Versuch S3 Wegsensoren

19.05.04

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen und Versuchsaufbau **2**
- 1.1 Versuchsaufbau . . . 2
- 1.2 Grundlagen . . . 2
  - 1.2.1 Schiebepotentiometer . . . 2
  - 1.2.2 Wirbelstromsensor . . . 2
  - 1.2.3 Differentialtransformator . . . 3
  - 1.2.4 Seilzugsensor . . . 3
  - 1.2.5 Faseroptische Sensoren . . . 3
  - 1.2.6 Codelineale . . . 3
  - 1.2.7 Michelson - Interferometer . . . 4
  - 1.2.8 Ultraschallsensoren . . . 4

2 Versuchsdurchführung und Auswertung **4**
- 2.1 Schiebepotentiometer . . . 4
- 2.2 Wirbelstromsensor . . . 6
- 2.3 Differentialtransformator . . . 7
- 2.4 Seilzugsensor . . . 9
- 2.5 Faseroptische Sensoren . . . 10
- 2.6 Codelineale . . . 12

1 Grundlagen und Versuchsaufbau

1.1 Versuchsaufbau

Zur Durchführung des Versuches stehen folgende Wegsensoren zur Verfügung:

- Ein Schiebepotentiometer
- Ein Wirbelstromsensor
- Ein induktiver Sensor bzw. Differentialtransformator
- Ein Seilzugsensor
- Zwei faseroptische Sensoren (Monomode/Multimode)
- Ein Michelson - Interferometer
- Ein Inkrementeller (serieller) digitaler Sensor
- Ein direkter digitaler Sensor

Die direkten digitalen Sensoren befinden sich im Einschub des Versuchsplatzes. Für sie stehen je ein Codelineal im Gray- und Binärcode zur Verfügung.

Die faseroptischen Sensoren sind in einer Box zusammen mit dem Michelson-Interferometer als Referenz montiert.

Alle anderen Sensoren können auf einer Schiene, auf der sich der inkrementelle digitale Sensor als Referenz befindet, angebracht werden.

Zur Messwertaufnahme und Auswertung steht die Software DASYLab zur Verfügung.

1.2 Grundlagen

1.2.1 Schiebepotentiometer

Das Schiebepotentiometer besteht aus einem langen Leiter, an dem eine Gleichspannung $U_=$ anliegt, und einem Abgriff, der auf dem Leiter verschoben werden kann. Nun gilt $R = \rho\frac{l}{A}$ (ρ - spezifischer Widerstand, l - Länge und A - Querschnittsfläche des Leiters). Damit gilt für der Spannung zwischen Abgriff und Bezugsniveau nach der Spannungsteilerregel$\frac{U_A}{U_=} = \frac{R_A}{R} = \frac{\rho\frac{l_A}{A}}{\rho\frac{l}{A}} = \frac{l_A}{l}$ und damit $l_A = \frac{l}{U_=}U_A$. l_A ist also proportional zu U_A, man kann also bei Kenntnis von $\frac{l}{U_=}$ $l_A$bestimmen.

1.2.2 Wirbelstromsensor

Im Wirbelstromsensor befindet sich ein LC-Schwingkreis, der in seiner Resonanzfrequenz schwingt. Nähert man sich einem aus leitendem Material bestehenden Körper, so wird durch das Magnetfeld der Spule in dem Körper ein Wirbelstrom induziert. Dadurch verstimmt sich der Schwingkreis, er schwingt

also nicht mehr in Resonanz. Dadurch steigt der Widerstand und der Strom verringert sich. Man misst diese Änderung des Stromes und kann daraus auf die Entfernung zum Körper rückschließen.

Der Wirbelstromsensor kann durch Variation der Spule und damit der Charakteristik ihres Magnetfeldes an verschiedene Anwendungen angepasst werden, kann allerdings nur in einem relativ kleinen Bereich messen, ehe er in eine Sättigung übergeht.

