



Max Hentges , \*2000

Schule:  
John F. Kennedy Schule,  
Berlin

Eingang der Arbeit:  
Juli 2014

Zur Veröffentlichung angenommen:  
August 2014

## Das Fahrrad Radar

### Wie man die Sicherheit im Straßenverkehr für Radfahrer verbessern kann

Das Fahrrad Radar warnt den Radfahrer mit einem optischen und akustischen Signal, wenn ein Auto zu nahe an ihm vorbeifährt. Die wichtigsten Bestandteile sind ein Entfernungssensor, ein Arduino-Microcontroller sowie daran angeschlossene optische und akustische Signalgeber. Weiterhin können Datenkarte und GPS Empfänger angeschlossen werden, um die Fahrt aufzuzeichnen.

#### 1 Einleitung

Während meiner Fahrt mit dem Fahrrad zur Schule mache ich häufig die Erfahrung, dass Autos viel zu nahe an mir vorbei fahren. Der seitliche Sicherheitsabstand, den Autofahrer einhalten müssen, beträgt in Deutschland 1,5 m [1] (Abb. 1). Auch in vielen anderen Ländern gibt es vorgeschriebene seitliche Sicherheitsabstände zwischen Autos und Fahrradfahrern. In den US Bundesstaaten Florida [2] und Kalifornien [3] wurde z.B. per Gesetz ein Sicherheitsabstand von 3 Fuß, d.h. ca. 1 Meter festgelegt (Abb. 2). Viele Autofahrer scheinen diese Vorschriften aber nicht zu kennen oder nicht zu beachten. Allerdings sind Straßen oder Fahrradwege oft auch nicht so ausgelegt, dass der vorgeschriebene seitliche Sicherheitsabstand eingehalten werden kann. Daher entschloss ich mich, ein Gerät zu bau-

en, das mich warnt, sobald Autos zu nahe an meinem Fahrrad vorbeifahren. Zusätzlich soll es automatisch solche Situationen aufzeichnen und entsprechende Gefahrenstellen z.B. auf dem Schulweg, automatisch markieren.

#### 2 Komponenten des Fahrrad Radars

Das Fahrrad Radar besteht aus fünf Komponenten:

- Entfernungssensor, der an einem Ausleger über dem Hinterrad montiert ist,
- GPS Empfänger, der ebenfalls an diesem Ausleger montiert ist,
- Verarbeitungseinheit, in der der Arduino - Microcontroller, eine Datenspeicherkarte sowie eine autonome Stromversorgung enthalten sind,
- LED Anzeige am Lenkrad
- kleine akustische Warneinheit , die im Fahrradhelm montiert ist



Abb. 1: In Deutschland ist ein Sicherheitsabstand zu Radfahrern von 1,5 m vorgeschrieben.



Abb. 2: Im US Bundesstaat Florida weist ein Verkehrsschild auf den Sicherheitsabstand zum Radfahrer hin [4]

## 2.1 Der Entfernungsmesser

Grundsätzlich gibt es verschiedene technische Möglichkeiten um Distanzen zu messen. Beispielsweise kann man Laserlicht oder Mikrowellen benutzen, um aus der Laufzeit des Signals zwischen Sensor und Auto die Entfernung zu bestimmen. Solche Sensoren werden z.B. bei selbstfahrenden Autos eingesetzt. Ich habe mich gegen solche Sensoren entschieden, weil sie zu teuer und zu kompliziert sind. Ein niedriger Preis ist wichtig für das Entwicklungsbudget und spielt auch eine Rolle, wenn ein solches Fahrrad-Radar erfolgreich verkauft werden soll. Ein weiteres Verfahren ist die Entfernungsmessung mit Ultraschall. Der Nachteil hierbei ist, dass solche Sensoren empfindlich gegen Umwelteinflüsse wie z.B. Staub und Regen sind und sich diese mit den für Schüler verfügbaren Mitteln nicht einfach nachbauen lassen.

Entschieden habe ich mich für einen Sensor, der infrarotes Licht nutzt. Dieser ist weitgehend unempfindlich gegen Umwelteinflüsse und funktioniert sogar in einer durchsichtigen Plastiktüte. Das Funktionsprinzip zeigt eine Zeichnung aus einer Patentanmeldung von Sharp (siehe Abb. 3): Von einer Infrarot-LED (mit 51 in Abb. 3 bezeichnet) wird ein unsichtbarer Lichtstrahl ausgesendet. Das Infrarot-Licht trifft nun auf das Objekt und wird an der nicht idealen, sondern rauhen Oberfläche des Objekts gestreut. Mehrere Infrarotsensoren (in Abb. 3

mit PSD bezeichnet), sind so angeordnet, dass sie nur Licht mit einem bestimmten Einfallswinkel detektieren können. Objekte in unterschiedlichen Entfernungen sind in Abb. 3 mit 321, 322 bzw. 323 bezeichnet. Je nach Abstand des Objekts ergibt sich ein anderer Einfallswinkel für das reflektierte Licht und daher sprechen unterschiedliche Sensoren an. Aus dem Abstand zwischen Infrarot-Lichtquelle und Infrarot-Empfänger sowie dem Einfallswinkel lässt sich nun der Abstand des reflektierenden Objekts ermitteln.

