

Laborprotokoll

Technische Grundlagen der Angewandten Informatik

Kalibrierung und Einsatz eines Infrarot-Entfernungsmessers

31.03.14

Dennis Griesser & Matthias Weis
AIN 3 SS2014

Inhaltsverzeichnis

1 Ermittlung der Kennlinie des Abstandssensors.....	1
1.1 Fragestellung.....	1
1.2 Messprinzip.....	1
1.3 Aufbau.....	1
1.4 Messmittel.....	1
1.5 Messwerte.....	2
1.6 Auswertung.....	2
1.7 Interpretation.....	3
2 Modellierung der Kennlinie durch lineare Regression.....	4
2.1 Logarithmierung der Ein- und Ausgangswerte.....	4
2.2 Berechnung der Ausgleichsgeraden.....	5
2.3 Rückrechnung auf die Ursprungsform.....	6
3 Flächenmessung mit Fehlerrechnung.....	7
3.1 Ermittlung des Messfehlers des Abstandsmessers.....	7
3.1.1 Messprinzip.....	7
3.1.2 Aufbau.....	7
3.1.3 Messmittel.....	7
3.1.4 Messwerte.....	7
3.1.5 Auswertung.....	8
3.1.6 Interpretation.....	8
3.2 Flächenmessung.....	9
3.2.1 Fragestellung.....	9
3.2.2 Messprinzip.....	9
3.2.3 Aufbau.....	9
3.2.4 Messmittel.....	9
3.2.5 Messwerte.....	9
3.2.6 Auswertung.....	10
3.2.7 Interpretation.....	10
4 Anhang.....	11

1 Ermittlung der Kennlinie des Abstandssensors

1.1 Fragestellung

Im Folgenden soll die Kennlinie eines Abstandssensors ermittelt werden. Dabei treten bei Sensoren unterschiedliche Verhaltensmuster auf. Es gibt u.a. lineare und anti-proportionale Ausgangssignale von Sensoren. Dabei ist es wichtig die Schrittweite des Stimulus innerhalb des Messbereichs gut zu definieren.

1.2 Messprinzip

Der hier verwendete Abstandssensor „Sharp GP2Y0A21YK0F“ bestimmt die Entfernung zu einem Objekt mittels dem Triangulationsprinzip. Dazu wird ein schmaler Infrarotstrahl ausgesendet, am Objekt reflektiert und über eine Linse auf einen optischen Positionssensor geleitet. Die Position des Lichtstrahls auf dem Positionssensor ist abhängig vom Einfallswinkel auf der Linse welcher wiederum vom Abstand zum Objekt abhängig ist. Die Position auf dem Positionssensor wird mittels einer Ausgangsspannung ausgegeben. Somit lässt sich indirekt auf den Abstand schließen.

1.3 Aufbau

Der Sensor muss mit einer Versorgungsspannung von 5V DC betrieben werden, welche von einem Spannungsregler bereitgestellt wird. Das Ausgangssignal des Sensors wird mittels Multimeter erfasst, dessen Masse mit der Masse des Spannungsreglers verbunden ist.

Um verschiedene Abstände zu messen wird ein Reflektor senkrecht zur Tischfläche aufgestellt. Der reale Abstand von Reflektor bis Sensorgehäuse wird mittels Gliedermaßstab ermittelt.

