



HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Signale, Systeme und Sensoren

Kalibrierung und Einsatz eines Infrarot-Entfernungsmessers

S. Wörner, M. Vögele

Konstanz, 31. Oktober 2020

Zusammenfassung (Abstract)

Thema:	Kalibrierung und Einsatz eines Infrarot-Entfernungsmessers	
Autoren:	S. Wörner	siwoerne@htwg-konstanz.de
	M. Vögele	mavoegel@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

Der Versuch nutzt die in der Vorlesung gezeigten Techniken der Kalibrierung, Fehleranalyse und Fehlerrechnung um einen Distanzsensor als Entfernungsmesser nutzbar zu machen.

Dieser Sensor nutzt das Triangulationsprinzip zur Bestimmung von Distanzen. Hierfür wird mittels Infrarot ein Lichtstrahl ausgesendet und der Winkel der Reflexion gemessen.

Unser Sensor liefert eine anti-proportionale Spannung bei steigender Entfernung. Der mögliche Messbereich erstreckt sich laut Datenblatt von 10 cm bis 80 cm Entfernung zum Sensor.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Listingverzeichnis

1

Einleitung

Dieser Versuch beschäftigt sich mit der Kalibrierung eines Distanzsensors der Firma Sharp (GP2Y0A21YK0F, siehe Datenblatt in Moodle).

Zur Kalibrierung des Distanzsensors werden 20 Messungen durchgeführt. Bei diesen Messungen wird in Abhängigkeit der Entfernung eines Objektes zum Sensor die Ausgangsspannung und die Schwankung der Ausgangsspannung (ΔU) aufgezeichnet. Diese Werte werden zusätzlich zur automatischen digitalen Erfassung durch ein Python-Skript auch manuell notiert.

Mit den per Python-Skript automatisch digital erfassten Messwerten werden diese anschließend auf ihre Standardabweichung sowie ihren Durchschnitt ausgewertet.

Im folgenden werden die am Computer digital erfassten Messwerte per Python-Skript weiterverarbeitet um mittels der in der Vorlesung besprochenen Verfahren eine Ausgleichsfunktion zu bestimmen. Dies geschieht nach dem Verfahren der Linearen Regression.

Diese Ausgleichsfunktion kann nun zur direkten Umrechnung von Ausgangsspannungswerten des Distanzsensors in eine Distanz des Objektes das sich vor diesem Distanzsensor befindet genutzt werden.

Anschließend wird mit dem Sensor die Länge und Breite eines A4-Blatts vermessen werden. Anhand der zuvor berechneten Ausgleichsfunktion kann nun die Länge und Breite eines DIN A-4 Blattes berechnet werden. Mit diesen Längen lässt sich anschließend die Fläche des DIN-4 Blattes bestimmen. Um die Genauigkeit dieser Fläche zu bestimmen wird eine Fehlerrechnung anhand der in Vorlesung besprochenen Verfahren durchgeführt.

2

Versuch 1

2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

In Versuch 1 [??] soll die Kennlinie des Sensors mithilfe mehrerer Messungen an gleichmäßigen Abständen zwischen 10 cm und 70 cm ermittelt werden. Die Messungen sollen sowohl automatisch mittels eines Python-Skripts, sowie von Hand erfasst werden.

Für den Versuchsaufbau wird der Distanzsensor GP2Y0A21YK0F der Firma Sharp an eine Spannungsquelle von 5 V Gleichspannung angeschlossen. Zusätzlich wird der Distanzsensor am Anschluss für den Signalausgang, sowie am Ground-Anschluss mit einem Oszilloskop verbunden. Vor dem Sensor wird eine weiße Holzplatte in einem festgelegten Abstand aufgestellt. Das Oszilloskop wird über einen USB-Anschluss mit einem Laborcomputer verbunden, um dort eine automatische Erfassung der Messwerte vornehmen zu können.

Es werden 20 Messungen mit verschiedenen Distanzen vorgenommen. Es wird mit 10 cm Abstand vom Gehäuseende des Sensors zur Holzplatte begonnen. Bei jeder Messung wird der Abstand zwischen Sensor und Platte in gleichmäßigen Schritten vergrößert, bis er bei der 20. Messung 70 cm beträgt. Zur Ausrichtung der Holzplatte zum Sensor wird ein Meterstab verwendet.

