



# Sensorik

Aufgabenpunkte gesamt:	von 60	
Noten(punkte):	EMV (Notenpunkte)	von 15
	Sensorik (Notenpunkte)	von 15
	Gesamtnotenpunkte:	15 von 15
	Gesamtnote:	0,7
Bemerkungen:	A1 A2 A3 A4 A5 A6	10 10 6 2,8 2,10 8,9
Dauer Sensorik	60 min	

## Formales

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

## Zugelassene Hilfsmittel

### zugelassen

- handgeschriebene Aufzeichnungen (A3 beidseitig)
- programmierbarer Taschenrechner

### insbesondere sind nicht zugelassen:

- Computer, Laptops, ausgenommen programmierbare Taschenrechner
- Mobiltelefone und andere kommunikationsfähige Geräte mit aktiviertem Funk
- Textbücher
- Kommunikation mit anderen Studierenden

Viel Erfolg !



## Zielsystem und Vorgehen

Ihre Aufgabe ist die Konzeption eines Sensorsystems und die Integration in ein autonomes Unterwasserfahrzeug.

Sie fassen im ersten Schritt die Anforderungen zusammen und berücksichtigen explizite und implizite Anforderungen an Ihr System. Danach notieren Sie verbleibende offene Punkte als Fragen an Ihren Auftraggeber. Aus den gegebenen Informationen entwickeln Sie ein Lastenheft. Sie entwickeln zwei Vorschläge für die Umsetzung und spiegeln diese an den Anforderungen. Sie wählen ein Konzept aus (Ihr Pflichtenheft) und bewerten dieses abschließend kritisch.

## Ihre Aufgabe: HAW-Seaglider

Ihr Aufgabe ist die Konzeption eines Sensorsystems für den HAW-Seaglider. Ein Seaglider ist ein autonomes Unterwasserfahrzeug, welches seinen Auftrieb mit Hilfe einer Schwimmblase und der Verschiebung des Schwerpunktes einstellen kann. Durch Flügel am Seaglider wird ein sägezahnförmiges Bewegungsprofil erzeugt und die Auf- und Ab-Bewegung in eine Vorwärtsbewegung verwandelt. Auf diese Weise kann ein Seaglider weite Distanzen mit sehr kleinen Energiespeichern bewältigen. Abbildung 2 zeigt das Funktionsprinzip eines Seagliders.

Ihr low-cost HAW-Seaglider besteht aus einer 1.5l PET-Flasche mit angeklebten Flügeln. Im Inneren befindet sich ein kleines eingebettetes 8-bit Mikrocontroller System, eine Miniatur Zahnrad-Pumpe sowie ein 6V Akku zur Versorgung aller Komponenten. Mit Hilfe der Zahnrad-Pumpe kann über einen Schlauch zur Außenseite ein Ballon im Inneren des HAW-Seagliders mit Wasser gefüllt oder entleert werden. Die Funktion ähnelt der einer Schwimmblase eines Fisches. Im Ausgangszustand ist der HAW-Seaglider perfekt ausbalanciert, d.h. er schwebt horizontal im Wasser.

Ihr HAW-Seaglider muss in möglichst kurzer Zeit und ohne Kollisionen mit dem Boden oder den Seiten (vgl. Abbildung 1) den Wellenkanal durchqueren. Am Start wird das Fahrzeug ideal in Richtung des Kanals orientiert. Die folgende Liste gibt eine Teilübersicht der zu realisierenden Funktionen:

- Automatische Ansteuerung der Zahnradpumpe, um eine gerichtete Vorwärtsbewegung zu erzeugen
- Verhinderung von Kollisionen mit dem Boden oder den Seiten des Wellenkanals
- Autonomer Dauerbetrieb über einen Zeitraum von 30 Minuten
- Messung der Unterwassertemperatur mit der Mess-Rate von 2 Messungen/Minute und einer Genauigkeit von 1°C
- Automatisches Auftauchen bei leerer Batterie

## Ihre Ausrüstung: Eingebettetes System, Pumpe und Sensoren

Folgende Komponenten stehen Ihnen zur Verfügung

S	Microcontroller System basierend auf ASURO mit on-board Sensorik: Bidirektionale IR Kommunikationsschnittstelle Batteriesensor (A/D Wandler am Microcontroller)
A	Zahnradpumpe
S1	3-Achsen Beschleunigungssensor (ADXL330KCPZ-Board mit Spannungsregler)
S2	2-Achsen Beschleunigungssensor (ADXL206)
S3	6-Achsen Inertia Measurement Unit (MPU6000)
S4	Temperatursensor
S5	Ultraschallsensor (HC SR04)
S6	Näherungssensor (Sharp GP2D120)

## Ihre Möglichkeiten:

Zur Realisierung stehen Ihnen die angegebenen Sensoren zum Anschluss an die Microcontroller Platine zur Verfügung. Skizzieren Sie für die von Ihnen ausgewählte Lösung, wo Sie die Komponenten anbauen und wie Sie sie elektrisch anbinden. Hierzu verwenden Sie bitte die angegebenen Abbildungen.

