



FACHHOCHSCHUL - BACHELORSTUDIENGANG
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

Recherche, Gegenüberstellung und Bewertung von Abstands- und Farbsensoren für autonome Roboter

Als Bachelorarbeit eingereicht

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering

von

MATTHIAS KOFLER

April 2010

Betreuung der Bachelorarbeit durch
Prof. (FH) Dipl. Ing. Walter Rokitansky



Campus **Wels**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe und dass die Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....
«Vorname, Name»

.....
«Wohnort», «Datum»

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
1 Vorwort	1
2 Grundlagen zur Sensorik	2
2.1 Was sind Sensoren?	2
2.2 Infrarot	2
2.3 Ultraschall	3
3 Einsatz von Sensoren in autonomen Robotern	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Abstandssensoren	4
3.2.1 Verfahren zur Abstandsmessung	4
3.2.2 Abstandsmessung mittels Ultraschall	5
3.2.3 Abstandsmessung mittels Infrarot	6
3.3 Farbsensoren	7
3.3.1 Dreibereichsverfahren	7
3.3.2 Teach-in	8
4 Auswahl von Sensoren für den mobilen Einsatz	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Auswahl von Sensoren	9
4.3 Ultraschall - Abstandssensoren	10
4.3.1 Devantech SRF- Serie	11
4.3.1.1 SRF04	11
4.3.1.2 SRF05	12
4.3.1.3 SRF08	12
4.3.1.4 SRF10	13
4.3.1.5 Gegenüberstellung der SRF - Serie	13
4.3.2 Parallax PING Ultraschall Sensor	14
4.4 Infrarot - Abstandssensoren	15
4.4.1 Sharp Infrarotsensoren GP2 - Serie	15
4.4.1.1 GP2D120	16
4.4.1.2 GP2D150A	16
4.4.1.3 Gegenüberstellung der GP2 - Serie	17

4.4.1.4	Distanzsensor IS471F	17
4.5	Farbsensoren	18
4.5.1	CS8 Baureihe der Firma SICK	19
4.5.2	colorCONTROL R200 D von Eltrotec	19
5	Fazit und Dank	21
6	Verzeichnisse	22
	Abbildungsverzeichnis	23
	Tabellenverzeichnis	24
	Literaturverzeichnis	25
7	Anhang	26

Kapitel 1

Vorwort

Die Technik hat im Laufe der Jahre einen immer höher werdenden Stellenwert eingenommen und ist heute aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Vor allem die Robotik hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Hört man das Wort „Robotik“ denkt man sofort an Roboter im industriellen Bereich, die sogenannten Industrieroboter. Diese werden in der industriellen Fertigung für komplexe und präzise Arbeiten, wie sie ein Mensch in dieser Form nicht leisten könnte, wie beispielsweise in Schweißprozessen, etc. eingesetzt. Doch das jüngste Projekt im Bereich der Robotersysteme stellen autonome Roboter dar. Diese werden unter anderem in Umgebungen eingesetzt wo ein Einsatz für den Menschen zu gefährlich wäre (z.B. atomare Umgebungen, Sprengstoffhandhabung). Umgebungen in welchen aus Platzgründen der Zugang für den Menschen untersagt ist (z.B. Lüftungsschächte, Abwasserkanäle) sowie Arbeiten bei welchen spezielle Ausrüstungen notwendig sind (z.B. Weltraum), gehören ebenfalls zu den Anwendungsbereichen von autonomen Robotern. An dem Fortschritt der heute zur Verfügung stehenden autonomen Robotersysteme haben auch die weltweiten Roboterbewerbe welche jährlich stattfinden, wesentlichen Anteil daran. Diese Roboterwettbewerbe geben Entwicklern und Ingenieuren aus aller Welt die Chance ihr Wissen und ihre Erfahrungen im Bereich der Robotik auszutauschen um so die Entwicklung neuer Technologien voranzutreiben. Aus diesem Grund nimmt auch die Fachhochschule Wels mit einer Gruppe von Studenten und Mitarbeitern, dem sogenannten Robo Racing Team¹ jährlich an nationalen und internationalen Roboterwettbewerben wie beispielsweise an der Eurobot (international, Austragungsorte wechseln jährlich) oder der Robot-Challenge (national, Wien) teil. Ziel ist es autonome Roboter zu bauen welche die Fähigkeit besitzen, Aufgaben wie sie durch das Reglement des entsprechenden Wettbewerbs vorgegeben werden, absolvieren können. Bei den für die Wettbewerbe entwickelten und gebauten Robotern, kommen seit Jahren dieselben Abstandssensoren zum Einsatz. Ebenso stellt speziell der Roboterwettbewerb Eurobot jährlich immer höhere Anforderungen an die Entwickler und ihre Roboter, sodass dem Einsatz von Farbsensoren in den nächsten Jahren eine immer größere Bedeutung zukommen wird. Aus diesem Grund beschäftigt sich diese Arbeit mit der Recherche und Gegenüberstellung verschiedenster Farb- und Abstandssensoren. Ziel dieser Arbeit ist es das Potential der entwickelten Roboter mit Hilfe der richtigen Sensoren zu steigern um international konkurrenzfähiger zu werden.

¹<http://rrt.fh-wels.at>

Kapitel 2

Grundlagen zur Sensorik

2.1 Was sind Sensoren?

Anhaltspunkt für das ständig weiterentwickelte Fachgebiet Sensorik sind die in der Natur vorkommenden Phänomene. Demzufolge gibt es Sensoren welche die unterschiedlichsten physikalischen und elektrischen Effekte ausnutzen, um physikalische Messgrößen in elektrische Messsignale umzuwandeln. Sensoren entsprechen also wenn man so will den menschlichen Sinnesorganen weshalb zunächst die Definition welche die Sensorik als Sammelbegriff für die Gesamtheit aller Sinneswahrnehmungen beschreibt, angeführt wird.

Definition: „*Ein Sensor (lateinisch: Sensus = der Sinn) ist ein mechanisch-elektronisches Bauteil, das eine gemessene physikalische oder chemische Größe (z.B. Temperatur, Druck oder Entfernung) in ein geeignetes elektrisches Signal umwandelt.*“ [www.uni-muenster.de, 2010]

Grundsätzlich werden Sensoren bezüglich ihres Anwendungsbereiches in interne und externe Sensoren unterteilt. Interne Sensoren dienen hauptsächlich der Erfassung von Parametern. Externe Sensoren hingegen werden zur Messung der Umwelt eingesetzt. Zu diesen externen Sensoren zählen unter anderem Visuelle Sensoren (z.B. Farbsensoren) und Abstandssensoren (aktustische oder optische Sensoren) welche Gegenstand dieser Arbeit sind und im Verlauf dieser näher behandelt werden.

2.2 Infrarot

Die Infrarot-Strahlung, kurz IR-Strahlung gleichbedeutend mit der Wärmestrahlung ist ein Teil der optischen Strahlung und damit ein Bestandteil des elektromagnetischen Spektrums¹, zu dem auch die Funkwellen, das sichtbare Licht, die ultraviolette Strahlung sowie Gamma- und Röntgenstrahlen gehören. Sie schließt sich in Richtung längerer Wellenlängen an das sichtbare Licht an. Der Wellenlängenbereich von Infrarot reicht von 780nm bis 1mm (Abb. 2.2.1). Diese wiederum wird nochmals unterteilt in die kurzwellige nahe IR-Strahlung mit einem Wellenlängenbereich von 780nm bis 1400nm, der mittleren IR-Strahlung mit einem Wellenlängenbereich von 1400nm bis 3000nm und den langwelligen Teilbereich, die weite IR-Strahlung von 3000nm bis 1mm. Abhängig vom durchlaufenden Medium ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit c des Lichtes.

¹Bei elektromagnetischen Wellen sind magnetisches und elektrisches Feld in Phase; Zudem stehen die beiden Feldvektoren senkrecht aufeinander.

