

HOCHSCHULE LUZERN - TECHNIK & ARCHITEKTUR

MESSTECHNIK UND SENSORIK

**Labor:  
Potentiometrischer &  
Kapazitiver Sensor**

*Andreas Caduff  
Pascal Häfliger*

5. November 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Messaufbau</b>	<b>2</b>
2.1	Elektrisches Ersatzschaltbild . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Potentiometer</b>	<b>3</b>
3.1	Hysteresis und Nichtlinearität . . . . .	3
3.2	Berechnungen . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Kapazitiver Sensor</b>	<b>4</b>
4.1	Linearisierung . . . . .	4
4.2	Hysteresis und Nichtlinearität . . . . .	4
4.3	Berechnungen . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>6</b>
5.1	Gaussische Fehlerfortpflanzung . . . . .	6
5.2	Dielektrikum . . . . .	6
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>7</b>

## 1 Einleitung

In diesem Labor wurden Sensordaten von einem Potentiometrischen- und Kapazitiven- Sensor ausgewertet und mit den Sensor-Spezifikationen verglichen.  
Für die Auswertung wurde der Datensatz 'C' verwendet.

## 2 Messaufbau

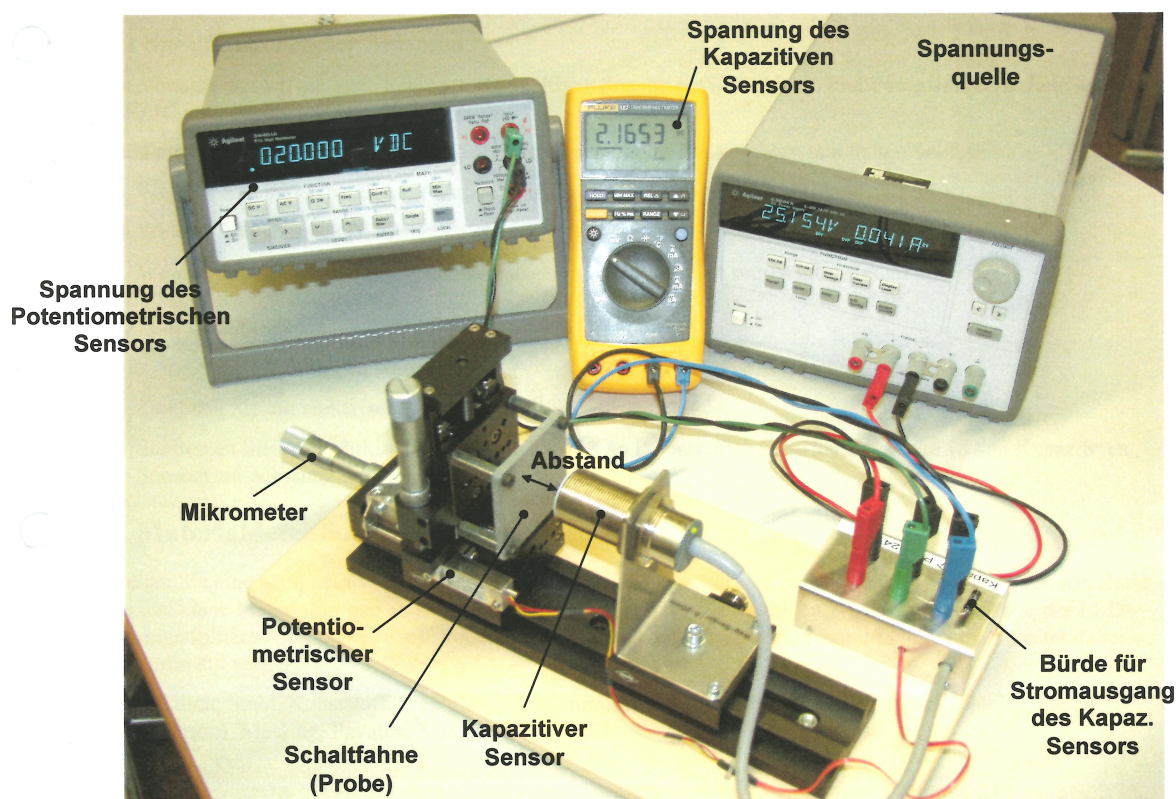


Abbildung 2: Messaufbau

Folgende Messgeräte wurden verwendet:

Hersteller	Typ	Verwendung
Agilent	E3634A Power Supply	Speisung Spannungsteiler
Agilent	34401A Multimeter	Spannung Potentiometer
Fluke	187 TRMS multimeter	Spannung kapazitiver Sensor
Rechner	KAS-80-A14-IL	kapazitiver Sensor
Genge & Thoma	HP15C	Potentiometrischer Sensor

### 2.1 Elektrisches Ersatzschaltbild

Ist das Messgerät genug hoch- $\Omega$  oder wird der Spannungsteiler belastet?

