



# TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Professur Mess- und Sensortechnik

Praktikum Sensor- und Sensorsignalauswertung

Versuch IND – Induktive Wegmessung

Versuchsdatum: 5.12.2018

Abgabedatum: 19.12.2018

Praktikumsgruppe: BET2

Namen der Studenten: Christian Behl, Florian Zylla, Bin Sun

Betreuer: Dr. Keutel

# Versuchsvorbereitung

## SUS Triangulationsmessverfahren

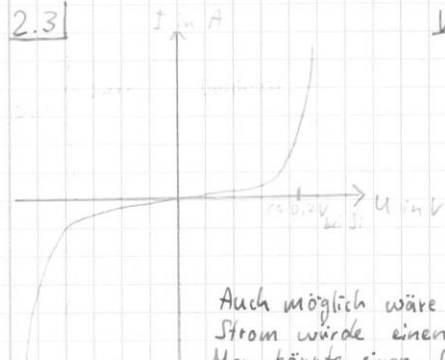
### 2. Vorbereitungsarbeiten

#### 2.1) LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Lichtverstärkung durch angeregten Ausstoß von Strahlung)

Durch Gleichstrom in Durchlassrichtung werden Elektronen freigesetzt und Löcher erzeugt. Ab einem Schwellenstrom entsteht dann die Emission von Licht am pn-Übergang. Diese Lichtstrahlung kann durch eine vorherrschende Besetzungsinversion und die Rekombinationsprozesse von Elektronen und Löchern als Laserstrahlung emittieren.

2.2) Damit der Laser dem menschlichen Auge nicht schaden kann, sonst wäre eine ungewünschte Reflektion des Laserstrahls möglich, wodurch die Netzhaut angegriffen würde.

#### 2.3)



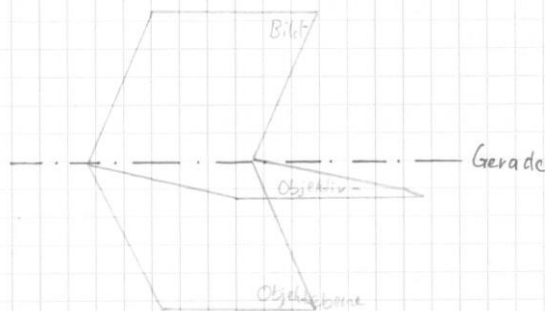
#### Verwendung:

Umwandlung von Licht in el. Strom (mit Wd. möglich)

Man möchte die Fotodiode in Sperrichtung schalten. Der dann fließende Sperrstrom. Sie leitet also auch in Sperrichtung, und zwar proportional zum einfallenden Licht.

Auch möglich wäre die Schaltung in Flussrichtung. Der Strom würde einen Grenzwert anstreben (Kurzschlussstrom). Man könnte einen, für Photovoltaikanlagen nützlichen Arbeitspunkt einstellen. Die Diode wäre in dieser Betriebsart allerdings relativ langsam und würde sich nicht zur Detektion schneller Signale in der Messtechnik eignen.

2.4) Wenn sich Objekt-, Objektiv- und Bildebene in einer gemeinsamen Geraden schneiden und somit die Objektebene in maximaler Schärfe abgebildet wird, dann gilt die Schärfflug-Bedingung. Das bedeutet, dass die Objektebene geneigt sein kann, wenn sich entweder Objektiv- oder Bildebene neigen lassen. Die Schärfentiefe wird nicht vergrößert.

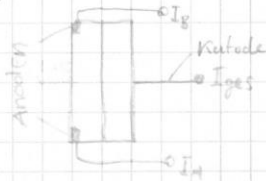


BRUNNEN

2.5] Bei kohärentem Licht an optisch rauen Oberflächen kann man Interferenz beobachten. Dieser Effekt nennt sich Speckle-Effekt. Man kann dadurch die Rauigkeit von Oberflächen messen. Allerdings kann es durch andere Minima und Maxima zu Fehlmessungen kommen.

