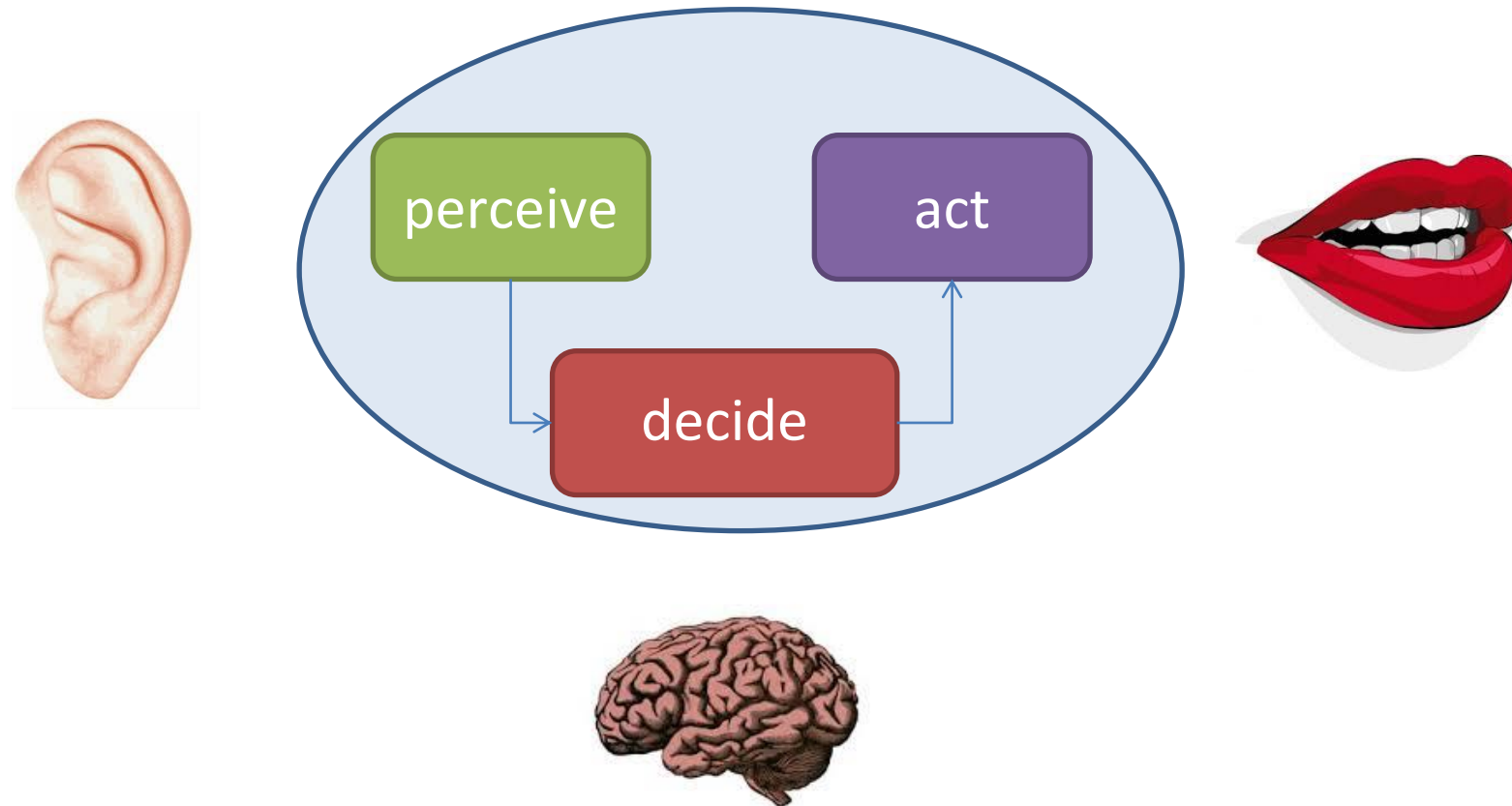


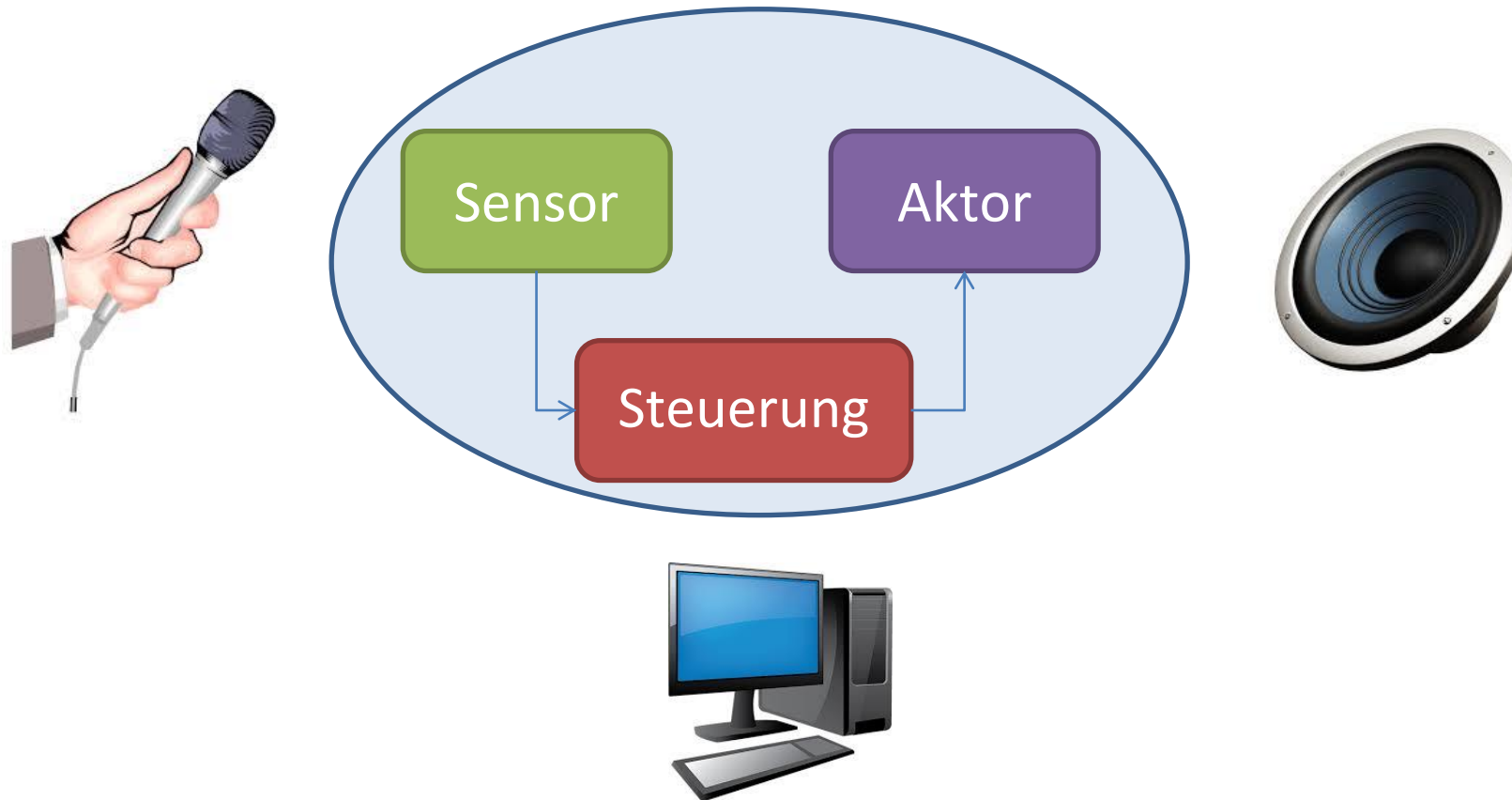


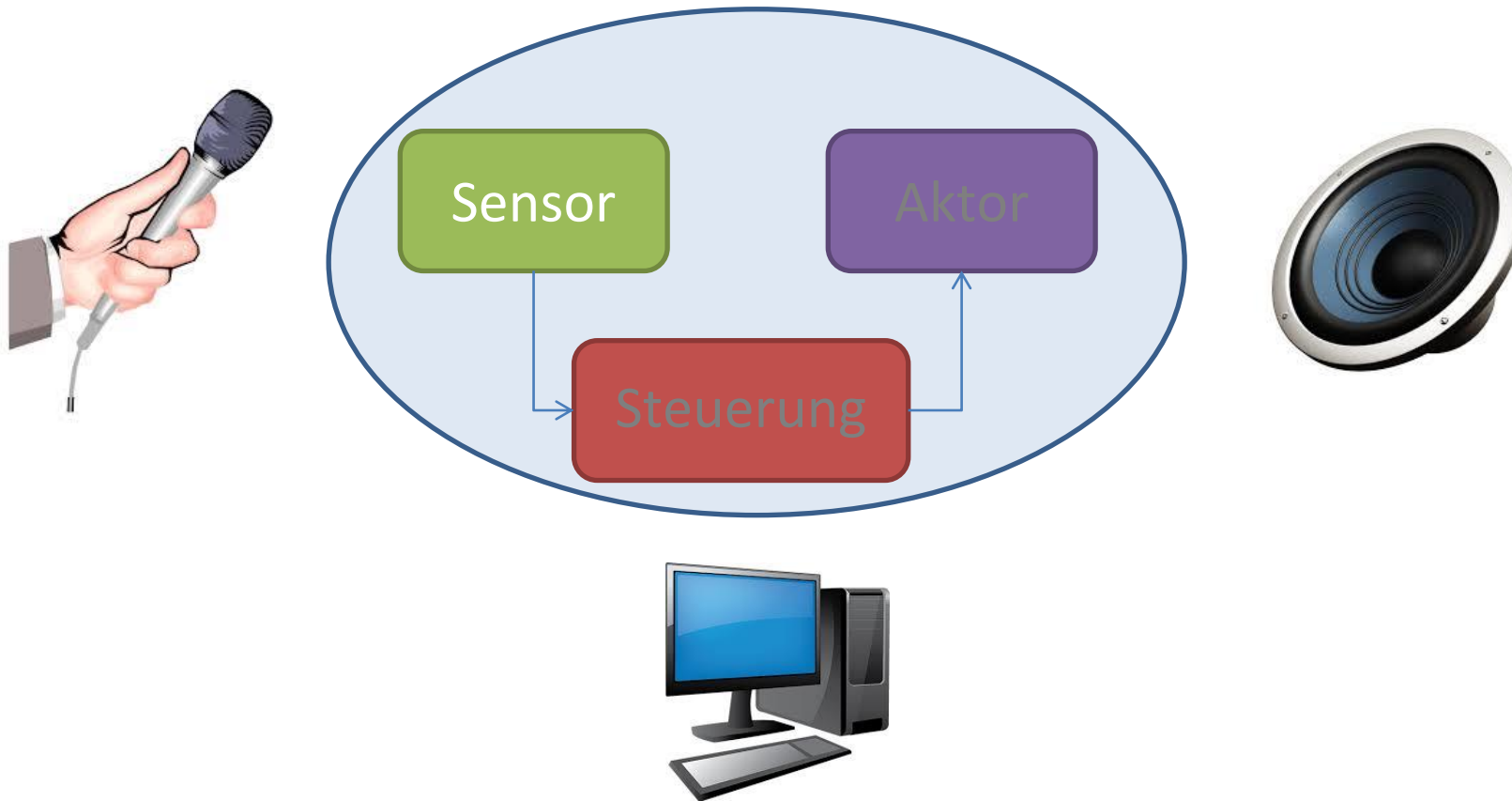
# VORLESUNG 2 – SENSOREN UND AKTOREN

# AGENDA

- Sensoren
  - Direkt wahrnehmbar
  - Nicht wahrnehmbar
    - Hinter Objekten versteckt
    - In Objekten integriert
- Aktoren







