

Sensordatenverarbeitung (03-BB-709.01)

EINLEITUNG (1)

- Prof. Udo Frese
 - AG Multisensorische Interaktive Systeme
 - Seit 2008 Professor an Uni Bremen
 - Cartesium Ebene 0
- Forschungsschwerpunkte
 - Roboterfußball (B-Human)
 - Bildverarbeitung
 - Sensorfusion



- Prof. Tanja Schultz
 - Professur „Kognitive Systeme“
an der Universität Bremen seit 2015
 - 2007-2015 Professorin am KIT
- Cognitive Systems Lab (CSL)
 - Website: <http://csl.uni-bremen.de/>
 - Cartesium, 2. OG
- CSL Sekretariat
 - Organisatorisches
 - Frau Margo Warnken:
margo.warnken@uni-bremen.de



Cognitive Systems Lab
(since 2015), 2. OG



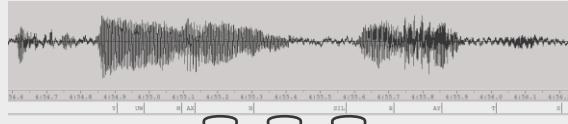
Machine Listening Lab
(since 2019), 3. OG
U Bremen Exc Chair H. Li



University High-profile area
(Office since 2021), 3. OG

- **Kommunikation des Menschen mit seiner Umwelt:**
Sprache, Bewegung, Hirnaktivitäten, ... ➡ **Biosignale!**
- **Anwendungen in Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine-Kommunikation**

Spracherkennung



„Recognize speech“

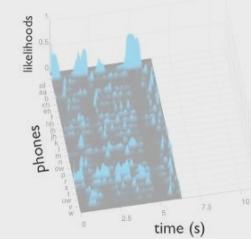
Interaktionssysteme



Silent Speech Interfaces



Brain-Computer Interfaces



- **Sensor**, [...] ein technisches Bauteil, das bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften [...] und/oder die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen kann. [...]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sensor>

- **Sensor** [lat.] (Messfühler), derjenige Teil einer Mess- und Registriereinrichtung, der unmittelbar der zu messenden oder zu erfassenden Erscheinung ausgesetzt wird. [...],

Meyers Großes Taschenlexikon, 1992

- **Messen**, experimentelle Bestimmung des Messwertes einer physikalischen Größe (z.B. einer Länge, Stromstärke) durch einen quantitativen Vergleich der Messgröße mit einer Einheit (Meter, Ampere) als Bezugsgröße. [...]

Meyers Großes Taschenlexikon, 1992

- (Daten) **Erfassen**
 - die Aufnahme analoger Signale mittels geeigneter Geräte,
 - der anschließenden AD-Wandlung in digitale Messdaten (ggfs. einschließlich Zeitstempel),
 - die dann per Software weiterverarbeitet werden.
- In allgemeinerer Bedeutung ist 'Datenerfassung' ein Arbeitsvorgang, mit dem anfallende Daten in eine maschinenlesbare Form gebracht und auf Datenträgern gespeichert werden.

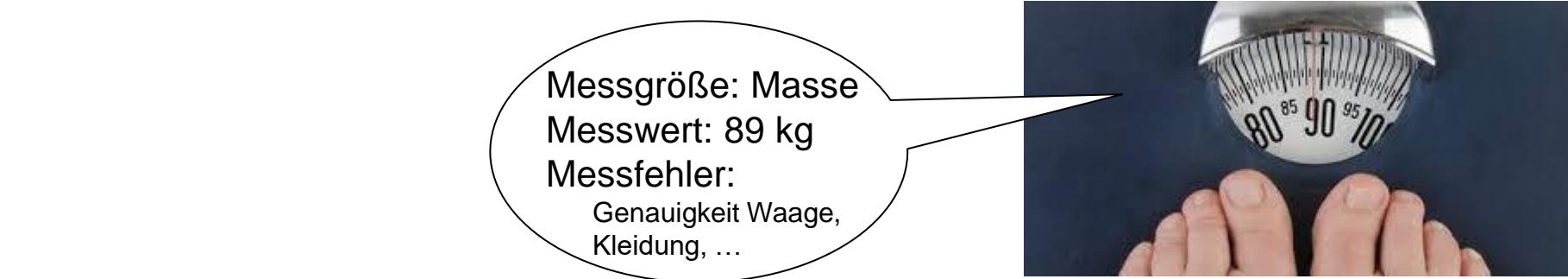
Siehe bspw. <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenerfassung>