2.6] CCD-Array PSD Doppelfotodiode

position sensitive detector

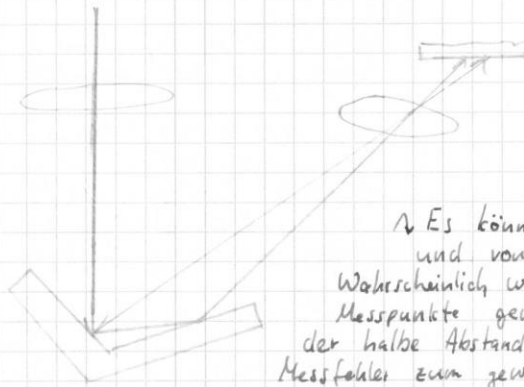


Bei punktförmiger Beleuchtung teilt sich  $I_{ges}$  auf die beiden Anoden auf. Die Differenz gibt Aufschluss über die Position des Lichtpunktes.

$$\rho = \frac{I_A}{I_A - I_C}$$

Der Querwiderstand des Halbleitermaterials muss dabei gleichverteilt (homogen) sein.

2.7]



↳ Es können 2 Laserstrahlen reflektiert und vom Photosensor gemessen werden. Wahrscheinlich würde der Mittelwert beider Messpunkte genommen werden, wodurch der halbe Abstand beider Messpunkte der Messfehler zum gewählten Messpunkt wäre.

# Versuchsdurchführung

## 4.1

$$E = \frac{\pm 10V}{\pm 5mm} = \pm 2 \frac{V}{mm}$$

Die Empfindlichkeit entspricht etwa 2V/mm.

1V entspricht 0,5mm

0,001 ist die letzte Stelle des Voltmeters

$$0,5mm \times 0,001mm = 0,0005mm = 0,5\mu m$$

Die Auflösung entspricht also etwa 0,5 $\mu$ m.

## 4.2

Wir erwarten einen Winkel von 30° oder 45°.

Zur Bestimmung des Triangulationswinkels  $\gamma$  drehte man den Messobjektträger so lange in Richtung des Optosensors, bis der Sensor durch die Totalreflexion des Laserstrahls übersteuert wurde. Am Messsystem leuchtete die rote „F2“ LED auf.

Es wurde ein Winkel von  $\gamma/2=15^\circ$  gemessen. Somit haben wir einen Triangulationswinkel von 30°. Mögliche Abweichungen entstanden durch ungenaues Ablesen und das Winkelband der roten LED. Die „F2“-Leuchte begann bei 14° zu leuchten und hörte bei 16° wieder auf.

### 4.3

MH	0°	4°
2,5	0,053	-1,48
3	-0,005	-1,405
3,5	0,029	-1,38
4	0	-1,206
4,5	-0,046	-1,235
5	0,033	-1,088
5,5	-0,02	-1,053
6	0,048	-0,913
6,5	0,048	-0,939
7	0,115	-0,824
7,5	0,006	-0,768
8	-0,046	-0,652
8,5	0,057	-0,567
9	0,065	-0,553
9,5	0,109	-0,517
10	0,067	-0,404
10,5	0,099	-0,275
11	0,099	-0,262
11,5	0,073	-0,133
12	0,134	-0,081
12,5	0,163	0,013

Tabelle 1: Messwerte Winkelfehler

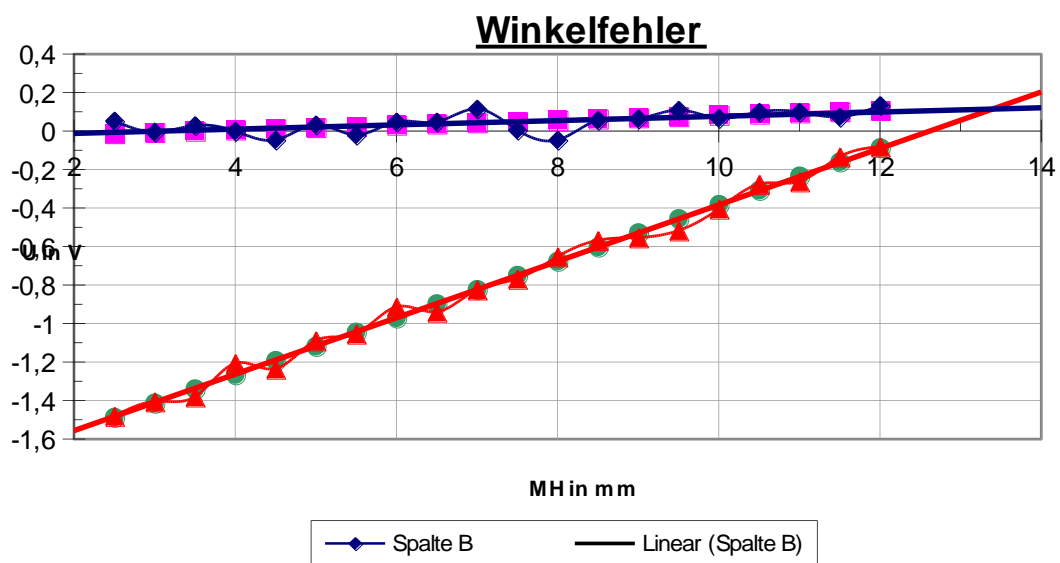


Diagramm 1: Winkelfehler für die Stellungen 0° und 4° mit linearen Regressionsgeraden