# Klausur BMT4-SN

2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

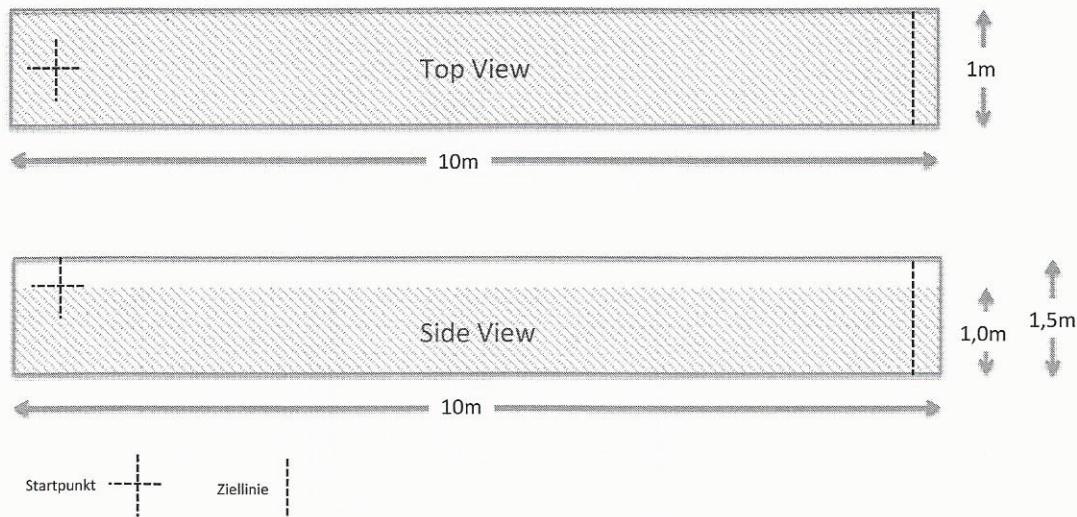


Abbildung 1: Wellenkanal mit Abmassen

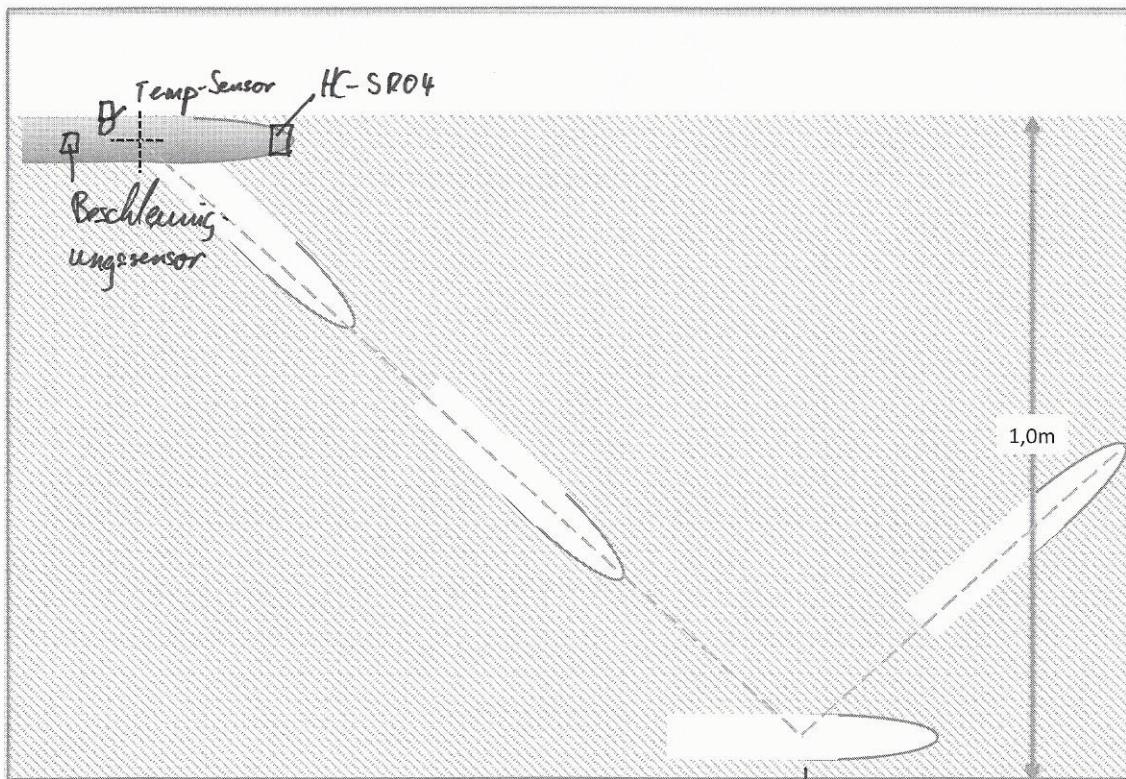


Abbildung 2: Funktion eines Seagliders

# Klausur BMT4-SN

2. Juli 2014

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

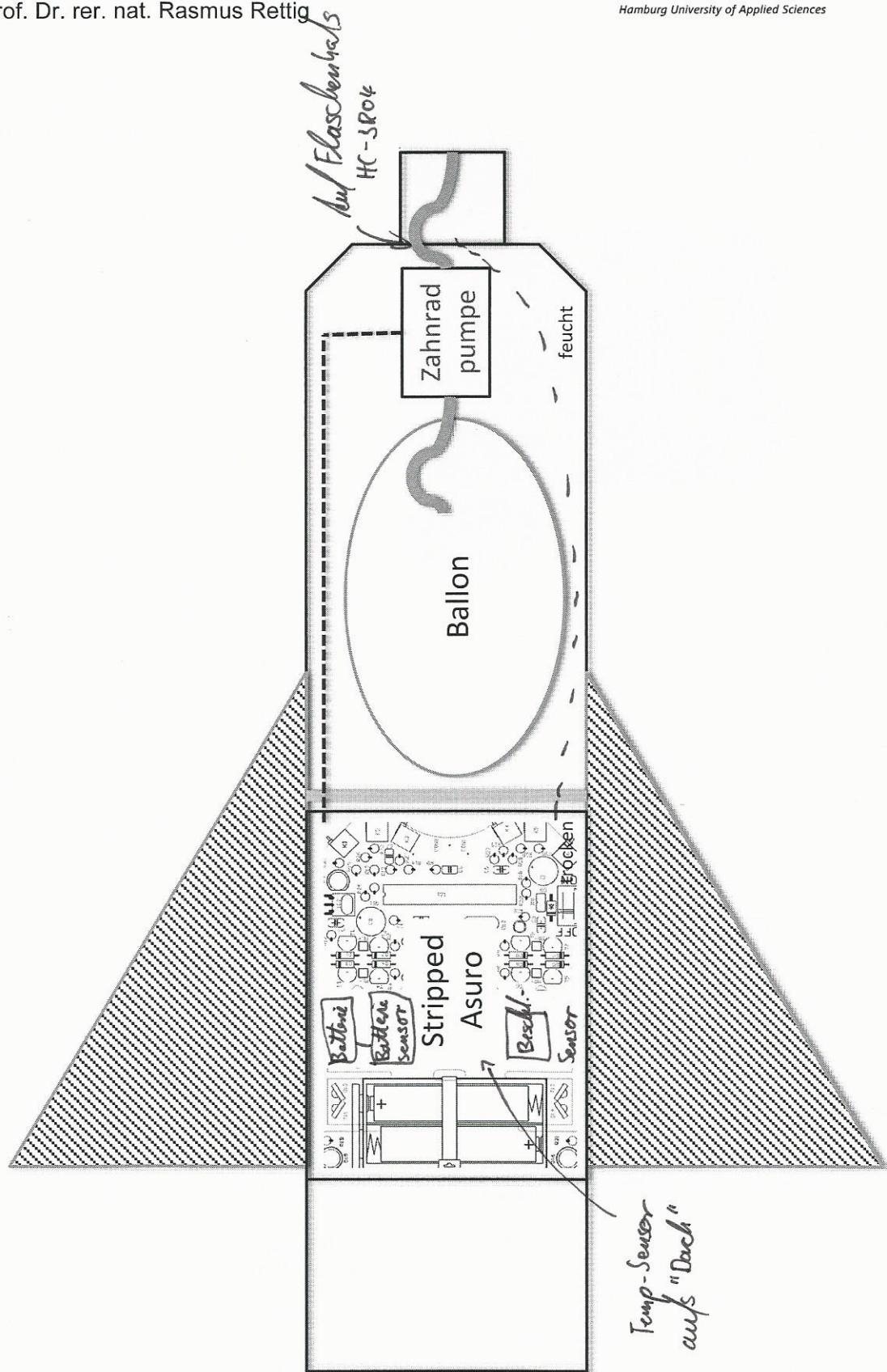


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des HAW-Seagliders

# Klausur BMT4-SN

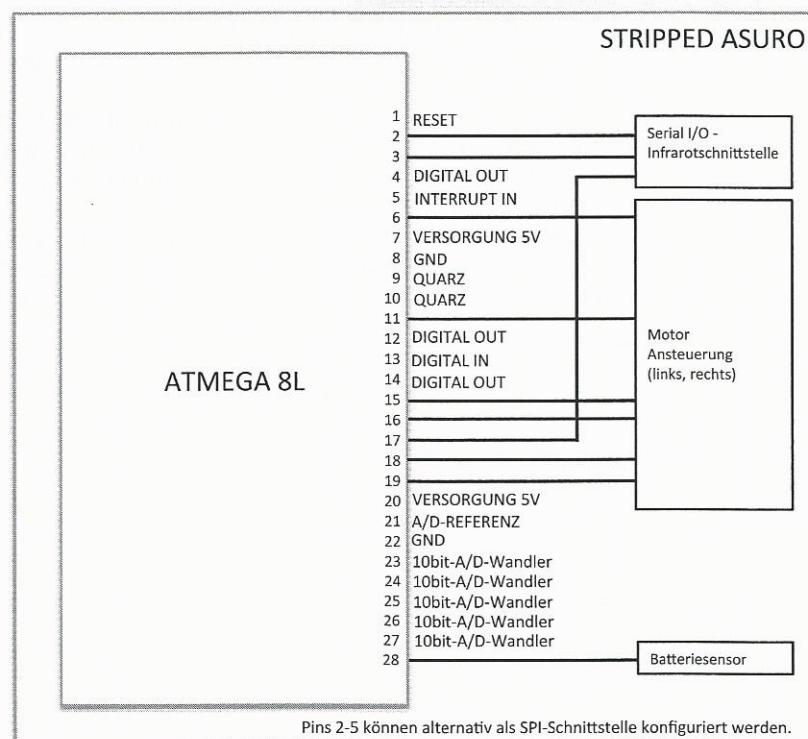
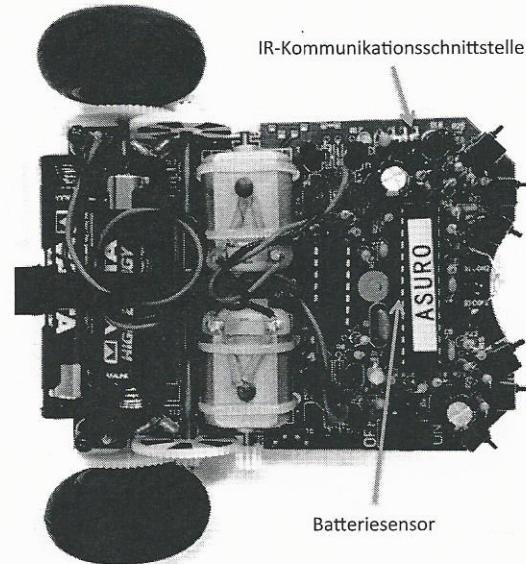
2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## S0: Stripped Asuro mit integrierter Sensorik



### Beschreibung: Microcontroller Board

### Technische Daten:

Spannungsversorgung: 4,5 ... 6V (4x AAA Batterie / Akku)

Microcontroller: ATMEGA8

Besonderheiten: IR-Schnittstelle zur Programmierung und zum Datenaustausch, Batteriesensor (Pin 28, A/D Wandler 10bit), Ansteuerung von Gleichstrommotoren mit Drehrichtungsumkehr, eine SPI-Schnittstelle ist durch geeignete Konfiguration (Pins 2-5) realisierbar; Räder und Sensorik für den Landeinsatz wurden für den Einsatz im Seaglider entfernt.