Messen: experimentelle Bestimmung eines Messwertes durch quantitativen Vergleich der Messgröße mit einer Vergleichsgröße

Messgröße diejenige physikalische Größe (Masse, Leistung, Temperatur), der eine Messung gilt

Messwert ist der von einem Messgerät / einer Messeinrichtung gelieferte Wert einer Messgröße,
ausgedrückt durch das Produkt Zahlenwert · Maßeinheit := Messwert

Messfehler: Abweichungen des Messwertes von der Messgröße



Welche Sensoren gibt es?

Welche Sensoren gibt es?

- **Aufgabe:** Nennt 5 gebräuchliche Sensoren, die Größe die sie messen und Beispiele wo sie verwendet werden!



Welche Sensoren gibt es?

- **Aufgabe:** Nennt 5 gebräuchliche Sensoren, die Größe die sie messen und Beispiele wo sie verwendet werden!

Größe	Sensor	Anwendung
Temperatur	Thermometer	Wetterst., Heizung, Backofen, Anlagen
Länge	Distanzsensor (viele Varianten)	Position von Maschinenteilen, Auslösung der Klopfpülung, Vermessung, Kofferraum
Helligkeit	Lichtsensor	Wetterst., Gartenlampen, Nachtlichter
Druck	Drucksensor	Wetterst., U-Boot-Tiefe, Anlagen, Flugzeug
Kraft	Kraftsensor	Waage, Belastungsmessung, Werkzeuge
Bewegung	Inertialsensor	Userinterfaces (UI), Sportkunde, Navigation
Bild	Kamera	Medien, Qualitätskontrolle, Security, Maschinensteuerung, Vermessung, UI
Ton	Mikrofon	Medien, Sprachsteuerung, Fernüberwachung, Lärmessung



- **Aufgabe:** Nennt 5 gebräuchliche Sensoren, die Größe die sie messen und Beispiele wo sie verwendet werden!

Größe	Sensor	Anwendung
Kapazität	Kapazitätssensor	Näherung, Füllstand, Touchscreen
Induktivität	Induktionssensor	Näherung, Metalldetektor
Konzentration von Gasen	Gassensor	Sicherheit, Anlagen, Motor/Heizungssteuerung
Sauerstoff-sättigung	Oxymeter	Medizin, Sportkunde
Magnetfeld	Magnetsensor	E-Kompass, Winkelmessung
Geschwindigkeit	Doppler-Sensor	„Blitzer“, Durchflussmesser, Windmesser, bewegungsgesteuertes Licht

Sensor	Sensor
Temperatur	Kapazitätssensor
Länge	Induktionssensor
Helligkeit	Gassensor
Druck	Oxymeter
Kraft	Magnetsensor
Bewegung	Doppler-Sensor
Bild	
Ton	

- Warum Sensordaten mit Programmen verarbeiten?
 - Viele Sensoren messen direkt das, was man wissen will
 - Verarbeitung meist einfach
 - Für Sammlung, Darstellung, Logging, Dokumentation, Verknüpfung, Archivierung
 - Informationslogistik
 - Ggf. Kalibrierung
 - Hier nicht der Fokus.
 - Z.B. GPS/Zeit-annotierte Archivierung von Wassertemperaturproben
 - Selten komplexe Verarbeitung
 - Z.B. Temperaturmuster erkennen



Sensor	Sensor
Temperatur	Kapazitätssensor
Länge	Induktionssensor
Helligkeit	Gassensor
Druck	Oxymeter
Kraft	Magnetsensor
Bewegung	Doppler-Sensor
Bild	
Ton	

- Warum Sensordaten mit Programmen verarbeiten?
- Manche Sensoren erfordern komplexe Auswertung
 - Erkennung von Mustern
 - Berechnung nicht direkt gemessener Größen
 - Fusion mehrerer Sensoren
 - „Intelligenz“
 - **Hier der Fokus**
 - Z.B. Erdbeeren in Bild erkennen
 - Z.B. Defekte Lager am Geräusch erkennen
 - Z.B. Schritte zählen
- „Messwerte“ als Medium
 - Bild + Ton, hier nicht Fokus

Kamera (Bild)



