



**HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Signale, Systeme und Sensoren**

# **Labor Signale, Systeme und Sensoren**

## **WS 2015/16**

**J. Altmeyer, M. Kieser**

**Konstanz, 12. November 2015**

## **Zusammenfassung (Abstract)**

Thema:	Labor Signale, Systeme und Sensoren WS 2015/16	
Autoren:	J. Altmeyer	jualtmey@htwg-konstanz.de
	M. Kieser	makieser@htwg-konstanz.de
Betreuer:	Prof. Dr. Matthias O. Franz	mfranz@htwg-konstanz.de
	Jürgen Keppler	juergen.keppler@htwg-konstanz.de
	Martin Miller	martin.miller@htwg-konstanz.de

TODO:Zusammenfassung etwa 100 Worte.

# **Inhaltsverzeichnis**

# **Abbildungsverzeichnis**

# **Tabellenverzeichnis**

# **Listingverzeichnis**

# 1

## Einleitung

[? ]

In diesem Versuch werden die in der Vorlesung behandelten Techniken zur Kalibrierung, Fehleranalyse und Fehlerrechnung auf den Fall eines Entfernungsmessers angewandt. Der Entfernungsmesser basiert auf dem häufig in der Robotik eingesetzten Distanzsensor GP2Y0A21YK0F der Firma Sharp (s. Datenblatt in Moodle), der nach dem Triangulationsprinzip arbeitet.

## 2

# Versuch 1 - Ermittlung der Kennlinie des Abstandssensors

## 2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Wie sieht das Verhältnis von Distanz zu Spannung aus dargestellt durch eine Kennlinie? Im Folgenden soll diese Kennlinie mittels Messung der Ausgangsspannung des Sensors für 20 verschiedene Entfernungswerte im Bereich von 10 - 70 cm ermittelt werden. Gemessen werden Distanz, Mittelwert der Spannung und  $\Delta V$  des Rauschens. Es werden zwei Arten von Messungen durchgeführt eine ohne Berücksichtigung und eine mit Berücksichtigung des Einschwingvorgang des Sensors.

Messprinzip: Mit Hilfe des Triangulationsprinzip wird die Distanz über den Sharp Sensor als Spannung in Volt ermittelt. Die Distanz wird mit einem Meterstab gemessen. Das  $\Delta V$  wird durch die Differenz des Maximalen und Minimalen Spannungswerts ermittelt.

Aufbau und Messmittel: Der Aufbau der Messeinrichtung ist auf Abbildung ?? zu erkennen. Als Normal wird ein Meterstab verwendet. Ein Brett zur Reflexion des Lichtstrahls des Distanzsensors sowie ein Oszilloskop und Netzgerät.