$$\alpha_{0^\circ} = 0,36^\circ$$

Der Winkelfehler bei 0° Verkippung beträgt 0,36°. Da das Offset bei 0° angesetzt wurde, ist der Winkelfehler gering.

$$\alpha_{4^\circ} = 4,21^\circ$$

Bei einem Verkippungswinkel von 4° wurde ein tatsächlicher Winkel von 4,21° mittels Regression ermittelt. Da die Differenz zur Verkippung von 0° genau 3,85° entspricht, ist auch hier der Winkelfehler gering.

#### 4.4

Triangulationswinkel	Je größer dieser ist, desto kleiner wird der Messbereich und desto kleinere Abstände können gemessen werden.
Lichtfleckgröße auf dem Messobjekt	Je größer dieser ist, desto schlechter können Kanten am Messobjekt detektiert werden, da die Auflösung sinkt. Außerdem wird der Messbereich verkleinert.
Abbildung auf dem Optronikelement	Wird die Abbildung größer, so wird der Messbereich kleiner. Vergrößert man das Optronikelement, so wird der Messbereich größer. Die Auflösung wird kaum beeinflusst.

*Tabelle 2: Einflüsse verschiedener Faktoren auf Auflösung und Messbereich*

## 4.5

<b>MH</b>	<b>Pos.1</b>
2,5	6,058
3	3,807
3,5	2,885
4	0,303
4,5	-0,018
5	-0,036
5,5	0,025
6	-0,009
6,5	-0,006
7	0,001
7,5	0,005
8	0,475
8,5	8,320
9	8,541
9,5	8,695
10	8,701
10,5	8,881
11	9,151
11,5	9,417
12	9,504
12,5	9,637
13	9,732
13,5	9,699
14	9,833
14,5	9,891
15	9,912
15,5	9,899
16	9,973
16,5	10,016
17	10,013
17,5	9,869
18	8,226
18,5	5,777
19	5,251
19,5	3,906
20	1,715
20,5	0,490
21	0,523
21,5	0,515
22	0,550
22,5	0,586