Die Messwerte werden auf zwei Arten erfasst. Zum einen werden die Messwerte vom Display des Oszilloskops abgelesen und von Hand notiert. Zum anderen werden die Werte automatisch über das vom Tutor bereitgestellte Python-Skript [??] erfasst. Hierzu kommt das Python-Paket TekTDS2000 zum Einsatz.

2.2 Messwerte

Tabelle [??] zeigt die von Hand notierten sowie die per Skript erfassten Messwerte

Abstand	Spannung	ΔU	Spannung (Python)	ΔU (Python)
10.0 cm	1.30 V	.24 V	1.28741333333333298e+00	2.000000000000001776e-01
13.1 cm	1.13 V	.24 V	1.127840000000000176e+00	2.39999999999999911e-01
16.3 cm	.99 V	.23 V	9.969333333333334490e-01	2.399999999999998801e-01
19.5 cm	.88 V	.22 V	8.81386666666666516e-01	1.99999999999999556e-01
22.6 cm	.80 V	.22 V	7.999733333333332030e-01	2.39999999999999911e-01
25.8 cm	.73 V	.24 V	7.225866666666665994e-01	2.39999999999999911e-01
28.9 cm	.68 V	.21 V	6.640266666666665429e-01	2.39999999999999911e-01
32.1 cm	.62 V	.22 V	6.152266666666665884e-01	2.39999999999999911e-01
35.3 cm	.56 V	.24 V	5.53253333333333747e-01	2.000000000000000111e-01
38.4 cm	.54 V	.23 V	5.44053333333333887e-01	3.600000000000000422e-01
41.6 cm	.50 V	.21 V	5.038400000000000656e-01	1.99999999999999556e-01
44.7 cm	.47 V	.24 V	4.617066666666667096e-01	2.800000000000000266e-01
47.9 cm	.44 V	.22 V	4.43093333333333946e-01	3.200000000000000067e-01
51.1 cm	.40 V	.22 V	4.05333333333333233e-01	2.39999999999999911e-01
54.2 cm	.39 V	.22 V	3.870399999999999396e-01	1.99999999999999556e-01
57.4 cm	.37 V	.23 V	3.64293333333333024e-01	2.39999999999999911e-01
60.5 cm	.35 V	.23 V	3.43839999999999235e-01	3.59999999999999867e-01
63.7 cm	.33 V	.22 V	3.235733333333332684e-01	3.59999999999999867e-01
66.4 cm	.29 V	.24 V	3.03439999999999875e-01	3.99999999999999667e-01
70.0 cm	.28 V	.22 V	2.81893333333333291e-01	2.000000000000000111e-01

Tabelle 2.1: Messwerte Kalibrierung

2.3 Auswertung

Zur Veranschaulichung der Messung sind die per Python-Skript erfassten Messwerte in der Abbildung ?? dargestellt. Dieser Plot wurde mit dem Python-Skript ?? erstellt.