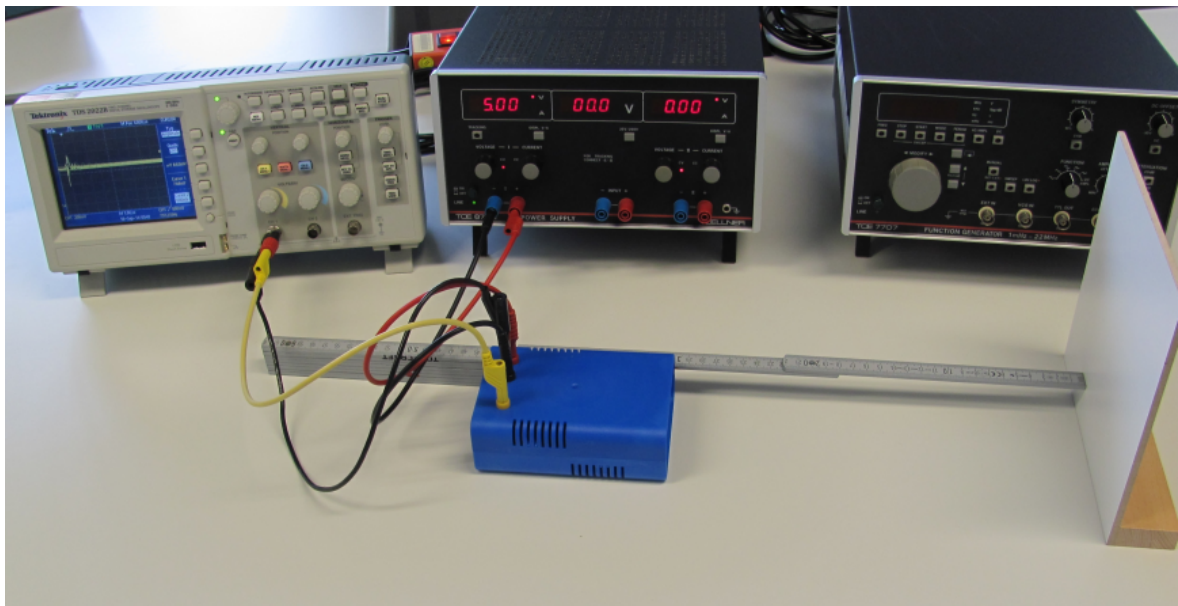


Abbildung 2.1: Aufbau des Versuchs zur Ermittlung der Kennlinie des Abstandssensors

## 2.2 Messwerte

In Tabelle ?? sind die eigens abgelesenen Werte sowie die des Oszilloskops abgebildet. Letztere bestehen aus dem Mittelwert von 1500 Spannungswerten und ignorieren dabei den Einschwingvorgang des Sensors.

	abgelesene Werte		Oszilloskop Werte	
Distanz [cm]	Mittelwert [V]	Delta [mV]	Mittelwert [V]	Delta [mV]
10,0	1,5	80	1,48	80
13,2	1,3	120	1,28	80
16,3	1,19	100	1,17	80
19,4	1,05	32	1,03	32
22,6	0,949	32	0,93	40
25,8	0,881	32	0,86	24
28,9	0,82	32	0,80	32
32,1	0,778	32	0,76	32
35,3	0,714	24	0,70	32
38,4	0,681	64	0,67	64
41,6	0,639	88	0,63	64
44,7	0,638	80	0,63	64
47,9	0,597	80	0,59	72
51,1	0,581	40	0,57	64
54,2	0,562	56	0,55	56
57,4	0,539	40	0,53	56
60,5	0,503	56	0,50	24
63,7	0,486	40	0,48	24
66,8	0,469	40	0,46	32
70,0	0,453	40	0,44	24

Tabelle 2.1: Ergebnisse der abgelesenen Werte und Werte des Oszilloskops

## 2.3 Auswertung

Im Diagramm (Abbildung ??) ist die Oszilloskop Kennlinie durchgehend unterhalb der Linie der abgelesenen Daten.