## Klausur BMT4-SN

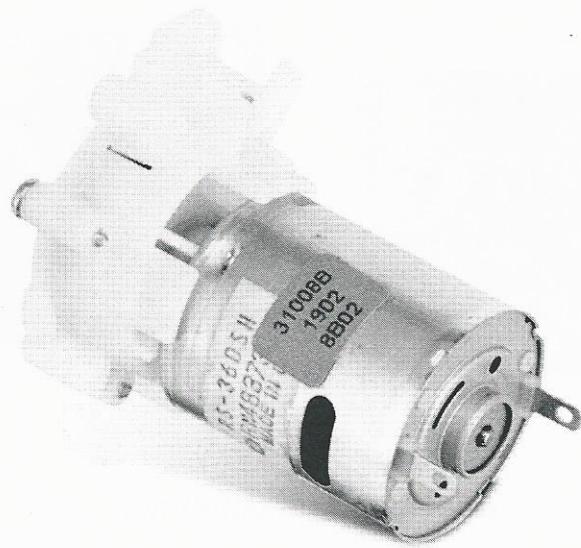
2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

### A1 - Zahnradpumpe



Kleine Zahnradpumpe für und andere nicht aggressive Flüssigkeiten, ideal zur Verwendung als Dosierpumpe, für Modellbau usw. Die Pumpe ist nur sehr einfach elektrisch entstört.

#### Technische Daten:

Betriebsspannung:	3 ... 7,2 V-✓
Stromaufnahme:	2,2 ... 4,5 A
Fördermenge:	0,7 ... 1,6 l/min.
Wassertemperatur:	0°C ... 60°C ✓
Anschluß-ø Saug- und Druckseite:	4,2 mm
Maße (LxØ):	65mm x 45mm

# Klausur BMT4-SN

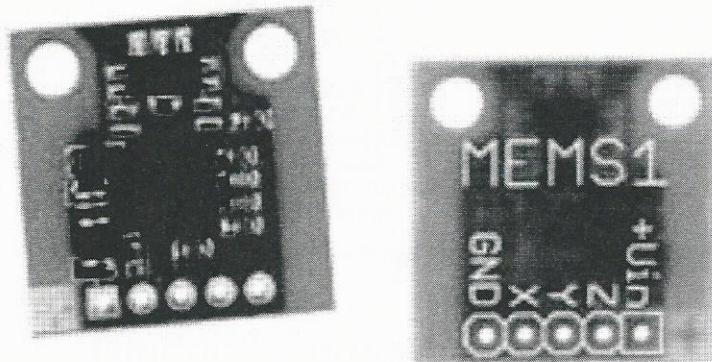
2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

**S1:**  
**3-Achsen**  
**Beschleunigungssensor**  
**(ADXL330KCPZ-Board**  
**mit Spannungsregler)**



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

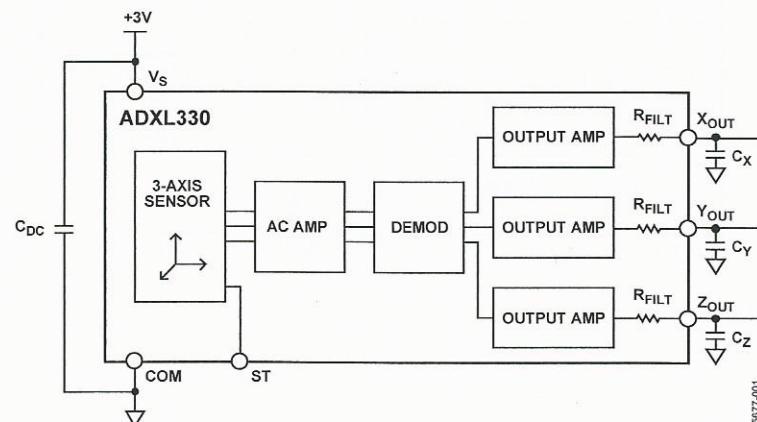


Figure 1.

**Beschreibung:** 3-Achsen Beschleunigungssensor auf einer Leiterplatte mit Spannungsregler

**Technische Daten:**

Beschleunigung:	3-Achsen, jeweils $\pm 3g$ Messbereich
Bandbreite:	550 Hz
Schnittstelle:	Ratiometrische Spannungsschnittstelle, 300mV/g
Versorgungsspannung:	6 ... 24V
Stromaufnahme:	2,5 mA
Temperaturbereich:	-25 °C ... +70 °C ✓
Abmessungen:	20x20 mm <sup>2</sup> (Leiterplatte)
Besonderheiten:	Selbsttest
Preis:	12 €

# Klausur BMT4-SN

2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

**S2:**  
**2-Achsen**  
**Beschleunigungssensor**  
**(ADXL206)**

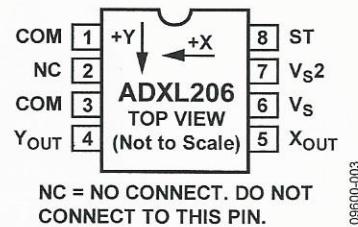


Figure 3. Pin Configuration

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

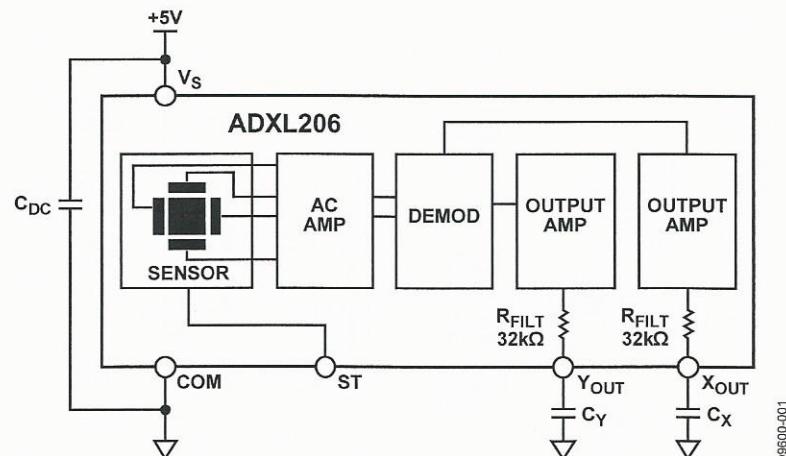


Figure 1.

