

# Sensoren

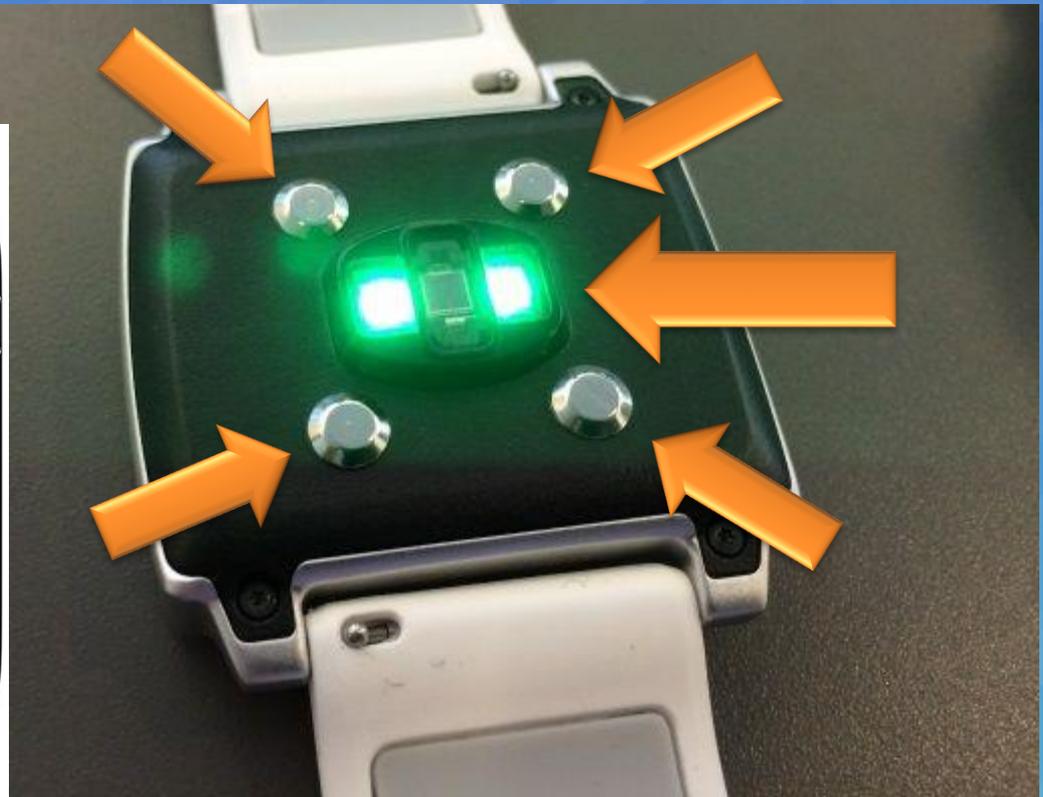
# Typische Sensoren am Smartphone



# Weitere Sensoren von Wearables

- Pulsmesser
- „Galvanic Skin Response Sensor“
- Temperatur

2 LEDs  
2 Photodioden



# Sensoren: Grundlagen

# Was wird gemessen?

Sensor: System zur Umwandlung physikalischer Größen und deren Änderung in geeignete elektronische Signale

- Oft wird nur irgendeine physikalische Größe gemessen, aus der das berechnet werden kann, was einen eigentlich interessiert

# Klassifizierung



# Klassifizierung - Beispiele

- Interne Sensoren:  
Beschleunigungssensor, Gyroskop
- Externe Sensoren:
  - Passiv: Kamera, Mikrofon, Touch
  - Aktiv: Infrarot, Ultraschall  
(→ für diese VL nicht relevant)

# Bauweisen

- MEMS (mikro-elektro-mechanische Systeme): klein & billig, sehr geringer Energiebedarf, mittlere Präzision
- Makroskopisch: Hohe Präzision, Teuer
- Je Sensortyp oft mehrere Bauweisen möglich

# Funktionsweise einzelner Sensoren

# GPS



# GPS

- Global Positioning System
- Satellitennavigationssystem
- GPS von US-Verteidigungsministerium betrieben
- Andere Satellitennavigationssysteme:  
Galileo (EU), GLONASS (Russland), Beidou (China)



# GPS: Einsatz

- Positionsbestimmung
- Geschwindigkeit (Interpolation nötig)