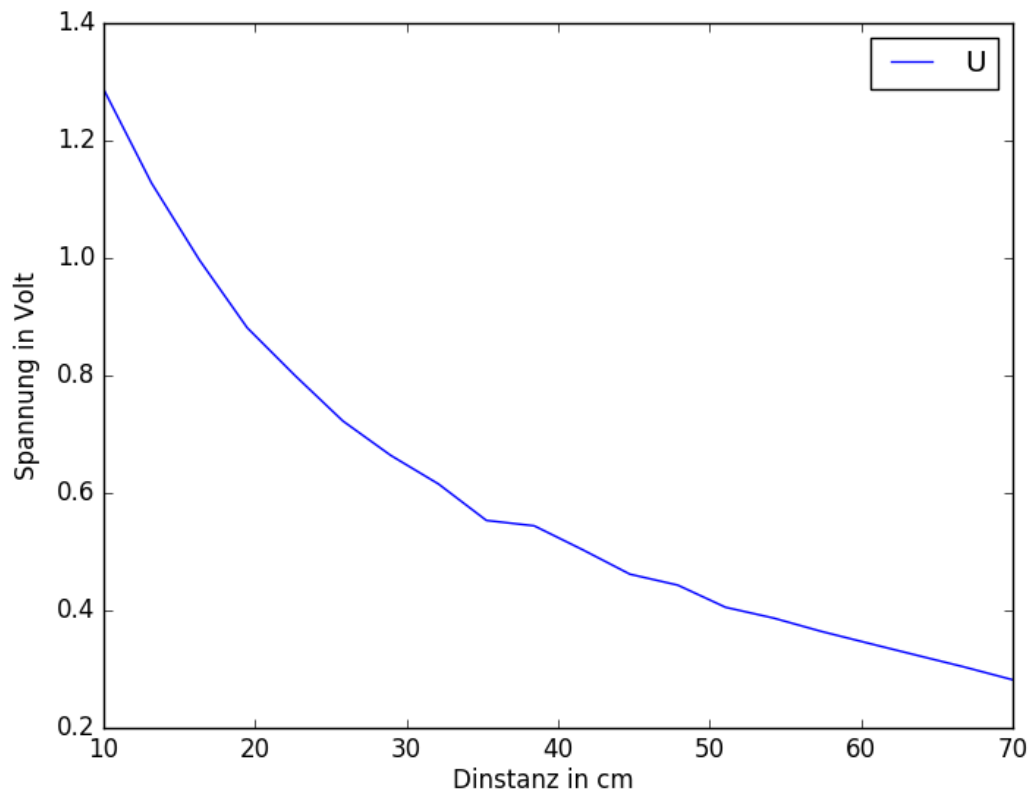


Abbildung 2.1: Plot Messungen

2.4 Interpretation

Nach der Auswertung der Messwerte ist zu erkennen das sich die Ausgangsspannung anti-proportional zur Distanz der Objekte vor dem Distanzsensor verhält.

Die manuell notierten Ergebnisse der Ausgangsspannung kommen sehr nahe an die digital erstellte Messung.

Allerdings weichen die Werte der Standardabweichung ΔU von manueller Erhebung und digitaler Messung stark ab. Dies lässt sich darauf zurückführen das der digitale Messung 1.500 Einzelmessungen zugrunde liegen welche gemittelt sehr genau sind im Gegensatz zur manuellen Erhebung bei der einzelne Ausreißer den Wert stark beeinflussen können.

3

Versuch 2

3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Mit den in Versuch 1 [??] gemessenen Werten wird nun mittels eines Regressionsverfahrens eine Funktion bestimmt mit deren Hilfe es möglich ist anhand der am Distanzsensor gemessenen Ausgangsspannung den Abstand eines Objektes zum Sensor zu bestimmen.

Für die Bestimmung dieser Funktion nutzen wir das in der Vorlesung besprochene Verfahren der linearen Regression. Allerdings lässt sich dieses Verfahren nur bei einer linearen Kennlinie anwenden, welche bei unserem Sensor nicht vorliegt (vergl. Kennlinie in Versuch 1 - Messwerte [??]). Um das Verfahren trotzdem nutzen zu können werden mittels des im Aufgabenblatt gezeigten Lösungsansatzes - der Logarithmierung von Distanz und Spannung - aus den Werten in der Messwerttabelle [??] für die lineare Regression geeignete Werte berechnet.

Als Resultat der linearen Regression erhalten wir den Gradienten a , sowie das Offset b . Setzt man diese Parameter in die Funktion $y = e^b * x^a$ ein erhält man die Kennlinie des Distanzsensors. x ist hierbei die am Sensor gemessene Spannung.