1.2.3 Differentialtransformator

Der Differentialtransformator besteht aus einer Primärspule, die mit Wechselstrom betrieben wird und zwei in Reihe geschalteten Sekundärspulen, die auf einer Achse symmetrisch angeordnet und entgegengesetzt gewickelt sind (dadurch sind die Amplituden um 180° phasenverschoben). Die Spulen besitzen einen gemeinsamen beweglichen Eisenkern, der in Mittelstellung gleich tief in die beiden Sekundärspulen eintaucht. Die Primärspule induziert in die Sekundärspulen eine Spannung, die abhänging vom Kopplungsgrad und somit von der Stellung des Eisenkernes ist. In Mittelstellung ist die Differenz der Sekundärspannungen gerade null (weil um 180° phasenverschoben). Die Differenzspannung ist proportional zur Verschiebung des Eisenkerns.

1.2.4 Seilzugsensor

Über den Seilzugesensor ist uns nichts weiter bekannt, es ist aber möglich, dass sich im Innern des Senors eine Scheibe mit Binär- oder Graycode befindet, die die Zahl der Umdrehungen misst und damit die Länge des ausgezogenen Seils bestimmt.

1.2.5 Faseroptische Sensoren

Faser-Reflex-Sensoren bestehen aus einem Strahlungselement (Leuchtdiode), einem Empfangselement (Photodiode) und einem Lichtwellenleiter. Die von der Leuchtdiode ausgesendete Strahlung wird an einem Objekt reflektiert und von der Photodiode wieder aufgenommen. Von der Intensität der aufgenommen Strahlung kann auf die Entfernung zum Objekt geschlossen werden. Die Intensität hängt aber auch stark vom Einstrahlwinkel und dem Reflexionsgrad ab.

Werden bestrahlendes Licht und reflektiertes Licht durch die selbe Faser geleitet, so handelt es sich um ein Einzelfasersensor, werden sie jedoch durch getrennte Phasern geleitet, handelt es sich um ein Doppelfasersensor.

1.2.6 Codelineale

Für direkt kodierte (parallele), digitale Wegsensoren existieren unterschiedliche Codes. Beim Binärcode wird die Messgröße "Länge" durch ein konventionelles Binärwort kodiert. Ein Nachteil ist jedoch, dass beim Wechsel zwischen benachbarten Binärwörtern Sprünge in mehreren Bits auftreten können. Werden diese

nicht zeitgleich erfasst, so werden zwischenzeitlich falsche Größen ausgegeben. Dieser Nachteil lässt sich mit der V-Abtastung beseitigen, diese erfordert aber zusätzliche Sensoren und Logikelemente uns somit einen höheren Aufwand.

Alternativ kann man den Gray-Code benutzen, bei dem Sprünge nur in jeweils einem Bit auftreten. Eine aufwendige V-Abtastung ist hier nicht nötig.

1.2.7 Michelson - Interferometer

Beim Michelson-Interferrometer wir die Interferenz von zwei Lichtwellen eines Laserstrahles zur Mesung von Längen genutzt. Der einfarbige Laserstrahl wird an einem Strahlenteiler in zwei Strahlen aufgeteilt. Diese werden von verschiedenen Spiegeln reflektiert und wieder zusammengefügt. So kann ein Interferenzbild auf einem Schirm aufgenommen werden. Dabei entstehen Interferenzstreifen, wenn sich einer der beiden Spiegel verschiebt. Aus der Anzahl der Wechsel von hell zu dunkel und umgelehrt kann bei Kenntnis der Wellenlänge des verwendeten Laerlichts auf die vom Spiegel zurückgelegte Strecke geschlossen werden.

Das Michelson - Interferometer lässt je nach Wellenlänge eine Genauigkeit von $\frac{\lambda}{2}$ zu, ist somit ein sehr genaues Messverfahren.

1.2.8 Ultraschallsensoren

Beim Ultraschallverfahren wird von der Laufzeit der Welle auf die Entfernung zwischen Sender und Empfänger geschlossen. Sind Sender und Empfänger im gleichen Gerät untergebracht, wird die Welle vom Objekt, dessen Entfernung man bestimmen möchte, reflektiert und läuft zum Empfänger zurück. Die Wellen im Ultraschallbereich werden durch Schwingquarze o.ä. erzeugt.