1.4 Messmittel

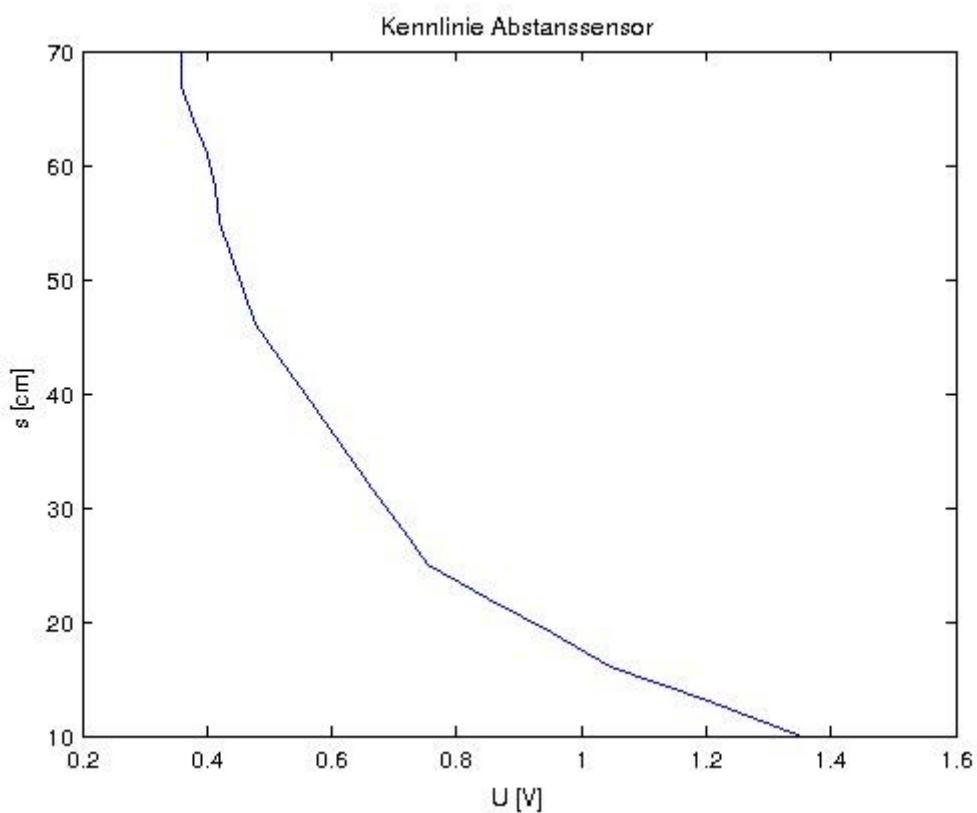
- Netzteil: Toellner TOE 8732
- Multimeter: Voltcraft VC230
- Sensor: Sharp GP2Y0A21YK0F
- Gliedermaßstab

1.5 Messwerte

s[cm]	Uout[V]
10	1,354
13	1,202
16	1,0475
19	0,952
22	0,851
25	0,754
28	0,715
31	0,675
34	0,635
37	0,598
40	0,557
43	0,517
46	0,478
49	0,458
52	0,438
55	0,419
58	0,412
61	0,3996
64	0,3798
67	0,359
70	0,3602

1.6 Auswertung

Überträgt man die Werte, so entsteht folgende Kennlinie:



1.7 Interpretation

Die Kennlinie des Entfernungssensors verläuft hyperbolisch. Je kleiner der Abstand desto schwieriger lässt sich der tatsächliche Abstandswert differenzieren. Gleichzeitig scheint mit $s = 70\text{cm}$ die obere Grenze des Messbereichs erreicht zu sein, da die Spannung von nun an rapide ansteigt.

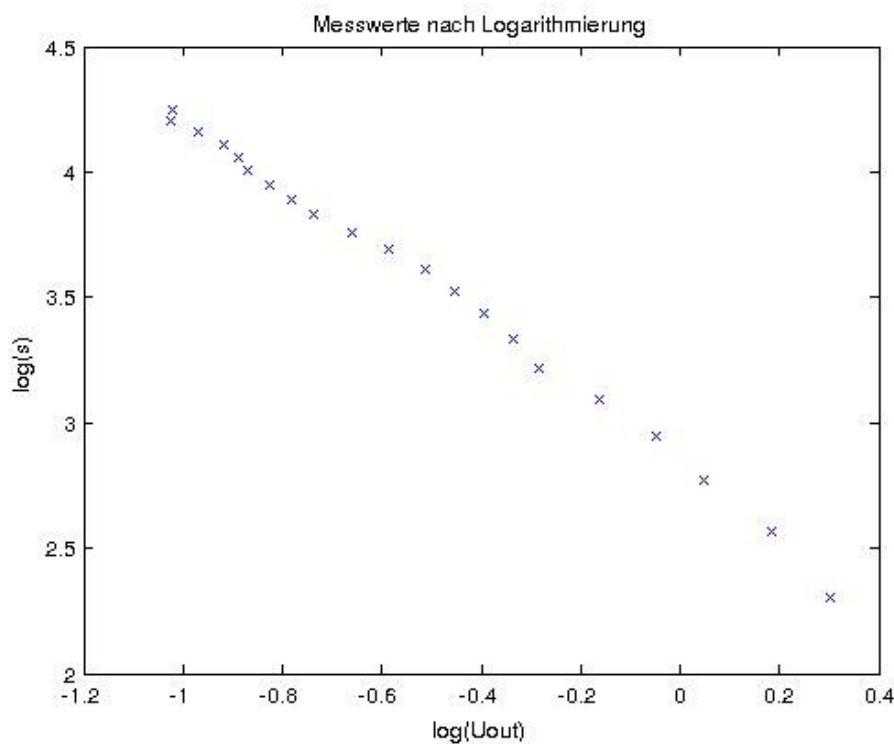
2 Modellierung der Kennlinie durch lineare Regression