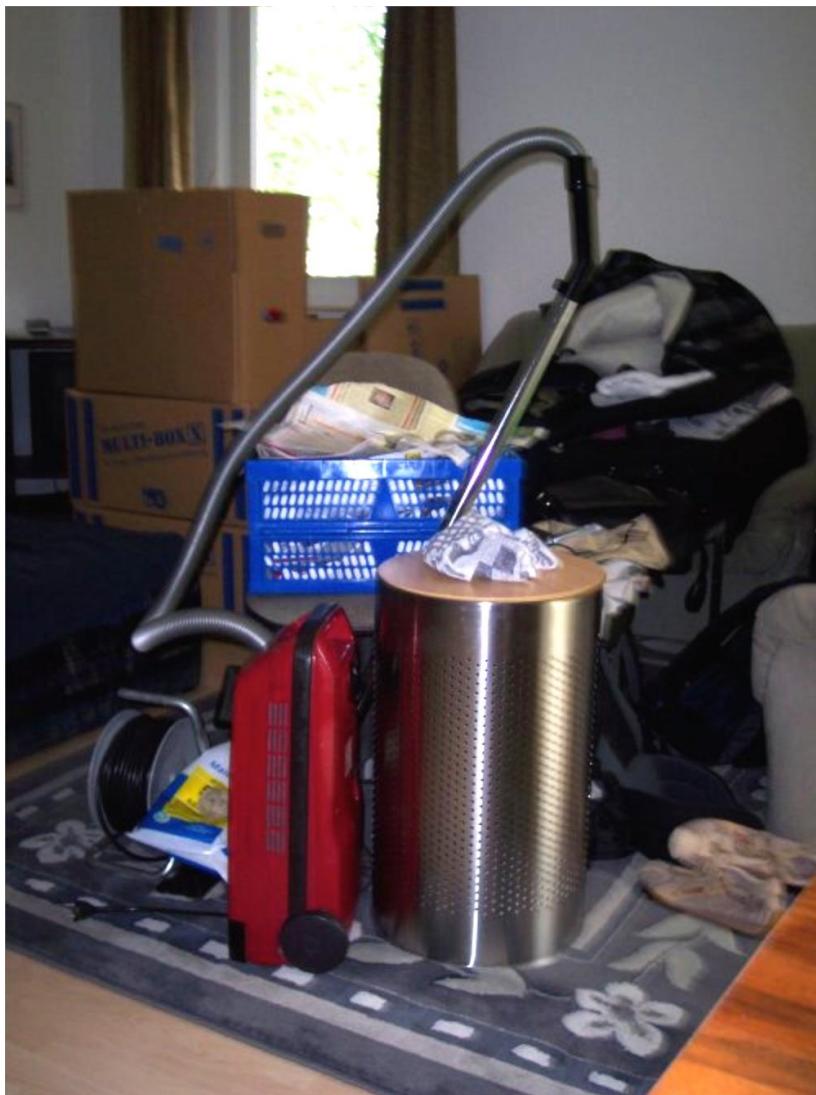
Mikrofon (Ton)



Inertialsensor (Bewegung)

- **Bild und Ton** – gebräuchliche Bezeichnung zur Abgrenzung zwischen primär akustischen (Rundfunk) und visuelle Signalen (Fernsehen, Film)
- In der Akustik gelten folgende Definitionen:
 - **Ton**: Signal mit genau einer Frequenz
 - **Klang**: besteht aus mehr als einer Frequenz: Grundschwingung und Obertöne (ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz)
 - **Geräusch**: enthält viele verschiedene Frequenzen
 - **Sprache**: enthält ebenfalls viele Frequenzen, die Menschen mit erlerntem sprachlichen Wissen (Laute, Wörter, Bedeutung) kombinieren
- **Audio** werden wir als Begriff in dieser Vorlesung auch häufig verwenden
 - Aus dem Lateinischen „*ich höre*“ (*audire* = *hören*)
 - Audio wird als Bestandteil von Wörtern verwendet, die mit *Hören* zu tun haben (z. B. Audioanlage, Audiosignale, Auditorium).
 - bezieht sich auf den menschlichen Hörbereich (Schallwellen 16 Hz bis 20 kHz)
- **Bild** “distributed amplitude of color(s)“
 - Chakravorty, Pragnan "What is a Signal? In: Lecture Notes, IEEE Signal Processing Magazine. 35 (5)





- Beispiel Bild
- Frage an das Auditorium:
Woran könnte man Kiste und Wäschekiste erkennen?