### 3 Potentiometer

#### 3.1 Hysterese und Nichtlinearität

Dieses Diagramm zeigt die Hysterese und die Nicht-linearität des Potentiometers im Bereich von 0 bis 20mm mit einer Schrittweite von 0.5mm.

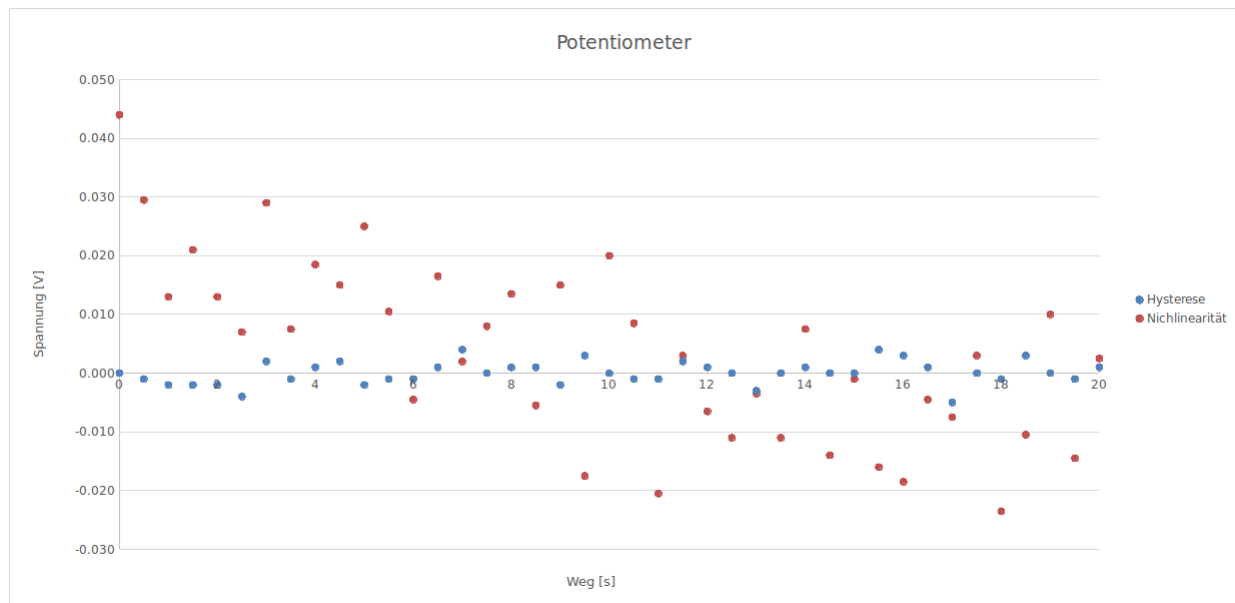


Abbildung 3: Potentiometrischer Sensor

Eine Hysterese ist nicht erkennbar aus der Grafik. Die Abweichung gegenüber der Nominalspannung liegt innerhalb 5mV. Die entspricht  $\frac{5mV}{20V} = 0.025\%$

Der Spannungsteiler wird von Potentiometer nicht signifikant belastet. Aus diesem Grund ist die Nicht-linearität sehr schwach ausgefallen.

#### 3.2 Berechnungen

$$\begin{aligned} \text{Max. Nicht-linearität: } \varepsilon_L &= \frac{|max(\epsilon_L)|}{|Messbereich|} = \frac{|45mV|}{|20V|} = 0.225\% \\ \text{Max. Hysterese: } \varepsilon_H &= \frac{|max(\epsilon_H)|}{|Messbereich|} = \frac{|5mV|}{|20V|} = 0.025\% \end{aligned}$$

## 4 Kapazitiver Sensor

Der Kapazitive Sensor gibt einen Strom, in Abhängigkeit der Distanz zum Objekt, aus. Dieser Strom generiert einen Spannungsabfall über einen „Bürde-Widerstand“ von 100 Ohm.

### 4.1 Linearisierung

Dieses Diagramm zeigt den Mittelwert und die Linearisierung des Kapazitiven Sensors im Bereich von 0 bis 16mm mit einer Schrittweite von 0.5mm.