### 2.1.1 Testen und Kalibrieren des Entfernungsmessers

Zuerst wurde der Sharp Entfernungsmesser getestet und kalibriert. Hierzu wurde er in ein Gehäuse eingebaut und mit den beiden Anschlüssen zur Stromversorgung an ein auf 5 V eingestelltes Netzgerät angeschlossen. Ein digitales Voltmeter misst die Spannung zwischen dem Ausgang des Sharp Sensors und dem Minus-Anschluss des Netzgeräts. Für die Versuchsreihe wurde eine große, weiße Platte in einem festgelegten Abstand vom Sensor positioniert und die jeweilige Spannung am Voltmeter gemessen. Die weiße Platte soll ein vorbeifahrendes Auto simulieren. In der Versuchsreihe wurde der Abstand von 2 m bis auf 30 cm verringert. Da die Messwerte schwankten, wurde die Messung drei Mal wiederholt. Weiterhin fiel auf, dass die Werte schwankten, wenn die weiße Platte nicht senkrecht oder nicht rechtwinklig steht. Dies hängt sicherlich damit zusammen, dass sich dadurch die Reflexion ändert. Auch wenn die Platte sich, wie ein Auto, parallel zum Sensor bewegt, schwankten die Werte etwas. Für die Auswertung wurden die Messwerte in eine Graphik eingetragen (siehe Abb. 4). Auf der x-Achse wurde die Entfernung zwischen Objekt und Sensor eingetragen und auf der y-Achse die Spannung. Aus den Messwerten wurden auch noch der Mittelwert sowie eine exponentielle Trendlinie berechnet und ebenfalls eingezeichnet. Mit Hilfe von Abb. 4 lassen sich nun gemessene Spannungswerte des Sensors in Entfernungen umrechnen.

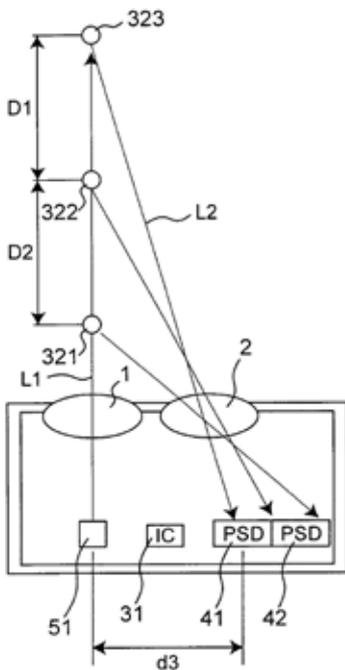


Abb. 3: Funktionsprinzip des Sharp Entfernungssensors. (aus Sharp Patent 7.119.887)

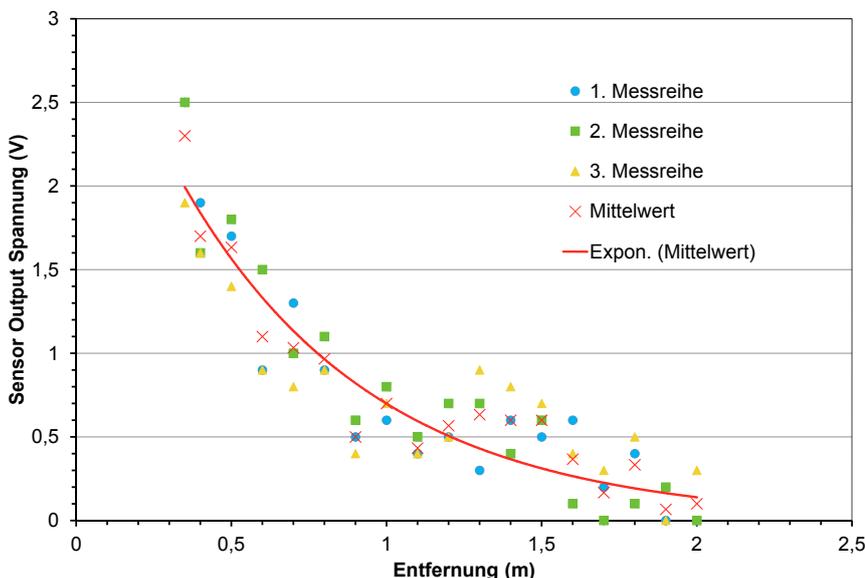


Abb. 4: Zusammenhang zwischen gemessener Spannung am Sharp Infrarot Entfernungsmesser und der Entfernung eines Objektes.

### 2.1.2 Nachbau eines Infrarot - Entfernungsmessers

Um zu verstehen, wie der Sharp Ent-

fernungsmesser funktioniert, wurde ein Sensor mit dem gleichen Funktionsprinzip nachgebaut (Abb. 5).

Der Entfernungsmesser besteht aus einer hellen Halogenlampe als Lichtquelle und einem Fototransistor als Lichtsensor. Der Fototransistor wurde in einen schwarz angemalten Strohhalm eingebaut. Da der Fototransistor trotzdem noch Licht anzeigte, auch ohne dass ein Objekt da war, wurde das Röhrchen noch zusätzlich mit Alufolie umwickelt, sodass kein Licht von den Seiten kommen kann. So reagiert der Fototransistor nur auf Licht, das durch ein kleines Loch an der Vorderseite kommt. Dieses Licht wird von dem zu messenden Objekt reflektiert. Nur wenn das Objekt in der richtigen Entfernung ist, gelangt das reflektierte Licht durch das Röhrchen und erreicht den Fototransistor.

