

# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## Sensorik

Zulassungsnummer:		
Nachname:		
Vorname:		
Matrikelnummer:		
Aufgabenpunkte Teil EMV:	20	von 30
Aufgabenpunkte Teil Sensoik	59	von 60
Aufgabenpunkte gesamt:		von 90
Notenpunkte:	13	von 15
Bemerkungen:		
Dauer	60 min	

### Formales

- Die Aufgabenblätter bitte nicht trennen.
- Nur die Lösungen in den Ergebnisfeldern werden gewertet.
- Aus der Rechnung muss der Lösungsweg hervorgehen.
- Keine Wertung von unleserlichen Ergebnissen.

### Zugelassene Hilfsmittel

#### **zugelassen**

- handgeschriebene Aufzeichnungen
- programmierbarer Taschenrechner

#### **insbesondere sind nicht zugelassen:**

- Computer, Laptops außer Taschenrechnern
- Mobiltelefone und andere kommunikationsfähige Geräte mit aktiviertem Funk
- Textbücher
- Kommunikation mit anderen Studierenden

**Viel Erfolg !**

## Aufgabenstellung: Automatisches Manövriieren eines Gabelstaplers

Realisiert wird ein automatisches Manövriersystem für einen Gabelstapler für die Automatisierung von Logistikprozessen in einem Lagerhaus: Nach dem Scannen des Barcodes auf einer Palette wird automatisch eine freie Position im Lagerhaus ermittelt, die Palette wird automatisch aufgeladen, zum Ziel gebracht und entladen. Aufgabe des Systems mit den von Ihnen zu definierenden Sensoren ist es, die Position des Staplers im Lagerhaus zu bestimmen sowie alle Arten von Kollisionen zu verhindern. Erschwert wird diese Aufgabe durch mehrere Stapler, die parallel Paletten ein- und auslagern sowie Paletten, die manuell transportiert werden. Der Fahrer des Staplers überwacht den Vorgang permanent und greift notfalls ein. Aus Sicherheitsgründen wird die Geschwindigkeit im Lagerhaus auf 10km/h begrenzt. Der Stapler ist elektrisch betrieben und verfügt über elektrisch betriebene Lenkung und Bremse. Die Temperatur im Lagerhaus liegt zwischen +40°C im Sommer und -10°C im Winter. Zur elektrischen Versorgung Ihres Systems steht Ihnen eine 12V Versorgung zur Verfügung.

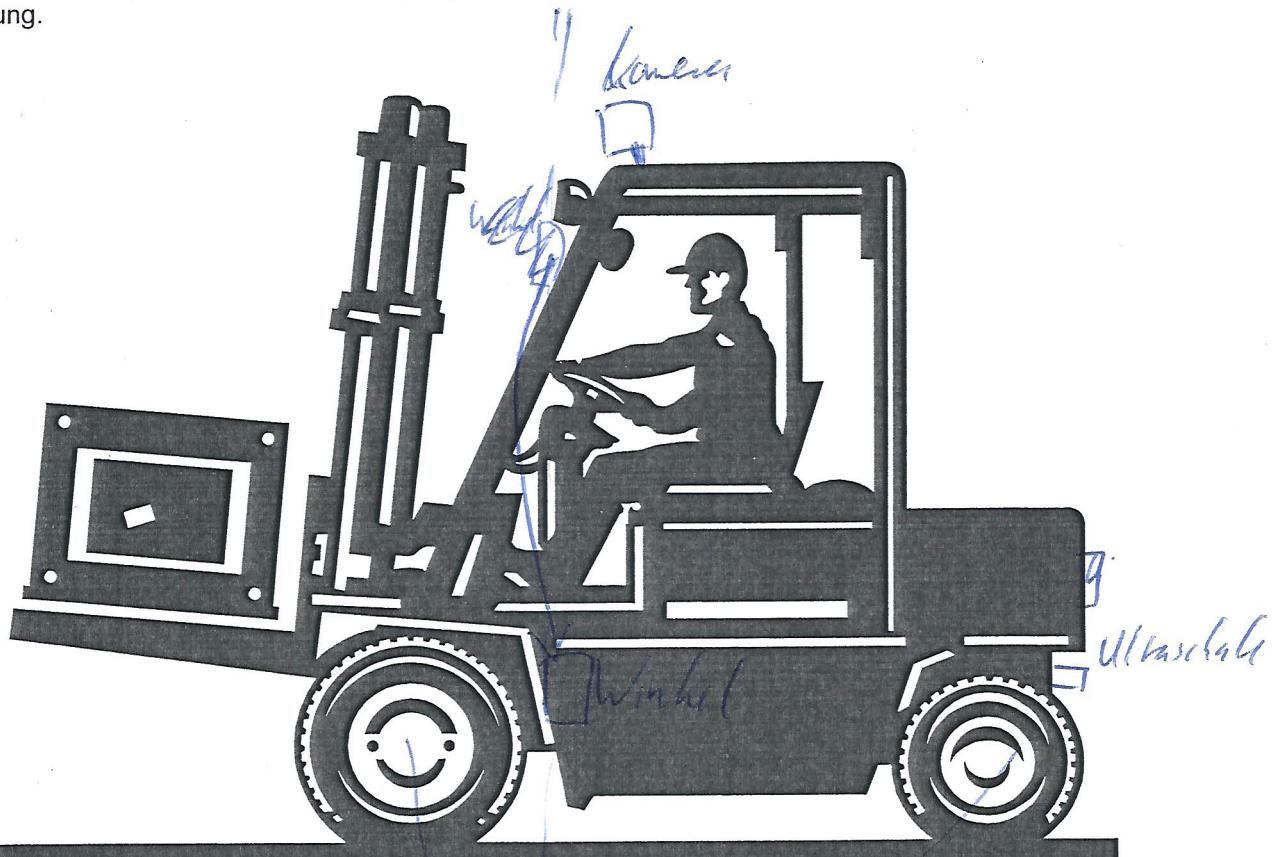


Abbildung 1: Gabelstapler, Abmessungen: B:150cm, L: 380cm, H: bis 700cm, Wendekreis 250cm