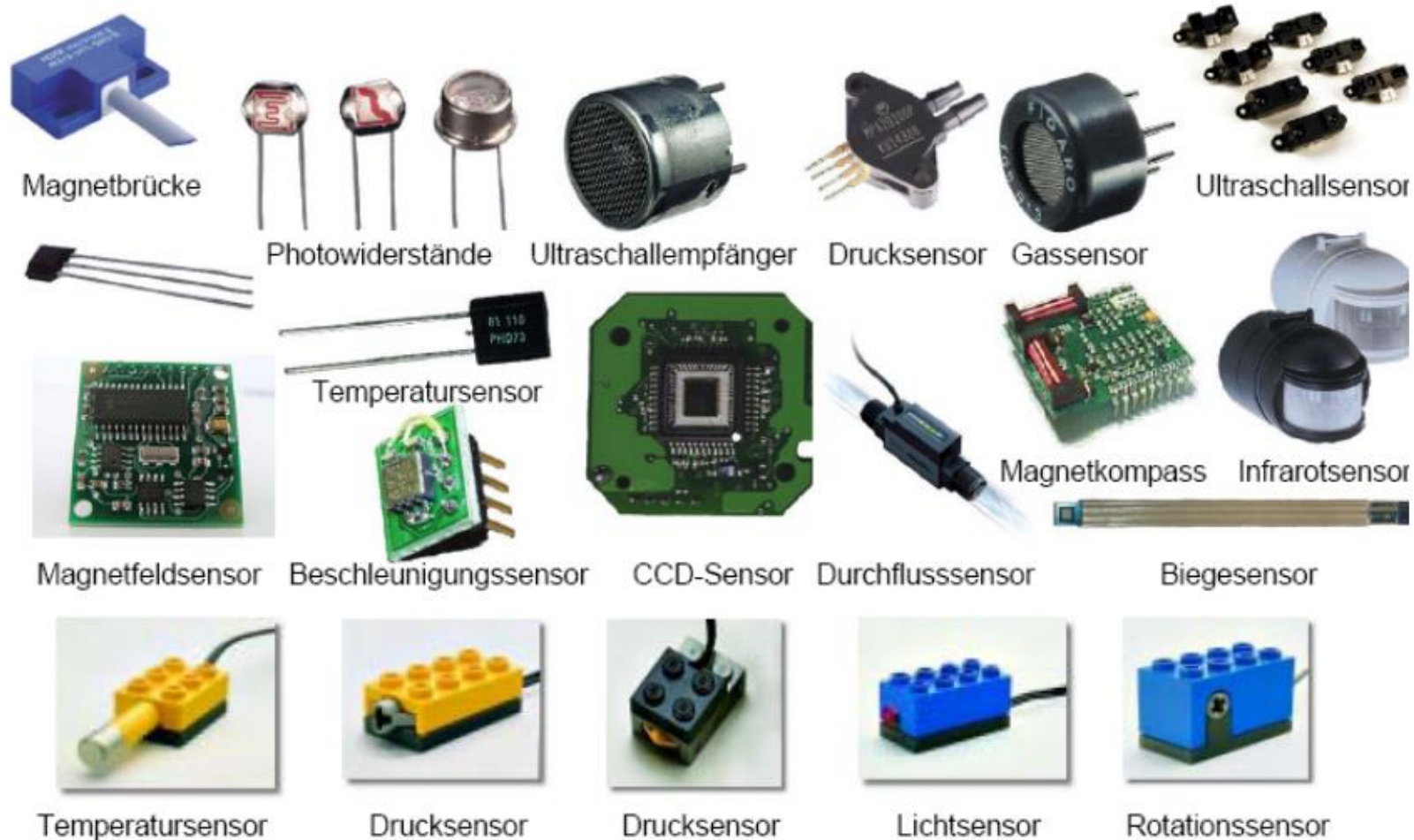
**EIN SENSOR IST EIN ELEMENT ZUR  
UMWANDLUNG PHYSIKALISCHER GRÖßEN  
IN ELEKTRISCHE WERTE. ER KANN  
MÖGLICHERWEISE EIN TEILNEHMER EINES  
BUSSYSTEMS SEIN, DER PHYSIKALISCHE  
KENNGRÖßEN VERARBEITET UND GGF. EIN  
TELEGRAMM AUF DEN BUS SENDET.**

Definition gem. DIN EN 18015-4 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 4:  
Gebäudesystemtechnik

## SENSORARTEN



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT





## PHYSIKALISCHE MESSGRÖßE

Wärmestrahlung  
Temperatur  
Feuchtigkeit  
Druck (Flüssigkeit, Gas)  
Licht (Intensität u. Farbe)  
Entfernung  
Kraft  
Bewegung  
Beschleunigung  
Magnetismus  
Schall (hörbar, unhörbar)  
Helligkeit

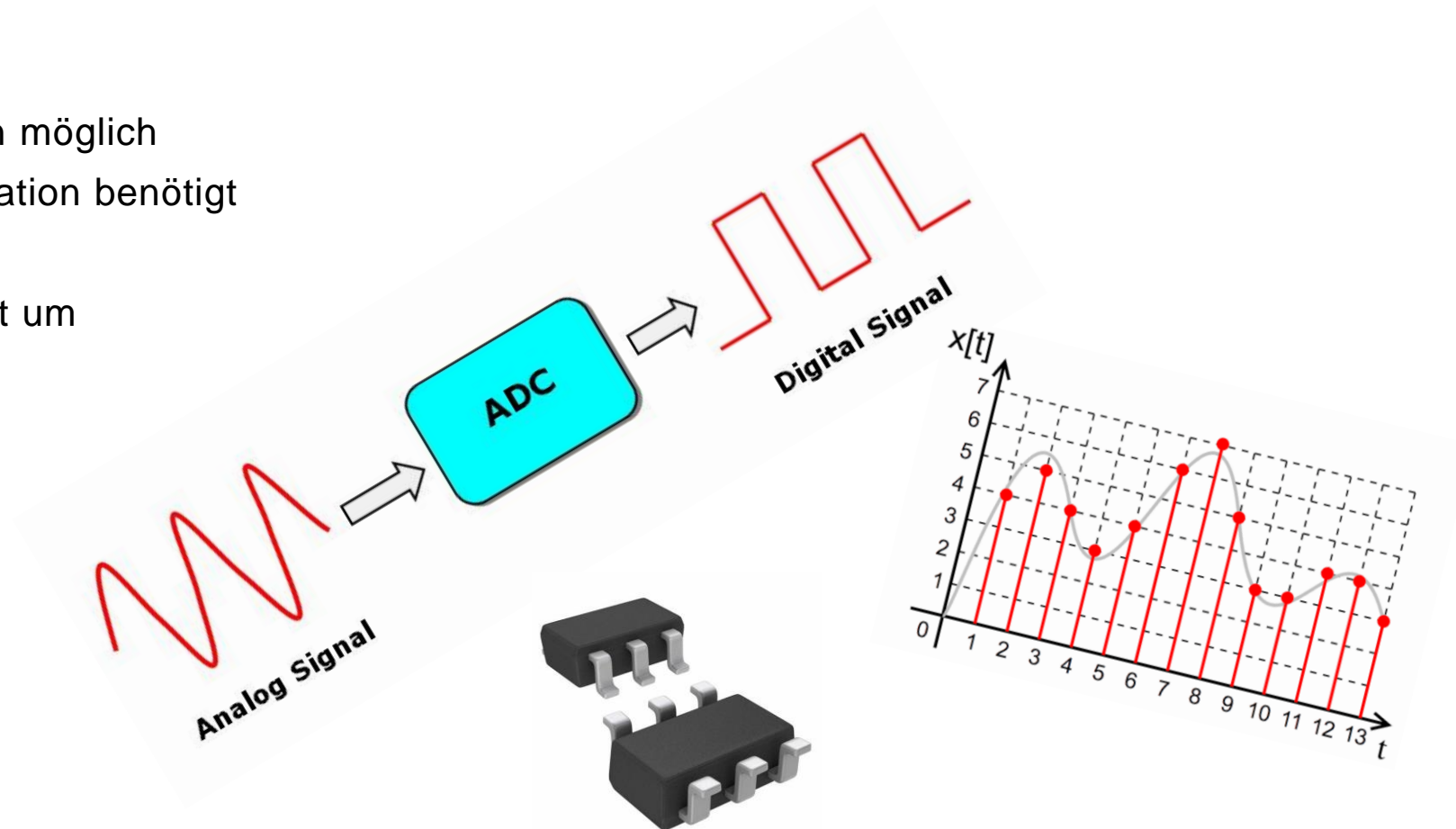


## SINNliche WAHRNEHMUNG

Sehsinn,  
Gehörsinn,  
Geruchssinn,  
Geschmackssinn,  
Berührungs- und Drucksinn,  
Temperatursinn,  
Schmerzsinn,  
Stellungssinn,  
Spannungs-/Kraftsinn,  
Lagesinn,  
Drehbewegungssinn



- Verschiedene Umwandlungsmethoden möglich
- Am Ende wird eine digitale Repräsentation benötigt
  - Analog-to-Digital Converter (ADC)
  - Wandelt Spannung in digitalen Wert um
  - -> Thema nächste Vorlesung





# WIE SIND SENSOREN IN AMI-SYSTEMEN EINGEBAUT?

- Direkt wahrnehmbar – am Messobjekt – Line of Sight
- Nicht direkt wahrnehmbar
  - Hinter Objekten verhüllt – messen durch Objekte hindurch
  - In Objekten integriert – Bestandteil des Objekts

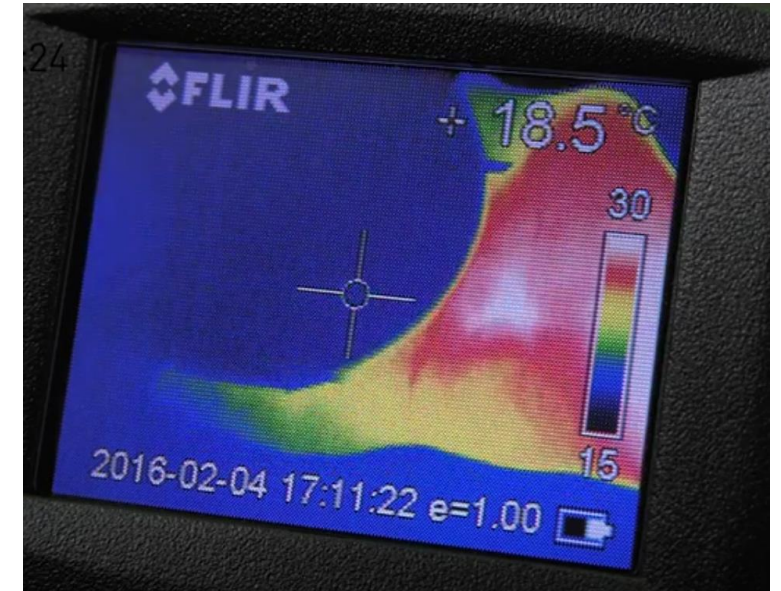
# KAMERA

- Lichtsensor für meist sichtbares Spektrum
- Benötigt Line of Sight
- Integrierbar und miniaturisierbar, aber nie vollständig



