

## 0.1 Evaluation eines Liniensensors

Im folgenden Abschnitt ist die Entwicklung und Evaluierung eines Liniensensors dokumentiert. Ziel ist es, einen einfach auszuwertenden Sensor zu entwickeln, der das vorgegebene Klebeband vom Wettkampf-Untergrund unterscheiden kann.

### 0.1.1 Anforderungen

Es muss das Klebeband *Tesa Gewebeband 4651* auf einem rötlich gefliesten Untergrund detektiert werden. Eine besondere Herausforderung stellen hierbei längs und quer verlaufende Fliesenfugen dar, welche eine ähnliche Farbe aufweisen. Dieser Untergrund ist in Abbildung ?? gezeigt.



Figure 1: Untergrund während des Wettkampfs

### 0.1.2 Konzeption

Dieser Versuch behandelt die Detektion der Linie anhand verschiedener Lichtspektren. Als erstes wird die Linie im Infrarotspektrum bestrahlt und die Stärke der Reflektion anhand eines Fototransistors, welcher ebenfalls im Infrarotbereich sensitiv ist, auf einem Microcontroller ausgewertet.

Als zweites wird die Linie im ultravioletten Bereich angestrahlt und im sichtbaren Lichtspektrum ausgewertet. Ziel ist es, eine mögliche fluoreszierende Wirkung des weissen Klebebands zu erfassen und auszuwerten.

### 0.1.3 Entwicklung und Dimensionierung

**Geometrische Überlegungen** Abbildung ?? zeigt konzeptionelle Überlegungen zum Liniensensor. Ziel ist es, ein Array aus 8 Sender-Empfänger-Paaren herzustellen,

welches mindestens 2 Messzellen überhalb des Klebebandes besitzt. Diese einzelnen Messzellen sollen untereinander und von der Umwelt abgekapselt sein. Dies mit der Begründung, dass die Fototransistoren, (Empfänger), gegebenenfalls empfindlich auf Umwelteinflüsse reagieren könnten. Das ausgewählte Sender-/Empfängerpaar besitzt, sowohl bei den UV-, als auch bei den Infrarotbauteilen, einen Abstrahlwinkel von  $30^\circ$ , beziehungsweise einen Einfallswinkel von  $60^\circ$ . Diese Winkel und den festgelegten Abstand von Empfänger zu Sender definieren den Abstand der Messzellen und den Abstand des Sender und Empfänger-Paars vom Boden. Auf dem Boden muss eine möglichst grosse Fläche des Empfänger-Kreises durch den Sender-Kreis ausgefüllt werden.

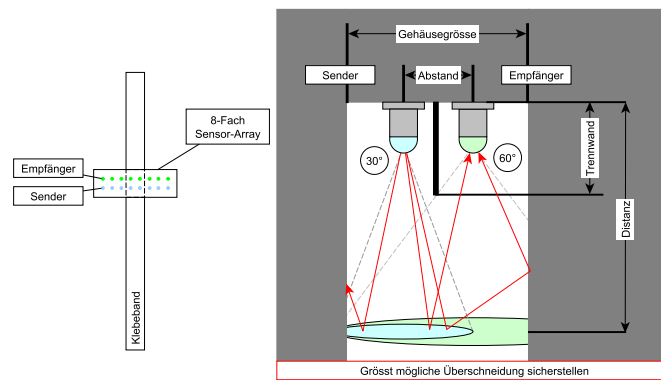


Figure 2: Konzept des Liniensensors

**Dimensionierung der Position von Sender und Empfänger** In diesem Abschnitt wird die optimale Positionierung der Sender und Empfänger ermittelt.

Der Abstand zwischen einem Sender und einem Empfänger wird aufgrund der Bauform beider Komponenten bestimmt. Beide Komponenten besitzen das gleiche Gehäuse. Gemäss Datenblatt ist der Durchmesser beider Komponenten mit Herstellertoleranz maximal 4mm. Es folgt eine Berechnung des Mindestabstand beider Komponenten. Das Mass bezieht sich auf die Mitte der beiden Komponenten, wie in Abbildung ?? dargestellt.

$$X_{min} = \frac{D_s}{2} + \frac{D_e}{2} = \frac{4mm}{2} + \frac{4mm}{2} = 4mm$$

Damit genügend Reserve vorhanden ist, wird ein Abstand von 4.6mm zwischen Sender und Empfänger in einer Messzelle gewählt.