Der Fototransistor ist in Serie mit einem Widerstand von 4700 Ohm geschaltet. Beide zusammen sind an einer 5 V-Stromversorgung angeschlossen. Ein Spannungsmesser ist an dem negativen Pol der Stromversorgung und an der Schaltung zwischen dem Fototransistor und dem Widerstand angeschlossen (Abb. 6).

Bei normalem Licht lässt der Fototransistor einige Elektronen durch, und hat eine Spannung von zwei Volt, die das Voltmeter anzeigt. An dem Widerstand liegt nun der Unterschied zwischen fünf Volt und zwei Volt, d.h. drei Volt an. Mit der Gleichung  $U=R \times I$  kann man den Strom herausfinden. Als Ergebnis erhält man  $\frac{3V}{4700 \Omega} = 0,000638 \text{ A}$ . Wenn durch den Fototransistor nun bei 2 V nur 0,000638 Ampere fließen, so hat er ohne Licht einen Widerstand von 3134  $\Omega$ . Wenn mehr Licht da ist, lässt der Fototransistor mehr Elektronen durch. Mit mehr Licht sinkt die Spannung am Voltmeter auf 1,4 V. Mit der gleichen Formel ergibt sich jetzt ein Widerstand von nur 1827  $\Omega$  für den Fototransistor. Für dieses Experiment wurde ebenfalls eine große Reflexionsfläche vor den Sensor gehalten und die Spannung gemessen. Dabei wurde der Abstand von 1,10 m bis auf 20 cm verkleinert. Bei ca. 40 cm gibt es in dem Versuchsaufbau einen deutlichen Ausschlag nach unten (Abb. 7).

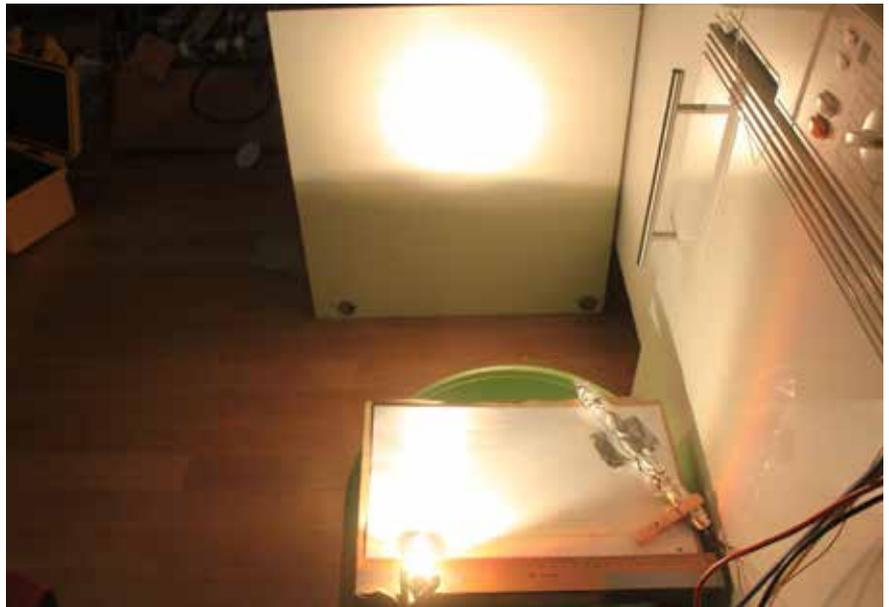


Abb. 5: Aufbau des selbstgebauten Entfernungssensors.

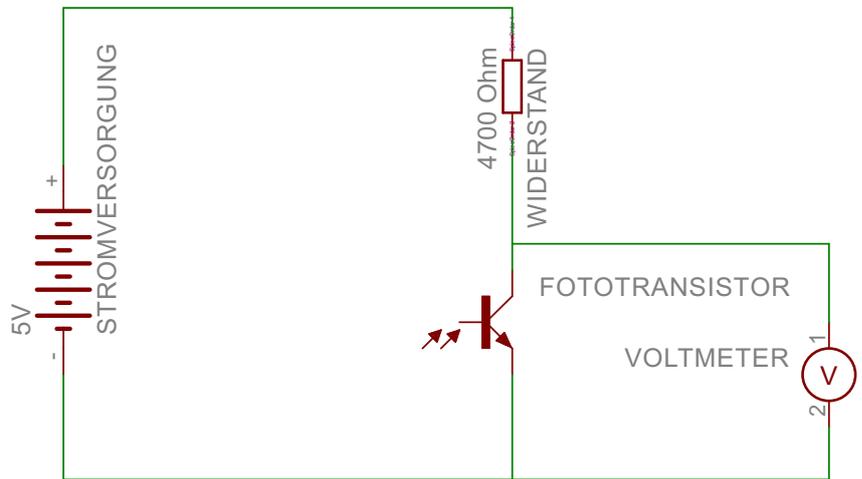


Abb. 6: Schaltbild des selbstgebauten Entfernungssensors.