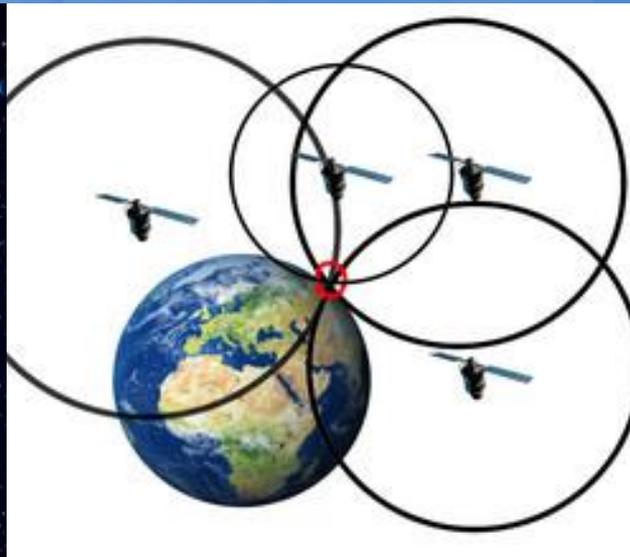
$$v = \frac{\Delta Position}{\Delta Zeit} \approx \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{vereinfacht})$$

- Kompassfunktion (eingeschränkt möglich)



# GPS: Funktionsweise

- Ca. 30 Satelliten im Orbit
  - 24 benötigt, Rest: Backup.
  - An jedem Ort auf der Erde immer  $\geq 4$  sichtbar

