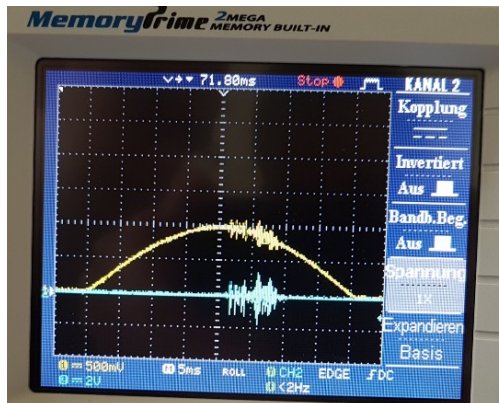


Abbildung 4 : Ausgang 3, Signal 1

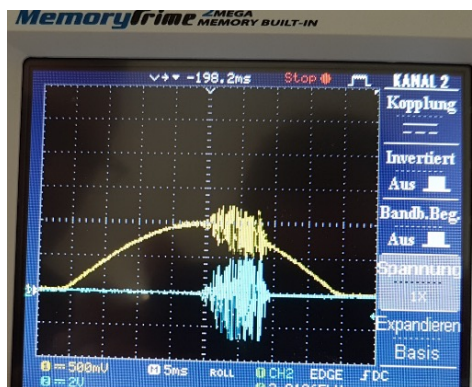


Abbildung 5 : Ausgang 3, Signal 2

Das Signal wurde von einem Bandpassfilter überarbeitet. Der Bandpassfilter besteht aus einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter. Somit wurden uninteressante Frequenzen herausgefiltert, dadurch ist der Klopfende Anteil deutlich sichtbarer.

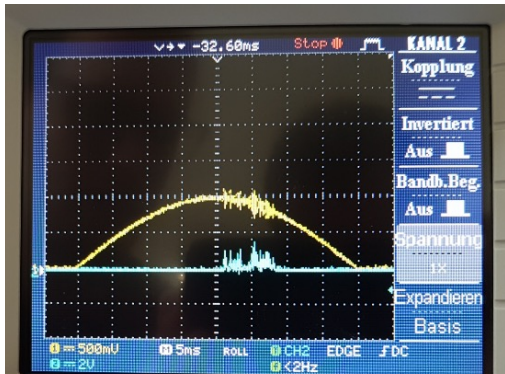


Abbildung 6 : Ausgang 5, Signal 1

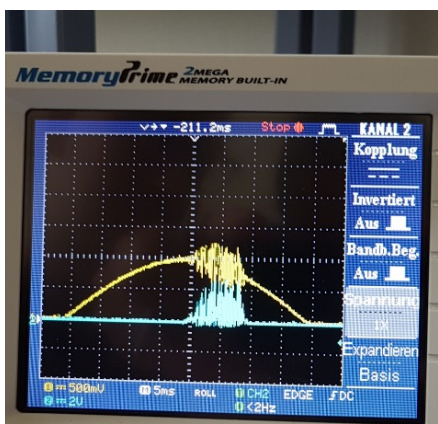


Abbildung 7 : Ausgang 5, Signal 2

Nun wird der negative Teil des Klopfens mittels eines Gleichrichters „entfernt“. Dieser Schritt ist notwendig um die Integration vorzubereiten.

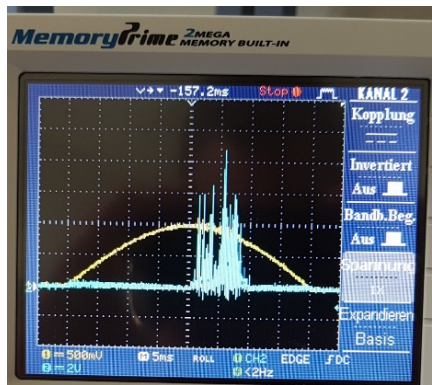


Abbildung 8 : Ausgang 6, Signal 1

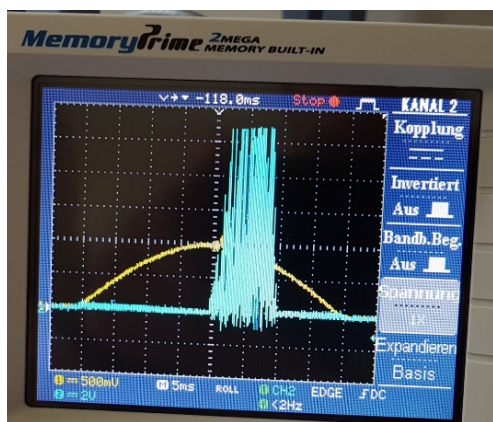


Abbildung 9 : Ausgang 6, Signal 2

Das Signal wird in Ausgang 6 nochmals mit Hilfe eines invertierenden Verstärkers um den Faktor $V = 5$ verstärkt.