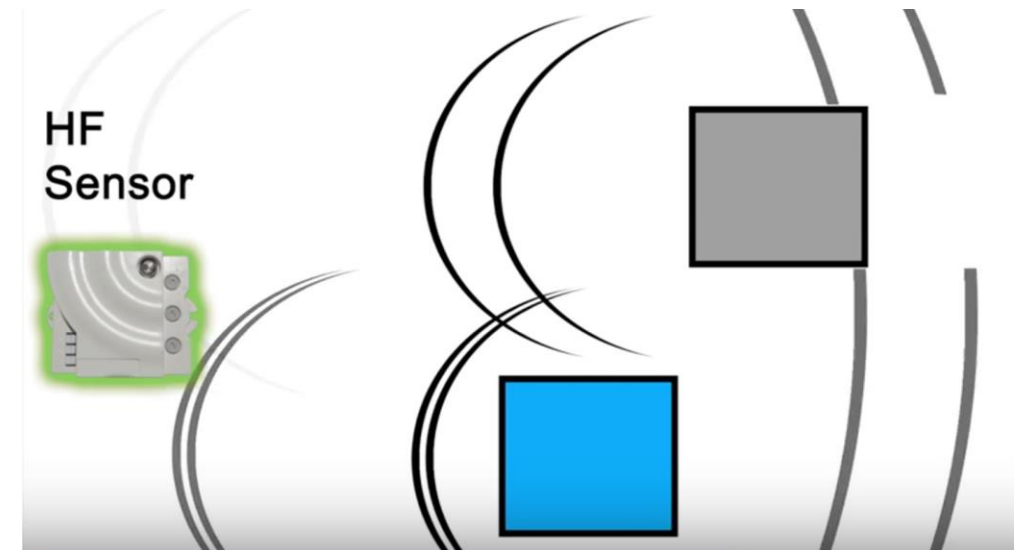
# PIR – PASSIV INFRAROT SENSOR

- reagiert nur auf Bewegungen von Wärmestrahlung
- Kann nicht durch Hindernisse hindurch erfassen
- z.B. im Außenbereich



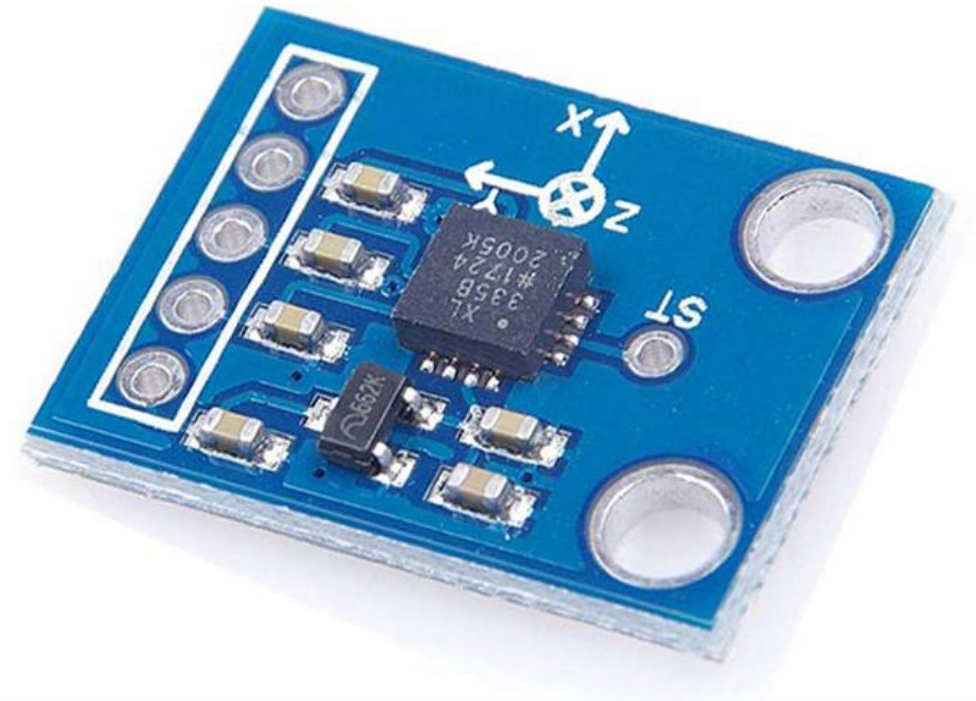
# HF – HOCHFREQUENZ SENSOR

- reagiert auf jede Art Bewegung
- Kann durch dünne Hindernisse hindurch erfassen
- z.B. im KFZ



# BESCHLEUNIGUNGSSENSOR

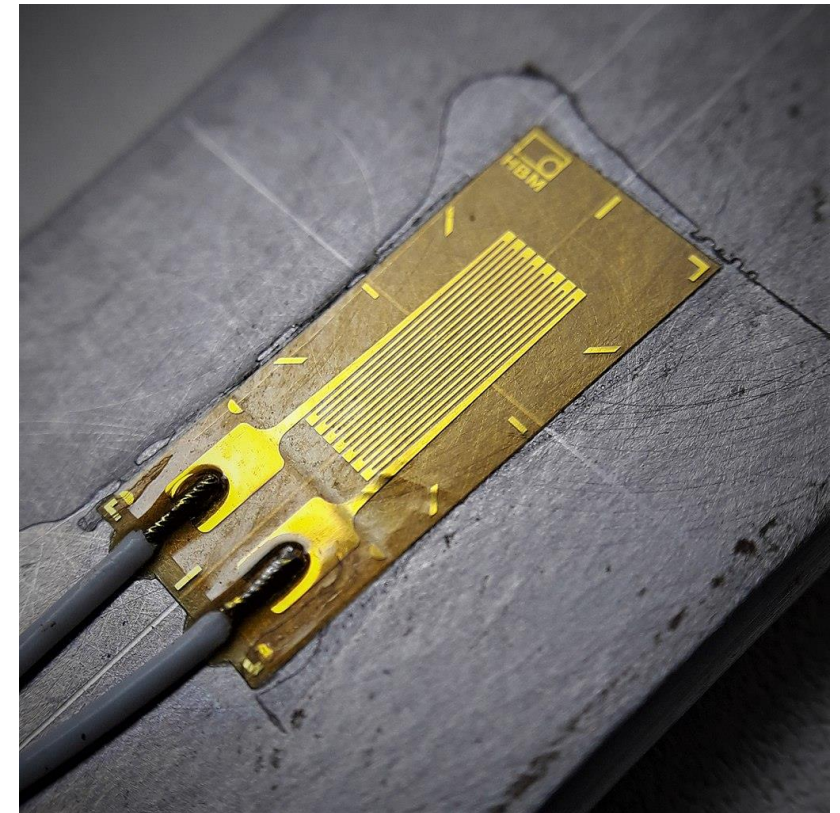
- Hoch Integrierbar
- Steifere Objekte bieten bessere Messwerte
- Niedriger Stromverbrauch (Größenordnung  $\mu\text{A}$ )
- z.B. in Fitnesstrackern





# DEHNUNGSMESSSTREIFEN

- Benötigt Kontakt zum gemessenen Objekt
- Eingesetzt zur Kraft-, Druck- und Beschleunigungsmessung
- z.B. in Waagen, Tragwerken, Druckbehältern und Gebäuden



# MIKROFON

- Schall durchdringt viele Flächen oder wird daran reflektiert
- Komplette Verdeckung ungünstig – Zu große Absorption des Messsignals
- z.B. Telefon, Laptops





# KAPAZITIVER SENSOR

- Kann durch nicht-leitfähige Objekte hindurch messen
- Kann zur Abstandsmessung oder Präsenzdetektion verwendet werden
- z.B. Touchscreens, Hygrometer