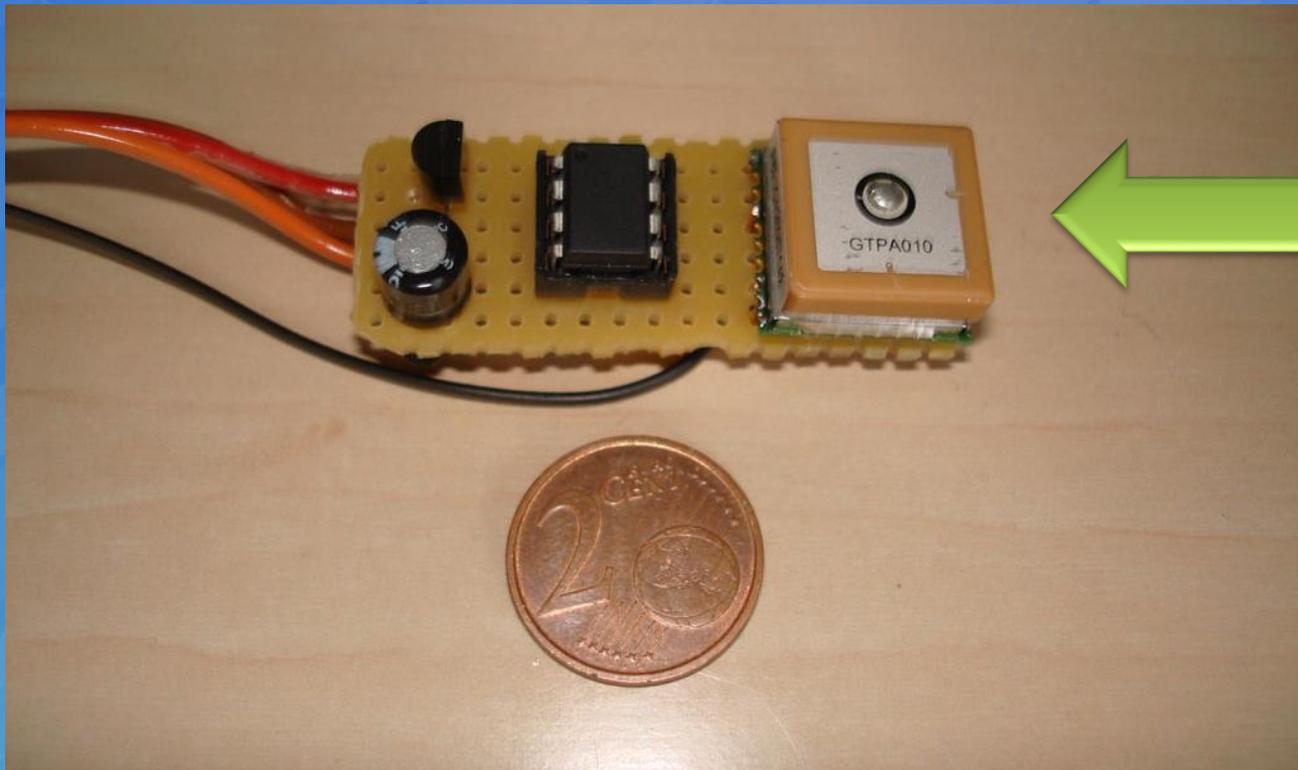


Zeit



# GPS: Funktionsweise

- GPS-Geräte



tharen



# GPS: Genauigkeit

- bis 2. Mai 2000: 150m durch Pseudoraschen zur künstlichen Signalverschlechterung im Zivilbereich
- Aktuell: wenige Meter