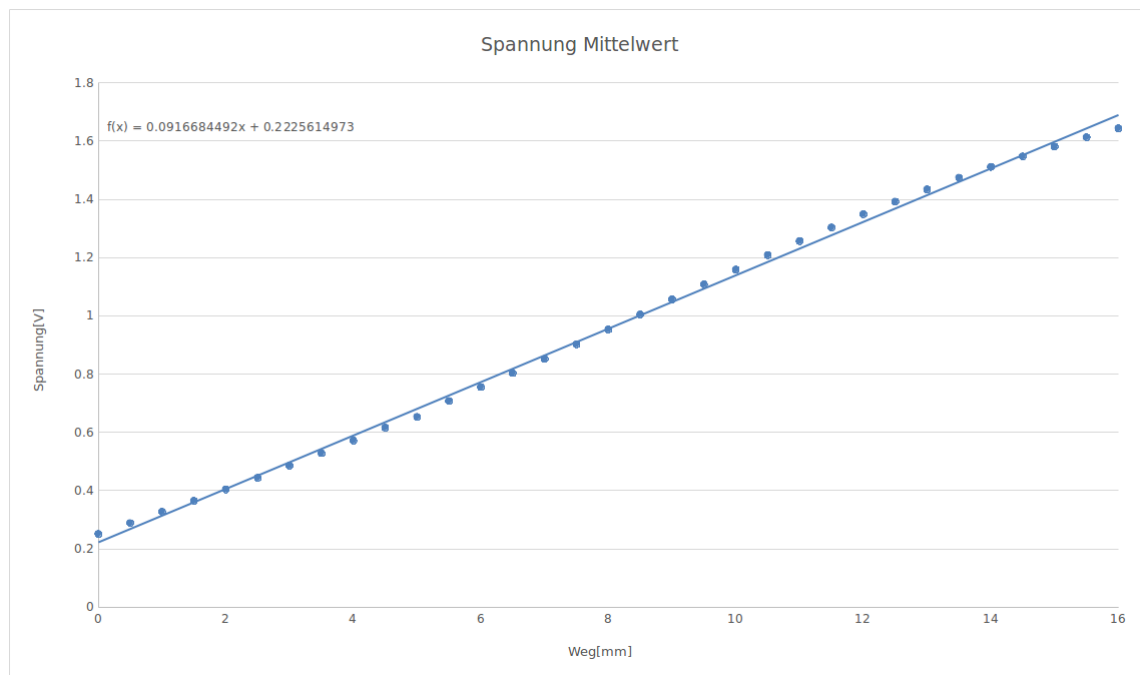


Abbildung 4: Kapazitiven Sensor

Die Linearisierung wurde anhand der Methode der kleinsten Quadrate vorgenommen. Die Geradengleichung der Linearisierung entspricht:  $y = 0.0917x + 0.2228$

Diese Gleichung dient zur Rekonstruktion, damit die Spannung des Sensors in eine Distanz umgerechnet werden kann.

### 4.2 Hysterese und Nichtlinearität

Diese zwei Diagramme zeigen die Hysterese und die Nichtlinearität des Kapazitiven Sensors im Bereich von 0 bis 16mm mit einer Schrittweite von 0.5mm.