- Beispiel Bild
- Frage an das Auditorium:
Woran könnte man Kiste und Wäschekiste erkennen?
 - Farbe
 - Kontur
 - Muster / Textur
- Schwierig, weil jede Menge „seltsamer Effekte“ das Bild beeinflussen



Farbe:

Störung durch Schatten, Übergänge, Reflexionen, Rauschen



Farbe:

- Farben an unerwarteten Stellen
- Farbe von Beleuchtung abhängig
- Farbe degeneriert in dunklen Bereichen



Frage an das Auditorium:
Gibt es weitere „seltsame“ Effekte?

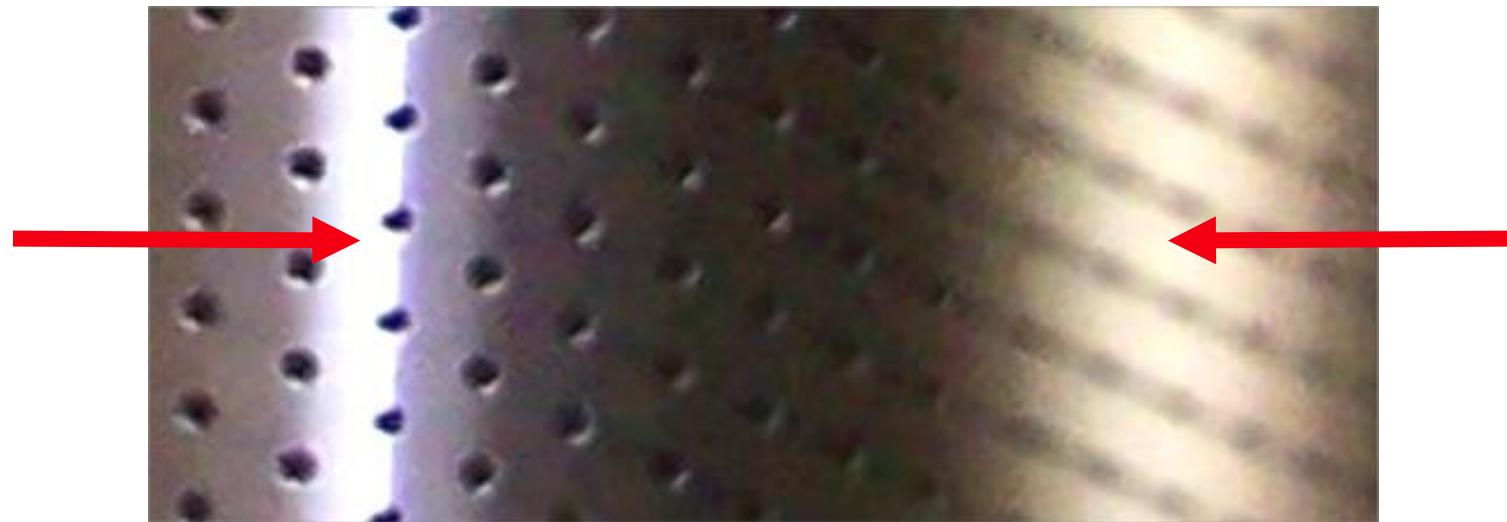


Kontur / Textur

- Verdeckung
- „seltsame“ Verdeckung / Transparenz
- Glanzlichter
- zufälliger Kontrastmangel
- Wechselwirkung mit anderen Objekten
- Unschärfe