# GPS in mobilen Geräten

- Manuelle
- Benutzung
- GPS ge



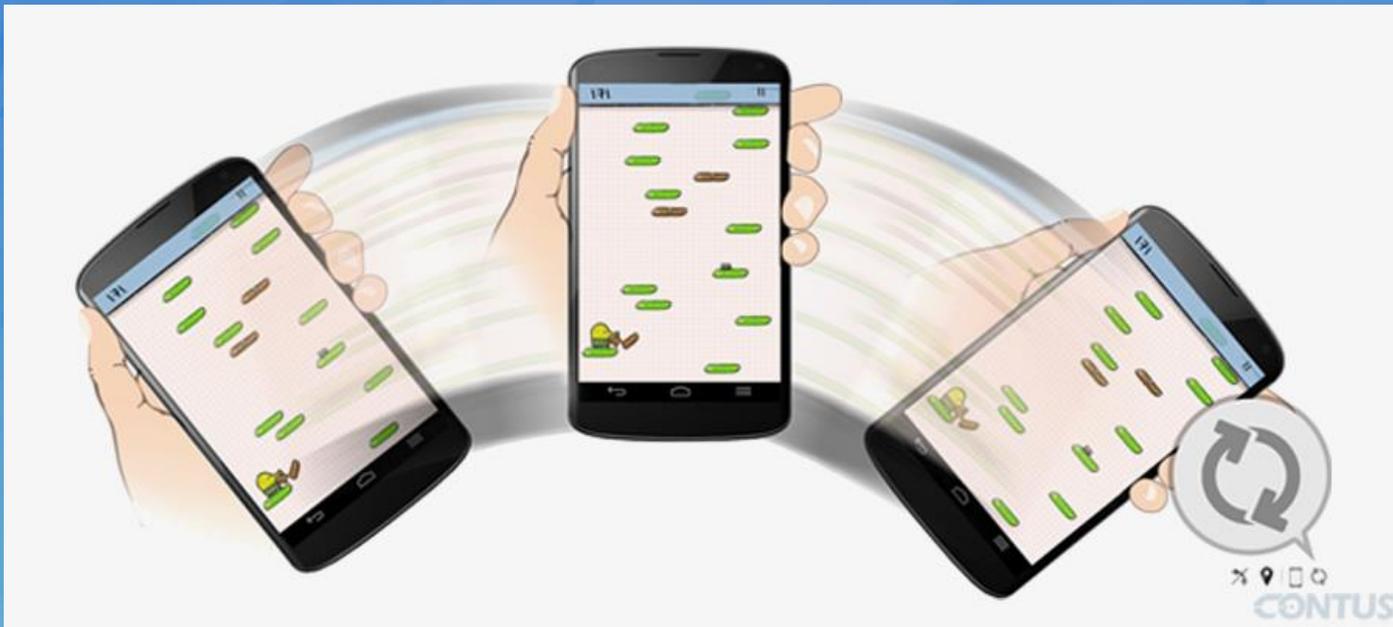
n, damit



# GPS: Probleme



# Accelerometer

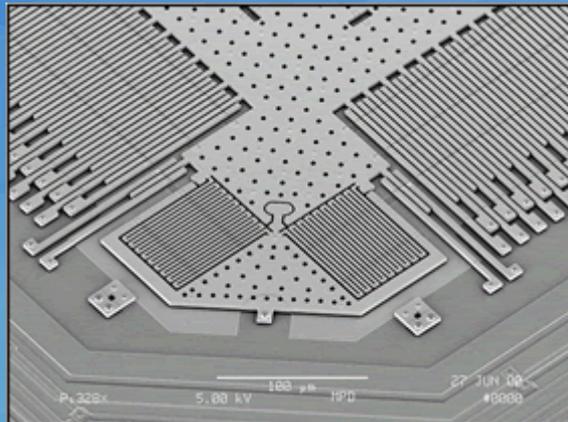
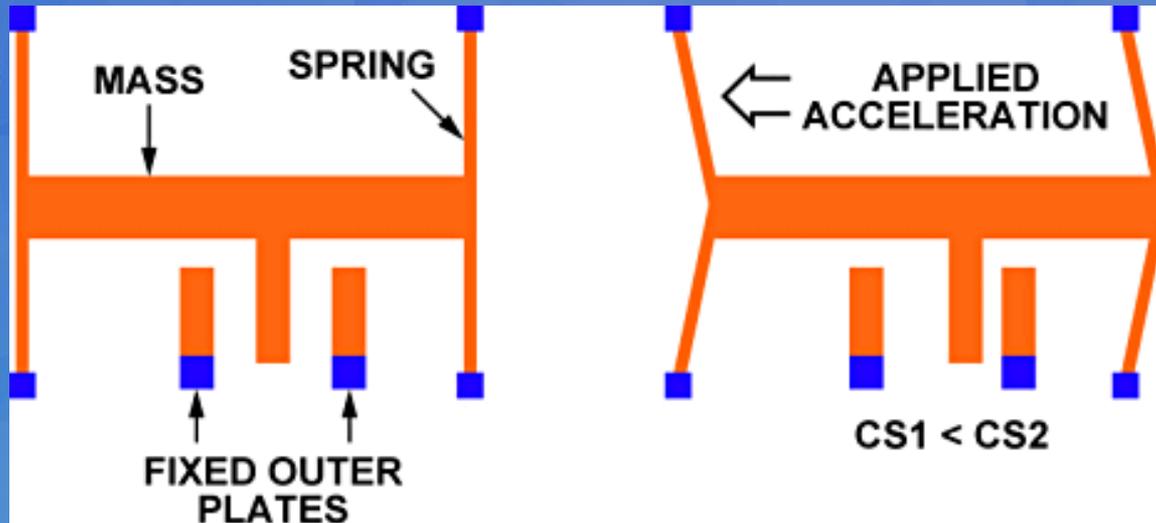


# Accelerometer: Bauweisen

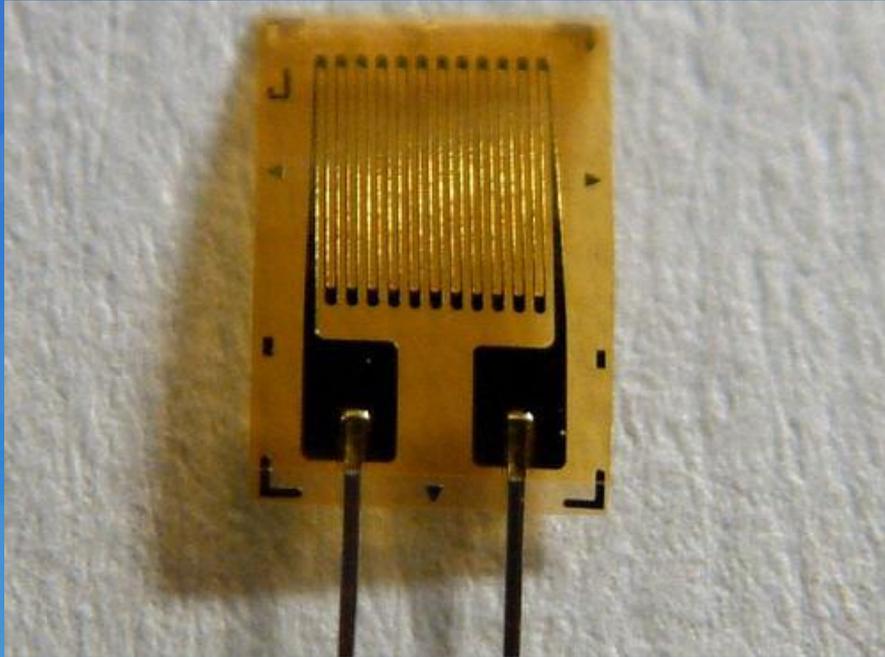
- MEMS
- Dehnungsmessstreifen
- Piezoelektrisch
- Magnetische Induktion
- ...