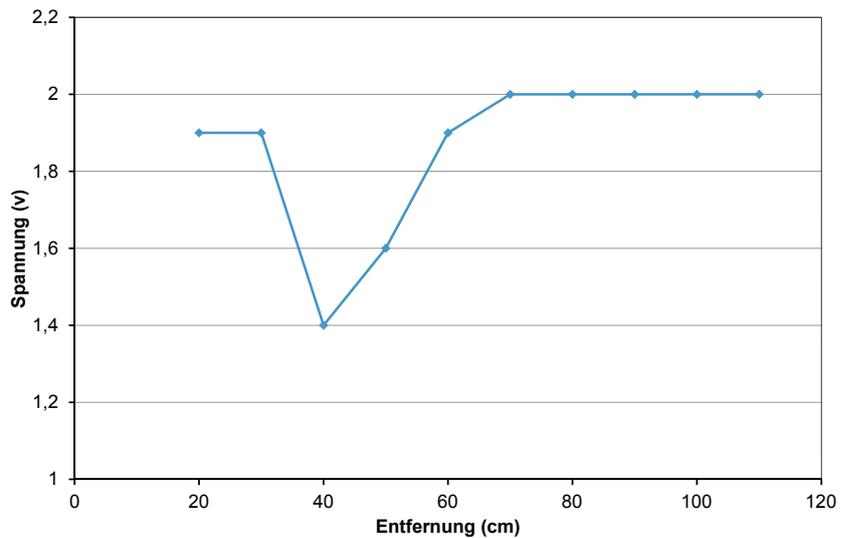


Abb. 7: Zusammenhang zwischen gemessener Spannung am selbstgebauten Entfernungsmesser und der Entfernung eines Objektes.

Dieses passiert, weil dann das meiste Licht auf den Fototransistor fällt. Dieser experimentell ermittelte Wert kann nun mit den berechneten Werten aus der Geometrie verglichen werden. Der Abstand von der Lichtquelle bis zum Sensor (24 cm) und der Winkel des Sensors (60°) gegenüber der Basislinie sind bekannt. Damit lässt sich der Abstand des Objektes von der Lichtquelle berechnen (Abb. 8).

$$\tan 60^\circ = \frac{x}{24 \text{ cm}}$$

$$x = \tan 60^\circ \times 24 \text{ cm} \approx 42 \text{ cm}$$

Dieser berechnete Wert ist fast identisch mit dem gemessenen Abstand, d.h. dem Abstand bei dem die Spannung am niedrigsten ist bzw. der Fototransistor am meisten Licht erhält.

Wenn man viele von diesen Röhrcen mit Fototransistoren in unterschiedlichen Winkeln kombinieren würde, hätte man ein Gerät, das Abstände messen kann. Je näher ein Objekt ist, desto kleiner wird der Einfallswinkel. Aus dem Winkel des Fototransistor-Röhrcen, bei dem die Spannung am niedrigsten ist, ließe sich, genauso wie mit dem Sharp Entfernungsmesser, der Abstand eines Objekts bestimmen. Allerdings wäre ein solcher selbstgebauter Sensor für ein mobiles Gerät aus vielen Gründen nicht zweckmäßig und für den weiteren Aufbau wurde daher ein serienmäßig erhältlicher Sharp Entfernungsmesser verwendet.

## 2.2 Programmierung

Zur Programmierung des Projekts haben wir einen Arduino verwendet. Ein Arduino ist ein kleiner Microcontroller auf Basis der Atmel Chipreihe ATmega, der im Jahr 2006 in Italien entwickelt wurde. An die Eingänge des Arduino lassen sich einfach Sensoren anschließen und an die Ausgänge Aktoren, wie z.B. Motoren, LEDs, Relais oder Lautsprecher. Für den Arduino gibt es eine eigene Programmierungsumgebung oder Integrated Development Environment (IDE) und er lässt sich leicht mit einer an die Computersprache C++ angelehnten Computersprache programmieren. Ein großer Vorteil der Arduino Microcontroller ist, dass es eine große Zahl von veröffentlichten, frei nutzbaren und getesteten Programmbausteinen gibt. Diese

Bausteine können z.B. als Unterprogramm genutzt oder modifiziert werden und dadurch kann man komplexe Funktionen realisieren ohne diese vollständig neu programmieren zu müssen. Es gibt viele verschiedene Arten von Arduinos, die sich z.B. in der Anzahl der Anschlüsse, der verwendeten Spannung, Geschwindigkeit, Bauform etc. unterscheiden. Für das Projekt wurde ein Arduino Uno, der am einfachsten und häufigsten verwendete Arduino, eingesetzt.

Ausgangspunkt für das Programm ist eine Arduino Vorlage in der public domain. Der Sensor ist an den Analogeingang A0 des Arduino angeschlossen. Auch die Stromversorgung des Sensors erfolgt vom Arduino aus mit genau geregelten 5 V. Der Arduino hat einen eigenen Spannungsregler, mit dem aus einer Batteriespannung von 9 V eine Spannung von 5 V erzeugt wird.

Der Analogeingang des Arduino kann Spannungen mit einer Auflösung von 10 Bit oder  $2^{10}$  messen. Dabei entsprechen der größte Wert von 1023 der maximalen Spannung von 5 V und der kleinste Wert 0 einer Spannung von 0 V am Analogeingang. Der Infrarot-Entfernungsmesser zeigt die Entfernung durch einen Spannungswert an. Da der Arduino nicht direkt die Voltzahl ausgibt, muss der Sensorwert  $x$  des Arduinos in eine Spannung von  $y$  Volt umgerechnet werden:  $\frac{x}{1023} \times 5 \text{ V} = y \text{ Volt}$ . Mit diesem Spannungswert kann man dann aus Abb. 4 die dazugehörige Entfernung ablesen. Beispielsweise bedeutet ein Sensorwert  $x_i = 100$  dass am Sensorausgang eine Spannung von 0,49 V anliegt. Aus dem Kalibrier-Diagramm ergibt sich dafür ein Abstand von etwa 1,15 m.