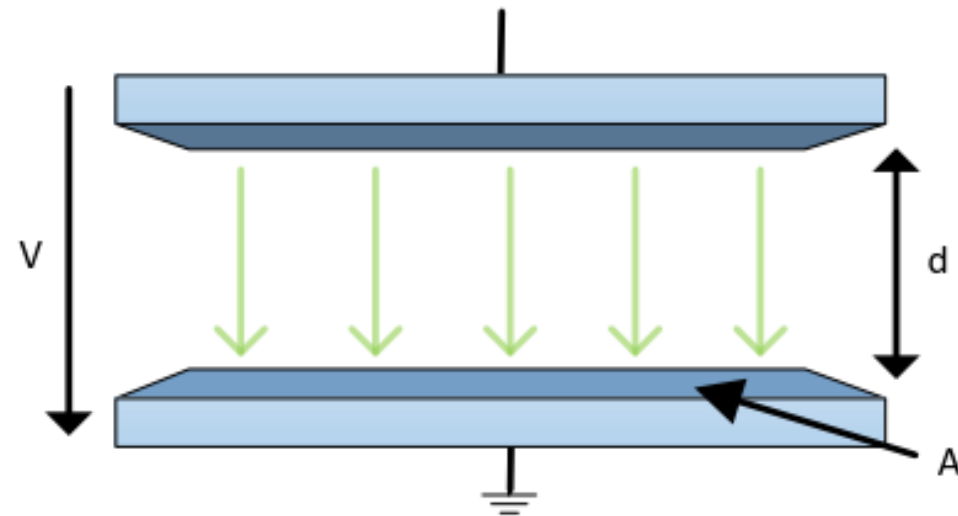


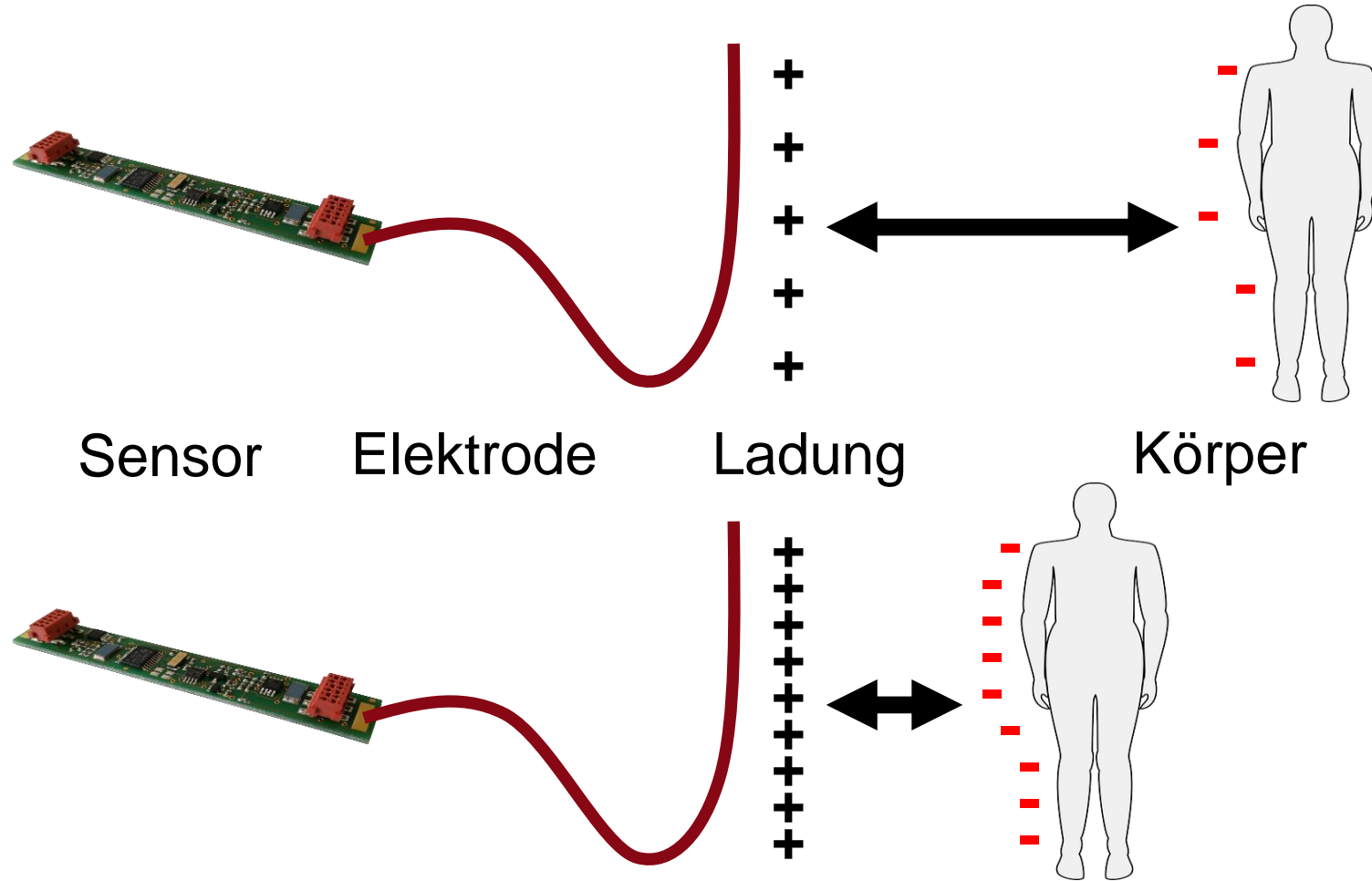


Léon Theremin – 1919 – erste Anwendung mit kapazitiver Sensorik

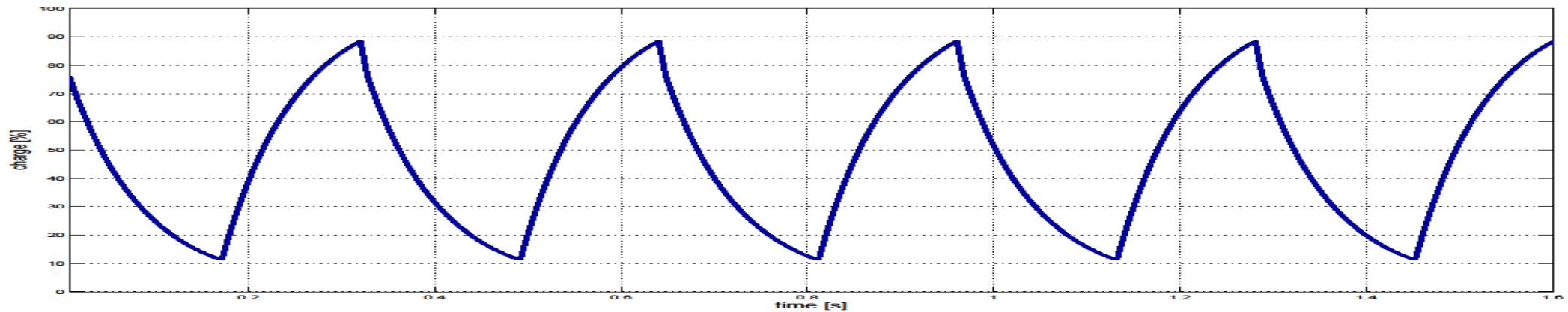
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

$$C \propto \frac{1}{d}$$

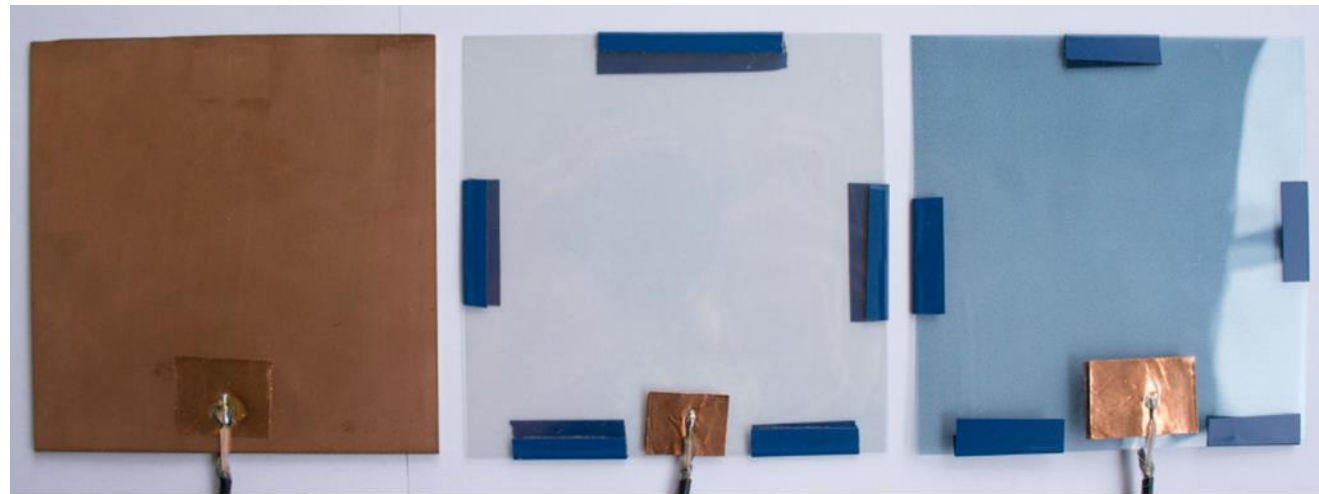




- Aktive Messung durch stetiges Auf- und Entladen einer Elektrode
- Anwesenheit ändert die Kapazität der Elektrode
- Zeitänderung zum Auf- und Entladen wird gemessen



# ELEKTRODEN

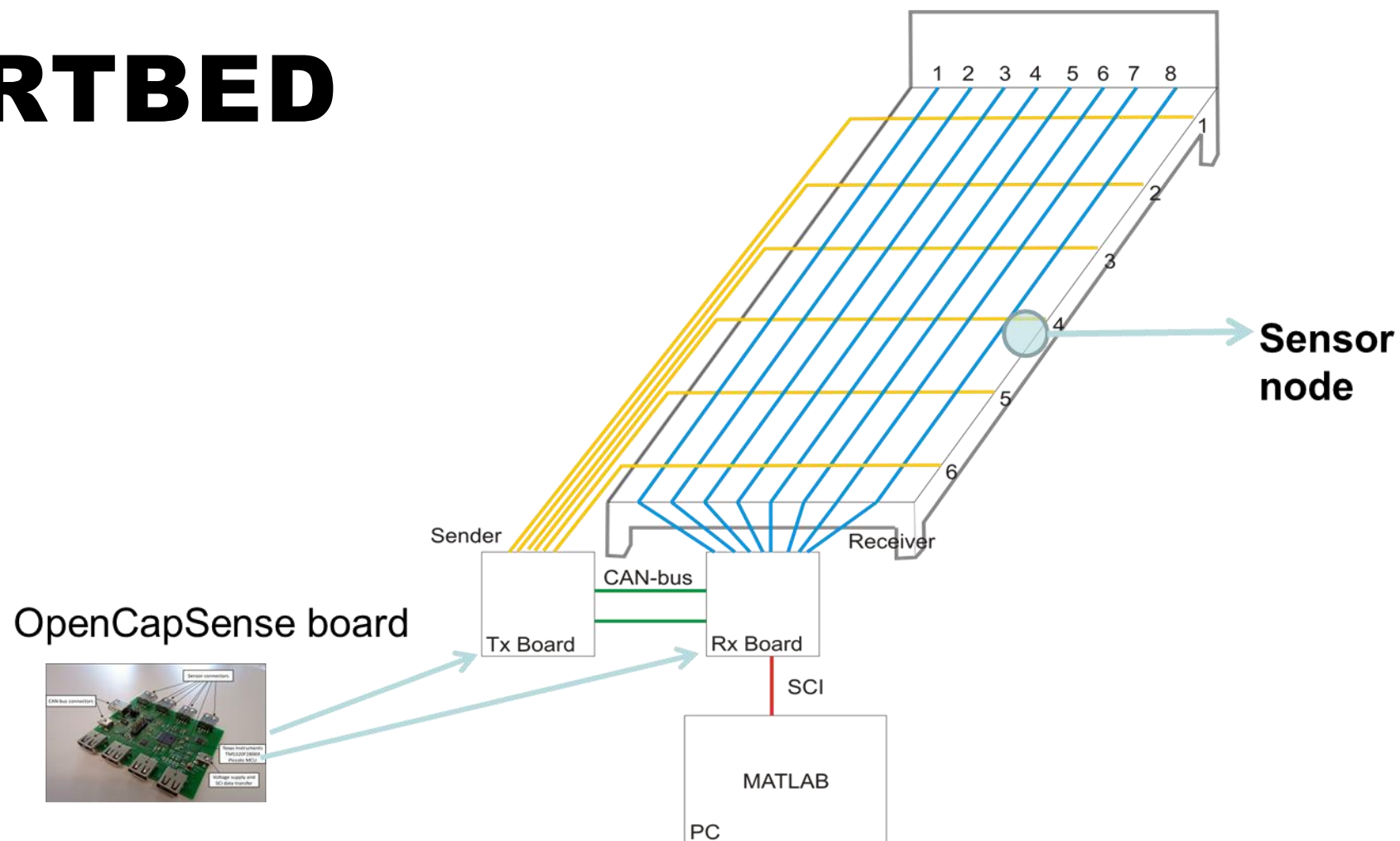


Kupferplatte

ITO Folie  
(Indium Zinn Oxid)