➔ Beschleunigungssensoren messen nie die Beschleunigung direkt, sondern elektrische Größen, aus denen die Beschleunigung berechnet werden kann.

# MEMS Accelerometer



# Dehnungsmessstreifen



Draht



$$R \sim \frac{A}{l}$$

# Gyroskop

# Gyroskop

Auch: Orientierungsmesser

- Verschiedene Bauweisen
- Anwendung: Orientierung (Lage) im Raum bestimmen

# Gyroskop: Anwendungen



<http://johancaneel.blogspot.com/2015/01/helicopter-toys-2015.html>



[http://en.wikipedia.org/wiki/Wii\\_Remote](http://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Remote)

# Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme

# Mechanisches Gyroskop



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=ty9QSiVC2g0>

# Mechanisches Gyroskop



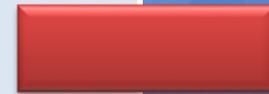
# Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme



sehr genau  
wenig Drift

groß  
teuer



- MEMS  
(Micro-electro-mechanical Systems)

# Gyroskop: MEMS



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=zwe6LEYF0j8>

# Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme



sehr genau  
wenig Drift

groß  
teuer



- MEMS



billig  
klein

unpräzise



# Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme (groß, relativ teuer, genau)
- MEMS (klein, billig, weniger genau)
- Grundprinzip: bewegtes inneres Element versucht seine Bewegungsachse beizubehalten

# Magnetometer



# Magnetometer

- Misst Magnetfeld (Stärke und/oder Richtung)
  - der Erde
  - lokal



# Magnetometer

- Anwendungen:
  - Kompass
  - Lagebestimmung (in Kombination mit anderen Sensoren, siehe Sensorfusion)
  - Anomalien finden (Eisen, Petroleum)
  - Metalldetektor mit hoher Reichweite (→Flughafen)