Mittels Logarithmierung der Ein- und Ausgangswerte mit anschließender linearen Regression wird versucht eine lineare Kennlinie zu erhalten.

2.1 Logarithmierung der Ein- und Ausgangswerte

s[cm]	Uout[V]	log(s) y'	log(Uout) x'
10	1,3540	2,3026	0,3031
13	1,2020	2,5649	0,1840
16	1,0475	2,7726	0,0464
19	0,9520	2,9444	-0,0492
22	0,8510	3,0910	-0,1613
25	0,7540	3,2189	-0,2824
28	0,7150	3,3322	-0,3355
31	0,6750	3,4340	-0,3930
34	0,6350	3,5264	-0,4541
37	0,5980	3,6109	-0,5142
40	0,5570	3,6889	-0,5852
43	0,5170	3,7612	-0,6597
46	0,4780	3,8286	-0,7381
49	0,4580	3,8918	-0,7809
52	0,4380	3,9512	-0,8255
55	0,4190	4,0073	-0,8699
58	0,4120	4,0604	-0,8867
61	0,3996	4,1109	-0,9173
64	0,3798	4,1589	-0,9681
67	0,3590	4,2047	-1,0244
70	0,3602	4,2485	-1,0211

Überträgt man die einzelnen Punkte in ein Schaubild erkennt man einen linearen Verlauf:



2.2 Berechnung der Ausgleichsgeraden

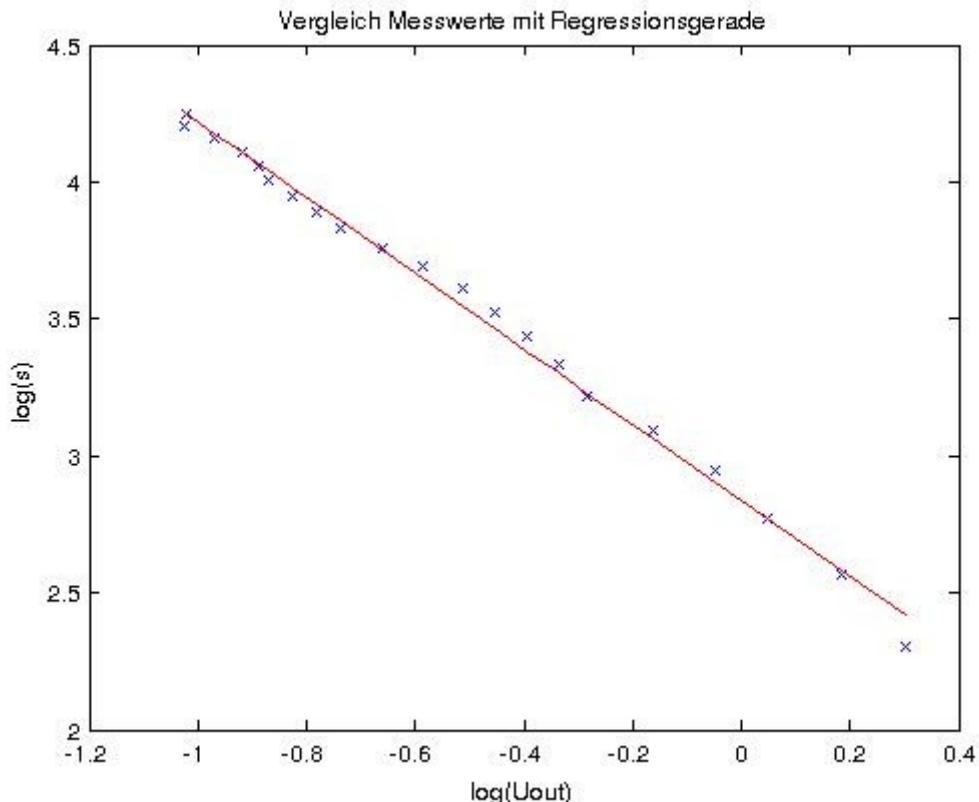
Die Gerade der Regression soll später die Form $y' = a \cdot x' + b$ mit $b = \bar{y}' - a \cdot \bar{x}'$ und