In der LED Anzeige am Lenkrad werden vier verschiedene Licht emittierende Dioden (LED) benutzt, um in Echtzeit anzuzeigen, wie weit entfernt das Objekt ist. Die erste LED leuchtet, wenn der Inputwert am Analogeingang des Arduino größer als 60 ist, was etwa einer Entfernung von 1,5 m entspricht. Dies entspricht auch dem gesetzlich vorgeschriebenen Mindestabstand von überholenden Autos. Die zweite LED leuchtet, wenn der Wert größer als 100 ist, d.h. das Objekt ca.

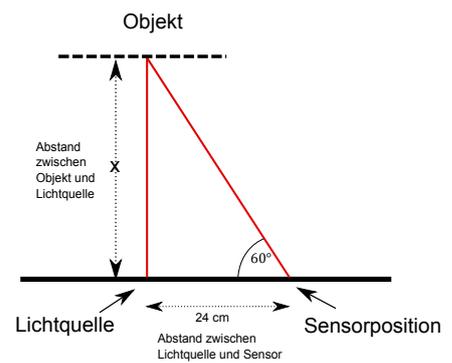


Abb. 8: Rechnerische Bestimmung der Entfernung.

1,15 m entfernt ist. Die dritte LED leuchtet, wenn der Wert größer als 200 ist, d.h. das Objekt ist circa 70 bis 80 cm entfernt. Die letzte LED leuchtet, wenn die Zahl größer als 300 ist und das Auto daher nur etwa 50 cm entfernt ist. Als akustisches Warnsignal wurde ein Piezo-Lautsprecher an den Arduino angeschlossen. Sobald die dritte LED aufleuchtet, wird auch ein tiefer Ton von 250 Hz ausgegeben. Wenn das Auto noch näher kommt, wird ein höherer Ton (500 Hz) vom Arduino erzeugt und vom Piezo-Lautsprecher ausgegeben.

Neben der Warnung vor Autos, die zu nahe am Fahrrad vorbeifahren, soll das Programm auch aufzeichnen, wie häufig dies vorkommt. Dazu wird ein sogenanntes SD-Shield benutzt, in das eine SD Speicherkarte eingesetzt werden kann, wie sie auch bei Fotokameras verwendet wird. Um Daten in eine Datei auf der SD-Karte zu schreiben, wird ein spezielles Programm aufgerufen, das bereits in der Programmierbibliothek der Arduino Entwicklungsumgebung IDE enthalten ist. Das Programm durchläuft eine Schleife und speichert alle 10 ms den Sensorwert auf der Speicherkarte. Nach der Fahrradfahrt lässt sich die Speicherkarte herausnehmen und die gespeicherte Datei an einem Computer auswerten. Neben dem Abstandswert soll auch die aktuelle Position gespeichert werden. Hierzu wird an den Arduino ein GPS Empfänger angeschlossen. Der GPS Empfänger besteht im Wesentlichen aus einer Antenne und einem Halbleiterchip, der die Signale der GPS Satelliten empfängt und dekodiert. Als Ausgangssignal wird die aktuelle Position im National Marine Electronics Asso-

ciation (NMEA) Format ausgegeben. Zur Dekodierung der NMEA Signale gibt es Programmbausteine für den Arduino. Ein solches Unterprogramm wurde verwendet, um aus dem NMEA Signal die Positionsinformation (Längen- und Breitengrade) zu dekodieren und ebenfalls auf der SD Karte zu speichern. Weiterhin ist an den Ausgang, der bei einem Abstand von 0,5 m aktiviert wird, ein Relais angeschlossen.

Der Schaltausgang des Relais ist in dem Prototyp mit dem Fernsteuereingang einer Spiegelreflexkamera verbunden. Sobald der Ausgang aktiviert wird, weil z.B. ein Auto nahe am Fahrrad vorbeifährt, wird auch der Schaltausgang des Relais geschlossen und die Kamera kann ein Foto des zu nahe an dem Fahrrad vorbeifahrenden Autos aufnehmen.

### 3 Bau und Test des Fahrrad Radars

#### 3.1 Entfernungssensor

Der Sharp Infrarot Entfernungssensor wurde in eine Metallbox eingebaut und elastisch an der Sattelstütze befestigt (Abb. 9). Dadurch befindet er sich direkt über dem Hinterrad und kann den Abstand zu Autos messen, die links am Fahrrad vorbeifahren. Es wurde auch überlegt, die Messrichtung des Sensors nicht rechtwinklig zur Fahrtrichtung zu machen, sondern z.B. in einem Winkel von 45° rückwärts gerichtet. Dies würde eine bessere Frühwarnung ergeben, da der Sensor schon auf weiter entfernte Autos ansprechen würde.

Die Kalibrierung des Sensors hat jedoch gezeigt, dass die Messergebnisse nicht zuverlässig sind und stark schwanken, wenn der Gegenstand sich in einem schrägen Winkel zur Messrichtung des Sensors bewegt. Daher wurde auf diese Möglichkeit verzichtet, und der Abstand wird im rechten Winkel zur Fahrtrichtung gemessen.