2 Versuchsdurchführung und Auswertung

2.1 Schiebepotentiometer

Da es sich bei dem Referenzmessverfahren um ein inkrementelles digitales handelt, ist nur eine Messung relativer Strecken möglich. Deshalb wurde zu Beginn der Messung die Streckenanzeige auf 0 gesetzt. Danach wurde mit Hilfe einer Kurbel der Schlitten verschoben und die am Potentiometer abfallende Spannung gemessen. Dabei ergaben sich folgende Werte und die dazugehörige Kennlinie:

	U in V	s in mm
1	0.088	0
2	0.461	22.745
3	0.872	47.685
4	1.536	88.485
5	1.946	113.585
6	2.466	145.355
7	2.961	175.735
8	3.443	205.13
9	3.875	231.01
10	4.477	266.315
11	4.514	267.01

Tabelle 1: Schiebepotentiometer

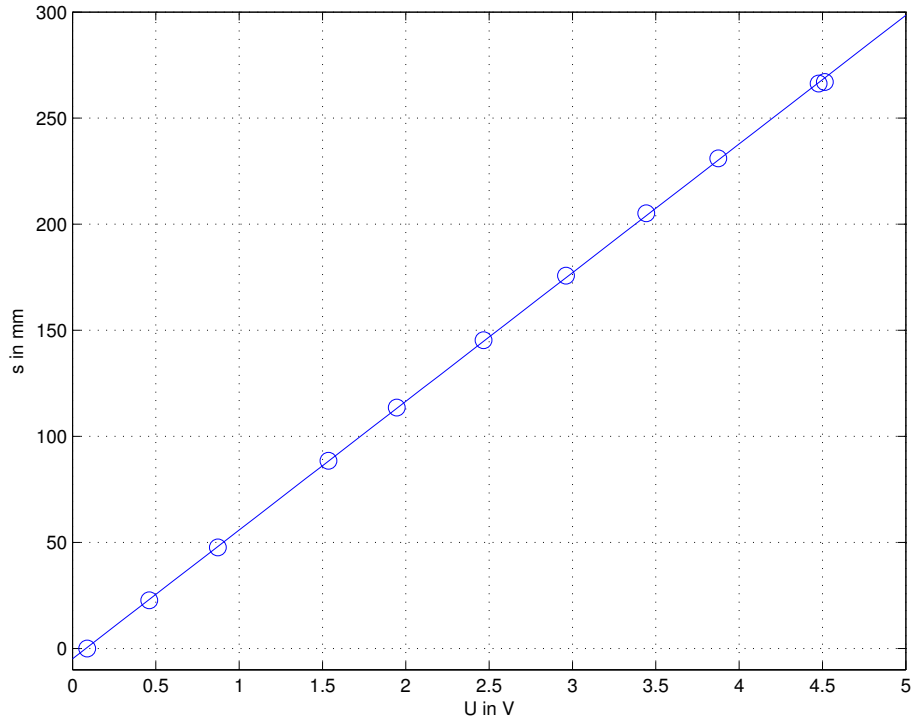

Abbildung 1: Kennlinie des Schiebepotentiometers

Die beiden Größen sind mit einem Korrelationsfaktor $r = 0.99957$ gut korreliert, es besteht also ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Strecke s.

Um das Abbe'sche Komparatorprinzip zu überprüfen, wurde zunächst in

einer fluchtenden, dann in einer parallelen Anordung ein Fixpunkt gewählt, der zugehörige Spannungswert U_0 notiert und der Fixpunkt mit Hilfe des Referenzmessverfahrens von der linken und der rechten Seite je fünfmal wieder angefahren. Die Tabelle zeigt, dass bei der fluchtenden Anordnung auch immer wieder der selbe Spannungswert gemessen wurde, bei der parallelen Anordnung hingegen eine Hysterese auftritt.

	'Fluchtend'				'Parallel'	
	$U_0 = 2.517$				$U_0 = 0.999$	
i	U_{links} in V	U_{rechts} in V		i	U_{links} in V	U_{rechts} in V
1	2.517	2.517		1	0.999	1.001
2	2.517	2.517		2	0.996	1.003
3	2.517	2.517		3	0.994	1.003
4	2.517	2.517		4	0.994	1.001
5	2.517	2.517		5	0.994	1.003

Tabelle 2: Zum Abbe'schen Komparatorprinzip

2.2 Wirbelstromsensor

Das Referenzmessverfahren war dasselbe wie in 2.1. Hier ergaben sich folgende Werte:

	U in V	s in mm
1	4.75	12.28
2	4.749	8.785
3	4.749	7.035
4	3.69	5.285
5	2.341	3.665
6	1.472	2.67
7	0.781	1.83
8	0.159	0.975
9	0.007	0.415
10	0.005	0