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i' - \bar{x}') \cdot (y_i' - \bar{y}')}{\sum_{i=1}^n (x_i' - \bar{x}')^2}$$

Für die Mittelwerte setzen wir $\bar{x}' = -0,5206$ und $\bar{y}' = 3,5576$ ein.

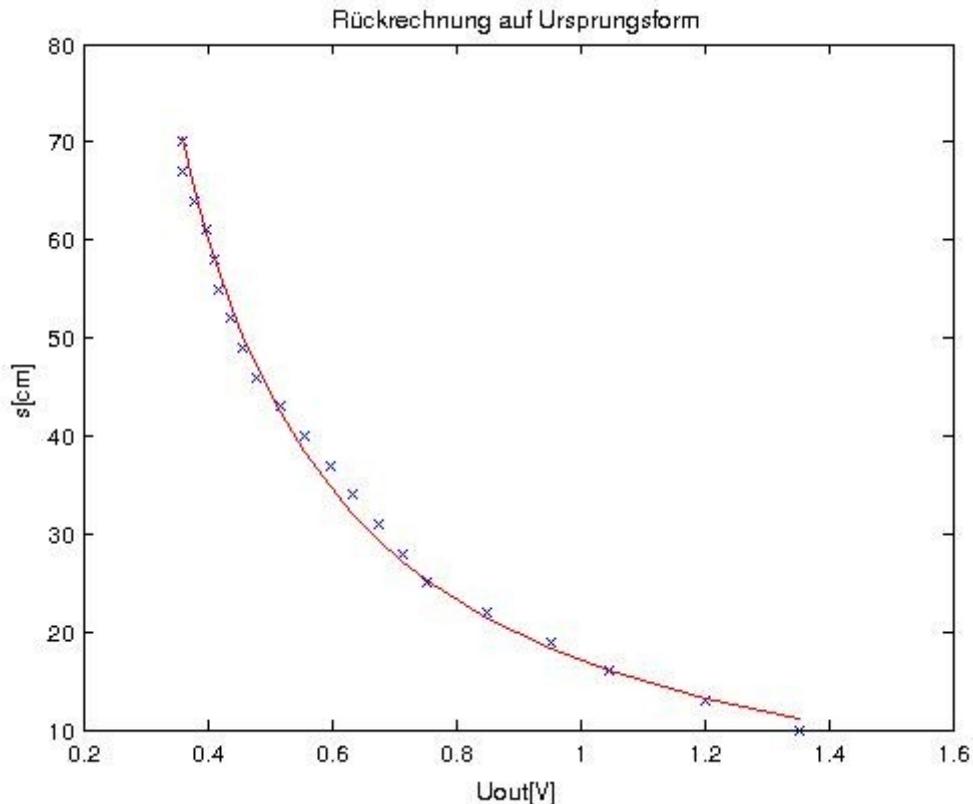
Somit kommen wir auf $a = -1,3838$ und $b = 2,8372$.

Wird diese Gerade in das vorherige Punktdiagramm gezeichnet, wird eine gute Näherung sichtbar:



2.3 Rückrechnung auf die Ursprungsform

Wollen wir nun die lineare Regressionsgerade auf die hyperbolisch Ausgangsform bringen müssen wir den Logarithmierungsvorgang mithilfe der Exponentialfunktion rückgängig machen. Somit erhalten wir für $y = \exp(a \cdot \ln x + b) = e^b \cdot x^a = e^{2,8372} \cdot x^{-1,3838}$ folgende Kennlinie:



3 Flächenmessung mit Fehlerrechnung

3.1 Ermittlung des Messfehlers des Abstandsmessers

Um den Sensor für konkrete und genaue Messungen verwenden zu können müssen zunächst die Messfehler ermittelt werden.