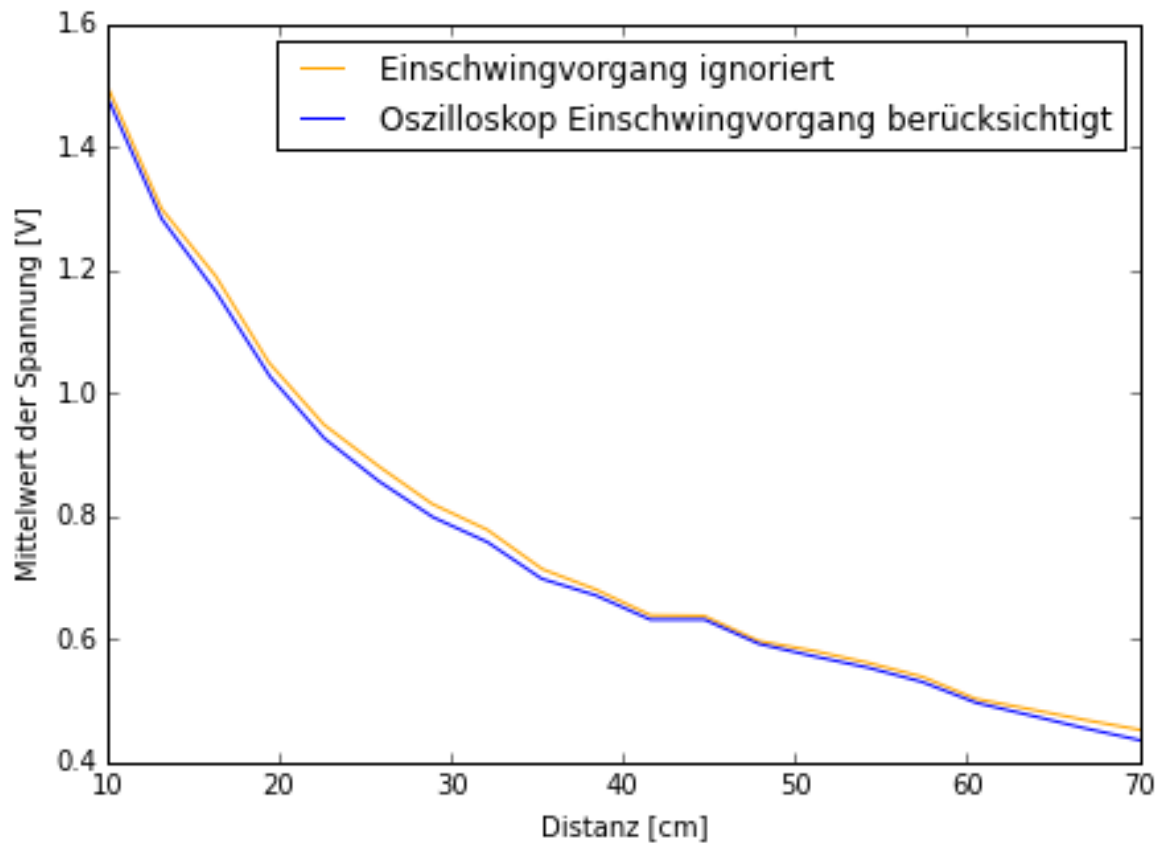


Abbildung 2.2: Kennlinie der abgelesenen Werte und der Oszilloskop Werte

## 2.4 Interpretation

Die Differenz zwischen Oszilloskop Werten und abgelesenen Werten lässt sich durch den nicht berücksichtigten Einschwingvorgang der ersten 1000 Daten erklären.

# 3

## Versuch 2 - Modellierung der Kennlinie durch lineare Regression

### 3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Die Ergebnisse aus Versuch 1 reichen noch nicht aus, um den Sensor als Abstandsmesser verwenden zu können. Deshalb ist eine Umrechnungsvorschrift zu finden, mit der man aus den gemessenen Spannungswerten die dazugehörigen Entfernungswerte berechnen kann. Diese Übertragungsfunktion wird im folgenden mit Hilfe einer linearen Regression ermittelt.

### 3.2 Messwerte

Die in Versuch 1 ermittelte Kennlinie, sowie Ergebnisse der linearen Regression sind nachfolgend Graphisch dargestellt.