Folglich wird der Abstand zwischen Sender/ Empfänger und Boden ermittelt. Dafür wird die Beziehung der beiden Radien ausgenutzt, welche bei der zu ermittelnden Höhe h auf den Boden gestrahlt werden. Es folgt also:

$$R_s = \tan(\alpha) \cdot h$$

$$R_e = \tan(\beta) \cdot h$$

Nun kann  $R_e$  auch durch  $R_s$  und den Mindestabstand  $X_{min}$  formuliert werden:

$$R_e = R_s + X_{min}$$

Nun wird  $R_s$  und  $R_e$  eingesetzt und nach  $h$  aufgelöst:

$$h = \frac{4.6}{\tan(\beta) - \tan(\alpha)} = \frac{4.6mm}{\tan(30^\circ) - \tan(15^\circ)} = 14.867mm \approx 15mm$$

Aus der Höhe  $h$  kann nun der Abstand von zwei Messzellen berechnet werden. Dafür wird zuerst der Radius  $R_s$  des Senders berechnet:

$$R_s = \tan(\alpha) \cdot h = \tan(15^\circ) \cdot 14.867mm = 3.984mm \approx 4mm$$

Der Abstand von zwei Messzellen, von Mitte zu Mitte, beträgt dementsprechend:

$$X_{zellen} = 2 \cdot R_s + X_{trenn} = 2 \cdot 4mm + 1mm = 9mm$$

Mit dem  $X_{trenn}$  wurde ein Trennabstand von 1mm einberechnet. Dieser Sicherheitsabstand sorgt, dass kein Schnittpunkt zwischen zwei Messzellen entsteht.

**Dimensionierung Gehäuse** Damit der Empfänger möglichst wenig auf Umwelteinflüsse reagiert, wird nun ein Gehäuse dimensioniert, welches den Sensor abschirmen soll. Die nachfolgende Abbildung ?? zeigt eine Skizze, welche den Aufbau des Gehäuses repräsentiert.

!!!! SKIZZE AUFBAU TRENNWÄNDE !!!!  
 !!!!! dies ist lediglich ein Platzhalter !!!!!

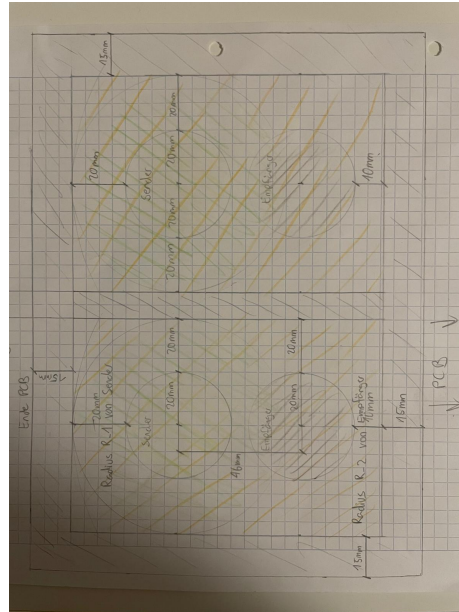


Figure 3: Skizze des Gehäuses von oben

In der Skizze aus Abbildung XY sind die Radien  $R_s$  und  $R_e$  ersichtlich, welche von dem Sender und Empfänger auf den Boden projiziert werden. Diese Radien werden durch die Trennwände des Gehäuses begrenzt. Der Radius  $R_s$  ist daher massgebend für die Vermessung von drei der vier Wände des Gehäuses. Der Abstand des Mittelpunktes des Empfängers zu der untersten Wand beträgt 3mm. Es wurde 1mm als Reserve zwischen Bauteil und Wand einberechnet. Die Wandstärke der Trennwände zwischen den Sensorzellen wurden auf 1mm und die Aussenwände auf 1.5mm (NOCH NICHT DEFINITIV!) festgelegt. Die Wandstärken wurden absichtlich so geplant, damit sie möglichst dünn ausfallen aber dennoch im 3D-Drucker realisierbar sind. Die Höhe des Gehäuse wird 14mm hoch, damit es ungefähr einen Millimeter kleiner ist, als die oben berechnete Höhe  $h$  von Sensor zu Boden.

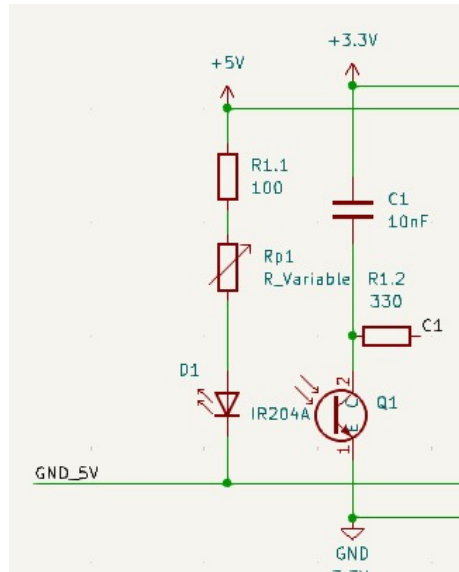


Figure 4: Schema einer Sensorzelle

### Elektrotechnische Überlegungen !!! SCHEMA MANU EINSETZEN !!!

Abbildung ?? zeigt das Schema einer einzelnen Sensorzelle. Über die Speisespannung wird eine LED bestromt, deren Vorwiderstand sich wie folgt berechnet:

$$R_{LED} = \frac{U_q - U_v}{I_{LED}}$$

$U_v$  beträgt bei der UV-LED laut Datenblatt  $3.2V$ , weshalb hier die Speisespannung auf  $5V$  angehoben werden muss. Deshalb wird bei der Dimensionierung für den Vorwiderstand auch mit  $5V$  Quellspannung gerechnet, wohingegen der Fototransistor für den Microcontroller auf  $3.3V$  arbeitet.