3.1.1 Messprinzip

Für die Bestimmung des Messfehlers wenden wir das Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz an. Dieses erlaubt uns eine Annäherung des realen Messwertes nach mehreren fehlerbehafteten Messungen. Als Anzahl der Messungen wurde n=15 gewählt sowie der Abstand auf s = 30 cm festgelegt.

3.1.2 Aufbau

Siehe Aufbau 1.3 S. 1.

Allerdings bleibt in diesem Versuch der Abstand konstant. Der Sensor wird nach jeder Messung verschoben und neu positioniert.

3.1.3 Messmittel

Siehe Messmittel 1.4 S. 1.

3.1.4 Messwerte

UoutS30
0,677
0,714
0,714
0,695
0,714
0,676
0,695
0,694
0,69
0,694
0,688
0,675
0,675
0,682
0,682

3.1.5 Auswertung

Zunächst muss die empirische Standardabweichung berechnet werden. Diese liegt bei uns bei $s=0,014$. Um aus dieser die Standardabweichung für den Mittelwert zu bekommen teilen wir durch den Faktor $\sqrt{n}=\sqrt{15}$ und kommen auf $s_{\bar{x}}=0,0036$.

Daraus ergeben sich folgende Werte unter Berücksichtigung der Sicherheiten:

1. Sicherheit 68,26 %

$$U_{out}=0,691 \pm 1,04 \cdot 0,0036 = 0,691 \pm 0,0145 \text{ V}$$

2. Sicherheit 95 %

$$U_{out}=0,691 \pm 2,15 \cdot 0,0036 = 0,691 \pm 0,0542 \text{ V}$$

3.1.6 Interpretation

Die ermittelten Spannungswerte müssen noch in Abstände umgerechnet werden. Damit dafür die in 2.2 errechnete Ausgleichsgerade verwenden zu können muss das Messergebniss logarithmiert werden.

$$\bar{x}' = \ln(\bar{x}) = \ln(0,691) = -0,3696$$

Setzt man den Wert in die Funktion der Ausgleichsgeraden $f(x') = -1,3838 \cdot x' + 2,8372$ ergibt sich:

$$f(\bar{x}') = 3,3487$$

Die ursprüngliche Form wird mit der Anwendung der e-Funktion erreicht:

$$\bar{s} = \exp(f(\bar{x}')) = 28,4657 \text{ cm}$$

Nun werden noch die Messfehler einbezogen:

1. Sicherheit 68,26%

$$s = 28,4657 \pm 0,8477 \text{ cm}$$

2. Sicherheit 95%

$$s = 28,4657 \pm 3,4064 \text{ cm}$$

3.2 Flächenmessung

3.2.1 Fragestellung

Der oben ermittelte Messfehler soll nun auf die Messung einer Fläche übertragen werden. Die Größe einer Fläche hängt bekanntlich von deren Länge und Breite ab.

3.2.2 Messprinzip

Die Länge und Breite eines DIN A4-Blattes wird nacheinander mit jeweils $n=15$ Messungen ermittelt. Später sollen die Messfehler der beiden unabhängigen Messungen auf das Ergebnis übertragen werden.

3.2.3 Aufbau

Siehe Aufbau 1.3 S. 1.

Als Abstand vom Reflektor zum Sensorgehäuse verwenden wir ein DIN A4-Blatt.

3.2.4 Messmittel

Siehe Messmittel 1.4 S. 1.

3.2.5 Messwerte

Uouta[V]	Uoutb[V]
0,676	0,865
0,676	0,853
0,676	0,85
0,694	0,87
0,678	0,87
0,68	0,87
0,675	0,85
0,675	0,87
0,675	0,853
0,675	0,863
0,675	0,852
0,675	0,855
0,675	0,87
0,675	0,865
0,676	0,85

3.2.6 Auswertung

Mittelwerte	$\overline{U_{out}a}=0,6771 \text{ V}$	$\overline{U_{out}b}=0,8604 \text{ V}$
Empirische Standartabweichungen	$s_{U_{out}a}=0,0049 \text{ V}$	$s_{U_{out}b}=0,0086 \text{ V}$
Standartabweichung Mittelwerte	$s_{\overline{U_{out}a}}=0,0013 \text{ V}$	$s_{\overline{U_{out}b}}=0,0022 \text{ V}$