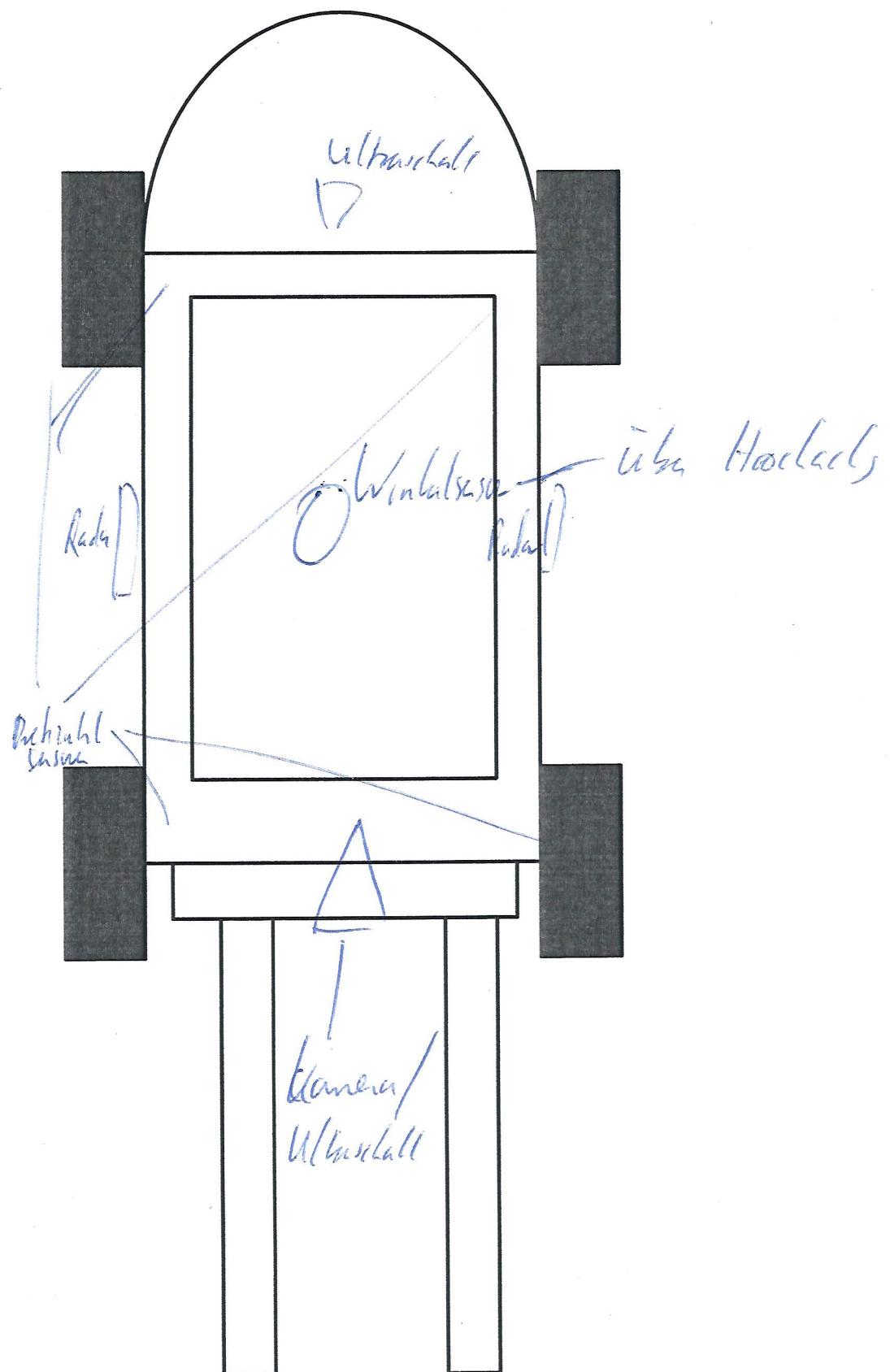


Abbildung 2: Gabelstapler Topview

# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

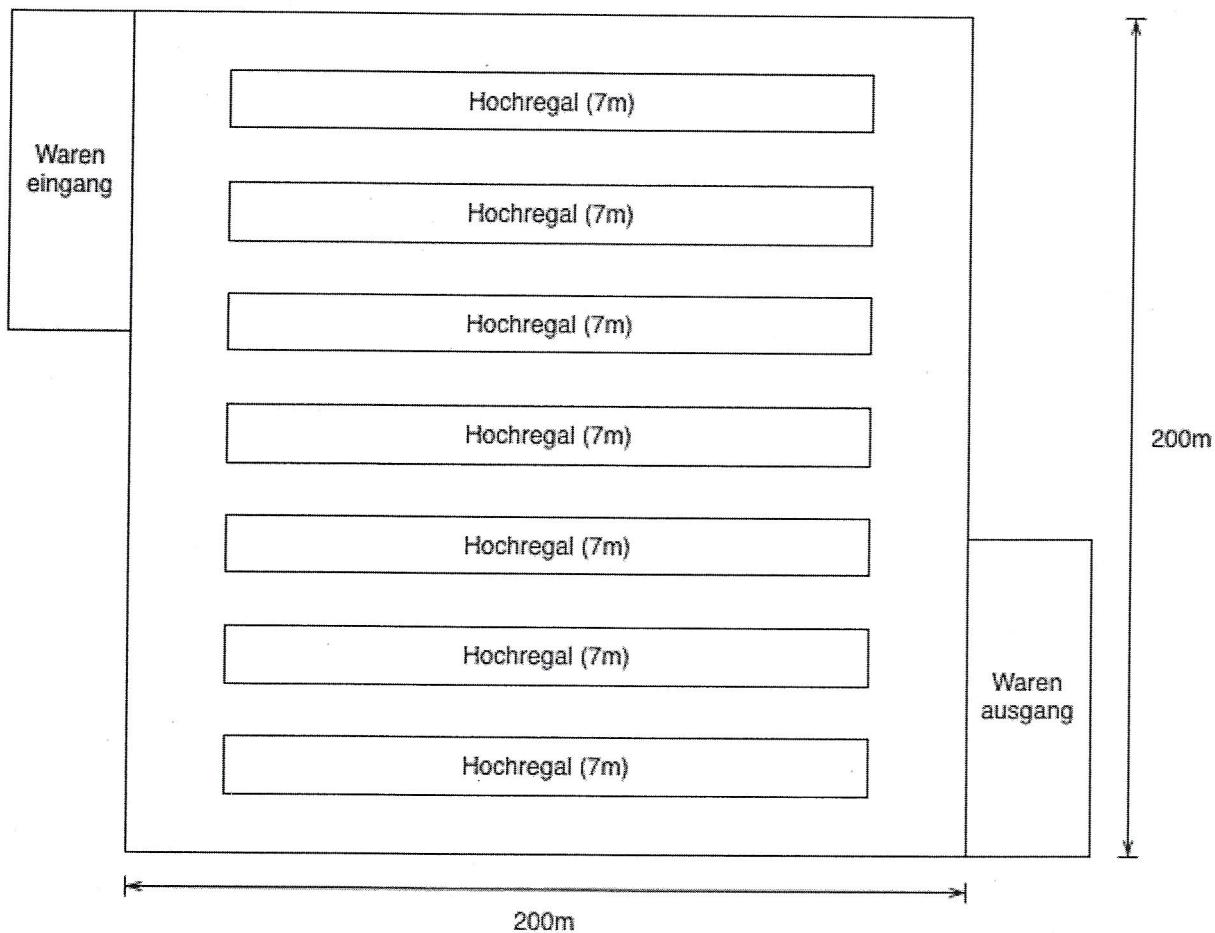