Im Vakuum beträgt diese $\sim 2,99 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

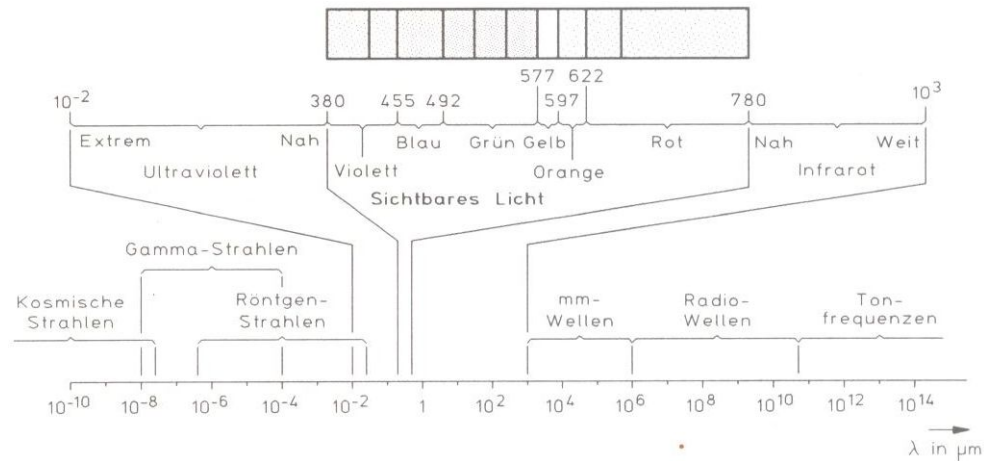


Abbildung 2.2.1: Elektromagnetisches Strahlungsspektrum mit den entsprechenden Anwendungen in der Technik [H. Bernstein, Sensoren und Meßelektronik, 1998, S.200]

Der sichtbare Bereich vergleichsweise liegt im Wellenlängenbereich von 380nm bis 780nm. Vollständigkeitshalber soll noch erwähnt werden, dass das Licht je nach Material eines Hindernisses an diesem reflektiert, in diesem absorbiert oder durch dieses hindurch tritt (Transmission).

2.3 Ultraschall

Als Ultraschall werden Schallwellen bezeichnet, deren Frequenzen im Bereich 20kHz bis 1,6GHz liegen und vom menschlichen Ohr nicht mehr wahrgenommen werden. Das menschliche Hörvermögen zum Vergleich liegt zwischen 20Hz bis 20kHz. Schallwellen können sich in Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern ausbreiten. Ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit c jedoch ist stark vom Medium welches die Schallwellen durchlaufen abhängig und somit nicht immer gleich schnell. So beträgt die Schallgeschwindigkeit in Luft bei etwa 20°C Raumtemperatur $c = 343 \frac{m}{s}$. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist proportional zur Temperatur d.h, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit bei geringer Temperatur kleiner wird. In Luft bei 0°C beträgt diese beispielsweise nur noch $331 \frac{m}{s}$. [vgl. J.Niebuhr/G. Lindner, 2002, S.343/345]

Aufgrund der hohen Frequenzen ist die Wellenlänge von Ultraschall relativ klein. Die Wellenlänge nimmt mit steigender Frequenz gemäß der Beziehung

$$\lambda = \frac{c_m}{f} \tag{2.3.1}$$

mit λ ...Wellenlänge, c_m ...Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium, f ...Frequenz

ab.

Kapitel 3

Einsatz von Sensoren in autonomen Robotern

3.1 Allgemeines

Definition: „Ein autonomer mobiler Roboter ist eine Maschine, die sich in einer natürlichen Umgebung aus eigener Kraft und ohne Hilfestellung von außen bewegen und dabei ein ihr gestelltes Ziel erreichen kann. Dabei erkennt sie die Umwelt, sofern dies notwendig ist, über eigene Sensoren.“ [www.uni-muenster.de, 2010]

Beim Einsatz von autonomen Robotern ist es wichtig, dass sich dieser frei in seiner Umgebung bewegen kann. Um dieser Anforderung gerecht zu werden muss der Roboter unter anderem in der Lage sein in der Umgebung befindliche Objekte zu detektieren, um Ziele zu finden und bestimmte Aufgaben gezielt durchführen zu können, aber auch um Hindernissen ausweichen zu können. Neben der Detektierung von Objekten gehört auch die Abstandsmessung zu den Hauptaufgaben eines autonomen Roboters. Hierfür sind im Laufe der Jahre verschiedenste Konzepte und Messverfahren entwickelt worden welche sich in der modernen Robotik als „Stand der Technik“ etabliert haben.

3.2 Abstandssensoren

Abstandssensoren messen die Entfernung zwischen dem Sensor und einem Gegenstand. Sie dienen dem Roboter zur Orientierung in seiner Umgebung sowie auch zur Kollisionsvermeidung.

3.2.1 Verfahren zur Abstandsmessung

Einige Verfahren der Abstandsmessung sind im Folgenden angeführt.

- Laufzeitverfahren
- Triangulationsverfahren
- Phasenverfahren (Phasenvergleich)
- Unschärfeverfahren

Der Begriff Laufzeitverfahren ist gleichbedeutend mit der Puls-Echo Methode und beschreibt ein Messprinzip zur Abstandsbestimmung. Wie sich schon aus der Bezeichnung ableiten lässt, kann die Entfernung zwischen Sensor und Objekt über die Laufzeit bestimmt werden. Die dafür am häufigsten zum Einsatz kommenden Sensoren sind aktustische Sensoren (Ultraschallsensoren). Dieses Verfahren erfreut sich deshalb großer Beliebtheit, da es einerseits kostengünstig realisierbar und andererseits die Bestimmung der Entfernung relativ einfach ist. Werden für Abstandsmessungen optische Sensoren (Infrarotsensoren) eingesetzt, so erfolgen diese über die Messung von Intensitätsänderungen oder auch über das Triangulationsverfahren.

3.2.2 Abstandsmessung mittels Ultraschall

„Während sich vor allem im Bereich kürzerer Entfernung die Messung mit dem Triangulationsverfahren durchgesetzt hat, wird für Messungen im mittleren und größeren Entfernungsbereich das Laufzeit - Messverfahren („time of flight“) benutzt.“ [A.W. Koch u.a., 1998, S.57]

Aufgrund der relativ einfachen Bestimmbarkeit der Laufzeit eines reflektierenden Ultraschallimpulses ist die Abstandsmessung neben der Hinderniserkennung eine grundlegende Anwendung von Ultraschall-Distanzsensoren. Es wird das Prinzip des Impuls-Echos verwendet welches der Natur abgeschaut ist. Die wohl bekanntesten Tiere die dieses Prinzip zur Orientierung nutzen sind Fledermäuse. Sie stoßen dabei hochfrequente Laute aus und verwenden die von Gegenständen reflektierten Echos um die Lage und Entfernung der Gegenstände zu erkennen. Im Bereich der Sensorik werden Ultraschallwandler zur Erzeugung von Schallwellen verwendet. Hierfür wird der piezoelektrische Effekt¹ ausgenutzt. In autonomen Robotern werden zum Senden und Empfangen von Schallwellen meist sogenannte Ultraschallmodule eingesetzt. Diese bestehen aus zwei Ultraschallwandlern, einer Sende- und Empfänger kapsel.

Die Sendekapsel wird mit kurzen Spannungsimpulsen - normalerweise in periodischer Folge - zum Schwingen angeregt und sendet impulsförmige Ultraschallsignale, sogenannte „Bursts“ in Form von Schallwellen an ihrer Oberseite ab. Diese pflanzen sich mit der Schallgeschwindigkeit c_m im Ausbreitungsmedium fort und werden an dem Objekt, dessen Abstand gemessen werden soll, reflektiert. Die zurücklaufenden Schallwellen werden in der Empfänger kapsel wiederum in ein elektrisches Signal umgewandelt. Der Zusammenhang zwischen der gemessenen Laufzeit t des Ultraschallsignals und dem Abstand d zwischen Sender und reflektierendem Objekt kann durch folgende Formel beschrieben werden

$$d = c_m \cdot \frac{t}{2} \tag{3.2.1}$$

Wie aus Abbildung 3.2.1 ersichtlich wird, muss das Ultraschallsignal die Strecke zwischen Ultraschallwandler und Objekt zweimal zurücklegen, weshalb die gemessene Zeit durch den Faktor $\frac{1}{2}$ halbiert wird.

¹Mechanische Formänderung des Kristalls durch Anlegen einer elektrischen Spannung, und umgekehrt.