#### 3.2 GPS Empfänger

An der Befestigung für den Entfernungsmesser ist auch der GPS Empfänger angebracht, damit die Satellitensignale gut empfangen werden können. Grundsätzlich würde es ausreichen, lediglich die GPS Antenne frei zu montieren, da aber der gesamte Empfängerbaustein recht klein ist,



Abb. 9: Verarbeitungseinheit.

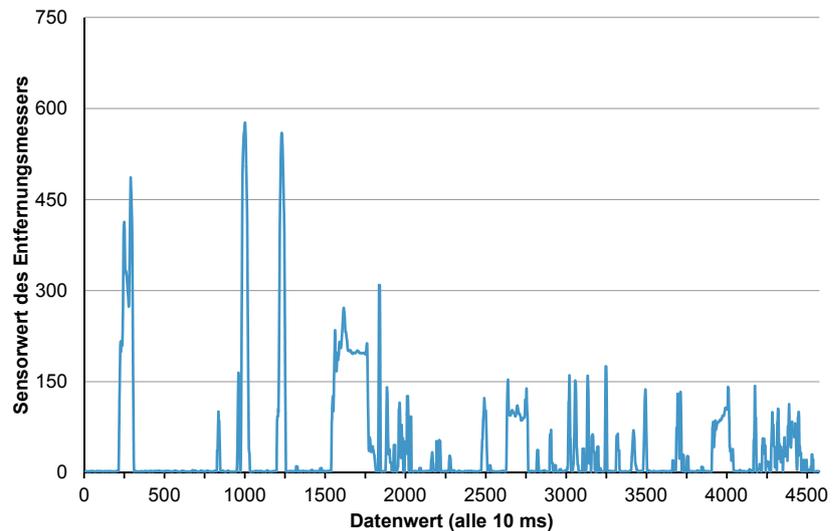


Abb. 10: Aufzeichnung einer Testfahrt.

war es einfacher, den kompletten GPS Empfänger frei zu montieren.

#### 3.3 Optischer Signalgeber

Am Fahrradlenker ist eine kleine Box mit vier LEDs befestigt. Die Metallbox ist ebenfalls mit Kabeln mit der Arduino Box verbunden. Wenn ein Auto zu nahe an den Sensor herankommt, leuchten die LEDs auf. Je näher das Auto ist, desto mehr LEDs leuchten auf.

#### 3.4 Akustische Signalgeber

Weiterhin wurde ein kleiner Piezo-Lautsprecher im Fahrradhelm befestigt. Mit einem Kabel ist der Lautsprecher mit der Verarbeitungseinheit verbunden. Wenn ein Auto zu nahe am

Hinterrad des Fahrrads vorbeifährt, sendet der Lautsprecher einen Ton aus. Wenn das Auto noch näher kommt, wird der Ton höher.

#### 3.5 Verarbeitungseinheit

Der Arduino, eine Platine mit SD Speicherkarte (SD shield) sowie eine 9 V Batterie zur Stromversorgung sind in eine Kunststoff-Box eingebaut.

Alle Elemente des Prototyps sind mit Kabelbindern und schwingungsisolierenden Rohrbefestigungen am Fahrradrahmen befestigt. Die elektrische Verbindung zwischen den einzelnen Bausteinen und der Verarbeitungseinheit besteht aus abgeschirmten, mehradrigen Kabeln. Diese sind far-

big gekennzeichnet und können mit schraubbaren, mehrpoligen DIN Steckern an die Verarbeitungseinheit angeschlossen werden (Abb. 9).

### 3.6 Testfahrten

Die wichtigste Funktion des Fahrrad-Radars, die Warnung vor Autofahrern, die zu nahe an das Fahrrad heranfahren, wurde auf mehreren Testfahrten auf öffentlichen Straßen erfolgreich erprobt. Die Warnung erfolgt zuverlässig und schnell. Allerdings besteht oft keine Möglichkeit zum Ausweichen, da die Fahrradspur zu schmal ist oder z.B. durch Bordstein begrenzt ist. Für ein täglich einzusetzendes, kommerzielles Produkt sind allerdings noch eine Reihe von Verbesserungen notwendig.

### 3.7 Auswertung der gespeicherten Daten

Neben der Warnfunktion lassen sich durch die auf der Datenkarte gespeicherten Werte weitere Auswertungen nach den Testfahrten durchführen. Um die Frage zu beantworten, wie oft Autos dem Fahrrad auf der Testfahrt zu nahe gekommen sind, wird der Sensorwert, der alle 10 ms aufgenommen wird, über die Zeit aufgetragen (Abb. 10) Man kann dann abzählen, wie oft auf einer Strecke Autos dem Fahrrad zu nahe gekommen sind.

Allerdings sind in den ungefilterten Daten noch viele Störsignale enthalten. Eine Verbesserung ergibt sich bereits, wenn man nicht die einzelnen Messwerte, sondern den gleitenden Durchschnitt von mehreren Messwerten auswertet. Bei einem Durchschnittswert von 10 Messwerten ergeben sich bereits deutliche Verbesserungen, da einzelne Spitzen durch diese Berechnung herausgefiltert werden.