**Beschreibung:** 2-Achsen Beschleunigungssensor für hohe Temperaturen

### Technische Daten:

Beschleunigung:	2-Achsen, jeweils $\pm 5\text{g}$ Messbereich
Bandbreite:	einstellbar durch Wahl von $C_Y$ und $C_X$ , 0,5 bis 2500 Hz
Schnittstelle:	Ratiometrische Spannungsschnittstelle, 312mV/g
Versorgungsspannung:	4,75 ... 5,25V ✓
Stromaufnahme:	700 $\mu\text{A}$
Temperaturbereich:	-40 °C ... +175 °C ✓
Abmessungen:	Keramik DIL-Package
Besonderheiten:	Selbsttest, Sensor für extreme Anforderungen
Preis:	30 €

# Klausur BMT4-SN

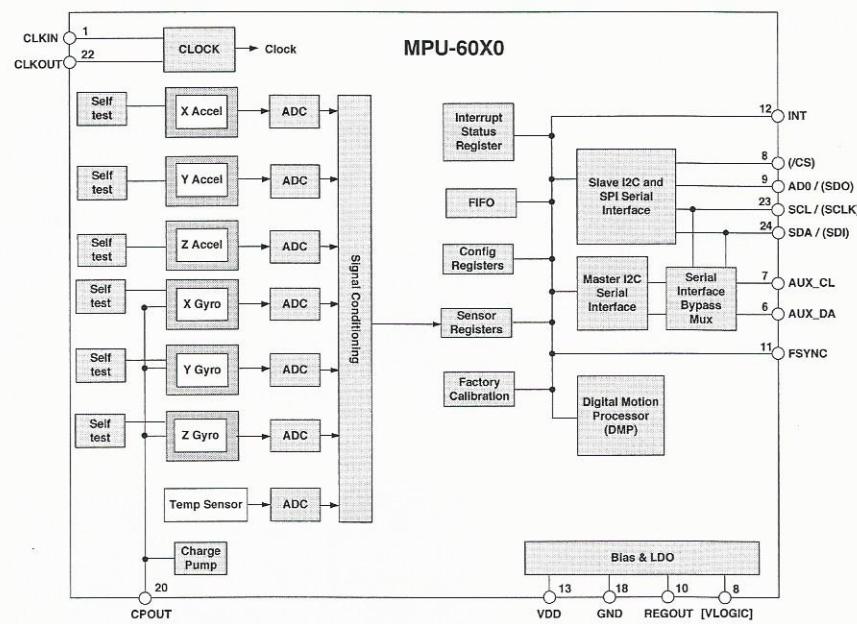
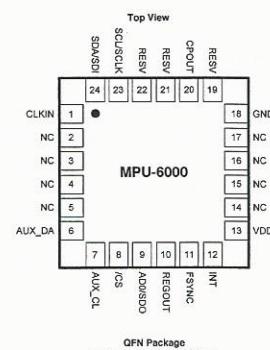
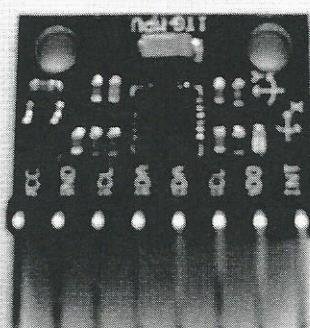
2. Juli 2014



Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## S3: MPU6000 – 6-Achsen Intertia-Measurement-Processor



**Beschreibung:** Inertia Measurement Unit (3xDrehrate, 3xBeschleunigung)

### Technische Daten:

Beschleunigung:	3-Achsen, jeweils $\pm 2g$ , $\pm 4g$ , $\pm 8g$ oder $\pm 16g$
Drehrate:	3-Achsen, $\pm 250$ , $\pm 500$ , $\pm 1000$ , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$
Bandbreite:	5 bis 256 Hz
Auflösung:	16 bit für alle Meßgrößen
Schnittstelle:	I2C oder SPI
Versorgungsspannung:	2,375V ... 3,46V
Stromaufnahme:	3,9 mA
Temperaturbereich:	-40 °C ... +85 °C
Abmessungen:	20 mm x 15 mm x 3 mm (Leiterplatte)
Besonderheiten:	Selbsttest, Integrierter Motion Coprozessor, Anschlussmöglichkeit für einen 3-Achsen Kompass
Preis:	7,10 €

# Klausur BMT4-SN

2. Juli 2014



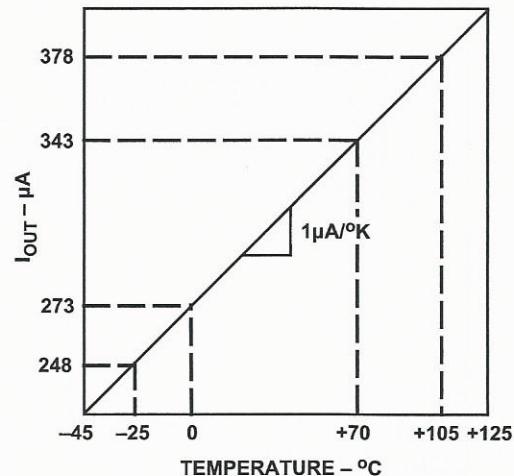
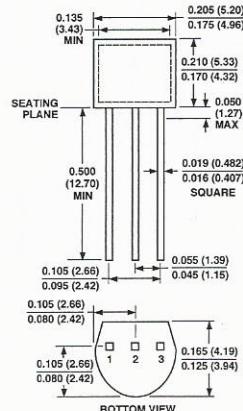
Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

## S4: Temperatursensor AD592

### OUTLINE DIMENSIONS

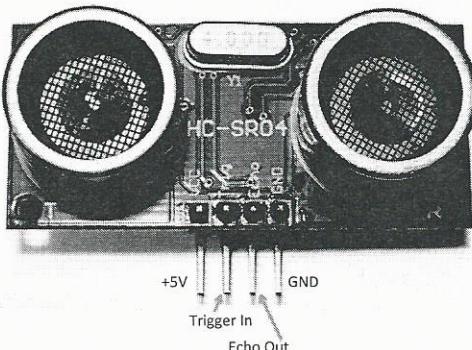
Dimensions shown in inches and (mm).