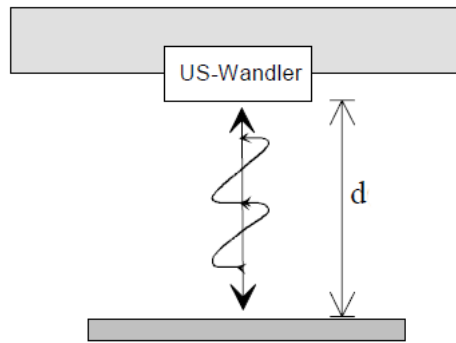


Abbildung 3.2.1: Prinzip einer Laufzeitmessung

Aus Formel 3.2.1 lässt sich jedoch auch direkt das Umkehrproblem ablesen. Der Nachteil bei der Verwendung eines einzigen Ultraschallwandlers zum Senden und Empfangen ist, dass die Umschaltung des Ultraschallwandlers zwischen elektrischer Sende- und Empfangsstufe durch elektronische Schalter, beispielsweise durch zwei antiparallel geschaltete Dioden erfolgt. Dadurch ist der Sensor nach dem Senden für eine kurze Zeit t_{bl} „blind“. Dieser benötigt nämlich nach dem Absenden des Impulses eine gewisse Zeit um wieder in den Ruhezustand zurückzukehren (ring-down time) d.h., dass nach dem Senden die Schwingungsamplitude am Wandler erst wieder abklingen muss, bevor der Wandler für den Empfang des reflektierten Pulses wieder zur Verfügung steht. Dies hat zur Folge, dass Echosignale von Objekten, welche den Mindestabstand

$$d_{min} = 2 \cdot c_m \cdot t_{bl} \quad (3.2.2)$$

unterschreiten, unterdrückt werden. [vgl. H.-R. Tränkler, E. Obermeier, 1998, S.523f]

3.2.3 Abstandsmessung mittels Infrarot

Infrarotsensoren bestehen im wesentlichen aus einer Lichtquelle und einer Fotodiode². Die Lichtquelle dient dabei als Sender und die Fotodiode als Empfänger. Wird der ausgesandte Infrarotstrahl an der Oberfläche des detektierten Messobjekts reflektiert, trifft dieser im Folgenden auf den p-n-Übergang³ der Fotodiode. Diese wird dadurch leitend und das infrarote Licht wird durch einen inneren Fotoeffekt in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Ausgehend davon, dass alle Objekte in der Umgebung des Roboters für das Infrarot sichtbar sind, können Infrarotsensoren problemlos zum Messen von Distanzen verwendet werden. Die Distanz zwischen Sensor und Objekt lässt sich gemäß der Formel 3.2.3 über die Intensität des reflektierten Lichts bestimmen.

$$I = \frac{1}{d^2} \quad (3.2.3)$$

mit I ...Intensität des reflektierten Lichts und d ...Abstand zwischen Sensor und Objekt

Da die Intensität des Infrarotsignals umgekehrt proportional zu d^2 ist, also mit wachsender Distanz d rasch abnimmt, werden Infrarotsensoren normalerweise für kurze Reichweiten im Bereich von bis zu 100cm eingesetzt. [vgl. M. Haun, 2007, S.140f]

²Halbleiter-Diode welche abhängig von der Wellenlänge vorzugsweise aus Silizium oder Germanium besteht

³Als p-n-Übergang bezeichnet man einen Materialübergang in Halbleitern zwischen Bereichen mit unterschiedlicher Dotierung.

In realen Umgebungsbedingungen kommt noch hinzu, dass die Oberflächen der verschiedensten Objekte unterschiedliche Farben haben, die jeweils mehr oder weniger Licht reflektieren. Demzufolge ist die Intensität des reflektierten Lichts nicht nur von der Entfernung sondern unter anderem auch von der Farbe des Objektes abhängig. Moderne Infrarotsensoren arbeiten deshalb nach dem Prinzip der Triangulation. Dieses Verfahren wird später im Punkt 4.4.1 kurz beschrieben.

3.3 Farbsensoren

Farbsensoren wie man diese aus dem industriellen Einsatz kennt sind meist diskrete elektronische Bauteile. In modernen Farbsensoren sind Sender und Empfänger in einem Gehäuse untergebracht. Der Sender besteht hierbei aus einer weißen LED⁴ welche als Weißlichtquelle dient. Der Empfänger besteht aus drei Fotodioden von denen jede für einen bestimmten Farbbereich im Rot, Grün und Blau empfindlich ist. Die im Bereich der Automatisierungstechnik eingesetzten Farbsensoren arbeiten nach dem sogenannten „Dreibereichsverfahren“.

3.3.1 Dreibereichsverfahren

Das Dreibereichsverfahren beruht auf dem Verhalten von Licht bei Reflexion. Wie mit einem Prisma nachweislich feststellbar ist, ist weißes Licht nicht „einfarbig weiß“ sondern besteht aus vielen unterschiedlichen Farben, von denen das menschliche Auge das Spektrum von rot bis violett wahrnehmen kann. Wird eine einfarbige Fläche also mit weißem Licht bestrahlt, so wird nur ein Teil des Lichtes reflektiert. Das reflektierte Licht hat dabei die gleiche Farbe wie die bestrahlte Fläche. Wird die einfarbige Fläche dagegen mit einfarbigem Licht bestrahlt, so wird nur dann Licht reflektiert, wenn das Licht die gleiche Farbe wie die bestrahlte Fläche hat (Abb. 3.3.1).

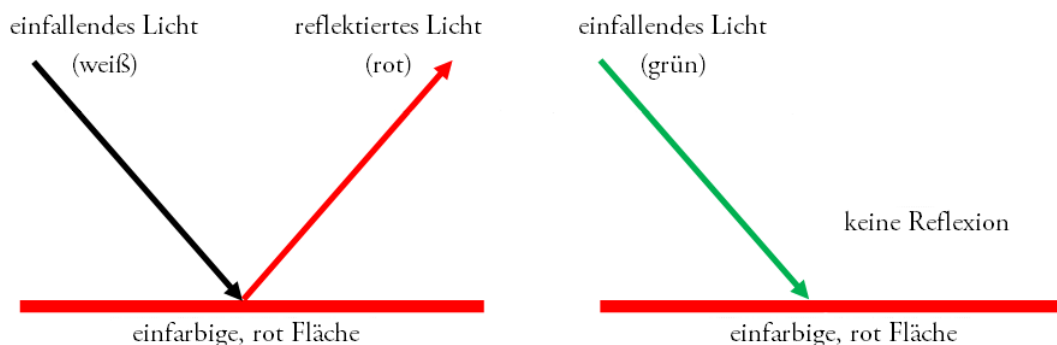


Abbildung 3.3.1: Verhalten von Licht bei Reflexion

Soll die Farbe einer Oberfläche gemessen werden, so wird das Prüfobjekt durch den Sensor mit weißem Licht beleuchtet. Je nach Farbe des Objektes wird das Licht am Prüfobjekt entsprechend reflektiert. Das reflektierte zu untersuchende Licht fällt dabei auf drei Fotodioden im Empfänger wo dieses mit vorgegebenen Werten verglichen wird (Abb. 3.3.2).

⁴Light Emitting Diode

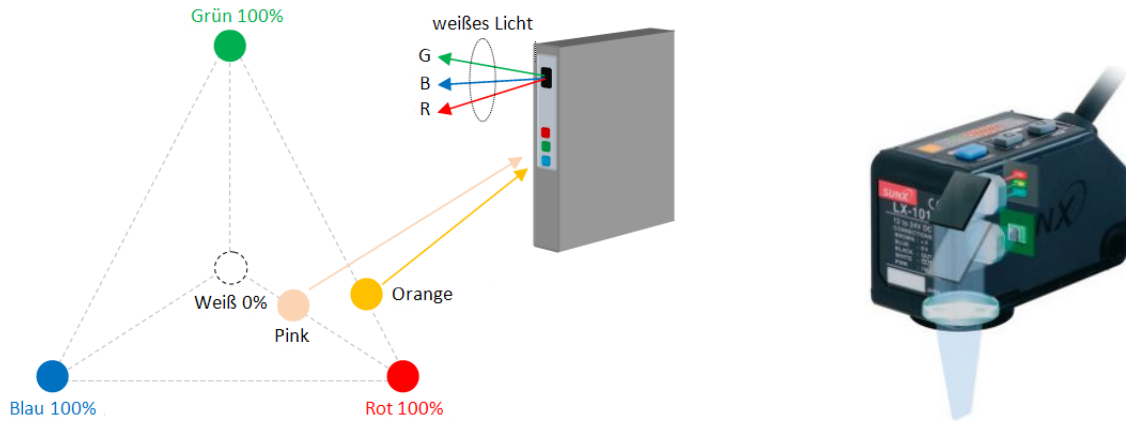


Abbildung 3.3.2: (li) Dreibereichsverfahren (re) Farbsensor mit „Teach-in“ [www.vfmz.com, 2010]