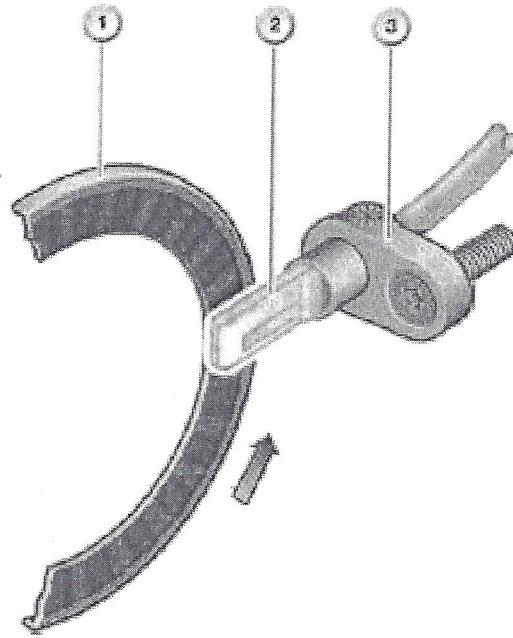


Abbildung 3: Lagerhaus 200mx200mx10m

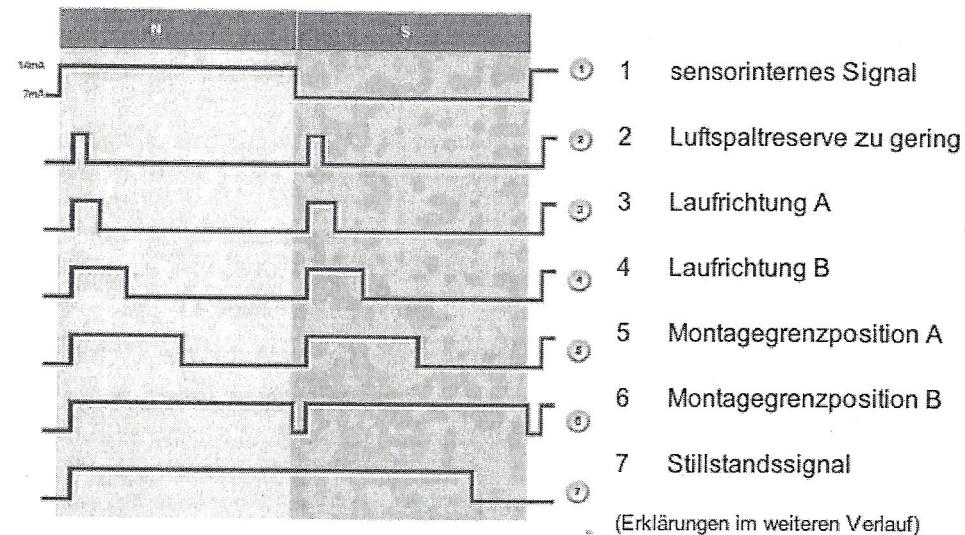
Folgende Sensoren stehen zur Auswahl:

Drehzahlsensor magnetisch <i>pass</i>	Wegmessung
Drehzahlsensor optisch <i>akt</i>	
Potenziometrischer Winkelsensor, gekapselt	Winkelmessung
Magnetischer Winkelsensor	
Ultraschallsensor	Umgebungsmessung
Laserscanner	
Radarsensor	
CMOS Kamera (1024x768)	
GPS	Positionsbestimmung

Aktiver  
Drehzahlsensor  
magnetisch



1 Geberring, 2 Sensor IC mit Hallsensor, 3 Sensorgehäuse



**Beschreibung:** Aktiver, magnetisch-differenzialer Raddrehzahlsensor aus dem Automobilbereich mit Erkennung von Drehrichtung und Einbauposition.

**Technische Daten:**

Preis:	ca. 10€ inkl. Multipol-Geberrad
Betriebsspannung:	4,5V...20V
Schnittstelle:	2-Draht Stromschnittstelle mit Pulsweitenmodulation (7mA, 14mA)
Abmessungen:	Integrierte Varianten zur Lagerintegration
Gewicht:	ca. 30g
Temperaturbereich:	-40°C bis +150°

Passiver

# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

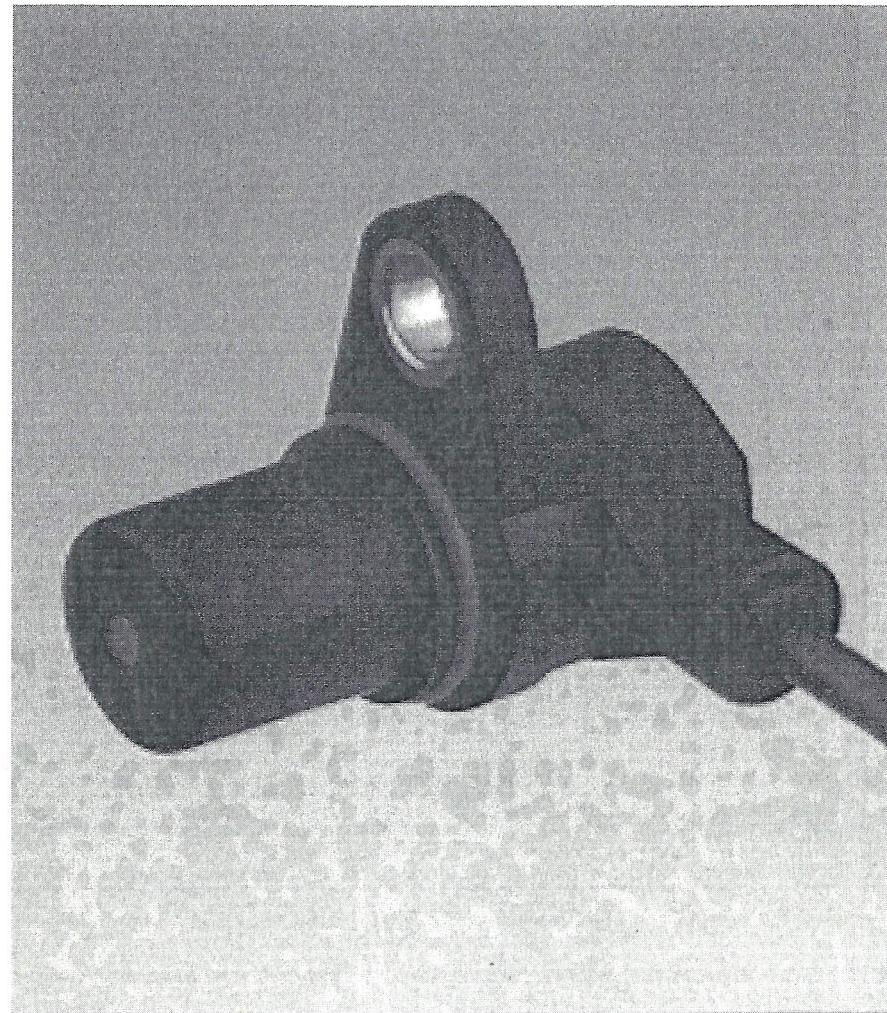


Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

*passiver*

Drehzahlsensor  
magnetisch



**Beschreibung:** Passiver Drehzahlsensor (Spule mit Eisenkern)

**Technische Daten:**

Kosten:	ca. 5€ inkl. Multipol Geberrad
Schnittstelle:	Induzierte Spannung wird ausgegeben, diese liegt in Abhängigkeit von der Drehzahl zwischen wenigen mV und etwa 100V.
Abmessungen:	Durchmesser 15mm, Länge 50mm
Gewicht:	ca. 50g
Temperaturbereich:	-40°C bis 125°C