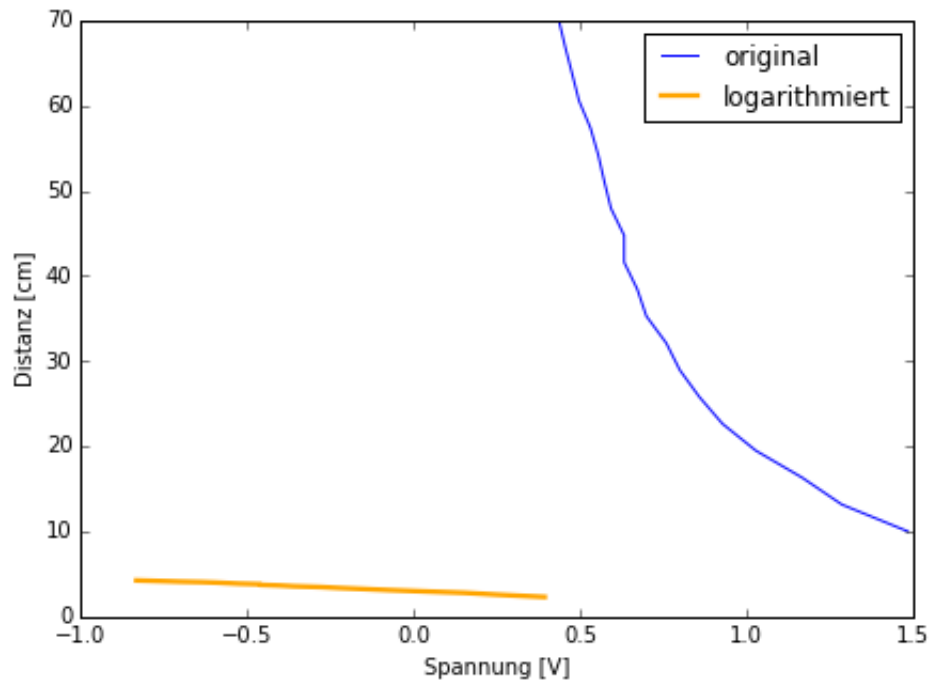


Abbildung 3.1: Kennlinie vor und nach der Logarithmierung

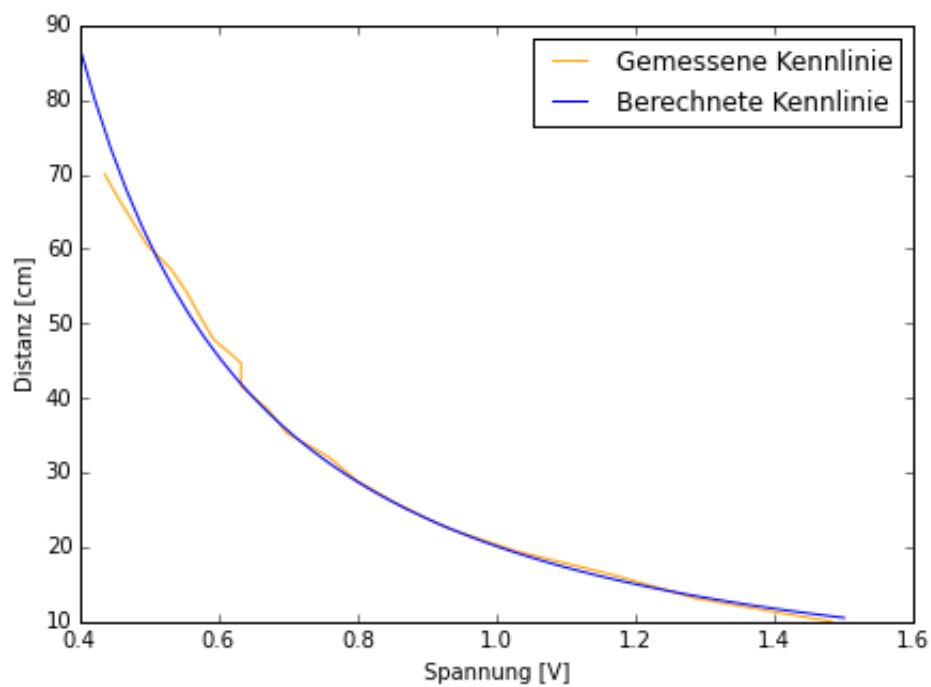


Abbildung 3.2: Ursprüngliche, gemessene Kennlinie und Kennlinie nach der Regression