3.2 Messwerte

Mit dem Python-Skript [??] werden die Messwerte [??] aus Versuch 1 ?? logarithmiert und in der Tabelle [??] sowie dem Plot [??] dargestellt.

log(Distanz)	log(Spannung)
2.30258509299	0.252635037374
2.5770219387	0.120304299043
2.79213331831	-0.00307137852449
2.96906402647	-0.126258854137
3.11934622952	-0.223176885203
3.24996641194	-0.324917912326
3.36547929906	-0.40943296967
3.469019978	-0.485764515393
3.56283873322	-0.591939275065
3.64860555498	-0.608707997716
3.72759396629	-0.685496521629
3.80079737032	-0.772825510183
3.86900562034	-0.813974846403
3.93285709233	-0.903045505124
3.99287510206	-0.94922723212
4.04949399606	-1.00979587507
4.10307824219	-1.06757884609
4.15393665942	-1.12832950346
4.20233320029	-1.1925713816
4.24849524205	-1.26622653019

Tabelle 3.1: Messwerte nach Logarithmierung

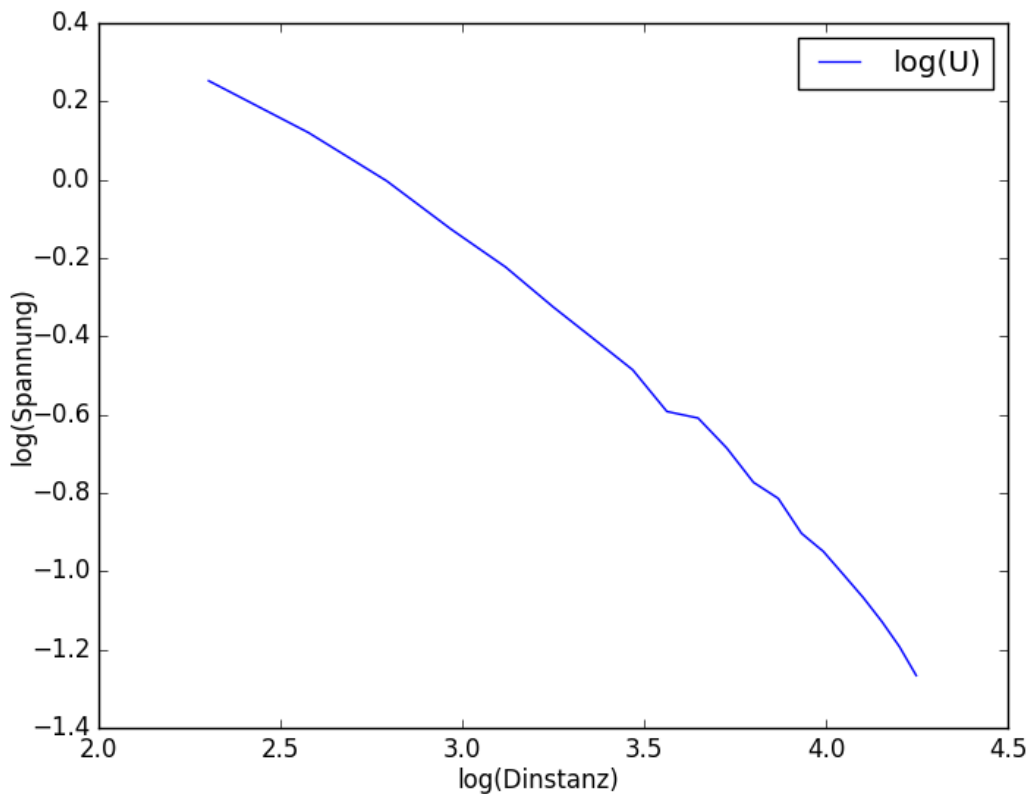


Abbildung 3.1: Plot der Messwerte nach Logarithmierung

3.3 Auswertung

Anhand der logarithmierten Werte kann nun der Gradient berechnet werden. Diesen erhält man, wenn man die in Tabelle [??] gezeigten Werte in die Formel $a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ einsetzt.

Mithilfe des Gradienten der logarithmierten Messwerte lässt sich über die Formel $b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$ der Offset berechnen.