Unter Vorgabe einer 68,26%igen Sicherheit ergeben sich:

$$U_{out}a = 0,6771 \pm 1,04 \cdot 0,0013 = 0,6771 \pm 0,001352$$
$$U_{out}b = 0,8604 \pm 1,04 \cdot 0,0022 = 0,8604 \pm 0,002288$$

3.2.7 Interpretation

Wieder wird die Annäherungsgerade verwendet $s(x') = -1,3838 \cdot x' + 2,8372$

Mittelwerte in Abständen:

$$\exp(s(\log(\overline{U_{out}a}))) = 29,2768 \text{ cm} \quad \exp(s(\log(\overline{U_{out}b}))) = 21,0156$$

Mit Einbeziehung der Fehler entstehen

$$\text{seiteA} = 29,2768 \pm 0,081 \text{ cm}$$
$$\text{seiteB} = 21,0156 \pm 0,0773 \text{ cm}$$

Eine Fläche A wird durch die Formel $A(h, b) = h \cdot b$ bestimmt. Daher gilt: $\frac{\delta}{\delta h} A(h, b) = b$ und $\frac{\delta}{\delta b} A(h, b) = h$.

Nun kann die Fläche unter Berücksichtigung der Messfehler berechnet werden:

$$\Delta y = \sqrt{(\text{seiteA} \cdot 0,0773)^2 + (\text{seiteB} \cdot 0,081)^2} = 1,7172 \text{ cm}^2$$

Es ergibt sich

$$A = 615,2695 \pm 1,7172 \text{ cm}^2$$

4 Anhang

- 3 Seiten handschriftliches Laborprotokoll

Protokoll

31.03.14

"Kalibrierung und Einsatz eines
Infrarot-Entfernungsmessers"Dennis Griesser
Matthias Weis

Versuch 1	s [cm]	U [V]		s [cm]	U [V]	
	10	1,354			52	0,438
	13	1,202			55	0,419
	16	1,0475			58	0,412
	19	0,952			61	0,3293996
	22	0,851			64	0,3798
	25	0,754			67	0,359
	28	0,6950,715			70	0,3602
	31	0,675				
	34	0,635				
	37	0,598				
	40	0,557				
	43	0,517				
	46	0,478				
	49	0,458				

Verwendete Geräte:

Netzteil: Toellner TOE 8732

Multimeter: Voltcraft VC230

IR Sensor: Sharp - -

31.3.2014 M. Weis

3a) $s = 30\text{cm}$

V_i	$U[V]$
1	0,677
2	0,714
3	0,714
4	0,695
5	0,714
6	0,676
7	0,695
8	0,694
9	0,690
10	0,694
11	0,688
12	0,675
13	0,675
14	0,682
15	0,682

68,26 %

$$x = 0,691 \pm 0,0038 \text{ V}$$

$$s = 28,4645 \pm 0,2152 \text{ cm}$$

95 %

$$x = 0,691 \pm 0,0078 \text{ V}$$

$$s = 28,4645 \pm 0,4387 \text{ cm}$$

36)

1. Seite A4-Blatt

<u>n</u>	<u>U[V]</u>
1	0,676
2	0,676
3	0,676
4	0,694
5	0,678
6	0,680
7	0,675
8	0,675
9	0,675
10	0,675
11	0,675
12	0,675
13	0,675
14	0,675
15	0,676

<u>n</u>	<u>U[V]</u>
1	0,865
2	0,853
3	0,850
4	0,870
5	0,870
6	0,870
7	0,850
8	0,870
9	0,853
10	0,863
11	0,852
12	0,855
13	0,870
14	0,865
15	0,850

d)

68,26 %

$$U(\text{Seite A}) = 0,6953 \pm 0,0101 V$$

$$S = 28,2212 \pm 0,5773 \text{ cm}$$

95 %

$$U(\text{Seite A}) = 0,6953 \pm 0,0208 V$$

$$S = 28,2212 \pm 1,2114 \text{ cm}$$

$$U(\text{Seite B}) = 0,8604 \pm 0,0023 V$$

$$S = 21,0151 \pm 0,078 \text{ cm}$$

$$U(\text{Seite D}) = 0,8604 \pm 0,0048 V$$

$$S = 21,0151 \pm 0,1633 \text{ cm}$$

31.3.14 M. Hitz