PEDOT:PSS  
Elektrisch leitendes  
Polymer

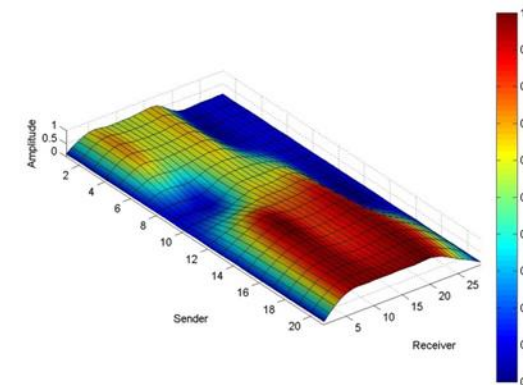
# SMARTBED



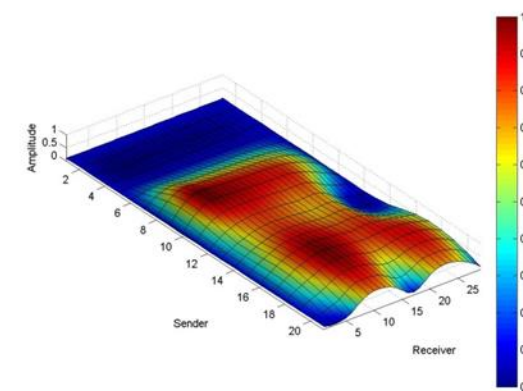
# SMARTBED



Rückenlage

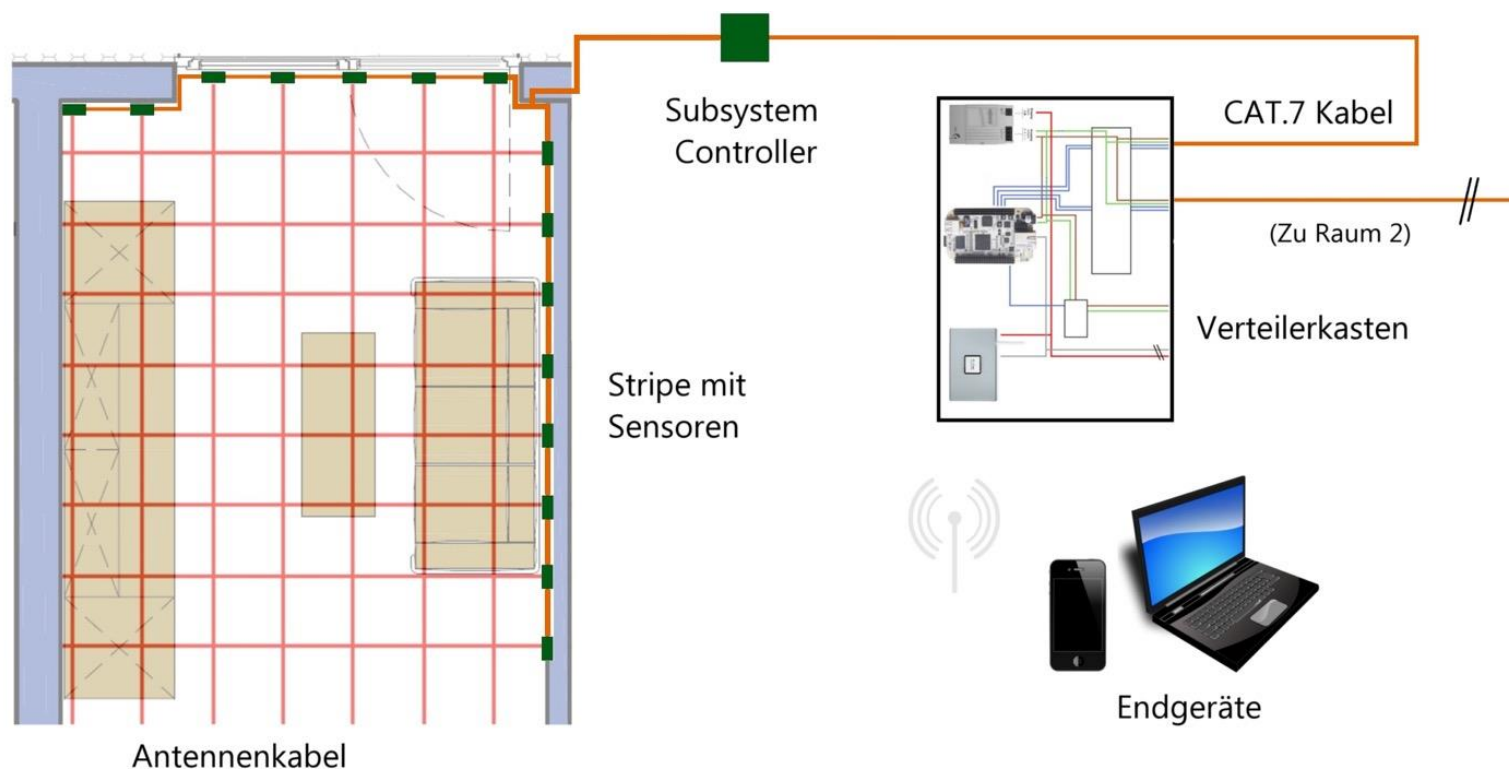


Bauchlage

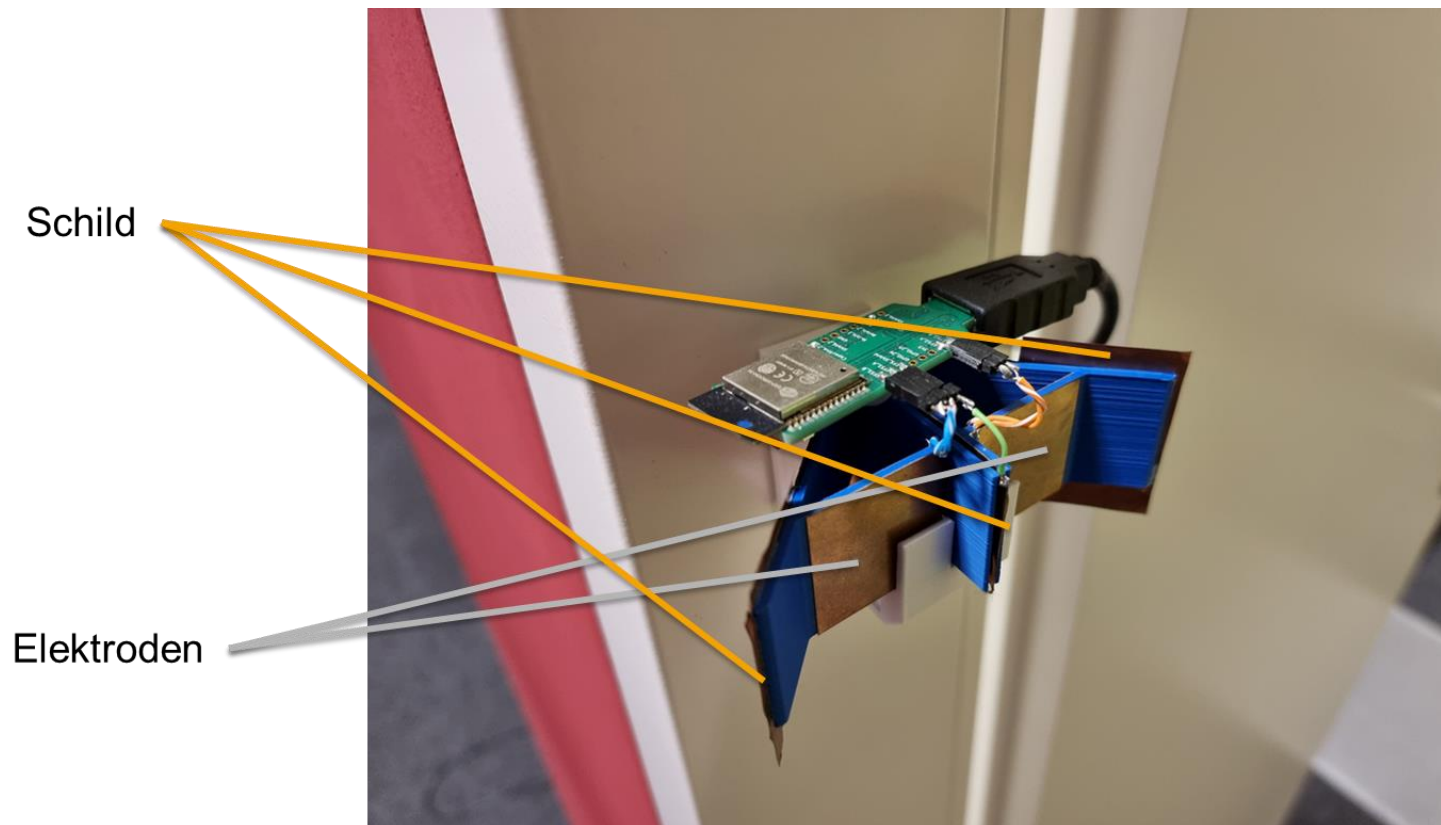




# SMARTFLOOR

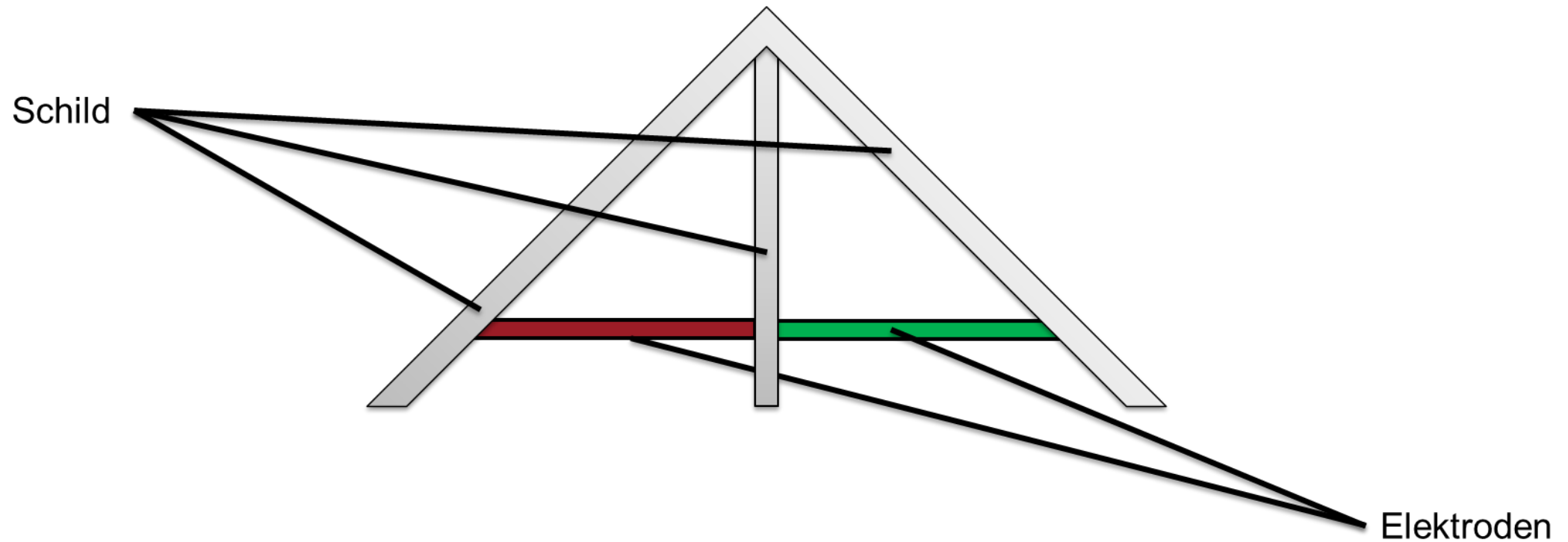


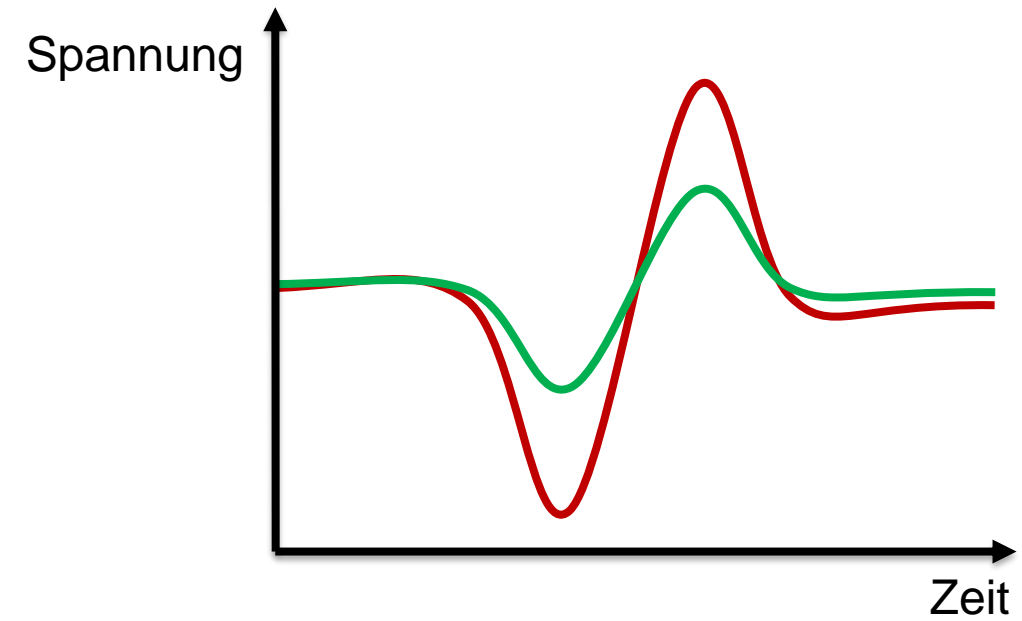
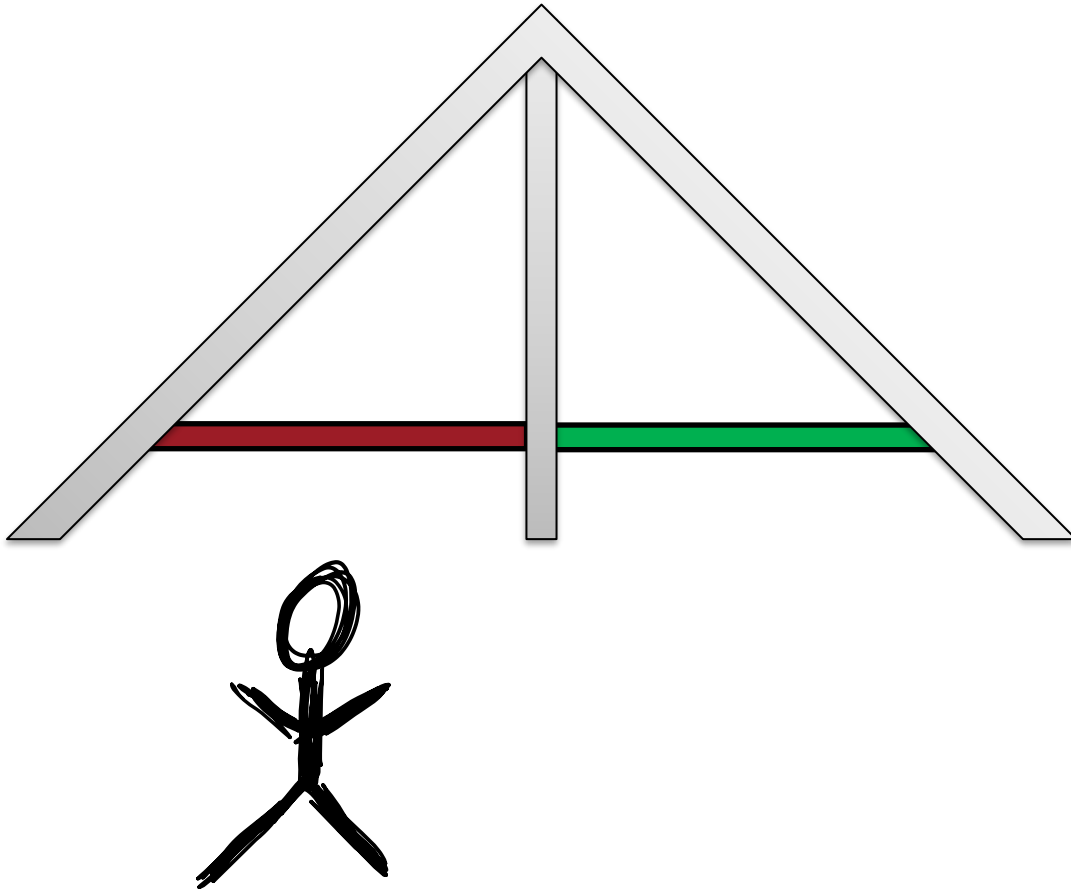
# TÜRDURCHGANGSSENSOR

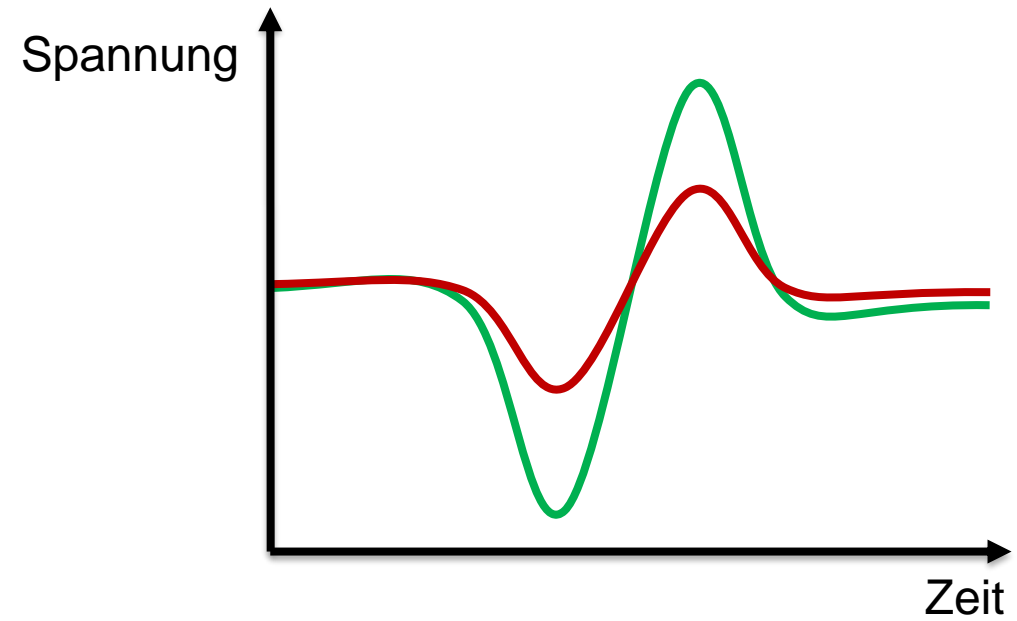
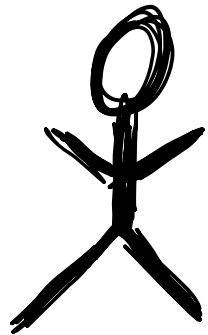
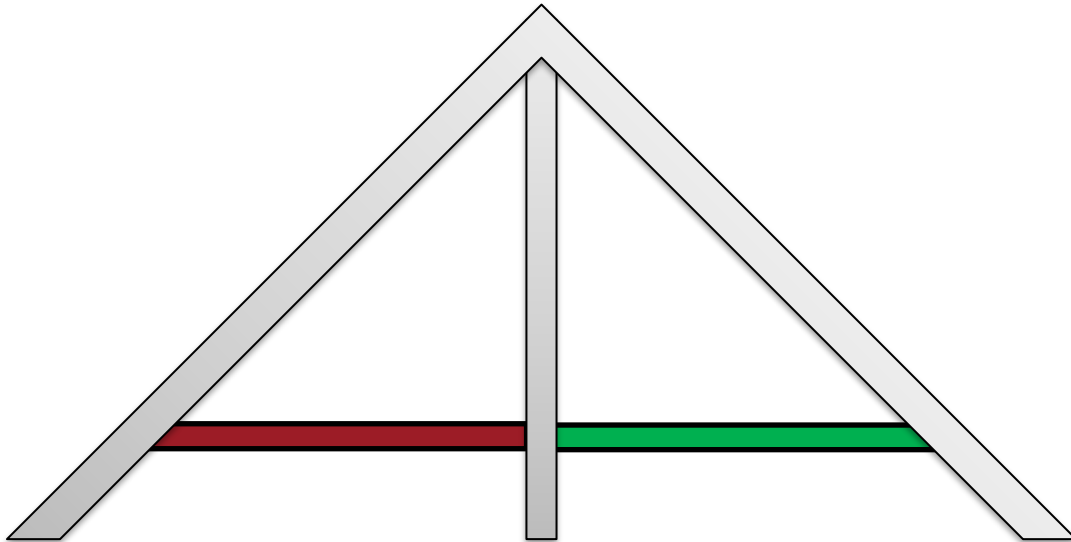


- Erfasst, wieviele Personen einen Raum betreten