3.3.2 Teach-in

Farbsensoren arbeiten nicht nach einem absoluten Messverfahren, sondern nach einem vergleichenden Verfahren bei dem ein Referenzwert vorgegeben wird. Diese frei wählbaren Referenzwerte „lernt“ der Sensor über das sogenannte „Teach-in“ Verfahren. Dabei wird jeder Farbe ein Spannungsbereich zugeordnet. Trifft das zu untersuchende Licht auf den Empfänger werden die jeweiligen Farbanteile in analoge Farbwertanteile gewandelt, digitalisiert und mit den „gelernten“ Referenzwerten verglichen (Abb. 3.3.3). [vgl. H. Bernstein, 1998, S.259]

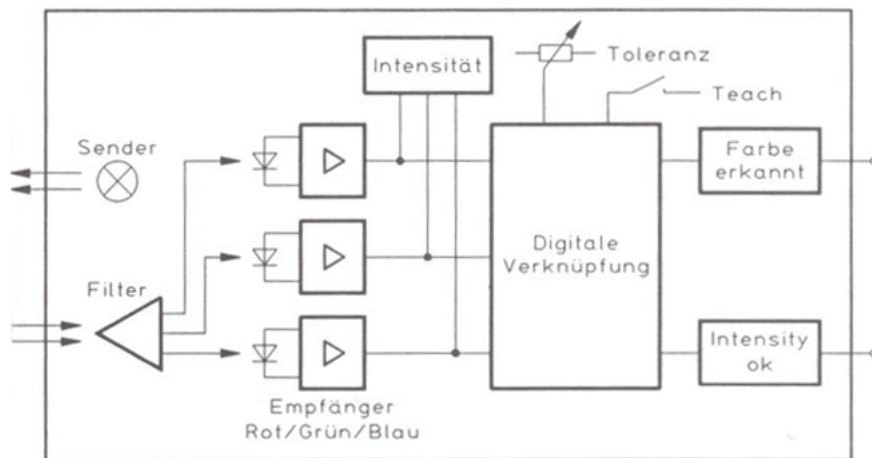


Abbildung 3.3.3: Prinzipaufbau eines Farbsensors mit „Teach-in“ Funktion [H. Bernstein, Sensoren und Meßelektronik, 1998, S.259]

„Je nach Sensortyp sind zwischen 1 und 32 beliebige Farben erlernbar, die unter vielen 100000 möglichen Farben erkannt werden. [...] Die Referenzwerte leiten die Farberkennungssensoren im „Teach-in“-Verfahren von einem „Gut“-Muster ab; dazu genügt ein Tastendruck. Für jeden Referenzwert legt das Gerät automatisch einen Toleranzbereich fest, innerhalb dessen die Farbe als erkannt gelten soll. Die Toleranzwerte kann man bei Bedarf nachträglich verändern. Es ist auch möglich, zwischen den Farben zu unterscheiden, die in der spektralen Zusammensetzung gleich sind, nicht jedoch in der Helligkeit.“ [H. Bernstein, 1998, S.259f]

Kapitel 4

Auswahl von Sensoren für den mobilen Einsatz

4.1 Allgemeines

Das Einsatzgebiet von Sensoren reicht von der Industrie über die Medizin bis hin zum Haushalt. Nicht zuletzt wegen den laufenden technischen Fortschritten und Weiterentwicklungen in diesen Bereichen werden die Anforderungen an die Sensorik und damit auch deren Einsatzgebiet immer größer. Aus diesem Grund kommen wie auch in anderen Fachgebieten laufend neue Produkte auf den Markt. Durch die rasche Weiterentwicklung und der Vielfalt an bestehenden Sensoren ist der Sensormarkt mit den Jahren unüberschaubar geworden. Diese Unübersichtlichkeit führt dazu, dass sich das Finden des richtigen Sensors immer schwieriger gestaltet.

4.2 Auswahl von Sensoren

Die Auswahl des passenden Sensors hängt zunächst von der Messaufgabe sowie dem Anwendungsbereich ab. So richtet sich die Suche einerseits nach den Anforderungen an den Sensor in Abhängigkeit der Messaufgabe und andererseits an die Randbedingungen unter welchen dieser später eingesetzt werden soll. Das Fachgebiet Sensorik ist aufgrund ihrer Notwendigkeit in aller Art von Systemen zu einem wesentlichen Wirtschaftsfaktor geworden. Darum spielt bei der Auswahl in den meisten Fällen auch der Kostenfaktor eine wesentliche Rolle.

Die Auswahl der folgenden Abstands- und Farbsensoren bezieht sich auf den Einsatz in mobilen Robotern für die verschiedensten Roboterwettbewerbe. Abhängig vom Bewerb sind das Einsatzgebiet und die Anforderungen an den Roboter bekannt. Dadurch wird die Auswahl dahingehend erleichtert, da man die „Ansprüche“ an die Sensoren besser einschätzen und dementsprechend auch einschränken kann. Schon bei der Entwicklung eines autonomen Roboters kommen eine Vielzahl von Faktoren zusammen welche die Sensorwahl deutlich beeinflussen können. So muss neben den technischen Eigenschaften der Sensoren auch die Baugröße und Bauform des Roboters berücksichtigt werden. Bedingt durch das Reglement dürfen die Roboter großteils gewisse Maße nicht überschreiten, sodass die Bauform und Montage des Sensors auch berücksichtigt werden muss. Zudem muss bei der Umsetzung im Normalfall noch ein gewisses Budget eingehalten werden. Je nach Wahl und Anzahl der eingesetzten Sensoren können diese mehrere Hundert Euros

des Budgets beanspruchen. Autonome Roboter bewegen sich frei und selbstständig weshalb Kollisionen nicht ausgeschlossen werden dürfen. Im schlimmsten Fall können die Sensoren dadurch zu Schaden kommen und infolgedessen nicht mehr richtig funktionieren, weshalb diese ohne großen Aufwand austauschbar sein müssen. Aus diesem Grund sollen Sensoren nicht nur robust sondern auch reproduzierbar¹ sein. Das Hauptaugenmerk bei der Wahl der Sensoren jedoch liegt auf deren Spezifikationen². Die Spezifikationen beinhalten um nur einige zu nennen je nach Sensortyp Informationen über die Messgenauigkeit, Ausgangssignale, Mess- und Toleranzbereiche, Schaltfrequenzen und Versorgungsspannungen. Nachdem sich die Auswahl der Sensoren größtenteils nach den Spezifikationen richtet, müssen die Rahmenbedingungen und Anforderungen an den Roboter vorab geklärt werden und können daher nicht verallgemeinert werden.

Die Suche und Auswahl folgender Abstands- und Farbsensoren basiert vollständig auf einer Internet Recherche. Dabei werden einerseits Farbsensoren aus dem industriellen Bereich und andererseits Abstandssensoren wie sie in diversen bekannten Roboterforen³ weit verbreitet sind, betrachtet. An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass es aufgrund der Vielzahl nicht möglich ist, alle geeigneten Sensoren anzuführen. Daher beschränkt sich diese Arbeit so gut wie möglich auf bereits in autonomen Robotern eingesetzten, bekannten Abstandssensoren sowie möglichen einsetzbaren Industrie-Farbsensoren.

4.3 Ultraschall - Abstandssensoren

Ultraschallsensoren arbeiten völlig berührungslös und sind in der mobilen Robotik neben den Infrarotsensoren die wohl weit verbreitetsten Sensoren zur Hinderniserkennung und Abstandsmessung. Ein großer Vorteil von Ultraschallsensoren ist, dass diese vollständig material- und farbusabhängig funktionieren. Es spielt also keine Rolle welche Farbe oder aus welchem Material das entfernte Objekt besteht. Egal ob die Objekte aus Glas bestehen oder mit speziellen Folien überzogen sind, Ultraschallsensoren sind im Gegensatz zu Infrarotsensoren in der Lage diese zu detektieren. Außerdem nimmt das Umgebungslicht wie beispielsweise Sonnenstrahlung keinen Einfluss auf das Messergebnis.