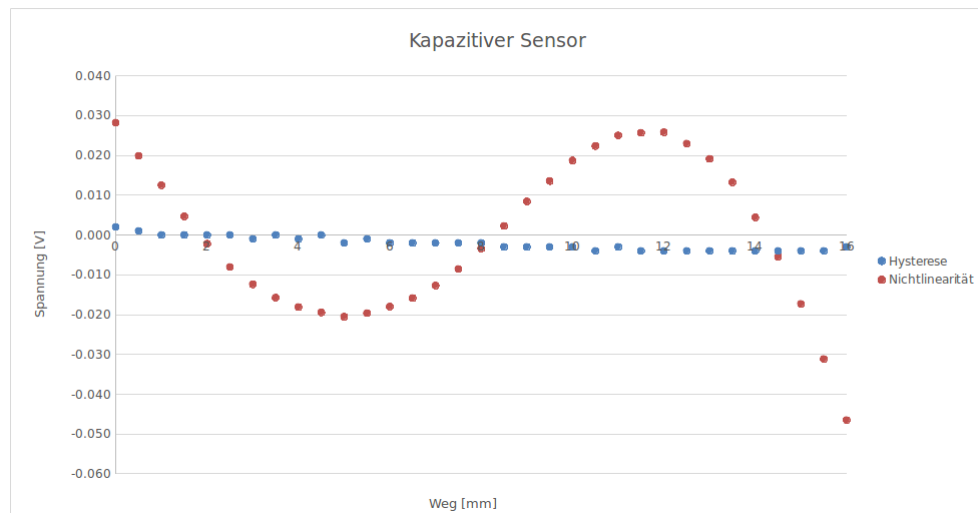


Abbildung 5: Kapazitiver Sensor

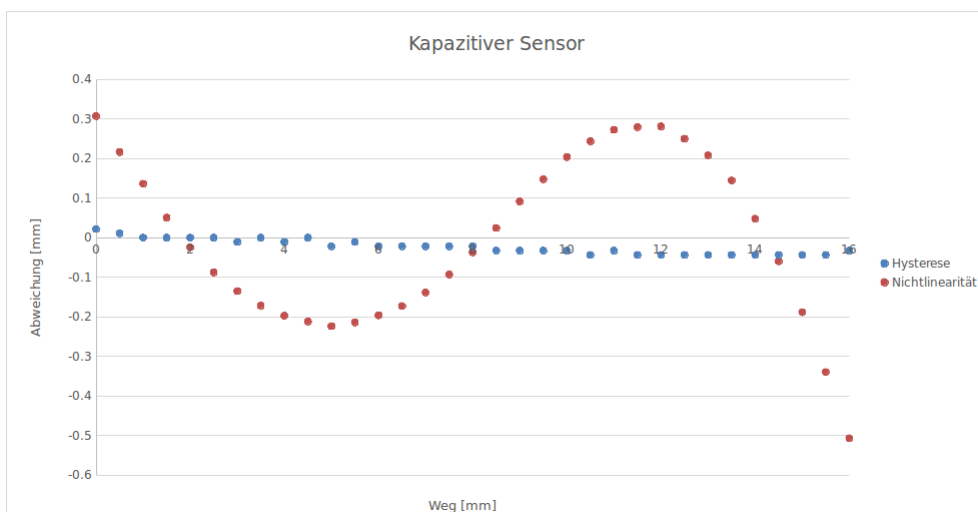


Abbildung 6: Kapazitiver Sensor

Die Abweichung in mm ist proportional zur Spannungsabweichung um den Faktor:  $\frac{1}{0.0917} \approx 10$ .

### 4.3 Berechnungen

$$\begin{aligned} \text{Max. Nicht-linearität: } \varepsilon_L &= \frac{|\max(\epsilon_L)|}{|\text{Messbereich}|} = \frac{|0.5\text{mm}|}{|16\text{mm}|} = 3.2\% \\ \text{Max. Hysterese: } \varepsilon_H &= \frac{|\max(\epsilon_H)|}{|\text{Messbereich}|} = \frac{|0.45\text{mm}|}{|16\text{mm}|} = 0.27\% \end{aligned}$$

## 5 Ergebnisse

	Potentiometer	Kapazitiver Sensor
Messbereich [mm]	0mm - 20mm	0mm - 16mm
max. Nichtlinearität [%]	$\pm 0.22$ %	$\pm 3.2$ %
max. Hysterese [%]	$\pm 0.025$ %	$\pm 0.27$ %
Rel. Genauigkeit [%]	$\pm 0.22$ %	$\pm 3.2$ %

### 5.1 Gaussische Fehlerfortpflanzung

Die Fehlerfortpflanzung nach Gauss verläuft über die Euklidische Norm.

$$Genauigkeit = ||Genauigkeit|| = \sqrt{(Nichtlinearität)^2 + (Hysterese)^2}$$

### 5.2 Dielektrikum

Der kapazitive Sensor baut ein elektrisches Feld auf zwischen den Platten. Das Dielektrikum beeinflusst das elektrische Feld signifikant. Je nach Material muss ein Reduktionsfaktor einbezogen werden. Luft hat  $\epsilon_{Luft} = 1$ .

Material	Reduktionsfaktor
FE360	1
ST37	1
Wasser	1
Weizen	0.8
Holz	0.7
Glas	0.6
Öl	0.4
PVC	0.4
PVC	0.4
PE	0.37
Keramik	0.3

## 6 Diskussion

- Die Lineasierung für die Rekonstruktion des kapazitiven Sensors wurde nur bis 16mm vorgenommen. Falls der Bereich überschritten wird, steigt der Fehler sehr stark an.  
.
- Es wurde die Hystere sowie Nicht-linearität für beide Sensoren vorgenommen. Jedoch liegt weiterhin eine Exemplarstreuung der Typen vor. Die Messdaten gelten nicht für alle Sensoren des selben Types.
- Das Potentiometer zeigt als Prozess eine Gerade durch den Nullpunkt auf. Aus diesem Grund ist keine Linearisierung nötig. Dadurch wird der Fehler kleiner als bei einer Linearisierung.
- ....