23	0,567
23,5	0,685
24	2,331
24,5	6,576
25	6,438

Tabelle 3: Messwerte Profilmessung 1

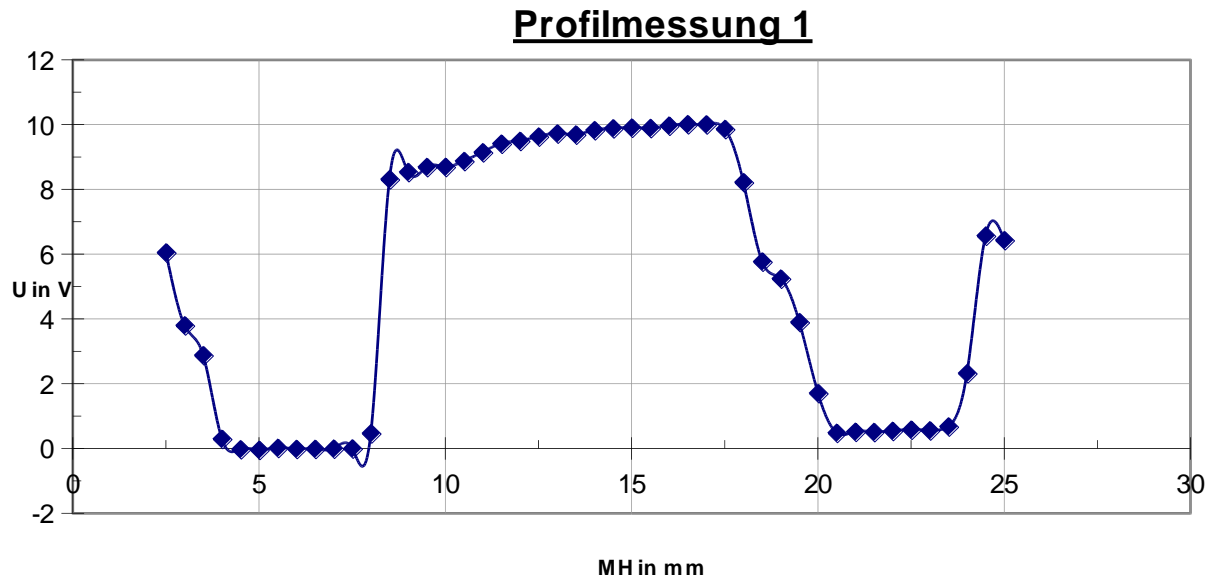


Diagramm 2: eingemessenes Profil des Versuchskörpers

In Absprache mit dem Versuchsleiter wurde aus Zeitgründen nur die 1. Messung durchgeführt. Durch Ablesen aus dem Diagramm erhält man die Distanz X von

$$X = \frac{U_f - U_i}{E} = \frac{8V - 0V}{2 \frac{V}{mm}} = 4mm$$

Der aus dem Diagramm ermittelte Durchmesser für die Bohrung beträgt

$$20,5mm - 8mm = 12,5mm$$

Der gemessene Durchmesser der Bohrung ist lediglich um 0,5mm größer, als der tatsächliche Durchmesser (bestimmt durch Messschieber). Dies kann durch die Streuung des Laserstrahls an den Kanten der Bohrung zustande kommen. Hinzu kommt der Umstand, dass das gestreute Licht durch die verdeckende Kante nicht die Optik erreicht.

Die Distanz X wurde etwa 0,8mm kleiner ermittelt, als durch den Messschieber bestimmt. Ursache dafür ist möglicherweise, dass die Optik den Laserpunkt an den Messpunkten nicht vollständig bestimmen konnte.

## 4.6

Bei bewegten Objekten hängt die Konturverfolgung von der Bewegungsrichtung ab. Genauer gesagt ist es relevant, ob die Fläche in Querrichtung zusätzliche Streuung verursacht, die zum Detektor hin verläuft oder ob dabei der Lichtfleck verdeckt ist für den Sensor.

Genau dies kann in der vorgegebenen Zeichnung passieren und einen Messfehler verursachen. Die bevorzugte Richtung ist somit die Längsrichtung.

## 4.7

MH	matt	Bemerkung	glänzend	Bemerkung
1				
1,5				
2				
2,5	-9,945		4,1	
3	-9,93		3,8	
3,5	-9,7		2,2	
4	-1,16		0,6	
4,5	-1,27		-1	
5	-1,3		-1	
5,5	-1,237		-1	
6	-1,3		-1	
6,5	-1,3		-1	
7	-1,4		-1,1	
7,5	-0,4		-0,5	
8	0,1		0,2	
8,5	0,9		0,8	
9	1,6		1,5	
9,5	2,4		2,2	
10	3		3	
10,5	3,8		3,8	
11	4,6		4,8	
11,5	5,3		7,6	
12	6,455		11	
12,5	8		14	
13	8,6		13	
13,5	8,6		10	
14	7,5		7,9	
14,5	6,2		3,8	
15	5,1		0	

15,5	4		-3,1
16	3		-5,7
16,5	2,3		-7,448
17	1,53		-8,1
17,5	0,8		-8,9
18	-0,24		-9,2
18,5	-1,018		-8,741
19	-1,131		-1,05
19,5	-1,073		-1,214
20	-1,126		1,193
20,5	-1,02		-1,192
21	-1,085		-1,025
21,5	-1,081		-0,921
22	-1,077		-0,875
22,5	-1,015		-0,838
23	-1,04		-0,828
23,5	-1		-0,724
24	0		2
24,5	8,008		7,66
25	8,022	kalibriert auf 8V	7,274