Dies führt zu den Werten

$$a = -1.25018776118$$

und

$$b = 2.79487428118$$

Die Kennlinie erhält man, in dem man die doppelte Logarithmierung $\exp(a \cdot \ln x + b)$ umkehrt. Daraus resultiert die Kennlinie [??].

$$y = e^{2.79487428118} \cdot x^{-1.25018776118}$$

Abbildung 3.2: Kennlinie

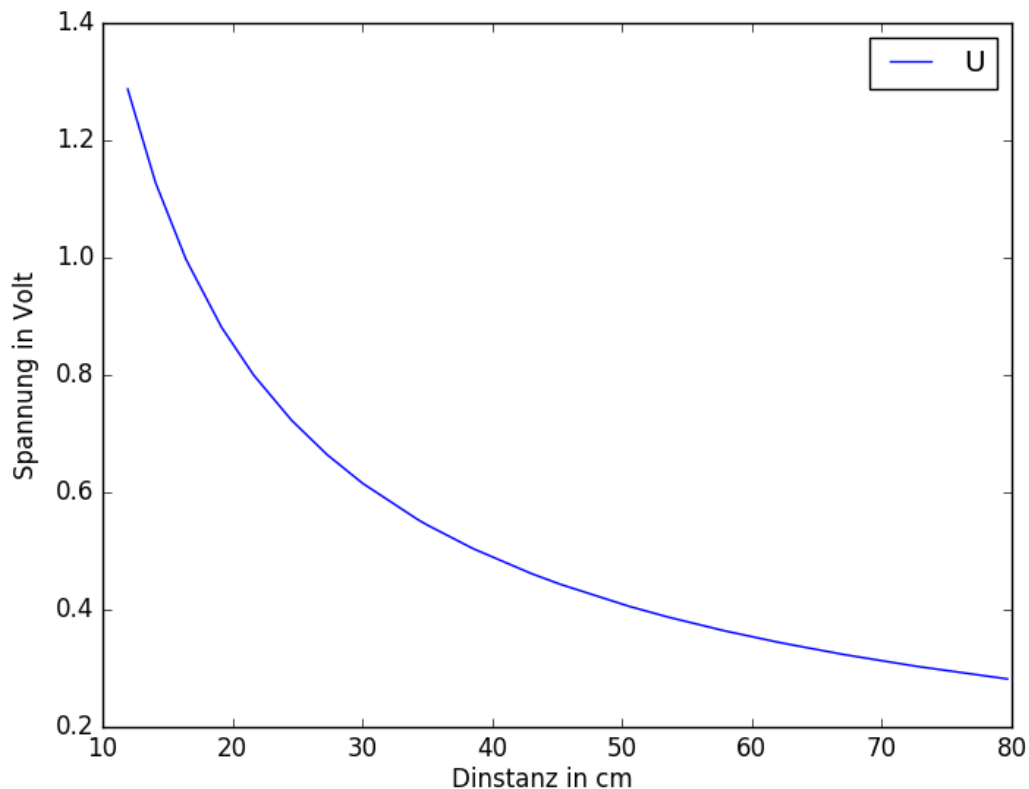


Abbildung 3.3: Plot nach Linearer Regression

Bei x handelt es sich hier um die gemessene Spannung und bei y um den gemessenen Abstand.

3.4 Interpretation

Die Grafiken [??] und [??] zeigen die gemessenen Spannungs-/Entfernungswerte, sowie die berechnete Kennlinie. Daran, dass die Kennlinie und die gemessenen Werte sehr nahe beieinander liegen, sieht man, dass das Verfahren zur Ermittlung einer nicht linearen Kennlinie mithilfe der linearen Regression mit logarithmierten Werten funktioniert.

Da jedoch nur jeweils eine Messung für die Eingangswerte vorgenommen wurde, ist der Messfehler für die Werte, aus denen die Kennlinie berechnet wurde relativ hoch. Diese Mess-

fehler wurden in die Kennlinie eingerechnet, sodass jede Messung anhand der Kennlinie zu einem relativ hohen systematischen Fehler führt.

4

Versuch 3

4.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Anschließend wird ein DIN A4-Blatt mit dem Sensor vermessen und der Flächeninhalt des Blattes anhand der Kennlinie berechnet.

4.2 Messwerte

Die Vermessung des A4-Blatts wurde mithilfe des Skripts ?? durchgeführt. Die resultierenden Messwerte befinden sich in Tabelle ??.