→ Bei Se



ständen

n



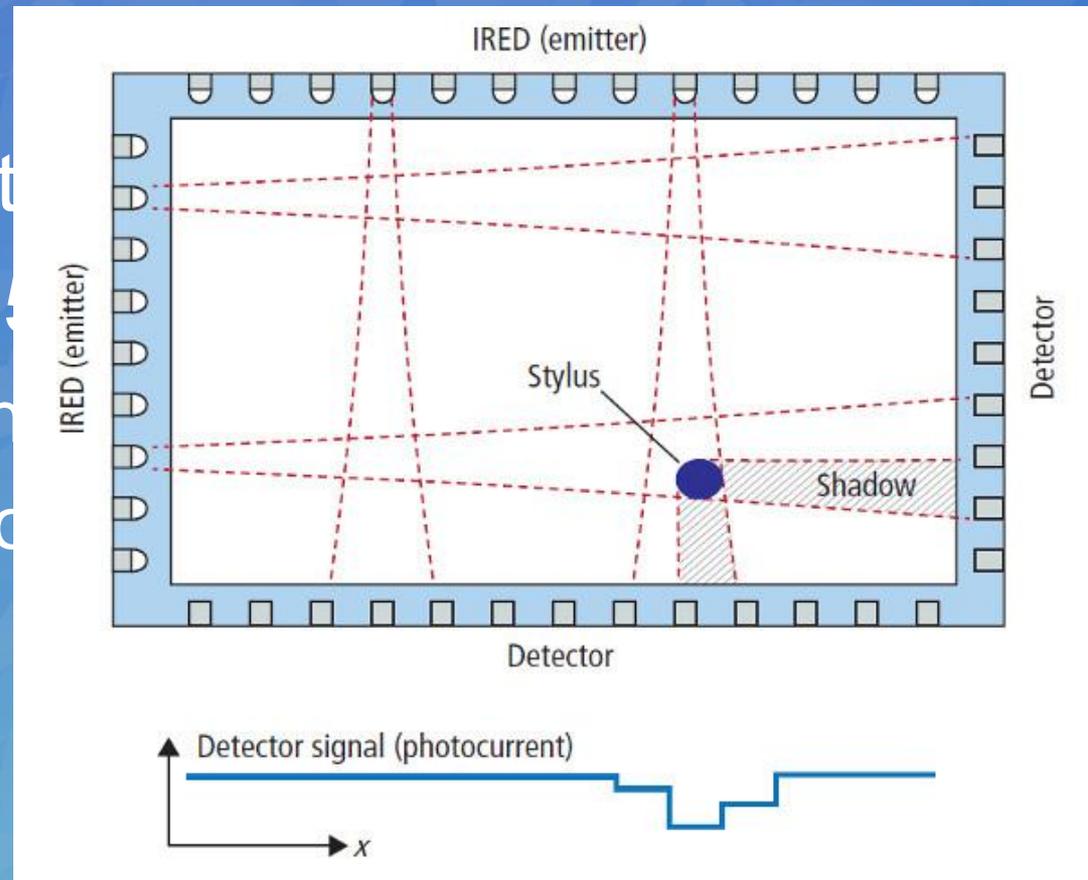
# Drucksensoren

# Drucksensor

- Smartphones und Tablets: Hauptsächlich Touchscreen
- In anderen Wearables:
  - Piezoelektrisch
  - Energy Harvesting
  - ...