Ein Nachteil von Ultraschallsensoren ist, dass sich der Schall nicht strahlförmig ausbreitet sondern keulenförmig. Abhängig vom Ausbreitungswinkel des Sensors können so auch Objekte erfasst werden welche außerhalb der Mittelrichtung der Schallkeule liegen. Ein mit der Distanz d erfasstes Objekt, kann sich also in Wirklichkeit in jeder beliebigen Position auf einem Kreisbogen mit dem selben Radius r innerhalb der Schallkeule befinden. Somit bleibt die präzise Position des erkannten Objektes unbekannt. Weiters können Spiegelreflexionen oder Totalreflexionen fehlerhafte Messungen verursachen. Spiegelreflexionen entstehen, wenn die Schallwellen⁴ in einem flachen Winkel auf eine glatte Oberfläche auftreffen und deshalb nicht zum Roboter zurückkehren, sondern nach außen abgelenkt werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Schallgeschwindigkeit ungünstigerweise stark temperaturabhängig ist (siehe Punkt 2.3) und es dadurch zu Fehlinterpretationen des Messergebnisses kommen kann. Eine Temperaturveränderung von beispielsweise 16°C kann einen Messfehler von 30cm über eine Entfernung von 10m bewirken. Ein

¹Exakt gleiches Verhalten ohne beispielsweise Softwareänderungen vornehmen zu müssen

²Technische Eigenschaften eines Sensors

³www.roboter-teile.de, www.roboternetz.de, www.rn-wissen.de, www.mikrocontoller.net

⁴Schallwellen = Akustisches Signal

solcher Messfehler könnte für einen Rescue Roboter welcher unter anderem Kartenerstellungsaufgaben hat, eine sehr unpräzise Umgebungskartographie zur Folge haben. Außerdem können Probleme auftreten wenn mehrere Ultraschallsensoren gleichzeitig akustische Signale aussenden. Dadurch kann es zum sogenannten „Übersprechen“⁵ kommen, wobei ein Sensor das reflektierte Signal eines anderen Sensors aufnimmt und damit falsche Echos erhält. Falsche Messergebnisse sind die Folge. [vgl. M. Haun, 2007, S.141f]

4.3.1 Devantech SRF- Serie

„Die Firma Devantech hat eine Serie von sehr günstigen und kleinen Ultraschallsensoren entwickelt, die sich im Bereich "autonome Robotersysteme" durchgesetzt haben. Sie sind sehr verbreitet, da sie auch für "Hobby-Robotiker" erschwinglich sind und es sich nicht lohnen würde vergleichbare Module selber zu bauen, da diese meistens ungenauer und teurer wären. Bekannt wurde die Serie durch den SRF04.,, [www.rn-wissen.de, 2009]

4.3.1.1 SRF04

Der Ultraschallsensor SRF04 ist in der Lage die Entfernung bis zum ersten schallreflektierenden Objekt zu messen. Die Entfernung wird dabei als äquivalente Impulslänge an einem Ausgang des Moduls zur Verfügung gestellt und kann mit einem geeigneten Microcontroller⁶ bestimmt werden. Das zu messende Objekt muss sich in einer Entfernung von 3cm bis 3m vom Modul befinden. Dabei wird immer die Entfernung zum ersten Objekt (kürzeste Entfernung) angegeben, mehrfache Echos (weitere Objekte) werden nicht berücksichtigt. Das Modul besitzt eine relative geringe Stromaufnahme und hohe Genauigkeit. Beispielsweise ist es mit dem SRF04 möglich einen 3 cm dicken Besenstiel in 2m Entfernung zu detektieren. [vgl. www.rn-wissen.de, 2009]



Abbildung 4.3.1: Ultraschallsensor SRF04 [www.acroname.com, 2010]

Zeitdiagramme, Abstrahlcharakteristik und eine im Detail erläuterte Funktionsweise in Verbindung mit Mikrocontrollern ist aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

⁵Engl. Crosstalk

⁶z.B. ATMEGA, ATMEL

4.3.1.2 SRF05

Der Nachfolger des SRF04 ist der SRF05. Gegenüber dem SRF04 bietet dieser neue Möglichkeiten. Der Ultraschallsensor SRF05 besitzt eine höhere Reichweite bis zu 4m. Dieser ist voll kompatibel zu dem SRF04 und verfügt darüber hinaus noch über eine Betriebsart bei dem das Modul über einen einzigen Port (Pin) gesteuert werden kann. Das heißt, dass sowohl der Triggerimpuls (Start der Messung) als auch der Echoimpuls (Ergebnis) über die gleiche Leitung übertragen werden. [vgl. www.rn-wissen.de, 2009]



Abbildung 4.3.2: Ultraschallsensor SRF05 [www.acroname.com, 2010]

Zeitdiagramme, Abstrahlcharakteristik und eine im Detail erläuterte Funktionsweise in Verbindung mit Mikrocontrollern ist aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

4.3.1.3 SRF08

Die Alternative zum SRF04 und SRF05 ist der beliebte SRF08. Dieser kann über den I²C-Bus⁷ ausgewertet werden und verfügt über eine Reichweite von 3cm bis 6m. Er hat eine noch kleinere Stromaufnahme und zusätzlich befindet sich auf der Platinenfront ein lichtabhängiger Widerstand, kurz LDR⁸, dessen Lichtmesswerte sich ebenfalls über den I²C-Bus auswerten lassen. Durch den SRF08 wird es möglich, auch bis zu 16 Mehrfachechos von weiter hinten gelegenen Objekten auszuwerten, die bei dem SRF04 ignoriert werden. Über den I²C-Bus können die Messwerte in Zentimeter, Zoll und in Bezug auf die Laufzeit in μ s ausgelesen werden. Man spart sich somit die externe Auswertung der Laufzeit wie bei dem SRF04. Zudem können insgesamt 16 SRF08-Module an einen I²C-Bus angeschlossen werden. [vgl. www.rn-wissen.de, 2009]



Abbildung 4.3.3: Ultraschallsensor SRF08 [www.acroname.com, 2010]

Zeitdiagramme, Abstrahlcharakteristik und eine im Detail erläuterte Funktionsweise in Verbindung mit Mikrocontrollern ist aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

⁷Serieller Datenbus welcher aus zwei Leitungen Serial Clock (SCL) und Serial Data (SDA) besteht

⁸Light Dependent Resistor

4.3.1.4 SRF10

Der Ultraschallsensor SRF10 ist quasi der Nachfolger vom SRF08. Dieser kann ebenso wie der SRF08 über den I²C-Bus ausgewertet werden und verfügt über eine Reichweite von 4cm bis 6m. Der größte Unterschied gegenüber seinem Vorgänger besteht darin, dass er ca. 1/3 kleiner ist. Der SRF10 soll hinsichtlich Spannungsschwankungen noch etwas unempfindlicher sein, bietet allerdings im Gegensatz zum SRF08 weder einen Lichtsensor noch die Möglichkeit, Mehrfachechos auszuwerten. [vgl. www.rn-wissen.de, 2009]

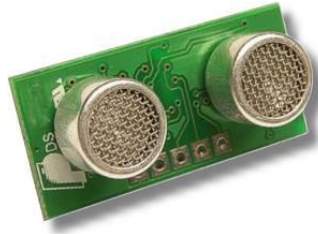


Abbildung 4.3.4: Ultraschallsensor SRF10 [www.acroname.com, 2010]

Zeitdiagramme, Abstrahlcharakteristik und eine im Detail erläuterte Funktionsweise in Verbindung mit Mikrocontrollern ist aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

4.3.1.5 Gegenüberstellung der SRF - Serie

	SRF10	SRF08	SRF05	SFR04
Betriebsspannung	5V	5V	5V	5V
Stromaufnahme	3mA typ, 15mA max	3mA typ, 15mA max	4mA typ, 30mA max	30mA typ, 50mA max.
US-Leistung	100-150mW	100-150mW	100-150mW	100-150mW
Frequenz	40kHz	40kHz	40kHz	40kHz
Öffnungswinkel	72°	55°	55°	55°
Reichweite	4cm - 6m	3cm - 6m	3cm - 4m	3cm - 3m
Abmessungen [mm]	32 x 15 x 10	43 x 20 x 17	43 x 20 x 17	43 x 20 x 17
Interface	I ² C	I ² C	TTL Impuls	TTL Impuls
Preis	ca. 44,00 €	ca. 44,00 €	ca. 22,00 €	ca. 25,00 €

Tabelle 4.3.1: Vergleichstabelle SRF Serie

Durch den niedrigen Stromverbrauch und den sehr guten Reichweiten eignen sich diese Module sehr gut für den Einsatz in mobilen Robotern. Vor allem die Ultraschallmodule SRF08 und SRF10 sind bei Roboterbauern sehr beliebt, da diese über den I²C Bus mit dem Mikrocontroller kommunizieren können. Diese könnten ohne weiteres auch an die bestehenden MiniBoards angebunden werden. Die Preisangaben dienen nur als Richtwert und können natürlich von Anbieter zu Anbieter abweichen. Eine Onlinebestellung kann beispielsweise über www.roboter-teile.de erfolgen.