- Reagiert auch auf Personen, die an der Tür vorbeilaufen

# TÜRDURCHGANGSSENSOR

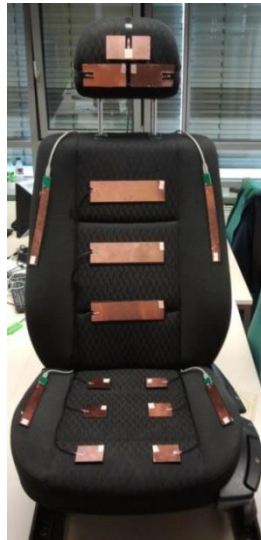






# CAPSEAT

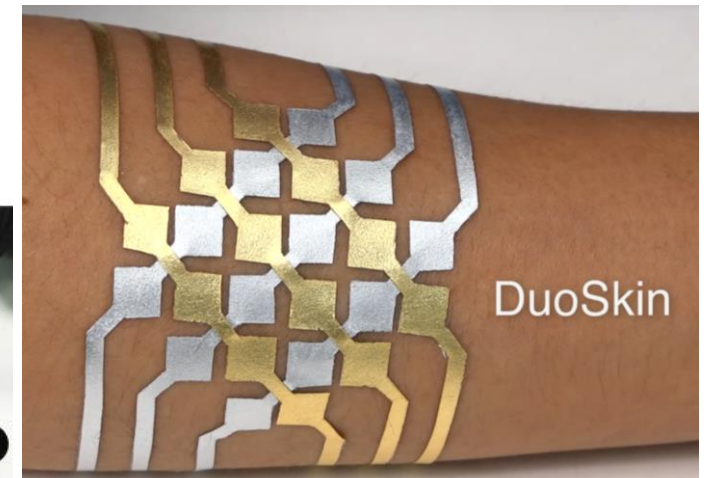
- Elektroden in der Struktur des Stuhls versteckt/integriert
- Posen-Erkennung
- Physiologische Signale
- Soft Biometrics





# DUOSKIN

- Tragbares, auf der Haut liegendes Benutzerinterface (Tattoo ähnlich)
- Technik:
  - kapazitive Sensorik
  - elektrische Schaltungen
- Funktionen:
  - Touch-Input (a)
  - Thermochromatische Displays (b)
  - NFC – Kommunikation und Daten (c)