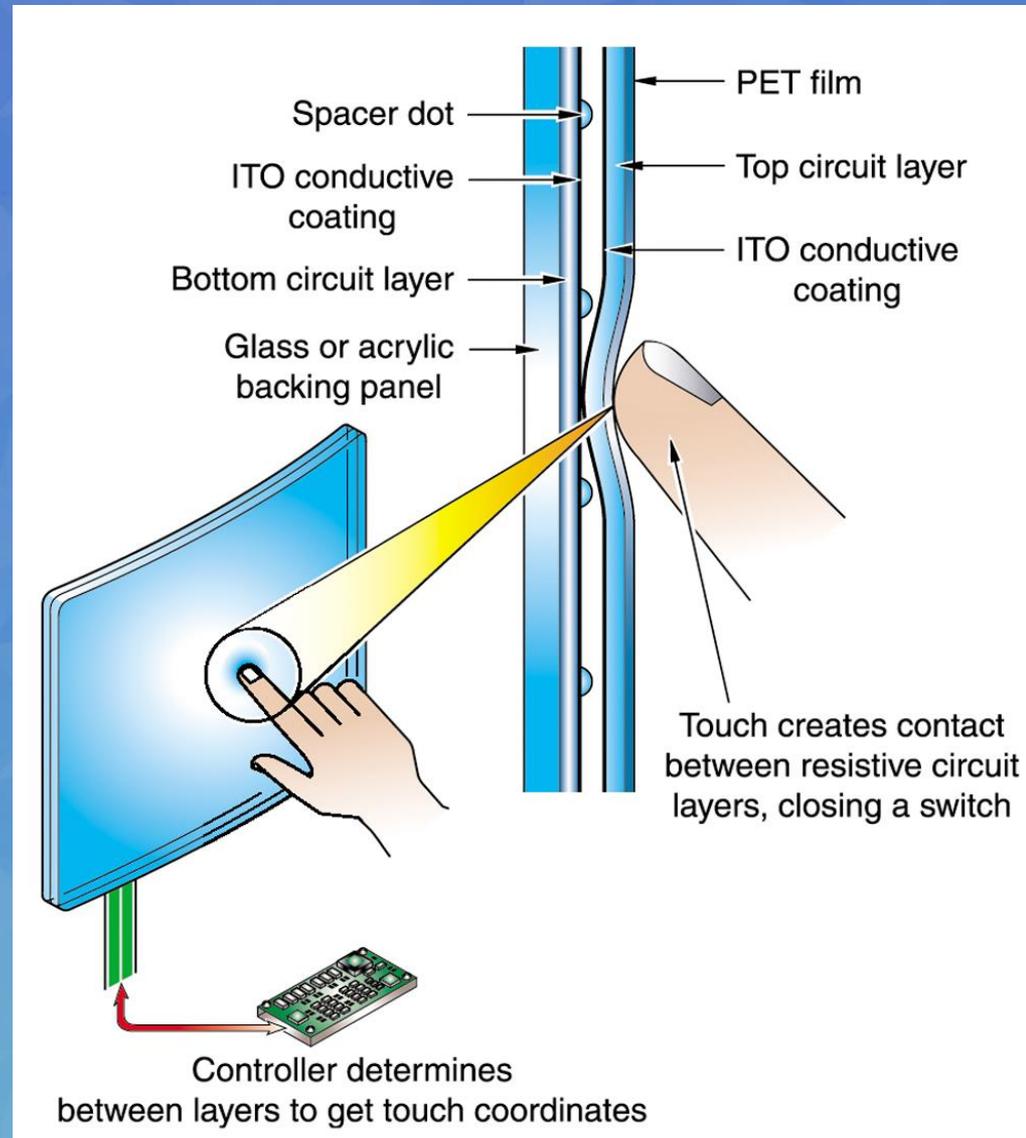
# Optische Touchscreens

- Älteste Touchdisplays
- robust
- Lichtschrankengitter
- Auflösung bis zu 4096 x 4096 Pixel
  - Genügt zur Erkennung von Fingern
  - Nicht in Smartphones



# Resistive Touchscreens

- 2 leitende Schichten
- Berührung verbindet die Schichten
- Widerstand wird verändert



# Resistive Touchscreens



Bedienung auch  
mit Handschuhen  
und „Stiften“

Bei Sonne besser  
lesbar als kapazitiv

Eingeschränktes  
Multi-Touch &  
Gestenbedienung

Ungenauer als kapazitiv

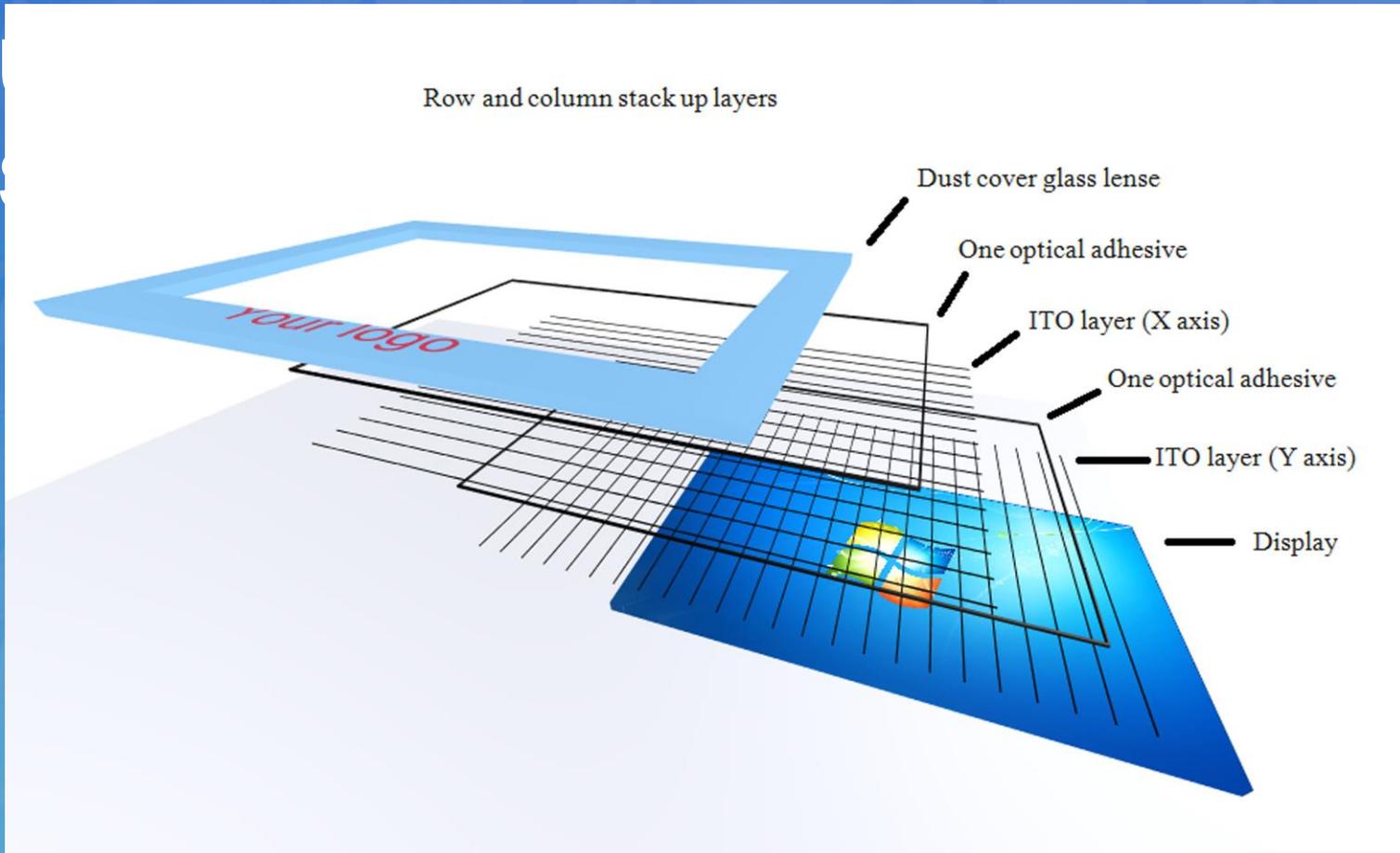
Verschleiß durch  
mechanische Belastung