4.3.2 Parallax PING Ultraschall Sensor

Dieser Ultraschallsensor bietet eine sehr kostengünstige und einfache Methode zur Distanzmessung. Er eignet sich sehr gut für Anwendungen wo Messungen zwischen bewegten oder stationären Objekten verlangt werden. Daher ist dieser Sensor als Infrarot-Ersatz in Robotik-Anwendungen sehr beliebt. Der Sensor ist in der Lage Objekte innerhalb eines Messbereichs von 2cm bis 3m zu erkennen. Er verfügt über drei Anschlusspins wobei nur ein Pin zur Signalübertragung (SIG) verwendet wird und somit gleichzeitig als Ein- und Ausgang dient. Die restlichen zwei Pins werden für die Spannungsversorgung (5V DC, GND) benötigt (siehe Abbildung 4.3.5). Der Abstand zum Objekt wird aus der Impulsbreite des zurücklaufenden Schallechos bestimmt. Der einzige I/O Pin ermöglicht eine einfache Verbindung mit einem Mikrocontroller. So könnte dieser auch in Verbindung mit den bestehenden Mini-Boards verwendet werden.



Abbildung 4.3.5: Parallax PING Ultraschall Sensor [www.parallax.com, 2010]

Nähere Informationen zu diesem Sensor und eine im Detail erläuterte Funktionsweise in Verbindung mit Mikrocontrollern ist aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

	Parallax PING Ultraschall Sensor
Betriebsspannung	4,5 - 6V
Stromaufnahme	30mA typ, 35mA max
Frequenz	40kHz
Öffnungswinkel	40°
Reichweite	2cm - 3m
Abmessungen [mm]	46 x 22 x 16
Interface	TTL Impuls
Preis pro Stück	ca. 22,00

Tabelle 4.3.2: Technische Spezifikationen des Ultraschallsensors Parallax PING

Die Tabelle 4.3.2 zeigt die wichtigsten Spezifikationen dieses Sensors. Die Preisangabe dient nur als Richtwert und kann natürlich von Anbieter zu Anbieter abweichen. Eine Onlinebestellung kann beispielsweise über www.parallax.com erfolgen.

4.4 Infrarot - Abstandssensoren

Ebenso wie Ultraschallsensoren arbeiten Infrarotsensoren berührungslos. Der wesentliche Vorteil gegenüber Ultraschallsensoren ist, dass sich das Infrarotlicht strahlförmig ausbreitet. Anders wie Ultraschallsensoren können Infrarotsensoren durch das Umgebungslicht wie beispielsweise Leuchtstoffröhren oder Sonnenlicht gestört werden. Aus diesem Grund wird in hochwertigeren Infrarotsensoren der ausgesandte Infrarotsignal vom allgemeinen Infrarot in der Umgebung unterschieden, indem das Signal meist mit einer niedrigen Frequenz (z.B. 100 Hz) moduliert wird. [vgl. M. Haun, 2007, S.140]

Wenn ein reflektiertes Infrarotsignal vom Sensor aufgenommen wird, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, dass sich vor dem Roboter ein Objekt befindet. Allerdings kann man umgekehrt aus dem Fehlen des reflektierten Infrarotsignals nicht ausschließen, dass kein Objekt in der Umgebung vorhanden ist. Objekte, deren Oberflächen dunkelfarbig oder mit speziellen Folien überzogenen sind, sind für Infrarotsensoren praktisch unsichtbar. Aus diesem Grund sind Infrarotsensoren für zuverlässige Entfernungsmessungen und Hinderniserkennungen eher ungeeignet. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Intensität des reflektierten Infrarotsignals nicht nur von der Distanz (siehe Punkt 3.2.3), sondern auch von der Oberflächenfarbe des erfassten Objekts abhängig ist. Demzufolge besitzt der Roboter also keine zuverlässige Information darüber, wie weit das Objekt tatsächlich entfernt ist.

4.4.1 Sharp Infrarotsensoren GP2 - Serie

Sharp hat eine ganz interessante Serie von Bausteinen herausgebracht, mit denen ein Roboter äußerst genau Entfernungen messen können soll. Grund dafür ist das Messprinzip der aktiven Triangulation, weshalb die Entfernungsmessung nahezu unabhängig von der Farbe und Helligkeit des gemessenen Objektes erfolgt. Darin liegt die Stärke dieser Sensoren, da diese nur gering von der Intensität des reflektieren Infrarotstrahls abhängig sind. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle kurz auf das Funktionsprinzip der Sharp Sensoren eingegangen werden. Als Lichtquelle wird eine fokussierte Infrarot-LED eingesetzt. Diese strahlt das Zielobjekt direkt an. Der reflektierte Infrarotstrahl wird vom Empfänger mittels einem PSD-Element⁹ detektiert. Es handelt sich dabei um einen Widerstand welcher aus einem ein- oder zweidimensionalen Array mit gleichmäßig angeordneten Fotodioden besteht. Der Unterschied zu einem herkömmlichen lichtabhängigen Widerstand besteht darin, dass die Widerstandsänderung nicht von der Intensität des reflektierenden Lichtes abhängig ist, sondern von der Position auf welcher der Infrarotstrahl auf dem PSD auftrifft.

Alle Sensoren dieser Serie arbeiten nach dem selben Messprinzip, weshalb sich diese in ihrer Funktionsweise nicht unterscheiden, sodass im Folgenden nicht auf die gesamte GP2 - Serie näher eingegangen wird.

⁹Position Sensitive Detector

4.4.1.1 GP2D120

Bei dem Sensor GP2D120 der Firma Sharp handelt es sich um einen Distanzsensoren mit einem Erfassungsbereich von 4cm bis 30cm. Die Toleranz wird vom Hersteller mit etwa 0,5cm angegeben. Je nach Objektentfernung liegt am Signalpin eine analoge Spannung zwischen ca. 0,4 bis 2,8V an. Diese steht in einem direkten nichtlinearen Zusammenhang zur gemessenen Entfernung wie sich aus der Kennlinie erkennen lässt (siehe Datenblatt). Zum Vergleich das Modell GP2D12 wird genauso wie der GP2D120 mit einer Gleichspannung versorgt und verfügt ebenfalls über eine U_{OUT} -Signalpin. Dabei entsprechen 10cm Abstand etwa $U_{OUT} = 2,6V$ und 80cm Abstand etwa $U_{OUT} = 0,4V$.



Abbildung 4.4.1: Infrarotsensor GP2D120 [www.roboter-teile.de, 2010]

Mehr technische Informationen sind aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

4.4.1.2 GP2D150A

Dieser Sensor verfügt über einen Erfassungsbereich von 3cm bis 30cm. Im Unterschied zum GP2D120 besitzt dieser Sensor einen digitalen Schaltausgang und kann folglich nur feststellen, ob ein bestimmter Abstand zu einem Objekt unterschritten bzw. überschritten wird (voreingestellt 15cm). Hierbei wechselt auf dem Signalpin das Potential zwischen Low und High. Von 3cm bis zur Schaltentfernung ist das VO-Signal logisch High, von der Schaltentfernung bis 30cm ist das VO-Signal logisch Low. Zum Vergleich, das Modell GP2Y0D02YK funktioniert genauso, nur hat dieser Sensor einen Erfassungsbereich von 20cm bis 150cm. Der voreingestellte Schaltabstand beträgt 80cm.