Potentiometer,

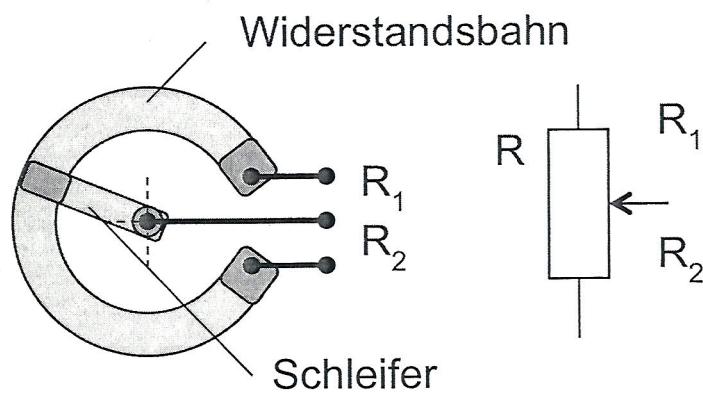
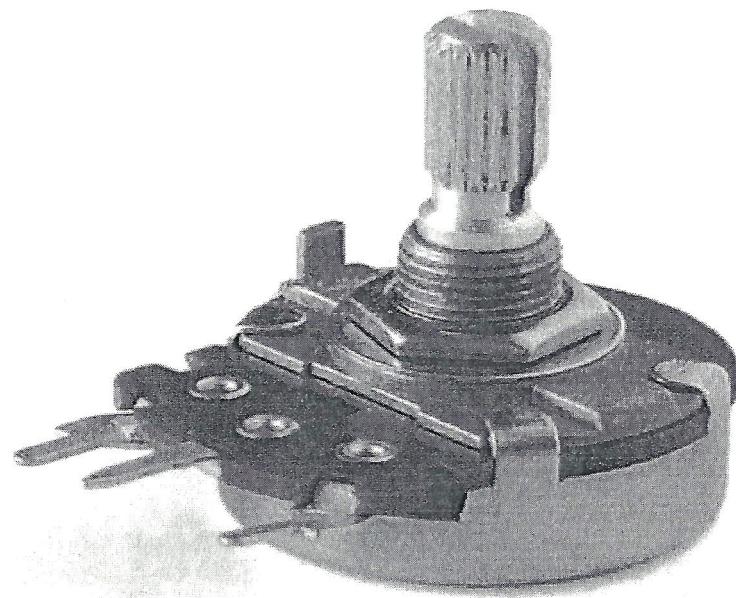
# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Pot.  
gekapselt

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences



**Beschreibung:** Gekapseltes Potenziometer, staub- und wasserdicht

**Technische Daten:**

Kosten: 10€

Schnittstelle: 5V...50V Betriebsspannung,

analoges, ratiometrisches Spannungssignale  
nach A/D Wandlung im Steuergerät ca. 1°

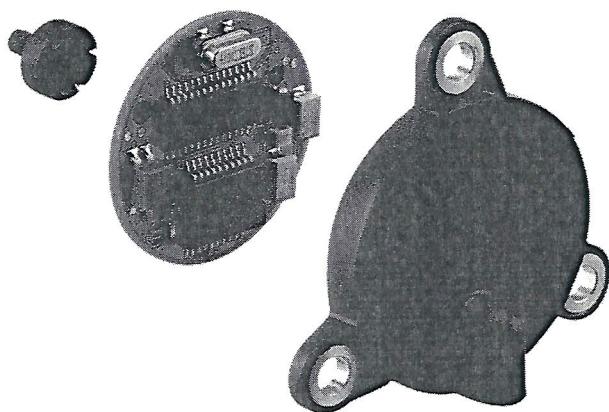
# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## Winkelsensor, magnetisch



Beschreibung: Lenkwinkelsensor aus dem Automobilbereich.

### Technische Daten:

Kosten:	ca. 20€ inkl. Magnet
Schnittstelle:	CAN
Winkelbereich:	+720°
Winkelgeschwindigkeit:	0...1016°/s
Winkelauflösung:	0.1°
Besonderheiten:	True Power On

AV wagen Auto!

# Klausur EM – Sensorik

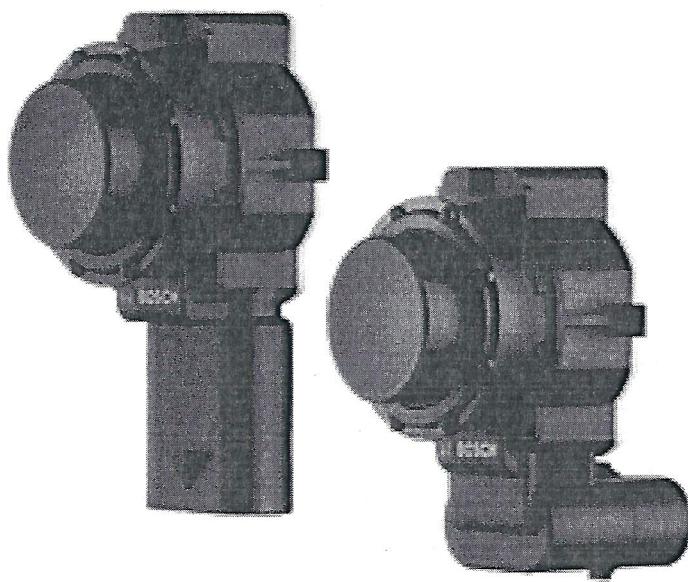
12. Juli 2012



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

## Ultraschallsensor



**Beschreibung:** Ultraschallsensor aus dem Kraftfahrzeug, der nach dem Puls-Echo Prinzip arbeitet. Durch Empfang auf mehreren Sensoren mit einem Sensor als Sender können über Kreuzpeilung Abstände sehr genau ermittelt werden.