# HAIRWARE

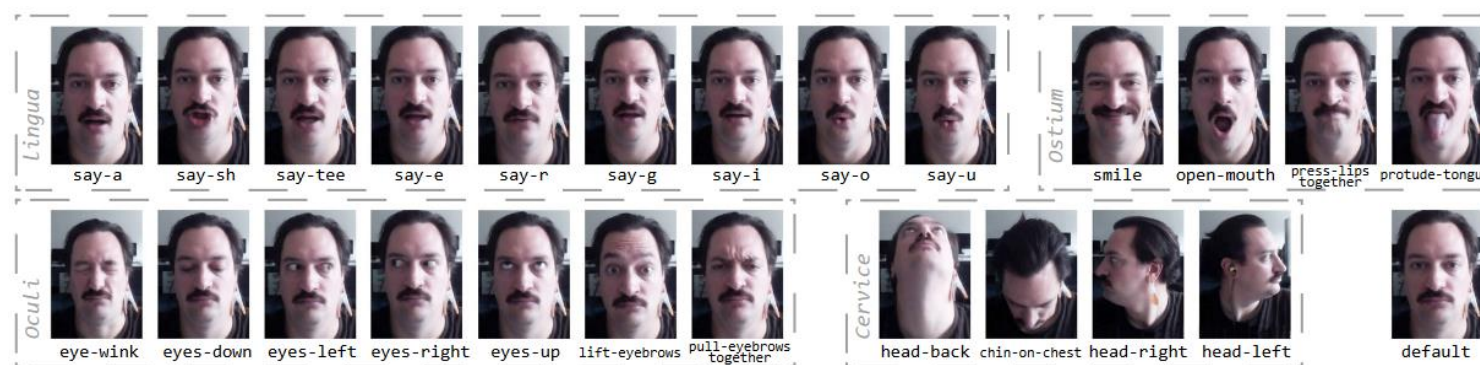
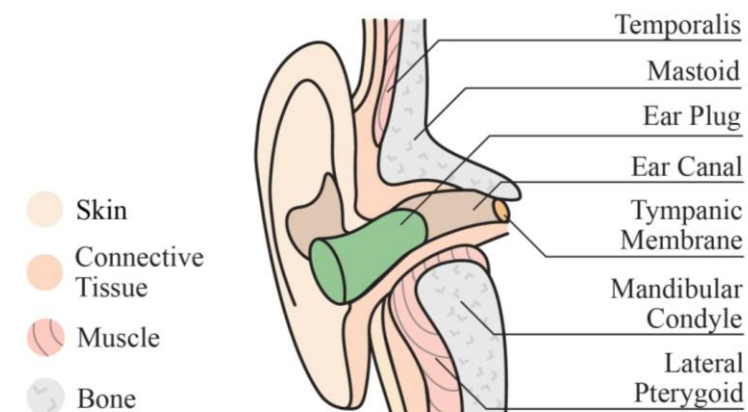
- Leitfähige Haarverlängerungen als Elektroden zur Berührungserkennung
- Bewusste Benutzung von ansonsten unbewussten Verhaltensmustern





# EARFIELDSENSING

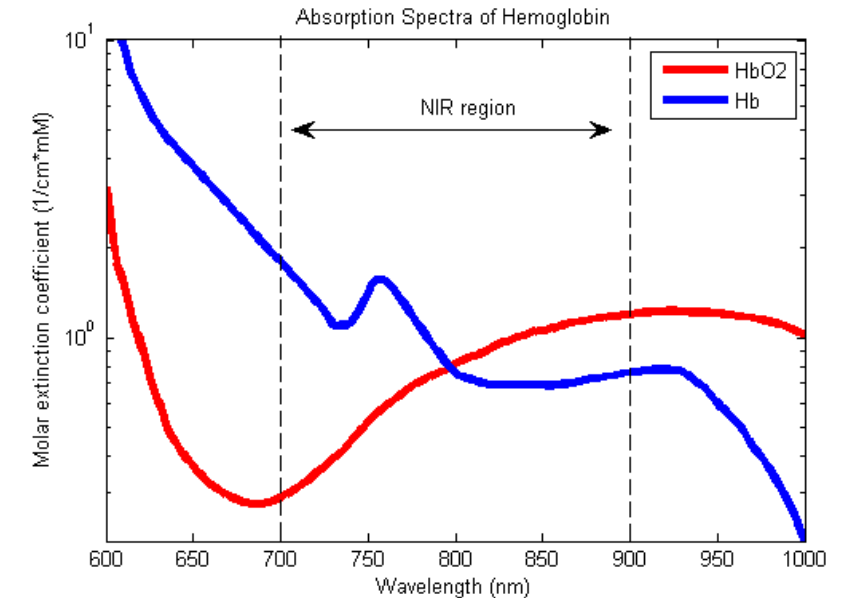
- Gesichtsausdrücke als Eingabeverfahren für Mobile- und Wearable-Computing
- Messprinzip:  
Messung des elektrischen Felds der Muskelaktivität



EarFieldSensing

# PULSOXYMETRIE

- nichtinvasive Ermittlung der arteriellen Sauerstoffsättigung
- Messprinzip: Abwandlung der Photoplethysmographie
- Vergleich zweier Absorptionsspektren:  
oxygeniertes Hämoglobin (HbO<sub>2</sub>) vs.  
desoxygeniertes Hämoglobin (Hb)
- Goldstandard in der Medizin  
--> Durch miniaturisierte Sensorik nun auch in Wearables



# PULSOXYMETRIE

- Oura Ring:
  - Sensorik integriert in einen Fingerring:  
Photoplethysmographie + Beschleunigungssensor
- Funktionen (im Kontext von Vitaldaten):
  - Schlafanalyse
  - Aktivität
  - Atmung
  - Herzrate
- Gewicht: 4 – 6 Gramm
- Batterielaufzeit: bis zu 1 Woche



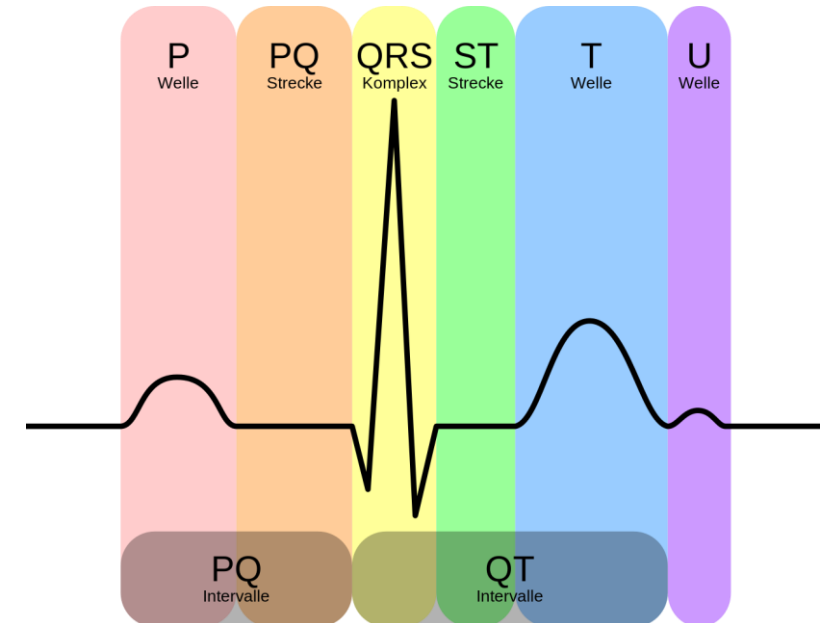
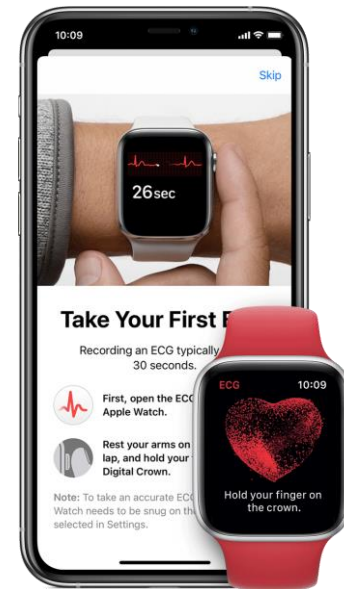
# PULSOXYMETRIE

- VIVALINK:
- Sensorik integriert in einen Klebe-Patch:  
Elektrokardiographie + Beschleunigungssensor
- Funktionen (im Kontext von Vitaldaten):
  - EKG-Analyse
  - Herzrate
  - Atmung
  - Beschleunigungen (-> Aktivität)
- Gewicht: 7,5 Gramm
- Batterielaufzeit: 120 Stunden (5 Tage)



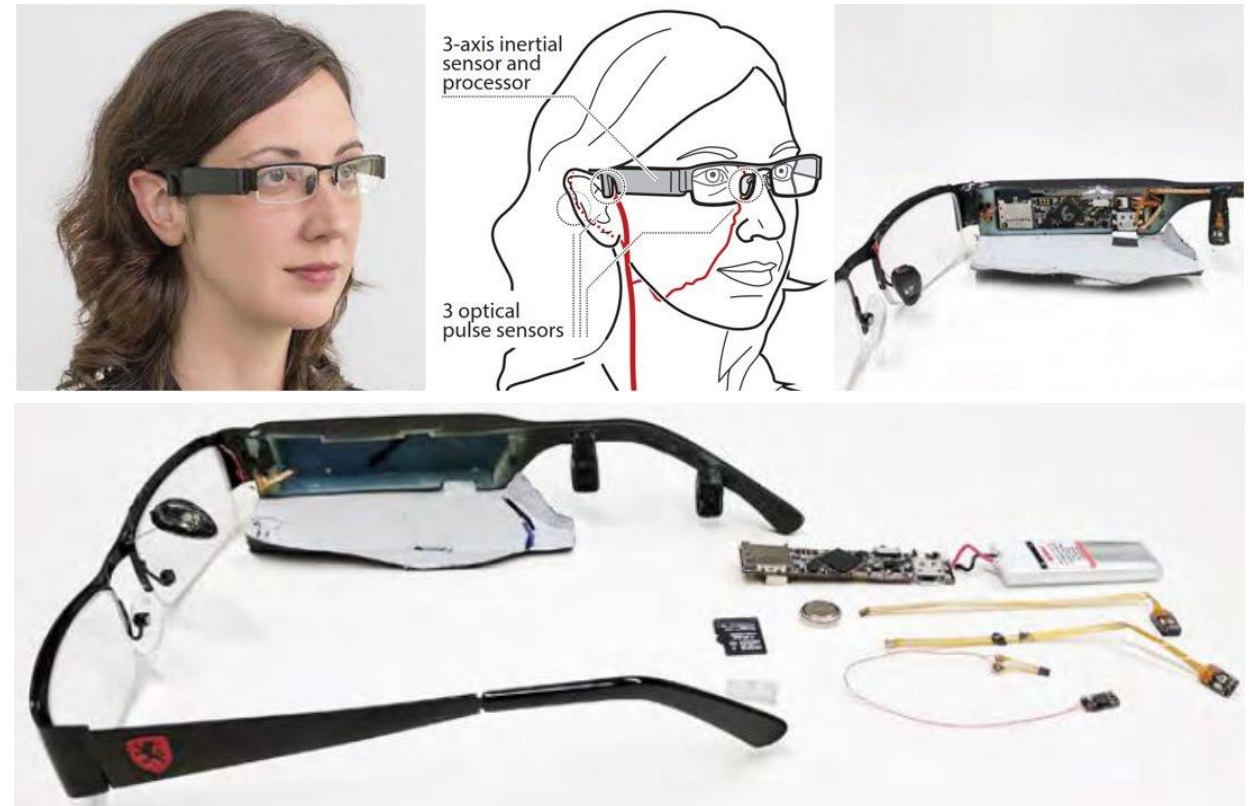
# ELEKTROKARDIOGRAPHIE

- Messung der elektrischen Erregung des Herzmuskels
- Messprinzip: Messung der Spannungsänderungen an der Körperoberfläche
- Medizinische Bewertung der Eigenschaften und Gesundheit des Herzens
- miniaturisierte Sensorik bspw. in Smartwatches