Tabelle 3: Wirbelstromsensor

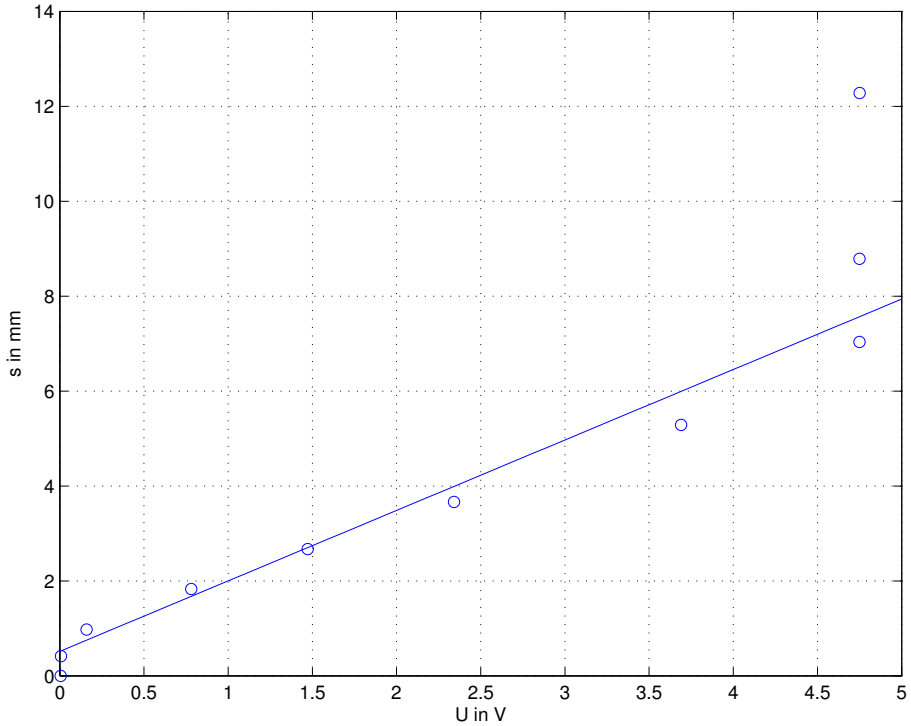

Abbildung 2: Kennlinie des Wirbelstromsensors

Lässt man den ersten und die letzten beiden Werte, bei denen offensichtlich die erwartete Sättigung eingetreten ist, außer Acht, so sind beide Größen mit einem Korrelationsfaktor $r = 0.97455$ noch gut korreliert, es besteht also wieder ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Strecke s, so lange keine Sättigung eingetreten ist.

2.3 Differentialtransformator

Das Referenzmessverfahren war dasselbe wie in 2.1. Hier ergaben sich folgende Werte:

	U in V	s in mm
1	2.158	-2.11
2	1.948	-1.905
3	1.68	-1.64
4	1.226	-1.19
5	0.89	-0.865
6	0.4	-0.385
7	-0.083	0.08
8	-0.61	0.59
9	-1.06	1.025
10	-1.477	1.435
11	-1.584	1.545
12	-1.953	1.9
13	-2.451	2.385
14	-2.952	3.01
15	-2.952	4.975