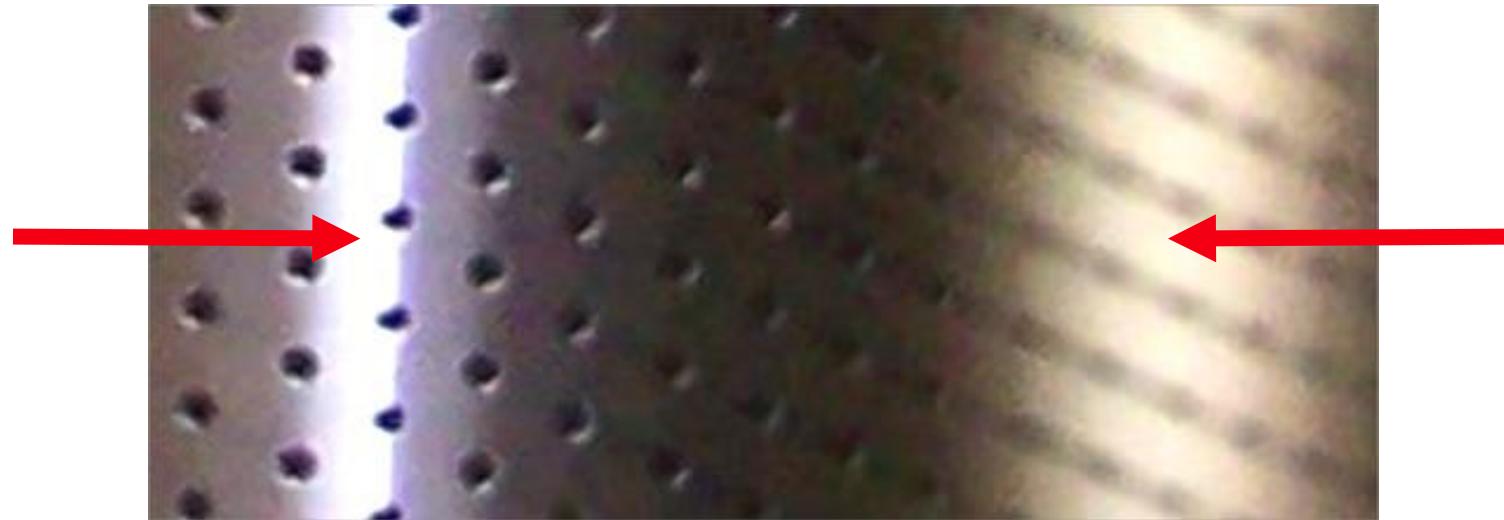


Frage an das Auditorium: Warum sind die Löcher der Wäschetrommel links scharf und rechts unscharf?



Frage an das Auditorium: Warum sind die Löcher der Wäschetrommel links scharf und rechts unscharf?

- 'Die Unschärfe ist Bewegungsunschärfe, weil die Kamera (nach links-unten oder rechts-oben) wackelt. Der linke Teil wurde vom Blitz und damit nur kurz beleuchtet. Der rechte Teil von einer Lampe und damit lang.'



Warum sind Sensordaten anders?

AG MSIS

CSL
Cognitive Systems Lab

Warum sind Sensordaten anders?

- Weil sie beeinflusst werden von der überwältigenden Vielzahl an Phänomenen, die die Wirklichkeit zu bieten hat.

- Zwei Ebenen in der Entwicklung von Sensordatenverarbeitungssystemen
- Entwurfsebene
 - Von der anschaulichen Anforderung zur mathematischen Spezifikation
 - Anhand welcher mathematischen Merkmale wird erkannt
 - Z.B.: blaue Kiste →
zusammenhängende Gruppe von Pixeln mit Farbton $\in [200..260]$
 - In Praxis oft nicht ganz durchgezogen („mathematisierbar“)
- Algorithmen / Implementierungsebene
 - Von mathematischer Spezifikation zu Rechenverfahren / Programmcode
 - Z.B. Algorithmus für Zusammenhangskomponenten
- Zusätzlich Parameterebene
 - Z.B. Einstellen der Schwellwerte 200 und 260



- Gängige Sensoren wie Kamera, Mikrofon und Inertialsensor verstehen
- Signale, die diese Sensoren messen, verstehen
- Einfluss(-möglichkeiten) erkennen und nutzen, um die Umgebung und den Aufnahmeprozess für die Messung von Signalen zu optimieren
- Die Transformation von Ort-/Zeit- in den Frequenzraum für 1D und 2D Signale verstehen
- Den Frequenzraum anschaulich interpretieren
- Die grundlegenden Methoden zur Merkmalsextraktion, besonders für Bild-, Ton- und Bewegungsdaten beherrschen
- Klassifikationsansätze kennen
- Anwendung der Sensordatenverarbeitung auf Modulebene entwerfen
- Sensordatenverarbeitungssysteme evaluieren