Tabelle 4: Messwerte Profilmessung 3

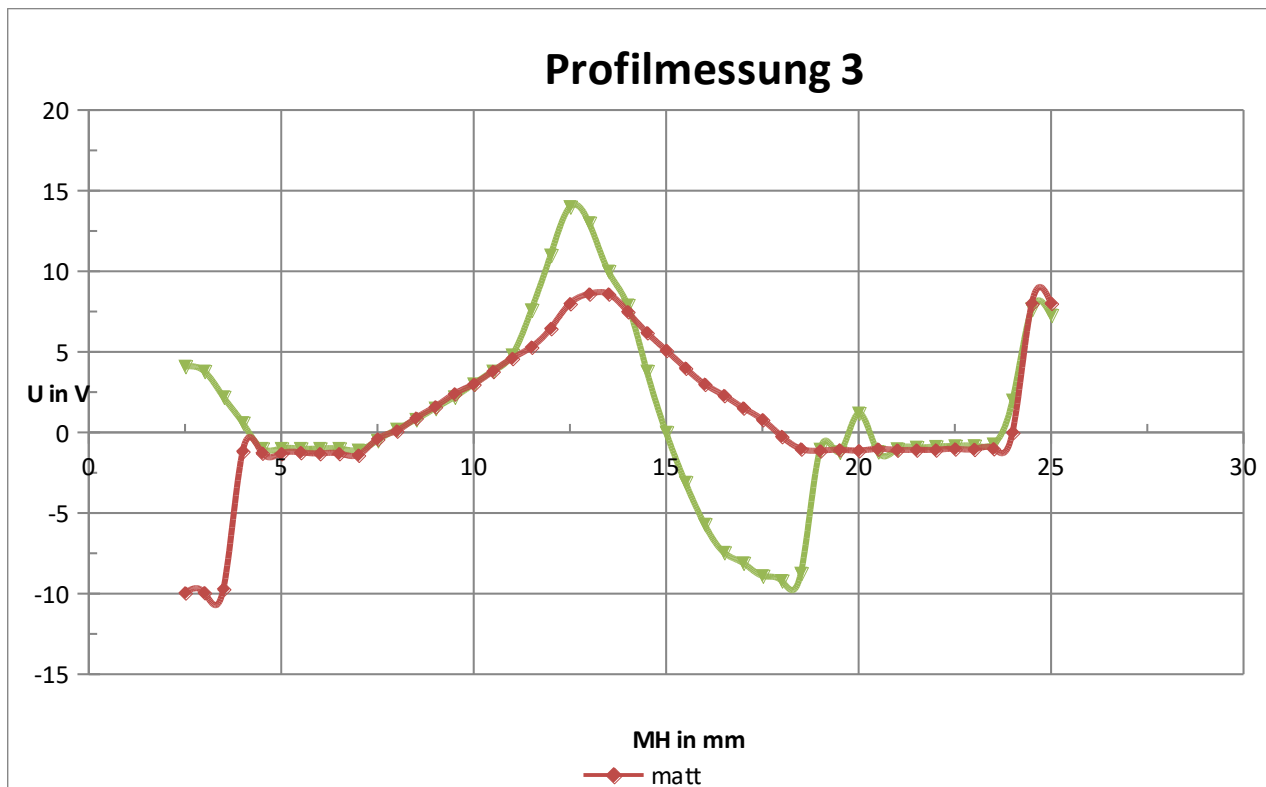


Diagramm 3: eingemessene Profile des Versuchskörpers bei verschiedenen Oberflächentexturen

Die Spannung der Ausgangsposition wurde auf 8 V festgelegt.  
Man sieht, dass das Profil der matten Oberfläche zu deutlich weniger und weniger großen Messabweichungen führt, als das der glänzenden. Demzufolge sind für das Triangulationsmessverfahren matte Oberflächen zu bevorzugen.  
Grund dafür könnte sein, dass die matte Oberfläche zu weniger (ungewollten) Reflexionen führt, die vom Sensor erfasst werden, als die glänzende.

## 4.8

Es wurde mit dem Messschieber eine Dicke der Plexiglasscheibe von 7,5mm vermessen. Erwartet wird eine Abweichung des mittels Triangulation gemessenen Wertes durch die lichtdurchlässige Eigenschaft des Plexiglasses.  
Kalibriert wurden 0 V auf dem Objektträger.  
Gemessen wurden -6 V. Teilt man das durch die Empfindlichkeit (siehe Rechnung Aufgabe 4.5) erhält man eine betragsmäßige Differenz/ Höhe von 3 mm. Das heißt die Messung von Dicken und Entfernungen an lichtdurchlässigen Materialien führt zu Abweichungen bzw. wertlosen Ergebnissen, da das Licht im statt auf dem Messobjekt reflektiert wird.

## 4.9

Es wurde ohne Halogenlampe eine Spannung von 5 V eingestellt. Nach einschalten der Halogenlampe wurde eine Spannung von 4,5 V gemessen. Eine Beeinflussung der Optronik durch nicht monochromatisches Licht ist also möglich, jedoch wäre der Einfluss korrigierbar. Eihochfrequenten Lichts des Lasers kaum einen Einfluss hat.