Abbildung 4.4.2: Infrarotsensor GP2D150A [www.conrad.de, 2010]

Mehr technische Informationen sind aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

4.4.1.3 Gegenüberstellung der GP2 - Serie

	GP2Y0A02YK	GP2D150A	GP2D120	GP2D12
Betriebsspannung	4,5 - 5V	4,5 - 5V	4,5 - 5V	4,5 - 5V
Stromaufnahme	33mA typ, 50mA max	33mA typ, 50mA max	33mA typ, 50mA max	33mA typ, 50mA max
Reichweite	20 - 150cm	3cm - 30cm	4cm - 30cm	10cm - 80cm
Ausgangssignal	Analog	Digital	Analog	Analog
Ausgangsspannung	0,4 - 2,8V	Low, High	0,4 bis 2,8V	0,4 - 2,6V
Preis pro Stück	ca. 24,00 €	ca. 26,00 €	ca. 26,00 €	ca. 26,00 €

Tabelle 4.4.1: Vergleichstabelle GP2 Serie

Die Vergleichstabelle 4.4.1 zeigt nur einen Teil von Infrarotsensoren aus der GP2-Serie. Eine Gegenüberstellung der gesamten Baureihe wäre zu umfangreich und aufgrund der weitgehend selben Spezifikationen auch nicht sinnvoll. Die analogen Infrarotsensoren sind vor allem für Abstandsmessungen geeignet, wobei die digitalen Sensoren vermehrt zur Hinderniserkennung eingesetzt werden. Die Sensoren können ohne weiteres an einen analogen bzw. digitalen Port eines Mikrocontrollers angeschlossen werden. Demzufolge könnten die Sensoren auch in Verbindung mit den vorhandenen MiniBoards verwendet werden. Die Preisangaben dienen nur als Richtwert und können natürlich von Anbieter zu Anbieter abweichen. Eine Onlinebestellung kann beispielsweise über www.conrad.at erfolgen.

4.4.1.4 Distanzsensor IS471F

Dieser Sensor stammt von Hersteller Sharp. Es handelt es sich um einen IC welcher eine einfache und auch recht preisgünstige Hinderniserkennung per Infrarot erlaubt.

„Dazu muss im Wesentlichen nur noch eine Infrarot-Diode an das IC angeschlossen werden (siehe Abbildung 4.4.3). Tageslicht/Fremdlicht stört den IS471 überhaupt nicht, da das Licht mit einer bestimmten Frequenz moduliert wird. Das modulierte Licht wird von einem Gegenstand direkt auf das IC zurückgeworfen und somit das Hindernis erkannt.

Die normale Reichweite ist in gewissen Grenzen abhängig von der Farbe des Hindernisses. In der Regel reicht sie jedoch einige cm, so dass langsame Roboter durchaus sehr gut damit zurechtkommen. Durch besonders helle Infrarot-LEDs und durch zusätzliche LED-Fassungen kann man die Reichweite erhöhen. Wem das noch nicht reicht, der kann über einen zusätzlichen Transistor die Strahlungsleistung der LED noch weiter erhöhen.“ [www.rn-wissen.de, 2010]

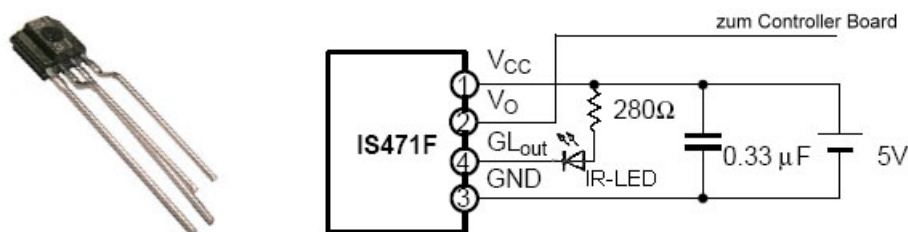


Abbildung 4.4.3: (li) Distanzsensor IS471F (re) mögliche Beschaltung [www.rn-wissen.de, 2010]

Der Sensor IS471F eignet sich aufgrund seiner kleinen Abmessungen und dem geringen Gewicht sehr gut für Nano-Sumos. Im Nano-Sumo „Killerbee¹⁰“ wird dieser zum Beispiel zur Gegnererkennung eingesetzt. Mehr technische Details können aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt entnommen werden. Der Online Shop www.roboter-teile.de bietet diesen Sensor in Kombination mit einer Osram LD274 IR-LED für einen Preis von ca. € 2,50¹¹ an.

4.5 Farbsensoren

Farbsensoren haben in den letzten Jahren vor allem im industriellen Bereich an Bedeutung gewonnen, da diese die Möglichkeit bieten, Objekte schnell und effizient nur anhand deren Farbe zu erkennen. Nebenbei arbeiten diese unter Voraussetzung konstanter Lichtverhältnisse im höchsten Maße zuverlässig, weshalb diese in der industriellen Qualitätssicherung der Produktionstechnik als auch in der Fertigungsautomatisierung, Einsatz finden. In autonomen mobilen Robotern haben sich Farbsensoren noch nicht durchsetzen können. Die größte Einschränkung die Farbsensoren nach sich ziehen ist die Tatsache, dass die Objekte welche erkannt und geprüft werden sollen, zuordenbar sein müssen. Angenommen ein mobiler autonomer Roboter ist mit mehreren Farbsensoren ausgestattet. Dieser besitzt also die Möglichkeit Objekte mit bestimmten Farben zu erkennen. Für den Fall das ein Objekt vom Roboter erkannt wird, hat dieser dennoch keine Information darüber, ob das erfasste Objekt dieselbe Geometrie eines anderen erfassten Objektes mit der selben Farbe besitzt, sodass der Roboter letztendlich nicht „weiß“ wie er ein erkanntes Objekt mit bestimmter Farbe handhaben soll bzw. wie sich dieser infolgedessen verhalten soll. Farbsensoren eignen sich demzufolge höchstens für autonome Roboter wo Einsatzgebiet und Aufgabe bekannt sind, wie es bei Roboterwettbewerben meistens der Fall ist. Hier sind die Formen und Farben der Spielelemente bekannt, sodass dem Roboter „beigebracht“ werden kann, wie er ein Objekt mit bestimmter Farbe zu handhaben hat.

Abgesehen von der Objektunterscheidung und der Einsatzfähigkeit in mobilen autonomen Robotern haben Farbsensoren einen weiteren Nachteil. Je nachdem ob der Farbsensor mit einer Halogenlampe oder einer weißen LED als Lichtquelle ausgestattet ist, wird die Genauigkeit und Zuverlässigkeit mehr oder weniger stark vom Umgebungslicht beeinflusst. Ein mobiler autonomer Roboter bewegt sich normalerweise in unbekanntem Umgebungen mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen und anderen möglichen Störquellen. Ändern sich die Lichtverhältnisse nach dem „Teach-in“ Vorgang, so kann es je nach Toleranzbereich des Farbsensors zu einem nicht oder fehlerhaften Erkennen von Objekten kommen. Andere Lichtverhältnisse können sich durch andere Lichtquellen ergeben, oder im Laufe von Entfernungen ändern, weshalb beim Einsatz von Farbsensoren die Distanz zwischen Sensor und Objekt ebenfalls eine große Rolle spielt. Deshalb sind moderne Farbsensoren mit spezieller Signalauswerteelektronik ausgestattet. Trotzdem haben diese in den meisten Fällen Reichweiten von nur wenigen Zentimetern.

Aufgrund der derzeit beschränkten Einsatzmöglichkeit von Farbsensoren in autonomen mobilen Robotern, ist es nicht sinnvoll mehrere Farbsensoren in dieser Arbeit vorzustellen. Deshalb werden an dieser Stelle lediglich zwei Farbsensoren unterschiedlicher Hersteller näher betrachtet.

¹⁰<http://robots.net/robomenu/1119311878.html> (Aufruf 01.04.10)

¹¹Stand: 01.04.10

4.5.1 CS8 Baureihe der Firma SICK

Der Sensorhersteller SICK¹² hat kürzlich eine neue Baureihe von Farbsensoren herausgebracht. Je nach Sensortyp sind Reichweiten von 1,25cm bis 6cm möglich. Die Betriebsspannung der gesamten Baureihe beträgt 12-30V DC. Die Sensoren verfügen über eine LED als Weißlichtquelle und je nach Sensortyp können dem Sensor bis zu 4 Farben „gelernt“ werden. Das „Teach-in“ erfolgt direkt am Sensor.