Trotzdem musste die Fahrstrecke noch von Hand ausgezählt werden. Durch optimierte Filterprogramme sollte es aber möglich sein, diese Auswertung automatisch mit einem Computer vorzunehmen. Mit Hilfe der aufgezeichneten Daten lässt sich auch näherungsweise ermitteln, wie schnell ein Auto an dem Fahrrad vorbeifährt. Man kann die relative Geschwindigkeit des Autos, verglichen mit der Geschwindigkeit des Fahrrads, mit den Zahlen aus dem Arduino ermitteln. Hier ist ein

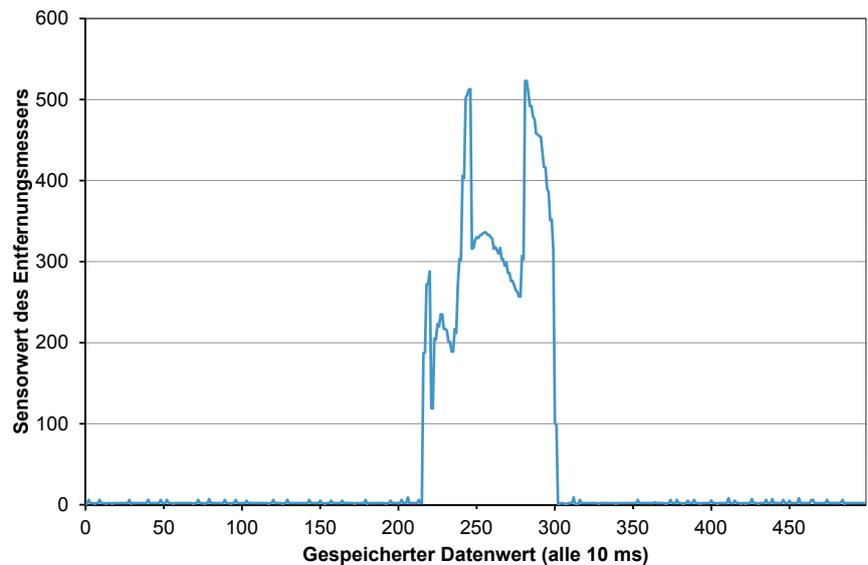


Abb. 11: Sensorwerte eines vorbeifahrenden Autos.

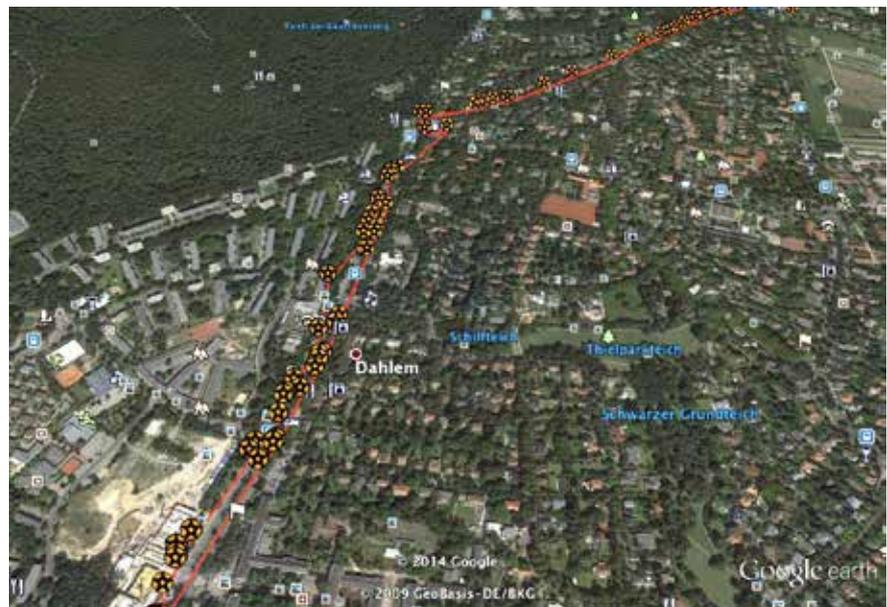


Abb. 12: Aufzeichnung des Schulwegs des Autors mit Markierung von Stellen, an denen das Warnsignal angesprochen hat.

Beispiel aus einer Testfahrt: Das Auto ist ca. 5 m lang und fährt für 85 Datenwerte nahe an dem Fahrrad vorbei (Abb. 11). So wie der Arduino programmiert ist, werden alle 10 Millisekunden Datenwerte geschrieben.

Die 85 Datenwerte bedeuten also, dass  $85 \times 10 \text{ ms} = 850 \text{ ms} = 0,85 \text{ s}$  vergangen sind. Damit ergibt sich für die Geschwindigkeit, mit der das Auto relativ zum Fahrrad fährt:

$$\text{Geschwindigkeit } v = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} = \frac{5 \text{ m}}{0,85 \text{ s}} = 5,88 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 21 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

In diesem Beispiel steht das Fahrrad. Daher entspricht die Geschwindigkeit von 21 km/h auch der Geschwindigkeit des Autos. Wenn das Fahrrad fährt, muss man zu dieser errechneten Geschwindigkeit noch die Geschwindigkeit des Fahrrads addieren, um zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit das Auto dann am Fahrrad vorbeifährt. Diese Messung ist nicht ganz genau, weil man berücksichtigen muss das der Arduino etwas mehr als 10 Millisekunden braucht, um einen neuen Datenwert zu speichern. Diesen Fehler könnte man korrigieren, in dem man die Zeit exakt misst, die der Arduino

braucht, um eine große Zahl von Datenwerten zu speichern. Daraus kann man dann einen Korrekturfaktor ermitteln, der auch die Verarbeitungsgeschwindigkeit des konkreten Arduino Programms berücksichtigt. Ein weiterer Fehler bei dieser Rechnung ist, dass man nicht genau die Länge des überholenden Fahrzeugs kennt. Um dieses Problem zu lösen, kann man einen zweiten Sensor am Vorderteil des Fahrrads anschließen, um zu sehen, wie lange es dauert, bis das Auto das Fahrrad überholt hat.