Tabelle 4: Differentialtransformator

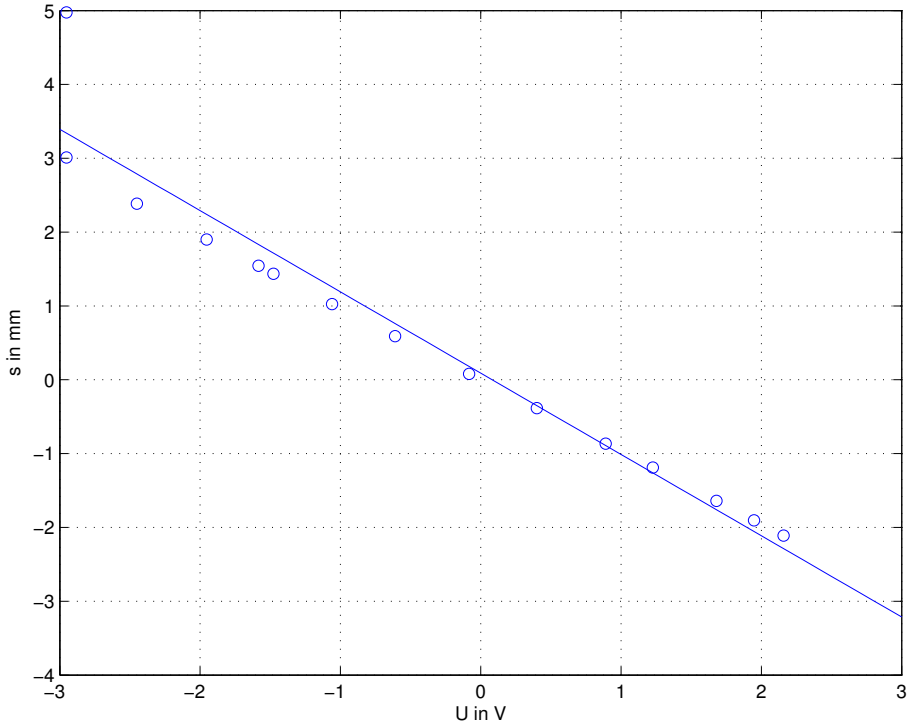

Abbildung 3: Kennlinie des Differentialtransformators

Lässt man den ersten Messwert, bei dem der Sensor allem Anschein noch nicht angesprochen hatte, außer Acht, so sind beide Größen mit einem Korrelationsfaktor $r = 0.99981$ gut korreliert, es besteht also auch hier ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Strecke s.

2.4 Seilzugsensor

Das Referenzmessverfahren war dasselbe wie in 2.1. Hier ergaben sich folgende Werte:

	U in V	s in mm
1	3.699	0
2	3.462	25.615
3	3.228	50.5
4	2.998	75.095
5	2.81	95.545
6	2.527	125.555
7	2.273	152.235
8	2.056	175.65
9	1.885	193.815
10	1.606	223.59

Tabelle 5: Seilzugsensor

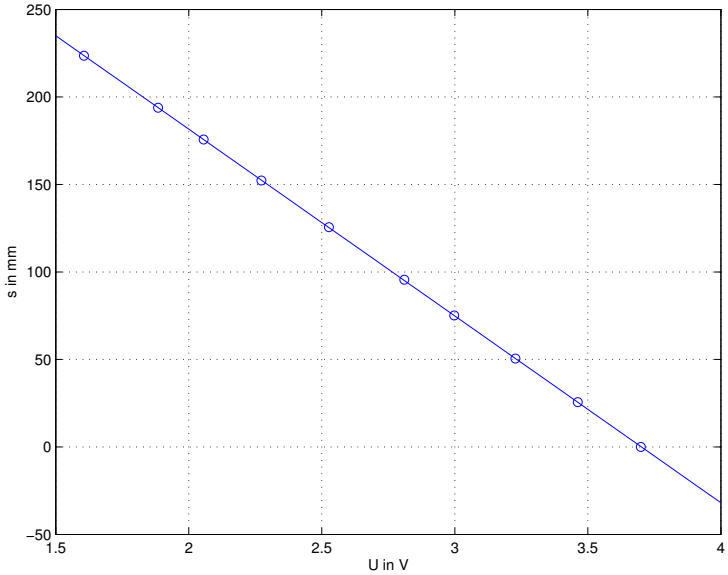

Abbildung 4: Kennlinie des Seilzugsensors

Die beiden Größen sind mit einem Korrelationsfaktor $r = 0.999997$ sehr gut korreliert, es besteht also ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Strecke s.

2.5 Faseroptische Sensoren

Für die beiden faseroptischen Sensoren wurde das Michelson - Interferometer als Referenzmessverfahren angewendet.