Abstand	Spannung	ΔU
21.0 cm	.91 V	.24 V
29.7 cm	.70 V	.24 V

Tabelle 4.1: Messwerte A4-Blatt

4.3 Auswertung

Durch die Kennlinie ?? lassen sich die Maße des DIN A 4 Blattes nun berechnen:

Länge: $e^{-1.25018776118 \cdot \ln 0.70 + 2.79487428118} = 25.55 \text{ cm}$

Breite: $e^{-1.25018776118 \cdot \ln 0.91 + 2.79487428118} = 18.41 \text{ cm}$

Mit dem Python-Skript [??] haben wir die Standardabweichung der Messwerte bestimmt. Diese befindet sich in der Tabelle [??].

Abstand	Standard Abweichung
21.0 cm	0.3910686589584619 mV
29.7 cm	0.38252862176314745 mV

Tabelle 4.2: Standard Abweichung Messung A4-Blatt

Insgesamt wurden für die beiden Werte je 1.500 Messungen vorgenommen. Daraus ergibt sich laut der Tabelle aus dem Vorlesungsskript eine Sicherheit von $P = 68,26\%$ ein Korrekturfaktor von $t = 1,0$ bzw. für eine Sicherheit von $P = 95\%$ ein Korrekturfaktor von $t = 1,98$. Für diese Werte wurde der am nächsten liegende Wert von 100 Messungen genommen.

Die volle Angabe der gemessenen Spannung ist demnach für $P = 68,26\%$:

$$Laenge = 0.91V \pm 1,0 * 0.38252862176314745mV$$

$$Breite = 0.70V \pm 1,0 * 0.3910686589584619mV$$

bzw. für $P = 95\%$:

$$Laenge = 0.91V \pm 1,98 * 0.38252862176314745mV$$

$$Breite = 0.70V \pm 1,98 * 0.3910686589584619mV$$

Da es sich bei der Messung um eine indirekte Messung handelt, d.h. der resultierende Wert aus einem anderen Wert berechnet wird muss für das Ergebnis eine Fehlerfortpflanzung durchgeführt werden. Dazu muss die Kennlinie abgeleitet werden:

$$y' = -1.25018776118 * e^{2.79487428118} * x^{-2.25018776118}$$

Abbildung 4.1: Kennlinie

Anhand dieser Formel ergeben sich für $P = 68,26\%$ die Distanzen

$$Laenge = 25.55cm \pm 1,0 * 0.9673919cm$$

$$Breite = 18.41cm \pm 1,0 * 1.7847826cm$$

sowie für $P = 95\%$

$$Laenge = 25.55cm \pm 1,98 * 0.9673919cm$$

$$Breite = 18.41cm \pm 1,98 * 1.7847826cm$$

4.4 Interpretation

Beim Vergleich der Messergebnisse mit den tatsächlichen Maßen des A4-Blatts (21,0x29,7 cm) fällt auf, dass die gemessenen Werte für $P = 68,26\%$ außerhalb des Vertrauensbereiches liegen. Auch die Längenmessung für $P = 95\%$ liegt außerhalb des Vertrauensbereichs. Lediglich die Breitenmessung für $P = 95\%$ liegt innerhalb der Toleranzen.

Die Ursache dafür kann darin liegen, dass in Versuch 1 [??] für jeden Abstand nur eine Messung vorgenommen wurde. Hierdurch wurde das Sensorrauschen stark in die Kennlinie eingerechnet, was zu einem großen systematischen Fehler in der Messung in diesem Versuch führen kann. Zusätzlich reagiert der Sensor sehr empfindlich auf Winkeländerungen des Objekts, von dem der Abstand gemessen wurde. Dies kann diesen Effekt noch weiter verstärken. Auch hier hätten weitere Messreihen durchgeführt werden müssen, um diesen Effekt zu verringern.

Anhang

A.1 Quellcode: Messung Kalibrierung

A.2 Quellcode: Messung DIN A 4 Blatt

A.3 Quellcode: Daten Plot

A.4 Quellcode: Lineare Regression

A.5 Quellcode: Standard Abweichung