# MICROSOFT GLABELLA

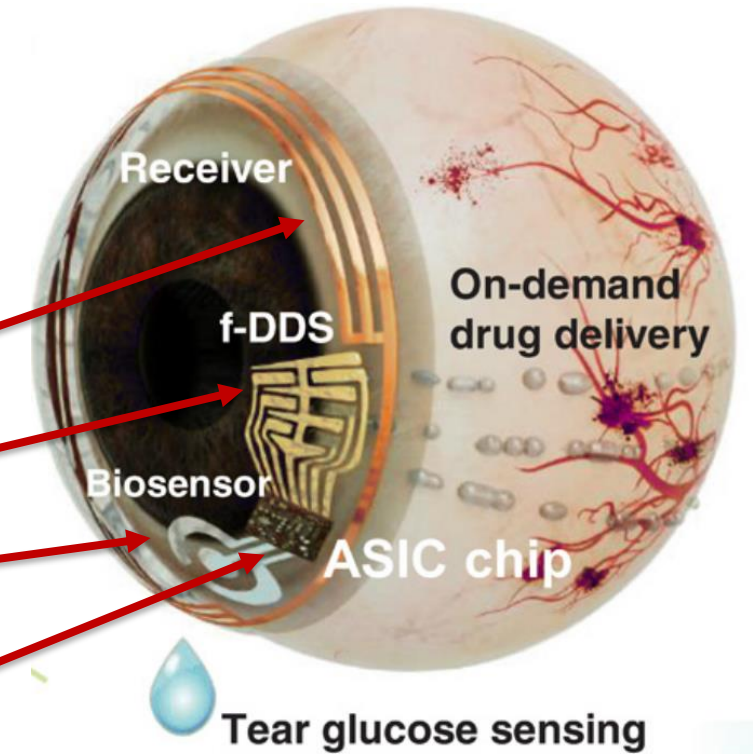
- Kontinuierliche Erfassung des Blutdruckverhaltens
- Messprinzip:
  - Optische Messung der Herzaktivität an 3 Punkten (am Nasenflügel, vor und hinterm Ohr)
  - Bestimmung der Pulstransitzeit (PTT)
  - Ableitung des Blutdrucks von der PTT
- Beschleunigungsmessung zur Erkennung von Bewegungsartefakten





# KONTAKTLINSE FÜR DIABETIKER

- Smarte Kontaktlinse mit biometrischer Echtzeit-Analyse und automatischer Medikamentenabgabe
- kontinuierliche Glukoseüberwachung
- flexibles System zur Verabreichung von Arzneimitteln
- Komponenten
  - Antenne für Energie und Kommunikation
  - flexible drug delivery system (f-DDS)
  - Glukose-Sensor
  - ASIC: Power-Management-, Sende- und Empfangs-Einheit und Sensorsteuerung



# ROVABLES

- Rovables: Miniature On-Body Robots as Mobile Wearables
- <https://www.media.mit.edu/projects/rovable/s/overview/>





# DEFORMWEAR

- Deformation Input on Tiny Wearable Devices
- <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3090093>

## DeformWear

Deformation Input on Tiny Wearable Devices



Martin Weigel and Jürgen Steimle, Saarland University

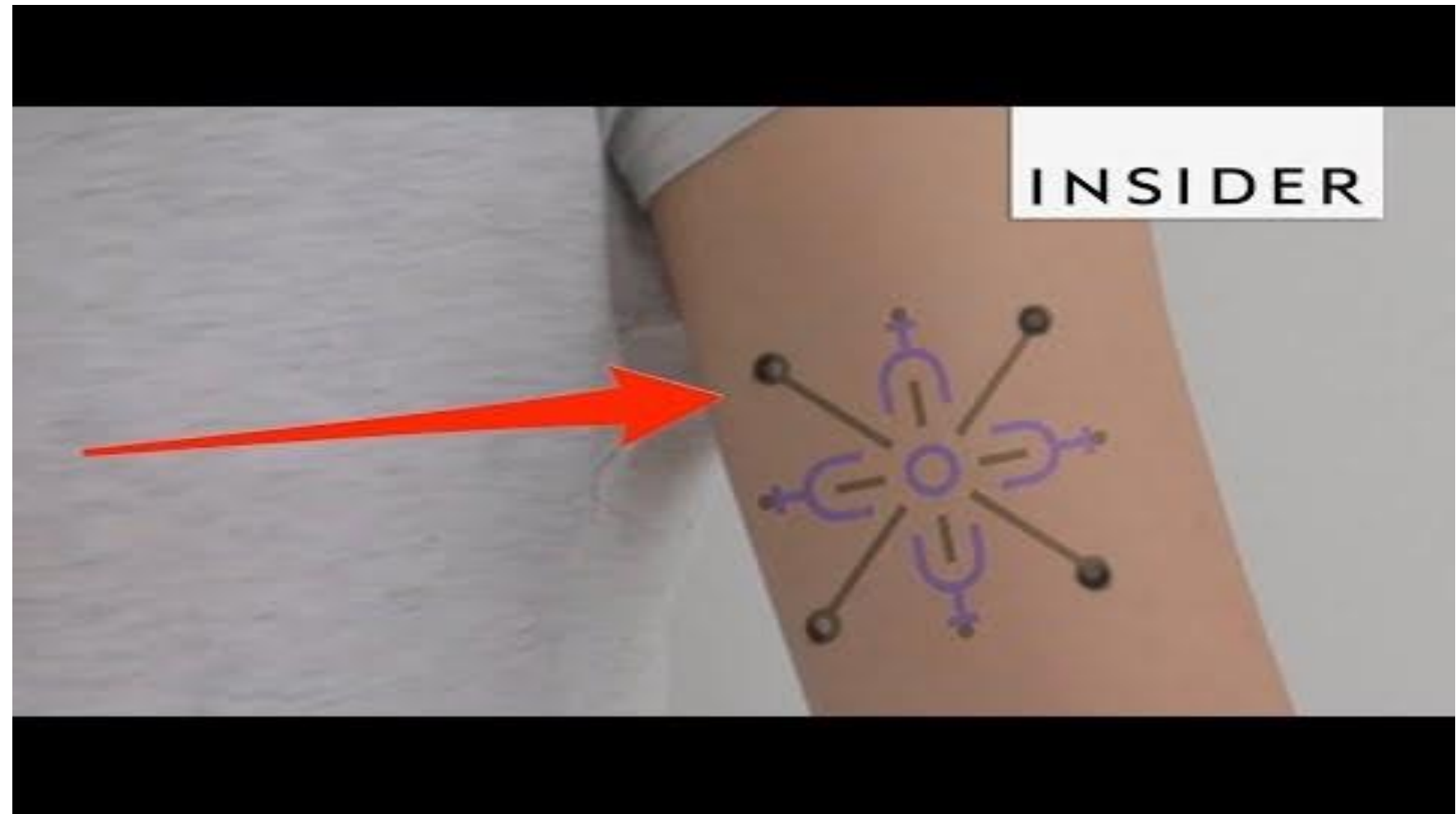
# BIOHACKING

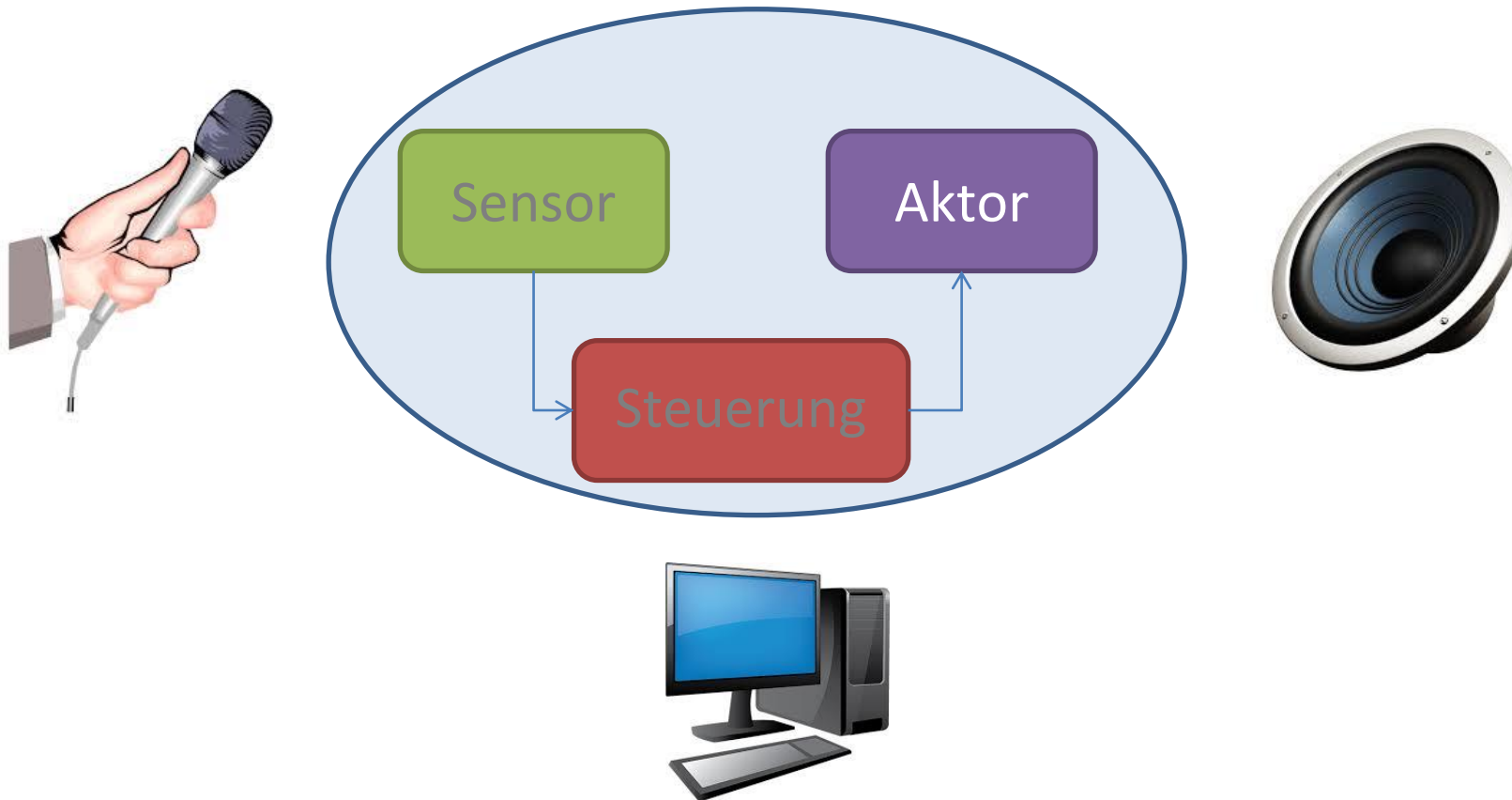
- NFC Chip als Körperimplantat
- c't Magazin für Computertechnik Nr. 1 (2018)



# DERMAL- ABYSS

- “Interaktives” Tattoo
- <https://www.youtube.com/watch?v=N6fOo9V5hH8>





# AKTOREN - ALLGEMEIN

- Steuersignal benötigt
- Energiequelle benötigt
  
- Mögliche Steuersignale/Energiequellen
  - Pneumatisch
  - Elektrisch
  - Hydraulisch

**EIN AKTOR (ODER AUCH AKTUATOR) IST  
EIN GERÄT, DAS INFORMATIONEN  
EMPFANGEN, VERARBEITEN UND DEMNACH  
FUNKTIONEN AUSFÜHREN KANN.**

Definition gem. DIN EN 18015-4 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 4:  
Gebäudesystemtechnik



# AKTOREN - FUNKTIONSPRINZIP

- Logisches Gegenstück zu Sensor
- Wandelt **elektrische Signale** in eine **physikalische Größe** um, beispielsweise:
  - Bitcode in Temperatur
  - Spannung in Motorposition
  - Stromstärke in Helligkeit

## AKTOREN



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT





# AKTOREN

- Eine schaltbare Steckdose macht implizit jedes Gerät zum Akteur (zumindest die Funktion An- und Ausschalten wird unterstützt)
- Funktion/Nutzen eines Aktors oft erst durch die Verwendung



# LERNZIELE

Sie können...

- ...definieren was ein Sensor/Aktor ist,
- ...die Funktionsweise von kapazitiven Sensoren erläutern,
- ...Beispiele geben für verschiedene Arten von Sensoren