Aus den auf der SD Datenkarte gespeicherten Koordinaten lässt sich die gefahrene Strecke rekonstruieren. Hierzu wird die Datei in einem Tabellenprogramm ausgelesen und dann mit Hilfe einer im Internet bereitgestellten Konvertierungssoftware in das von Google Earth lesbare Keyhole Markup Language (KML) Format umformatiert. Danach lässt sich die Fahrstrecke auf einer Google Earth Karte darstellen. Streckenpunkte, an denen

der Abstandswarner anspricht können z.B. durch Symbole hervorgehoben werden. Dadurch ergibt sich z.B. ein Bild der gefährlichen Punkte auf dem Schulweg (Abb. 12, Seite 23). Diese Auswerteschritte können noch nicht vollständig automatisiert werden. Die Auswertung der aufgezeichneten Abstandssignale erfordert noch manuelle Bearbeitung und auch die Positionsangaben sind teilweise ungenau, da die Speicherung der Daten auf der SD Karte durch den Arduino bzw. das verwendete Programm noch zu große Verzögerungen aufweist.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Hauptzweck dieses Gerätes ist, die tägliche Fahrt mit dem Rad zur Schule sicherer zu machen. Diese Funktion erfüllt das Fahrrad Radar recht zuverlässig durch optische und akustische Warnsignale. Mit dem selbstgebauten Entfernungsmesser konnte auch das Funktionsprinzip des Sharp Infrarot-Entfernungsmessers nachvollzogen werden.

Für den täglichen Einsatz sollte der Prototyp an einigen Punkten verbessert werden. Aus den Testfahrten und Hinweisen von potentiellen Nutzern ergaben sich eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen und Wünschen. Hierzu gehörte z.B. die Anschlussmöglichkeit für GoPro Aktion Kamera, der Wunsch, statt Kabelverbindungen drahtlose Verbindungen, insbesondere zum Helm, zu verwenden und auch die Anregung, die Stromversorgung, z.B. durch die Anbindung an einen Nabendynamo zu verbessern. Weitere Warnsignale auch für Autofahrer sind ebenfalls wünschenswert. Insbesondere sollte eine im täglichen Betrieb nutzbare Einheit auch deutlich kleiner sein als der Prototyp. Für dieses Produkt wurde ein Patent angemeldet. Zudem ist geplant, ein solches Produkt kommerziell verfügbar zu machen.

#### Quellenverzeichnis

- [1] OLG Hamm, Az. 9 U 66/92 in Fachausschuss ADFC
- [2] Florida Statutes 316.083 Overtaking and passing a vehicle, in <http://www.leg.state.fl.us/> seit 2006 in Kraft
- [3] Assembly bill AB1371 (Three Feet for Safety Act) in <http://leginfo.legislature.ca.gov> , seit 1.1.2014 in Kraft
- [4] Aus <http://swfbicycling.blogspot.com>
- [5] Banzi, Massimo: "Getting Started with Arduino". Sebastopol, 2011.
- [6] Fachausschuss Radverkehr von ADFC und SRL (Hrsg.): "Fachwissen für den Fahrradalltag: Seitliche Sicherheitsabstände", Bremen 2010.
- [7] Hentges, Max und Rising, Nigel: "Das Fahrrad-Radar". Jugend Forscht Wettbewerb, Berlin, 2014.
- [8] <http://www.adafruit.com/datasheets/GlobalTop-FGPMOPA6H-Datasheet-V0A.pdf>. Abgefragt am 23.7.2014.
- [9] <http://arduinosenors.com/index.php/sharp-gp2d120-distance-sensor-tutorial/>. Abgefragt am 19. Nov. 2013.
- [10] [http://www.doc-diy.net/photo/eos\\_wired\\_remote/](http://www.doc-diy.net/photo/eos_wired_remote/). Abgefragt am 23.7.2014.
- [11] [http://www.leg.state.fl.us/Statutes/index.cfm?App\\_mode=Display\\_Statute&Search\\_String=&URL=0300-0399/0316/Sections/0316.083.html](http://www.leg.state.fl.us/Statutes/index.cfm?App_mode=Display_Statute&Search_String=&URL=0300-0399/0316/Sections/0316.083.html). Abgefragt am 23.7.2014.
- [12] [http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill\\_id=201320140AB1371](http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201320140AB1371). Abgefragt am 23.7.2014
- [13] JFKS Computer Club Notes, Berlin, 2013.
- [14] Margolis, Michael. "Arduino Cookbook", Sebastopol, 2012.
- [15] Mizuo, Kazuhiro, Yamaguchi, Akifumi, Kawanishi, Shinya, Fujikawa, and Atsuo. "Optical Distance Measuring Sensor and Self Propelled Cleaner". Sharp Kabushiki Kaisha, assignee. U.S. Patent 7.119.887. 10 Oct. 2006.
- [16] Sharp. "GP2Y0A02YK. Long Distance Measuring Sensor", Datenblatt o.O., o. J.