### Technische Daten:

Schnittstelle:	Digital, LIN Bus
Reichweite:	25cm .... 250cm für runde Objekte mit 7cm Durchmesser
Laterale Auflösung (Keule):	horizontal $\pm 60^\circ$ , vertical $\pm 30^\circ$
Messrate (System):	10Hz
Frequenz:	43.5 kHz $\pm 2$ kHz
Typ. Pulslänge:	300 $\mu$ s
Kosten:	15€ für ein System aus 4 Sensoren und Auswerteeinheit

### Laserscanner



#### Beschreibung:

Sicherheits-Laserscanner ermöglichen vielseitige Anwendungsszenarien: Mobil oder stationär, Flächenüberwachung oder Erfassung der Umgebungskontur. Wie ein optisches Radar tasten die Kompaktsysteme ihre Umgebung fächerförmig ab und messen nach dem Prinzip der Licht-Laufzeit-Messung Entfernung. Durch den integrierten Drehspiegel entsteht eine zweidimensionale Abtastung. Mit Hilfe der Konfigurationssoftware CDS lassen sich Schutzfeldbereiche definieren und logische Umschaltungen programmieren. Der Sensor gibt eine Warnung aus, sobald ein Objekt im definierten Fenster näher als die Alarmschwellen an den Sensor herankommt.

#### Technische Daten:

Reichweite:	7m
Auflösung:	30mm
Scanwinkel:	190°
Betriebstemperatur:	-10...+50°C
Gewicht:	3kg
Spannungsversorgung:	20V

# Klausur EM – Sensorik

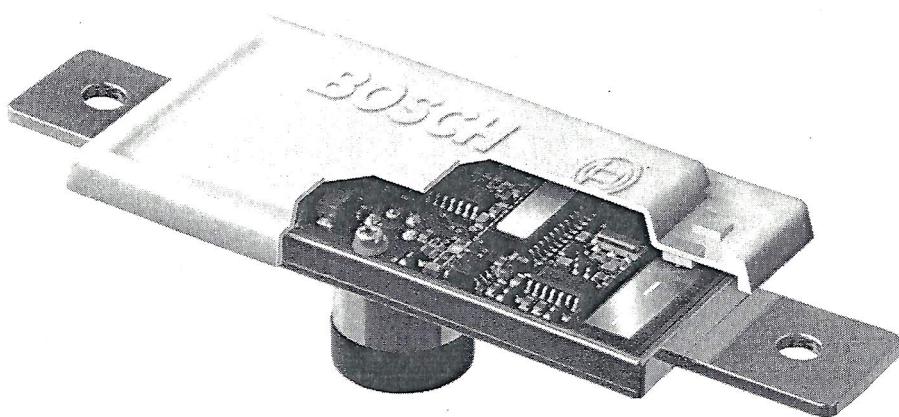
12. Juli 2012



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

## Radarsensor



### Beschreibung:

Short Range Radar / Nahbereichsradar im 24GHz Band mit 4 festen Strahlen/Abtastbereichen.

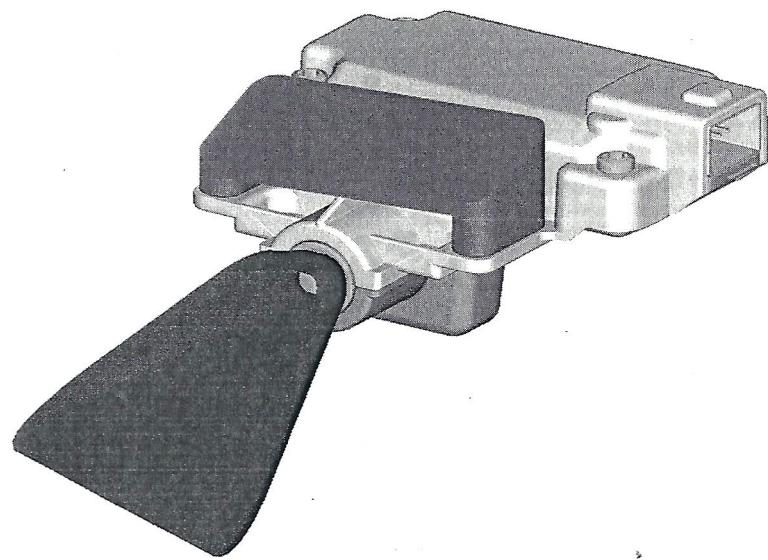
### Technische Daten:

Arbeitsfrequenz:	24GHz
Erfassungswinkel	+/- 8°
Abgestrahlte Leistung	< 5 mW
Temperaturbereich	-40 to 90 °C
Leistungsbedarf	< 10 W
Maße:	7.3 cm H 7.0 cm B 6.0 cm T
Gewicht	< 0.3 kg
Mehrzielfähigkeit	5 m, 1 m/s



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

**CMOS Kamera**

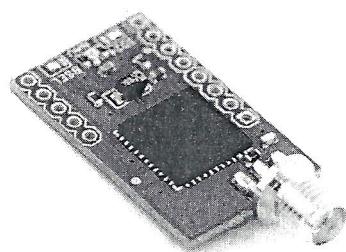


**Beschreibung:** Kamera mit integrierter Objekterkennung, hoher laterale Auflösung, keine Tiefeninformation

**Technische Daten:**

Auflösung:	640 x 400 pixel
Fokusbereich:	Fixfocus, 2m ... $\infty$
Öffnungswinkel	horizontal $\pm 22.5^\circ$ , vertikal $\pm 12.5^\circ$
Dynamikbereich	> 110 dB (Hell und Dunkel)
Gewicht:	200g
Größe:	7,5 cm x 7,5 cm x 5 cm
Preise:	100€ (inkl. Bilderkennung)

**GPS**



**Beschreibung:**

Dieses kleine und leichte Venus GPS Modul weist eine Updaterate von 10 Hz auf und kann dabei 14 Satelliten folgen. Es besitzt zwei serielle Ports: UART und SPI. Die Stromaufnahme beträgt im Betrieb 28mA und die Daten werden im NMEA-0183 oder SkyTraq Binary Format ausgegeben. Die voreingestellte Baudrate ist 9600, das Modul lässt sich mit bis zu 115200bps betreiben.