**Beschreibung:** 2-Draht Temperatursensor AD592  
**Technische Daten:**

Genaugigkeit:	0,5°C @ 25°C
Linearität	besser 0,15°C im Bereich 0°C bis 70°C
Temperaturbereich:	-25 °C ... +105 °C
Versorgungsspannung:	+4V ... +30V ✓
Besonderheiten:	Temperaturabhängige Stromquelle, Strom unabhängig von angelegter Spannung
Preis:	6,43 €

## S5: Ultraschallsensor HC-SR04

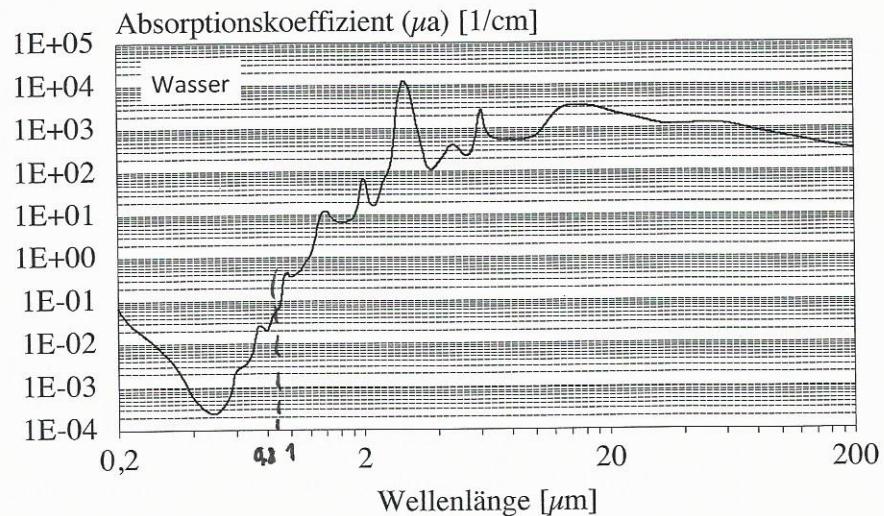
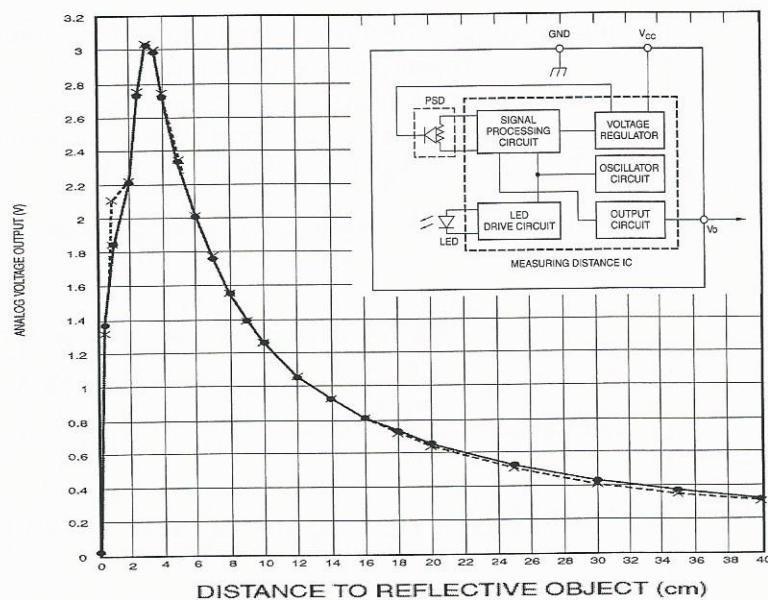


**Beschreibung:** Ultraschallsensor mit digitaler Schnittstelle  
**Technische Daten:**

Öffnungswinkel:	15°
Meßbereich	5cm ... 3m
Temperaturbereich:	0°C... +50 °C
Versorgungsspannung:	+5V
Stromaufnahme:	2mA
Besonderheiten:	Digitale Schnittstelle
Preis:	2€



**S6: Näherungssensor  
Sharp GP2D120**



**Beschreibung:** Optischer Abstandssensor  
**Technische Daten:**

Schnittstelle:	analoge Spannungsschnittstelle
Messbereich:	4cm ... 30cm
Wellenlänge:	$\lambda = 850 \text{ nm} \pm 70 \text{ nm}$
Start-Verzögerung:	44ms
Antwortzeit:	39ms
Temperaturbereich:	10°C ... +60 °C ✓
Versorgungsspannung:	+4,5 ... 5,5V ↘
Stromaufnahme:	33mA
Preis:	22€

## 1. Fassen Sie die Funktionen und ihre Spezifikationen stichwortartig zusammen.

Welche Sensorsignale benötigen Sie zur Realisierung der Funktionen?

Berücksichtigen Sie explizite und implizite Anforderungen. Quantifizieren Sie diese.

Nutzen Sie ggf. eigene Abschätzungen, die Sie hier dokumentieren.

explizit: - autonomes Unterwasserfahrzeug entwerfen (✓) und präzise: →

- sägezahnförmiges Bewegungsprofil erzeugen (für auf- und ab-Bewegung)

- 6V Spannungsversorgung für alle Sensoren und Aktoren ✓

- alle Sensoren und Aktoren müssen in 1,5l-Flasche passen ✓

- in möglichst kurzer Zeit 10m Strecke zurück legen ohne Kollision mit Boden oder Seite

- autom. Justierung d. Zahnradpumpe für gerichtete Vorwärtsbewegung ✓

- autonomer Dauerbetrieb von 30 Minuten ✓

- Unterwassertemp. messen mit 2 Messungen/Minute und Genauigkeit von 1°C ✓

- autom. auftauchen bei leerer Batterie ✓ → Wie machen Sie das?