Der Vorwiderstand der Sende-LED wird auf  $I = 20mA$  ausgelegt und ein zusätzliches Potentiometer vorgeschaltet, welches ein genaues Trimmen auf  $10...20mA$  Diodenstrom und damit ein einstellen der Leuchtstärken erlaubt. Damit können auch Bauteiltoleranzen in den Fototransistoren und Kondensatoren ausgeglichen werden.

Der Fototransistor an sich wird für die Berechnung als Konstantstromquelle betrachtet, wobei sich die Kapazität des Kondensators wie folgt ergibt.

$$Q = C \cdot U \quad \& \quad I = \frac{Q}{t}$$

$$C = \frac{I \cdot t}{U}$$

Bei einer angenommenen Entladezeit von  $t = 30\mu s$ , einem Mindeststrom von  $1mA$  und einer Versorgungsspannung von  $U_q = 3.3V$  ergibt sich eine Kapazität von ca.  $10nF$ . Der GPIO des Microcontrollers muss ebenfalls durch einen Vorwiderstand im Strom begrenzt werden. Im Datenblatt des Raspberry Pico ist ein maximaler Strom von  $10mA$  als Maximalwert angegeben. Ein entsprechender Vorwiderstand beläuft sich demzufolge laut dem ohm'schem Gesetz zu

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3.3V}{10mA} = 330\Omega$$

Der Kondensator muss also mindestens  $5 \cdot \tau$  entladen werden. Das bringt die folgende Zeit.

$$t_{laden} > 5 \cdot \tau = 5 \cdot RC = 5 \cdot 330\Omega \cdot 10nF = 16\mu s$$

Der Kondensator muss beim Abfragen also mindestens  $16\mu s$ , besser mindestens  $20\mu s$  geladen werden, bevor er ausgewertet wird.

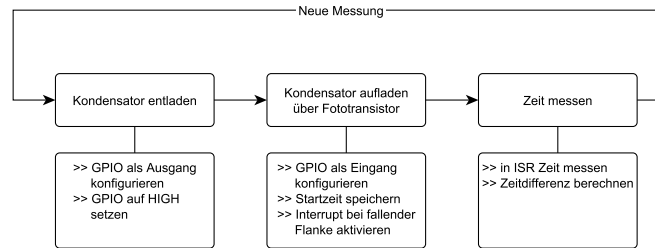


Figure 5: Auswertung des Liniensensors

#### 0.1.4 Liniensensor als PCB

**Entwurf des PCB** Damit der Liniensensor möglichst praxisnahe getestet werden kann, wurde dieser als PCB mit dem CAD-Tool Kicad erstellt. Dabei wurden die oben formulierten Anforderungen und Dimensionierungen eingehalten. In Abbildung ?? ist die Draufsicht und in Abbildung ?? die Untersicht dargestellt. Des Weiteren ist das Gehäuse für die Abschirmung von Umwelteinflüssen in Abbildung XY dargestellt.

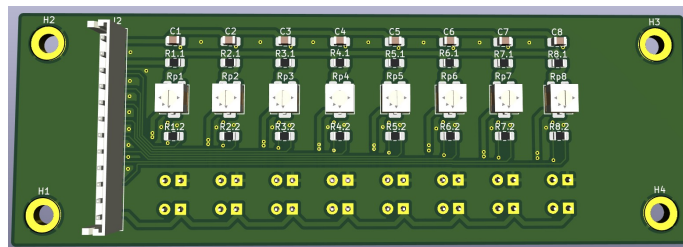


Figure 6: Liniensensor in Kicad von oben

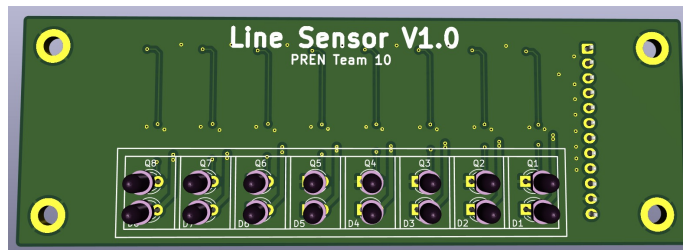


Figure 7: Liniensensor in Kicad von unten

### 0.1.5 Versuche

### 0.1.6 Fazit und Ausblick