### 3.3 Auswertung

Da der Sharp-Sensor eine nichtlineare Kennlinie der Form

$$y = x^a \quad (3.1)$$

besitzt, müssen die Eingangs- und Ausgangswerte zunächst logarithmiert werden. Dadurch entsteht näherungsweise eine Gerade, bei der die lineare Regression verwendet werden kann (Abb. ??). Aus der Regression erhalten wir die Parameter  $a = -1.6$  und  $b = 3.0$  und somit folgende Gerade:

$$y = -1.6 \cdot x + 3 \quad (3.2)$$

Nun muss die vorherige Logarithmierung wieder rückgerechnet werden und wir erhalten die nichtlineare Kennlinie des Sensors wie folgt:

$$y = e^3 \cdot x^{-1.6} \quad (3.3)$$

In der Abbildung ?? ist die ursprüngliche Kennlinie vor der Regression, sowie die errechnete Kennlinie nach der Regression zu sehen.

### 3.4 Interpretation

Die gefundene Kennlinie (Abbildung ??) ist in der Form einer abnehmenden Potenzfunktion. Niedrige Spannungswerte entsprechen einem großen Abstand bzw. hohe Spannungswerte einem geringen Abstand, d.h. die Distanz nimmt mit zunehmender Spannung ab. Verschiedene Spannungswerte können nun mit der Übertragungsfunktion in den dazugehörigen Abstand umgerechnet werden.

# 4

## Versuch 3 - Flächenmessung mit Fehlerrechnung

### 4.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Die in Versuch 2 ermittelte Kennlinie ermöglicht nun die Umwandlung von gemessenen Spannungen in Distanzen. Mit Hilfe der Messeinrichtung, bestehend aus Sharp-Sensor Oszilloskop und Kennlinie, ermitteln wir nachfolgend die Breite, Höhe und die Fläche eines Din-A4 Blattes. Dabei wird jeweils der Messfehler mittels des Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz berücksichtigt. Die dabei entstehenden Ergebnisse sind danach mit den realen Werten eines Din-A4 Blattes zu vergleichen. Mögliche Abweichungen sind auf eventuelle systematische Fehler in der Kennlinie zu überprüfen.

Messprinzip, Messmittel und Aufbau zur Messung der Distanzen sind wie in Versuch 1. (siehe Kapitel ??) Zusätzlich wird ein Din-A4 Blatt zur Bestimmung der Distanz verwendet.

### 4.2 Messwerte

Der Mittelwert der Spannung für Länge und Breite eines Din-A4 Blattes ist in der Tabelle ?? abgebildet. Es sind zum einen abgelesene Werte abgebildet und zum anderen Oszilloskop Werte aus 1500 ermittelten Daten mit Berücksichtigung des Einschwingvorgangs. Nachfolgende Berechnungen beziehen sich auf die Oszilloskop Werte.

	abgelesene Werte	Oszilloskop Werte
Distanz [cm]	Mittelwert [V]	Mittelwert [V]
29,7	0,846	0,814
21	1,02	1,004

Tabelle 4.1: Mittelwert der Spannung jeweils für die Länge und Breite eines Din-A4 Blattes

## 4.3 Auswertung

### Breite und Länge

Ermittlung des Messfehlers mit Hilfe der Standardabweichung für den Mittelwert  $s_{\bar{x}}$  :

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad (4.1)$$

Für  $s_{\bar{x}}$  ergibt sich ein Wert von 0.00032. Nachfolgend wird von einem Korrekturfaktor  $t = 1,0$  bei 68% Sicherheit und  $t = 1,96$  bei 95% Sicherheit ausgegangen. Mit den Mittelwerten aus Tabelle ?? und  $s_{\bar{x}}$  ergibt sich folgende Spannungsmessung mit einem Vertrauensbereich für eine Sicherheit von 68%:

$$x_{68\%}^L = 0,814 \pm \Delta \bar{x}_{68\%}^L \text{ [V]} \text{ mit } \Delta \bar{x}_{68\%}^L = t \cdot s_{\bar{x}} = 0,00032 \quad (4.2)$$

$$x_{68\%}^B = 1,004 \pm \Delta \bar{x}_{68\%}^B \text{ [V]} \text{ mit } \Delta \bar{x}_{68\%}^B = t \cdot s_{\bar{x}} = 0,00032 \quad (4.3)$$