**Technische Daten:**

Preis:	100€ inkl. Kabel und Antenne
Update Rate:	bis zu 20Hz
Empfindlichkeit:	-148dBm cold start sensitivity -165dBm tracking sensitivity
Einschaltverzögerung:	29 second cold start TTFF 3.5 second TTFF with AGPS 1 second hot start
Genauigkeit:	2.5m
Leistungsaufnahme:	67mW
Größe:	10mm x 10mm x 1.3mm
Versorgungsspannung:	2.7-3.3V

1. Fassen Sie die Funktion und die Anforderungen an das automatische Manövriersystem stichwortartig zusammen. Berücksichtigen Sie explizite und implizite Anforderungen. Quantifizieren Sie diese.

Implizit:

Geschwindigkeit 10km/h → ausreichende Frequenz

Frequenz

Empfindlichkeit: Vibration ✓

Baugröße: mittel (muss nicht sehr klein sein) ✓

Schnittstelle

ENR resistent (Anlaufen des DC Motors d. Stephaus) ✓

Umgebung: Schwingungsergablich ✓

Empfehl: Ergebnisse werten ✓

explizit: niedrige Kosten ✓

Umgebung: in Temperatur -10°C bis +40°C ✓

Spannungsspannung 12V

Schnittstelle: Spur-Kontakt 12V ✓

Anspruchzeit ausreichend für 10km/h ✓

Langlebigkeit ✓

↳ Windulsensor: Auflösung: 1° Anzahl ✓

2. Welche zusätzlichen Fragen würden Sie Ihrem Kunden stellen, um das System noch besser zu spezifizieren?

Hindernisse f. in medriger Höhe (Stufen?)



Positionsgrenzen: wie groß sind Parkettplatten?



Gebäudeabschirmung gegen GPS?



Schnittstellen: evtl. Busystem von Stapler vorhanden?



Kosten: wieviel gegen maximal.



Umgebung: Ultraschall oder ließ Störquelle?  
Schmutz / Staub / Feuchtigkeit?



Wie breit sind Fahrwege?



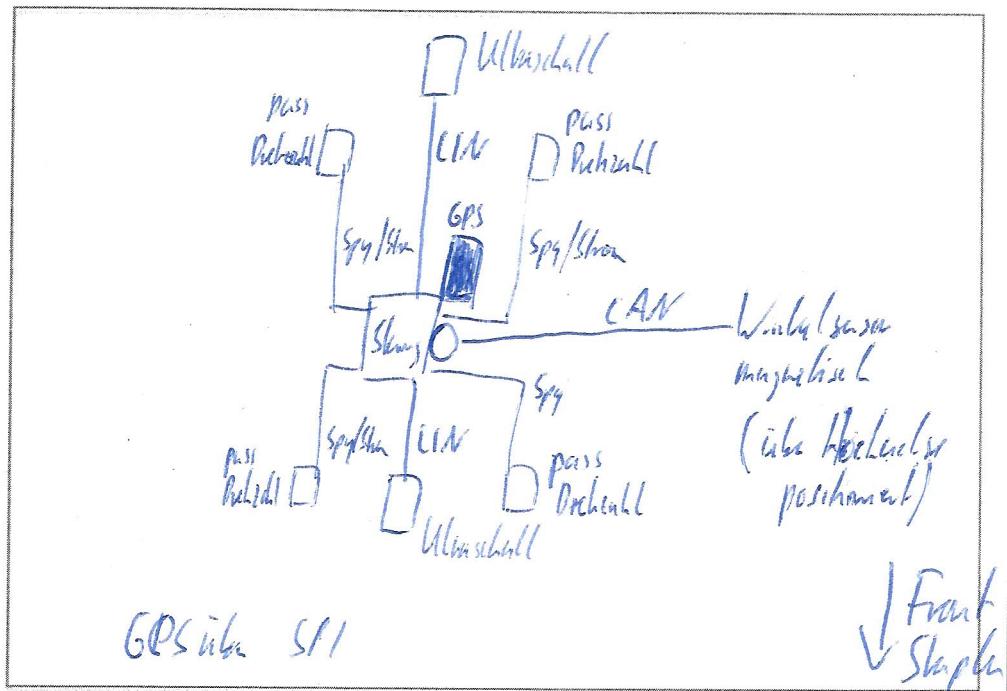
Wieviel Leistung darf benötigt werden?