- Schwerpunkt verschieben ✓

- Verwaltung der Sensoren durch 8-bit Mikrocontroller System ✓

implizit: - Batteriestand auslesen können (✓)

- beschränkten Raum berücksichtigen (entweder oben!)

- alle Sensoren können nur über I2C ansteuert werden (✓)

- Lage des Seagliders muss festgestellt werden (links/ rechts - Drehung) ✓

- angenommener Temperaturbereich: +0°C bis ~~+40°C~~ 50°C wegen Ultraschallsensor bis ~~+60°C~~ wegen Pumpe

- Kosten so gering wie möglich halten (low-cost!) ✓

- wasserdichtes Gehäuse (✓)

- Vibration durch ansetzen auf den Boden im Kanal (✓) ← sollte nicht vorkommen

- Geschw. angenommen: ~~10 km/h~~ 1-3 km/h (✓)



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

- Was ist die Grenze für Low-cost? Wie teuer darf es max. sein? ✓
- Welche Auflösung dürfen die anderen Sensoren haben? → Spezifizierer? (✓)
- Was soll nach einer unerwarteten Kollision passieren (Verhalten)? (✓)
- Welche Lebensdauer sollen die Sensoren haben? (✓)
- Welcher Programmieraufwand ist zulässig? (✓)
- Welche EMV-Störquellen gibt es? ✓
- Wie viel Leistung dürfen die Sensoren benötigen? (✓)
- Wie schnell ist der Seaglider max? (✓)
- Welche Stöße und Vibratoren können dadurch hervorgerufen werden? ?
- Wann ist Batterie leer? (✓) → Praktikum!
- Wie viele Zyklen des Pumpens sind mit den Batterien mögl.? ✓
- Wie verhält sich der Seaglider, wenn er in Schieflage gerät? ✓

+6



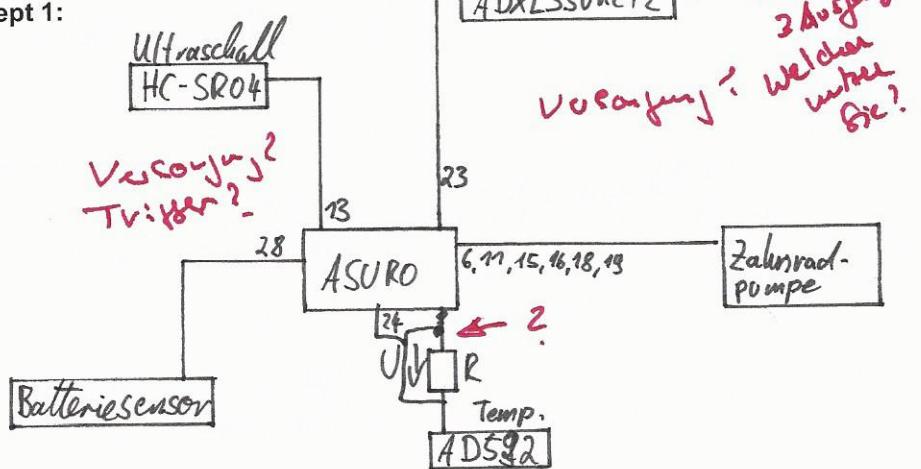
Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

3. Skizzieren Sie 2 Konzepte zur Realisierung der Anforderungen als

Blockdiagramme. Welche Daten benötigen Sie? Welche Sensoren benötigen Sie zur Realisierung? Welche Schnittstellen verwenden Sie?

+1

Konzept 1:



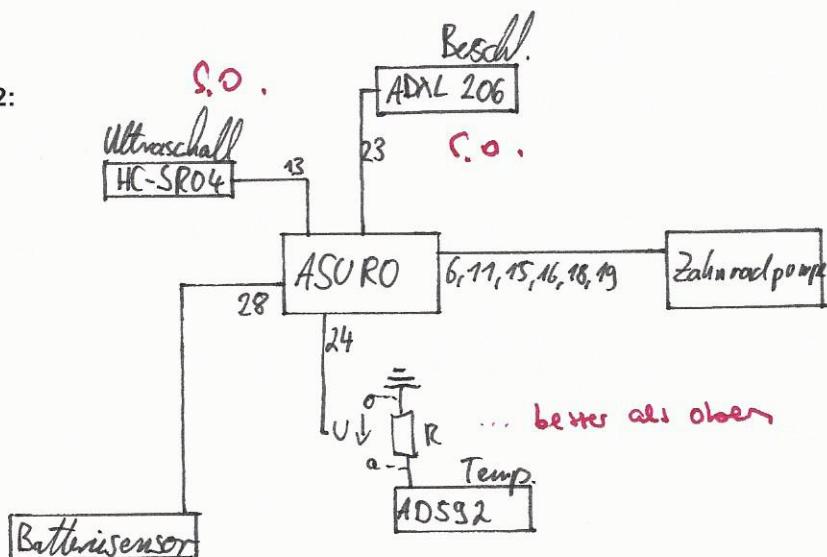
+ 1  
+ 1  
2

+ 1  
+ 1  
2

+ 1  
1  
7

Legende: "28": wird an Pin 28 vom ASURO angeschlossen

Konzept 2:



62

+1

+ 1  
2

+ 1  
2

+ 1  
61

# Klausur BMT4-SN

2. Juli 2014



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat. Rasmus Rettig

4. Konzeptvergleich und Bewertung: Stellen Sie Ihre zwei Konzepte auf Basis der Anforderungen gegenüber und bewerten Sie den Grad der Erfüllung.