Abbildung 4.5.1: Farbsensor CS84-P3612 [Datenblatt]

Die Schaltausgänge werden in der Regel auf eine SPS geführt, sodass erst geklärt werden müsste, ob eine Kommunikation mit einem Mikrocontroller möglich ist. Da sich aufgrund der geringen Reichweite längere Verfahrswege ergeben, ist diese Baugruppe eher für den Einsatz in autonomen Robotern geeignet, deren Aufgaben in der Regel nicht zeitkritisch sind. Die genauen Spezifikationen sind aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

4.5.2 colorCONTROL R200 D von Eltrotec

Der Farbsensor colorCONTROL R200 D stammt aus dem Hause Eltrotec¹³. Es handelt sich hierbei um einen „Long Distance“ Farberkennungs-Sensor welcher im Gegensatz zu anderen Farbsensoren eine Reichweite von 5cm - 40cm erreicht. Unter der Bedingung, dass die Objekterkennung auch nur über den Kontrast eines Objektes erfolgen kann, bietet der Sensor die Möglichkeit einer Kontrasterkennung bis zu 2m. Das „Teach-in“ erfolgt über die RS232¹⁴ Schnittstelle oder direkt am Sensor. Dabei können bis zu 31 Farben gelernt und im Sensor abgespeichert werden. Wird vom Sensor eine der gelernten Farben erkannt, erfolgt eine Schaltzustandsänderung über die 5 codierten Digitalausgänge. Weiters besteht er aus einer LED Weißlichtquelle und wird über eine 12-30V Gleichspannungsquelle betrieben.



Abbildung 4.5.2: Farbsensor colorCONTROL R200 D [Datenblatt]

¹² www.sick.at

¹³ www.eltrotec.com

¹⁴ Serielle Schnittstelle

Ebenso wie die CS8-Baureihe der Firm SICK werden die Schaltausgänge dieses Sensors ebenfalls in der Regel auf eine SPS geführt, sodass erst geklärt werden müsste, ob eine Kommunikation mit einem Mikrocontroller möglich ist. Vorstellbar wäre eine Integration eines solchen Sensors in einen Roboter für die Eurobot. Die genauen Spezifikationen sind aus dem im Anhang beiliegenden Datenblatt zu entnehmen.

Kapitel 5

Fazit und Dank

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Recherche nach Abstands- und Farbsensoren durchgeführt. Die Suche basierte dabei vollständig auf einer Recherche im Internet. Aufgrund der Vielzahl an bestehenden Sensoren auf dem Markt, wurde die Auswahl entsprechend eingeschränkt. Dabei wurden einerseits Industrie-Farbsensoren und andererseits Abstandssensoren wie sie in diversen bekannten Roboterforen weit verbreitet sind, betrachtet.

Im Zuge der Arbeit konnte festgestellt werden, dass sich die Recherche schwieriger gestaltete, als anfangs angenommen. Bezogen auf die Suche nach Sensoren in diversen bekannten Roboterforen hat sich im Laufe der Recherche gezeigt, dass sich die Anzahl der Sensoren welche sich in mobilen Robotersystemen durchgesetzt haben, auf einige wenige beschränkt. Die Suche führte letztendlich immer zu denselben Sensortypen. Natürlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass weniger weit verbreitete und bekannte Sensoren gleichgut oder vielleicht noch besser für den Einsatz geeignet wären. In Bezug auf Industriesensoren kann nicht zweifelsfrei geklärt werden ob diese in das vorhandene elektronische modulare System integriert werden können. Diesbezüglich müssten unter anderem vorab die Fragen geklärt werden, ob die Spannungsversorgung falls nötig angepasst werden könnte und die Anbindung an einen Mikrocontroller über einen analogen bzw. digitalen Eingang möglich ist. Generell lässt sich nur schwer einschätzen, inwiefern sich diese Sensortypen in das gesamte modulare System der Robo Racing Team Roboter integrieren lassen. Außerdem können die Preise dieser Sensoren nur über den Hersteller in Erfahrung gebracht werden. Diese könnten zum Zeitpunkt der Bestellung nicht verfügbar sein, sodass sich die Lieferung und somit der gesamte zeitliche Ablauf der Projektplanung nach hinten verschieben kann.

Allgemein kann man sagen, dass eine Suche ohne konkrete Anforderungen und Randbedingungen nicht wirklich zielführend ist. Es soll auch erwähnt werden, dass die vorgestellten Sensoren auch nicht für alle Roboter-kategorien und -arten gleichermaßen geeignet sind. Grundsätzlich bringt jede Art von Sensor sowie jeder spezifische Sensortyp seine Vor- und Nachteile mitsich. Um bei Abstandsmessungen in Verbindung mit Hinderniserkennung bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, ist es ratsam eine Kombination aus Ultraschall- und Infrarotsensoren einzusetzen.

Abschließend bedanke ich mich bei Herrn Dipl. Ing. Walter Rokitansky für die gute Betreuung meiner Arbeit.

Kapitel 6

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

2.2.1 Elektromagnetisches Strahlungsspektrum mit den entsprechenden Anwendungen in der Technik [H. Bernstein, Sensoren und Meßelektronik, 1998, S.200]	3
3.2.1 Prinzip einer Laufzeitmessung	6
3.3.1 Verhalten von Licht bei Reflexion	7
3.3.2 (li) Dreibereichsverfahren (re) Farbsensor mit „Teach-in“ [www.vfmz.com, 2010] .	8
3.3.3 Prinzipaufbau eines Farbsensors mit „Teach-in“ Funktion [H. Bernstein, Sensoren und Meßelektronik, 1998, S.259]	8
4.3.1 Ultraschallsensor SRF04 [www.acroname.com, 2010]	11
4.3.2 Ultraschallsensor SRF05 [www.acroname.com, 2010]	12
4.3.3 Ultraschallsensor SRF08 [www.acroname.com, 2010]	12
4.3.4 Ultraschallsensor SRF10 [www.acroname.com, 2010]	13
4.3.5 Parallax PING Ultraschall Sensor [www.parallax.com, 2010]	14
4.4.1 Infrarotsensor GP2D120 [www.roboter-teile.de, 2010]	16
4.4.2 Infrarotsensor GP2D150A [www.conrad.de, 2010]	16
4.4.3 (li) Distanzsensor IS471F (re) mögliche Beschaltung [www.rn-wissen.de, 2010] . .	17
4.5.1 Farbsensor CS84-P3612 [Datenblatt]	19
4.5.2 Farbsensor colorCONTROL R200 D [Datenblatt]	19

Tabellenverzeichnis

- 4.3.1 Vergleichstabelle SRF Serie 13
- 4.3.2 Technische Spezifikationen des Ultraschallsensors Parallax PING 14
- 4.4.1 Vergleichstabelle GP2 Serie 17

Literaturverzeichnis

- [1] www.uni-muenster.de (Aufruf 12.03.10): Def.Sensorik, Def. Autonome Roboter, http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/technik_didaktik/sensoren_aktoren_roboter.pdf, S.6, S.7
- [2] H. Bernstein (1998): Sensoren und Meßelektronik, Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, S.200, S.259f
- [3] J.Niebuhr/G. Lindner (2002): Physikalische Meßtechnik mit Sensoren, Oldenbourg Industrie-verlag GmbH, 5. Auflage, S.343/345
- [4] A.W. Koch u.a. (1998): Optische Meßtechnik an technischen Oberflächen, expert Verlag, S.57
- [5] H.-R. Tränkler, E. Obermeier (1998): Sensortechnik: Handbuch für Praxis und Wissenschaft, Springer Verlag Berlin Heidelberg, S.523f
- [6] M. Haun (2007): Handbuch Robotik: Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter, Springer Verlag Berlin Heidelberg, S.140f, S.141f
- [7] www.rn-wissen.de (Aufruf 27.03.10): Devantech Ultraschallsensoren SRF-Serie, Distanzsensor IS471F, http://www.rn-wissen.de/index.php/Sensorarten#Ultraschall_Sensoren
- [8] www.rn-wissen.de (Aufruf 01.04.10): Distanzsensor IS471F, <http://www.rn-wissen.de/index.php/Sensorarten>

Kapitel 7

Anhang

Datenblätter

- Ultraschallsensoren: SRF04, SRF05, SRF08, SRF10, Parallax PING
- Infrarotsensoren: GP2D12, GP2D120, GP2D150A, GP2Y0A02YK, IS471F
- Farbsensoren: CS84-P3612, colorCONTROL R200 D