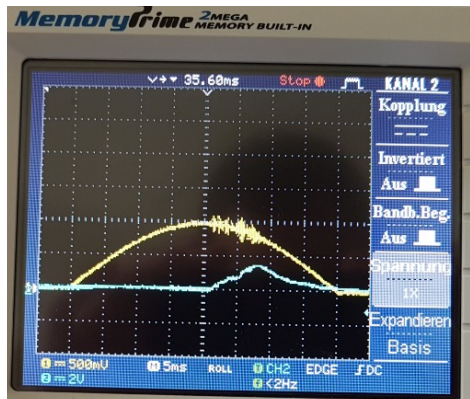


Abbildung 10 : Ausgang 7, Signal 1

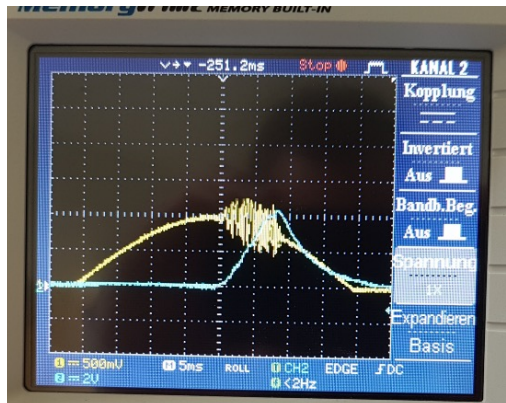


Abbildung 11 : Ausgang 7, Signal 2

Im Ausgang 7 wird das Signal unter Verwendung eines Integrators integriert. Dafür durchläuft das Signal einen Kondensator. Beim Anfangssignal ladet dieser sich auf und entlädt sich nach Beendigung des Signals. Die Fläche kann dann integriert werden.

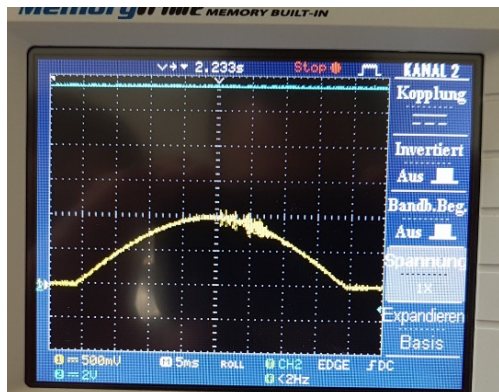


Abbildung 12 : Ausgang 8, Signal 1

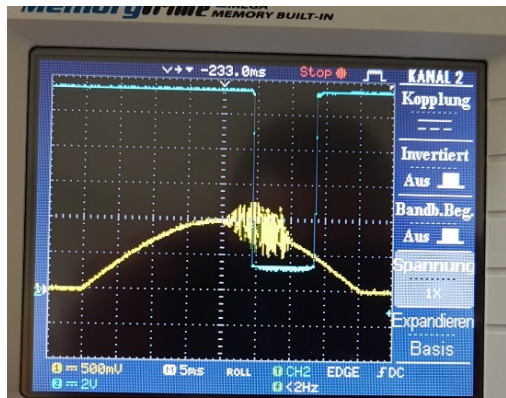


Abbildung 13 : Ausgang 8, Signal 2

Die eingestellte Vergleichsspannung U_{ref} wurde mit dem Multimeter am nichtinvertierenden Eingang des OPV gemessen. Diese beträgt den Wert $U_{ref} = 2,16 \text{ V}$.

Das Signal wird in Ausgang 8 mit Hilfe eines invertierenden Komparators in ein, für das Steuergerät verwertbares, Rechtecksignal umgewandelt. Beim Klopfen schaltet der Komparator auf das negative Maximale Spannungssignal. Bei Signal 1 ist kein Signal bemerkbar. Das hat den Grund, dass das Klopfen die Referenzspannung des Komparators nicht überschreitet.



Anhang

1. Laborbericht mit allen Messwerten
2. vorbereitende Hausaufgabe