Zeitplan

Nr.	Datum	Thema	
1	14.-18.10.	Einleitung; einführende Beispiele	
2	21.-25.10.	Datenaufnahme; Audio-Datenaufnahme	
3	28.10.-1.11.	Bild-Datenaufnahme	
4	4.-8.11.	Farbe, Segmentierung, Segmentierungsgetr. BV	
5	11.-15.11.	Koordinatensysteme; Bewegungs-Datenaufnahme	
6	18.-22.11.	Audiosignal, 1D Frequenzraum, Fouriertransformation	
7	25.-29.11	2D Frequenzraum, 2D Filter	
8	2.-6.12.	Kanten, SdV-Paradigmen, direkte Bildmerkmale	
9	9.-12.12.	Houghtransformation, Bewegungsmerkmale	
10	16.-20.12.	Merkmale, Frequenzmerkmale, Sprachmerkmale	 
11	6.-10.01	Klassifizierungsalgorithmen	
12	13.-16.01	Entwicklung und Evaluation sensorbasierter Systeme	
13	20.-24.01	Bayes-Schätzung & Bayes-Filter	
14	27.-31.01.	Anwendungsbeispiele	

- Zielgruppe
 - Informatik (PraktTechInf-Wahl, Inf-Wahl, IBAP Aufbau Praktische Informatik, IBA Aufbau Informatik)
 - Systems Engineering (Spezialisierungsmodule I, Autom.-technik & Robotik)
 - Digitale Medien (Medieninformatik-Wahl B-MI-9, Spezielle Gebiete B-MA-2)
 - Alle Studiengänge die Informatikscheine akzeptieren
- Nicht gemeinsam mit BV1 oder ABV (vor SS20) einbringbar

- Vorlesung mit Interaktivem Repetitorium (Flipped Classroom)
 - Kein Übungsbetrieb
 - Besprochene Folien im Videoformat (Folien + Videos bei Stud.IP)
 - Interaktives Repetitorium
- Interaktives Repetitorium,
 - immer Mo 12:15-13:45, erstes mal am 21.10.2024
 - **NW1 H 2 - W0020**
 - Bitte VOR Repetitorium die Vorlesung der Vorwoche durcharbeiten!
- ufrese@uni-bremen.de, tschultz@uni-bremen.de
- Vorgeschlagene Ergänzungen
 - Udo:
 - Deep Learning und 3D Bildverarbeitung (MB, SS)
 - Theorie der Sensorfusion (ME, gerade WS)
 - Tanja:
 - Fundamentals of Machine Learning (BB, WS (dt.) + SS (engl.))
 - Advanced Machine Learning (ME, SS (engl.))
 - Biosignale und Benutzerschnittstellen (BB, SS)
 - Automatische Spracherkennung (MB, WS)

- 6 ECTS
- Klausur 27. oder 28.2. (90min Klausurzeit)
 - Präsenz in ???
 - Anmeldung per Stud.IP / Terminvergabe
- Keine mündliche Prüfung
- Kleine wöchentliche Hausaufgaben
 - sdv-24-hausaufgaben.pdf
 - besprochen im Repetitorium
 - nicht korrigiert, nicht bepunktet
 - Muster für die Aufgaben der Klausur
 - Bitte bearbeitet die Aufgaben!

Bremen Big Data Challenge

- Zeitraum: 01.03. bis 31.03.2023
 - Datenanalyse-Wettbewerb
 - Für Studierende in Bremen und umzu
 - Teams mit bis zu 3 Personen
 - Geldpreise in Höhe von 1.500 €
 - Sachpreise für Mitglieder der ersten 30 Teams
 - Anrechnung im Informatik-Seminar möglich

<http://bbdc.csl.uni-bremen.de>



- Viele verschiedene Sensoren messen viele verschiedene Größen
- Besonders interessant:
 - Kamera (Bild), Mikrophon (Ton), Inertialsensor (Bewegung)
 - Weil: klein, leicht, kostengünstig
 - Daher mobil (miniaturisiert und integriert)
 - Daher besonders verbreitet (SmartPhone, SmartWatch, ...)
 - ABER: erfordern bisweilen eine anspruchsvolle Auswertung
- Sensordaten sind anders, weil sie beeinflusst werden von der überwältigenden Vielzahl an Phänomenen, die die Wirklichkeit zu bieten hat.
 - Entwurf: Anschauliche Anforderungen → mathematisierbare Spezifikation
 - Algorithmus/Implementierung: Spezifikation → Rechenverfahren / Code