Es ergab sich:

	Referenzmessung Michelson-Interferometer	Faseroptischer Sensor I (einfach)	Faseroptischer Sensor II (doppelt)
	s in μm	Intensität I	Intensität II
1	0	101	196
2	191.902	89	232
3	726.576	65	314
4	1464.065	46	362
5	2010.03	38	358
6	2635.46	31	336
7	2850.112	29	326
8	3133.615	27	312
9	3961.723	23	271
10	4986.256	21	228

Tabelle 6: Faseroptische Sensoren

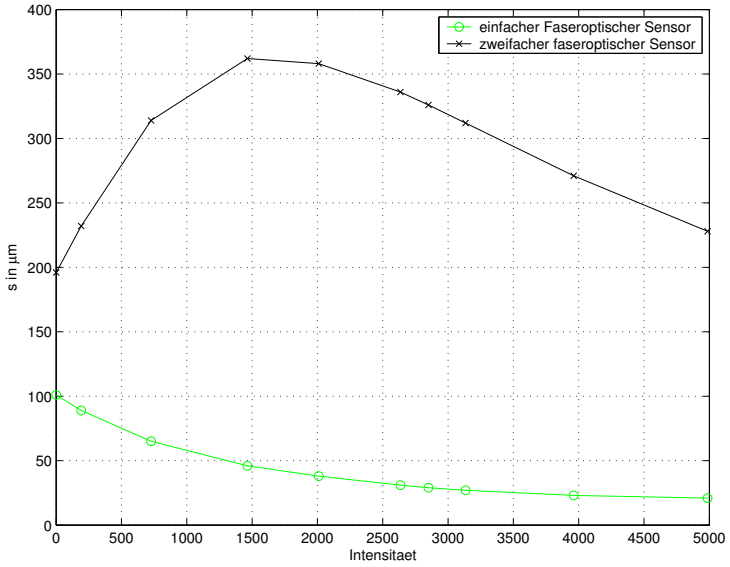

Abbildung 5: Kennlinien der faseroptischen Sensoren

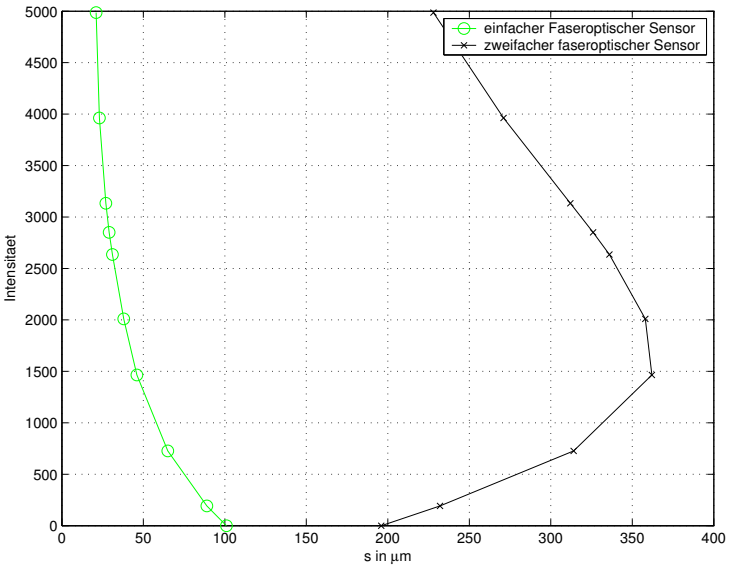

Abbildung 6: Kennlinien der faseroptischen Sensoren II

Das Maximum beim Doppelfasersensor läßt sich dadurch erklären, dass durch die Nebeneinanderanordnung der beiden Fasern nur Licht, das in einem bestimmten Winkel reflektiert wird, in die zweite Faser fällt. Hält man den Sensor

direkt auf die reflektierende Fläche, so wird dieser Winkel zu ∞, es wird kein Licht mehr im richtigen Winkel reflektiert, die Intensität beginnt also vorher zu fallen, obwohl die Strecke abnimmt. Dadurch ist das Signal nicht eindeutig, man kann also nur in einem bestimmten Bereich messen.

2.6 Codelineale

Hier ließ sich feststellen, dass bei Verwendung des binären Codelineals ohne V-Abtastung der Messwert bisweilen auf völlig falsche Werte sprang, und zwar an den Stellen, wo mehrere Binärstellen ihren Wert änderten, bspw. beim Sprung von 7 auf 8, wenn die unteren vier Bits ihren Wert ändern, zeigte der Wegmesser plötzlich 10 an, da das zweite und das vierte Bit noch als HIGH abgelesen wurden, das erste und das dritte aber schon als LOW.

Durch die V-Abtastung und den Gray-Code konnte dieser Effekt vollständig vermieden werden.

Literatur

[1] Anleitung zum Versuch S3 - Wegsensoren

[2] Profos, Pfeifer - Handbuch der industriellen Messtechnik