Funktion	Anforderung	Bew. Konzept 1	Bew. Konzept 2
Aut.- und Abtrieb	Fortbewegung <sup>10</sup>	10 = 80 gab nichts anderes zu Auswählen	10 = 80
Spannungsversorgung 6V	Bauraum begrenzt <sup>8</sup>	8 = 64 Ultraschall braucht 4 DXL 206 + HC-SR04 brauchen Spannungsversorger	3 = 24
Temp.-Messung	2 Mess / Min <sup>10</sup> 1°C genau	Temp.-Messung <sup>10</sup> erfüllt, aber R an Ausgang schalten = 100	S. Konzept 1 <sup>10</sup> = 100
Batteriemessung	autom. Aufladen leere Batterie <sup>7</sup>	erfüllt <sup>10</sup> = 10	erfüllt <sup>10</sup> = 10
8bit Microcontroller	Verwaltung d. Sensors durch ASV10	erfüllt <sup>10</sup> = 100	erfüllt <sup>10</sup> = 100
Lage feststellen	Drehung um Achse ermitteln <sup>10</sup>	höhere Stromaufn. günstiger 3-Achsen <sup>9=90</sup>	niedrigere Stromaufn. 6V n. unterstützt etw. brennt 24 Achsen <sup>6=60</sup>
Preis	Low-cost <sup>10</sup>	Beschl. 12 <sup>10=100</sup> 6,43 <sup>2=20</sup> 20,43 <sup>30€</sup>	6,43 <sup>2=20</sup> 38,43 <sup>€18</sup>
Ablstand messen	keine Kollision <sup>10</sup>	HC-SR04 sorgt <sup>8=80</sup> für Abstandsmessung	S. K1 <sup>8=80</sup>
	Temp.- Bereich <sup>7</sup>	Ultraschallsensor sensit. Ber. auf +50°C <sup>5=35</sup> 0°C durch sonst kriechende Wasser	

Anforderungsanalyse

10P

78

→ Videovergleiche helfen  
einen nicht zu entscheiden,  
der die Feinabstimmung findet!



## 5 Konzeption – Auswahl System

Wählen Sie geeignete Konfiguration aus und begründen Sie Ihre Wahl. Gehen Sie hier auch auf etwaige fehlende Informationen ein. Skizzieren Sie in den Abbildungen wie Ihre Lösung mechanisch und elektronisch integriert wird.

Ich wähle Konzept 1 aus.

Konzept 1 verwendet den besten Beschleunigungssensor.

Er hat eine passende Versorgungsspannung von 6V, während die anderen beiden Sensoren jeweils für niedrigere Spannungen ausgelegt sind. Bei der MPU-6000 gibt es zudem noch den Nachteil, dass der Sensor sehr programmieraufwändig ist. hinzunommen: Faktor 10 aufwendiger Der MPU-6000 ist zwar der günstigste Sensor, jedoch wiegen die Nachteile die Vorteile nicht auf.

Der Temp. Sensor wurde gewählt, weil es keinen anderen gab. Zu beachten hierbei ist, dass anden Ausgang des Sensors ein Widerstand geschaltet werden muss und parallel dazu wird die Spannung gemessen. Die gemessene Spannung wird in Port 24 gestellt.

Der Ultraschallsensor begrenzt den Temp. Bereich auf max +50°C. Der riesige Vorteil liegt im kleinen Preis. Ein weiterer Nachteil ist die zu geringe Versorgungsspannung.

Der Sharp Nähersensor fücht deshalb keine Kompensation, weil er 11 mal teurer ist als der Ultraschallsensor und auch den Nachteil auf der zu geringen Versorgungsspannung hat.

Der Batteriesensor und die Zahnradpumpe werden immer gebraucht.

Eine Programmierung ist weiterhin über IR mögl.

*Was heißt das in diesem Fall?*

✓

✓ *günstig*

✓

✓

✓ *günstig, gut eingespielt*

? } *Wartere - beständigkeit?*

✓

Klausist: +1

Abo: +1

Gesamte: 9



## 6 Konzeption – Abschlussbewertung

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

Die Nachteile der Lösung sind klar:

es wird ein zusätzlicher Widerstand für den Temperatursensor benötigt und die Spannung für den Ultraschall-Sensor muss heruntergegelt werden.

✓ (kein wirkliches Problem)

Nach Dara muss der Ultraschallsensor ~~rechts~~ vorne auf den Flaschenhals positioniert werden, um das Ende des Kanals zu erkennen. Es muss also extra dafür gesorgt werden, dass die Elektronik nicht wasserdicht wird. Genau das gleiche gilt für den Temperatursensor, um die Wassertemperatur des Kanals zu messen.

✓

✓ Anna, gut, Oktant!

Die Vorteile hängen beim Besch. Sensor an. Es ist die richtige Versorgungsspannung möglich und der Programmieraufwand ist im Vergleich zur MPV-6000 um den Faktor 10 gesunken.

✓

Dies erkürzt die Entwicklungszeit. Noch dazu hat es 3 Dosen. (im Gegensatz zu Konzept 2) mit nur 2 Dosen.  
Durch den Einsatz des HC-SR04 spart man 20€. 80 im vogl. zum Sharp-Sensor. Dieser ~~war~~ prinzipiell zwar auch möglich, jedoch ging das Diagramm nur bis zur Wellentfernung von 200

mit nur 2 Dosen.

✓

Im Nachhinein fiel mir auf, dass der Sharp-Sensor auch ung. ist. Zuerst dachte ich, dass 850 nm nicht mehr im Diagramm sind. Dann liegt der Absorptionskoeff. bei  $5 \cdot 10^{-1} / \text{cm}$ . Allerdings müsste auch für den Sensor eine niedrigere Betriebsspannung anliegen. (Widerstand regulieren).

|| 850nm  
= 0,85μm

~~Der gewählte B~~ Es gibt evtl. noch einige Abstandssensoren, extra für Unterwasser. Etw. auch mit richtiger Versorgungsspannung.  
Weiterer Vorteil: Programmierung weiterhin auf.

✓