Für eine Sicherheit von 95%:

$$x_{95\%}^L = 0,814 \pm \Delta \bar{x}_{95\%}^L \text{ [V]} \text{ mit } \Delta \bar{x}_{95\%}^L = t \cdot 2s_{\bar{x}} = 0,0013 \quad (4.4)$$

$$x_{95\%}^B = 1,004 \pm \Delta \bar{x}_{95\%}^B \text{ [V]} \text{ mit } \Delta \bar{x}_{95\%}^B = t \cdot 2s_{\bar{x}} = 0,0013 \quad (4.5)$$

Mit der Kennlinie (Formel ?? ) lässt sich mit Hilfe des Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetzes folgende Formel ableiten:

$$\Delta y = a \cdot e^b \cdot x^{a-1} \cdot \Delta x \quad (4.6)$$



wobei durch einsetzen von  $\Delta\bar{x}_{68\%}$  und  $\Delta\bar{x}_{95\%}$  sich die  $\Delta y$  Werte ergeben. Bei Anwendung der Kennlinie (Formel ?? ) ergibt sich somit eine Länge von  $27,97 \pm 0,017$  [cm](68%) bzw.  $27,97 \pm 0,069$  [cm] (95%) und eine Breite von  $19,98 \pm 0,01$  [cm] (68%) bzw.  $19,98 \pm 0,039$  [cm](95%) .

## Fläche

Zur Berechnung der Fläche wird mit Hilfe des Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetzes folgende Formel abgeleitet:

$$\Delta y = \sqrt{\left(a \cdot e^{2b} \cdot x_2^a \cdot x_1^{a-1} \cdot \Delta x_1\right)^2 + \left(a \cdot e^{2b} \cdot x_1^a \cdot x_2^{a-1} \cdot \Delta x_2\right)^2} \quad (4.7)$$

wobei  $x_1$  dem Mittelwert der Spannung der Breite und  $x_2$  dem Mittelwert der Spannung der Länge entspricht. Somit ergibt sich unter Verwendung der berechneten  $\Delta y$  (Formel ??, ??, ??, ??) und Multiplikation von Länge und Breite die Fläche von  $558,89 \pm 0,099$  [cm<sup>2</sup>](68%) bzw.  $558,89 \pm 1,521$  [cm<sup>2</sup>] (95%).

## 4.4 Interpretation

Vergleicht man die erhaltenen Werte der Länge, Breite und Fläche stellt man eine Abweichung von den realen Werten fest.(siehe Tabelle ?? Zeile 3)

	Länge [cm]	Breite [cm]	Fläche[cm]
real	29,7	21	623,7
gemessen	27,97	19,98	558,89
$\Delta$	1,73	1,02	64,81
angepasst	29,37	21,38	627,98
neues $\Delta$	0,33	-0,38	-4,28

Tabelle 4.2: Messdifferenzen von Länge, Breite, Fläche

Zu erkennen ist eine systematische Unterschätzung der Distanz welche durch Anpassung der Kennlinie um einen konstanten Faktor  $k = 1,4$  aufgehoben werden kann. (siehe Tabelle ?? Zeile 4,5)

# **Anhang**

## **A.1 Quellcode**

### **A.1.1 Quellcode Versuch 1**

### **A.1.2 Quellcode Versuch 2**

### **A.1.3 Quellcode Versuch 3**

### **A.1.4 Quellcode Versuch 4**

## **A.2 Messergebnisse**