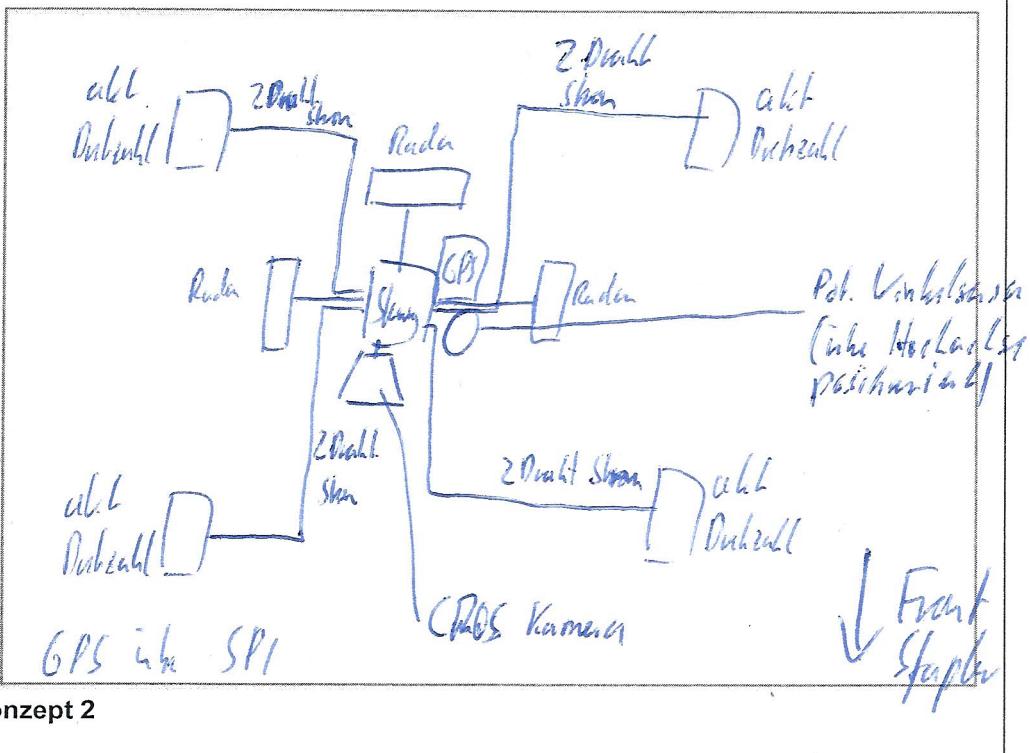
Wie gut sind DC Röderen geschwind (ETU)



3. Skizzieren Sie 2 Konzepte zur Realisierung der Anforderungen unter 1 als Blockdiagramme. Welche Sensoren benötigen Sie zur Realisierung? Benennen Sie diese und berücksichtigen Sie auch die verwendeten Schnittstellen. Berücksichtigen Sie auch die Positionierung am Gabelstapler.



Konzept 1



Konzept 2





4. Analyse der Anforderungen an die Sensoren

Listen Sie die Anforderungen an die verwendeten Sensoren auf, berücksichtigen Sie auch hier implizite Anforderungen.

Sensor	Anforderungen
Ultraschall	gekapselt wegen Feuchtigkeit, Nähe Objekte detektion, Hindernisabstand, Temperatur
magn. Winkelsensor	Winkelbereich mind. $320^\circ$ , Auflösung 10°, Schutzmaßnahmen
GPS	Auflösung, ENR, Wiederholgarantie
<del>Winkelgeber</del>	
Rechzahlengesch. passiv	Schwingungsanfällig, Auflösung, Robust, Richtung

Konzept 1

Rechts

Mehr auf  
hier

Seite

Sensor	Anforderungen
Radar	ENR, Robust, Schutzart
GPS	Auflösung, ENR, Wiederholgarantie
CMOS Kamera	Auflösung, Vibrationsresistenz
aht. Rechzahl magnet.	Schwingungsanfällig, Auflösung, Robust ENR, Richtung
Poli. Winkelsensor	Winkelbereich mind. $320^\circ$ Auflösung 10°, Schwingungsanfällig

Konzept 2



# Klausur EM – Sensorik

12. Juli 2012

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## 4 Konzept – Bewertung Sensoren

Erstellen Sie eine Bewertungsmatrix für die beiden Alternativen und bewerten Sie die Erfüllung der einzelnen Anforderungen mit + / 0 / - .

Sensor	Anforderung	Bewertung
Ultrahall	Robust	+
	Nahes Objekt detektion	0-
	Temperatur	+
	Höhen und Tiefen	+
Magn. Winkel sensor	Winkelbereich 360°	+
	Auflösung 1°	+
	Robust	+
	Versorgung 12V	+
	Paus	+
	Bauvolumen	+
Drehzahlmagn.	Robust	+
passiv	Auflösung	+
	Wiedeholungsfähigkeit	+
	EMV	+
	Richtungen	+
	Paus	+
	Bauvolumen	+
	Preis	-
GPS	Auflösung	0-
IR	EMV	0
	Wiedeholungsfähigkeit	0

Konzept 1

Sensor	Anforderung	Bewertung
Radar	EMV	0
	Robust / Sicherheit	+
	Paus	+
	Bauvolumen	+
Magn. Winkel sensor	Winkelbereich 360°	+
	Auflösung 1°	+
	Robust	+
	Preis	+
Drehzahlmagn.	Robust	+
magn.	Auflösung	+
	Richtungen	+
Cmos Kamera	Vibrationsempfindlichkeit	-
	Auflösung	+
	Preis	-
	Robust	-
GPS	Preis	-
	Auflösung	0-
	EMV	0
	Wiedeholungsfähigkeit	0

Konzept 2

Bewertung

10





6

**Konzeption – Abschlussbewertung**

Benennen und beschreiben Sie Vor- und Nachteile Ihres Sensorsystems. Gibt es Verbesserungspotenziale mit Sensoren, die nicht zur Auswahl standen? Bitte geben Sie diese an.

Vorteile: Plus

Robust / Stoßunempfindlich  
Ansteckende Tafel  
Einfach zu installieren (kann einfach  
Alles mit N V oder Bussystem)

Software

Nachteile: nahe Objekte nicht

deteektierbar (Sicherheitsschalter  
z.B. Luftbalg + Durchsegen)  
GPS ungenau → Lernschleifen



Verbesserungen: alle mit einem BLIS (z.B. CAV)

Optische Abstandssensoren

Winkelstufen am Raden

Auswahl

5