Unerwünschtes Auslösen  
durch Kontakt mit beliebigen  
Gegenständen



# Projiziert-kapazitive Touchscreens

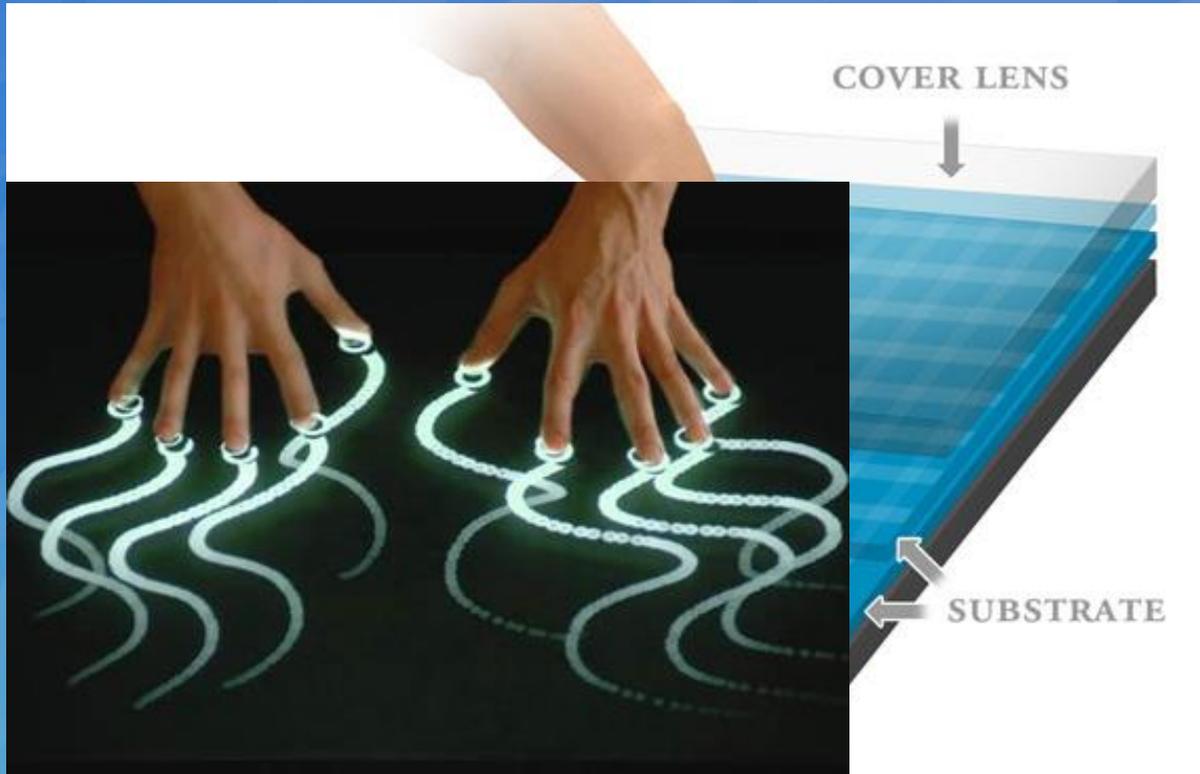
- Auch: PCT, PCAP



# PCT: Vorteile



- Kaum Verschleiß  
(da auf Glasrückseite)



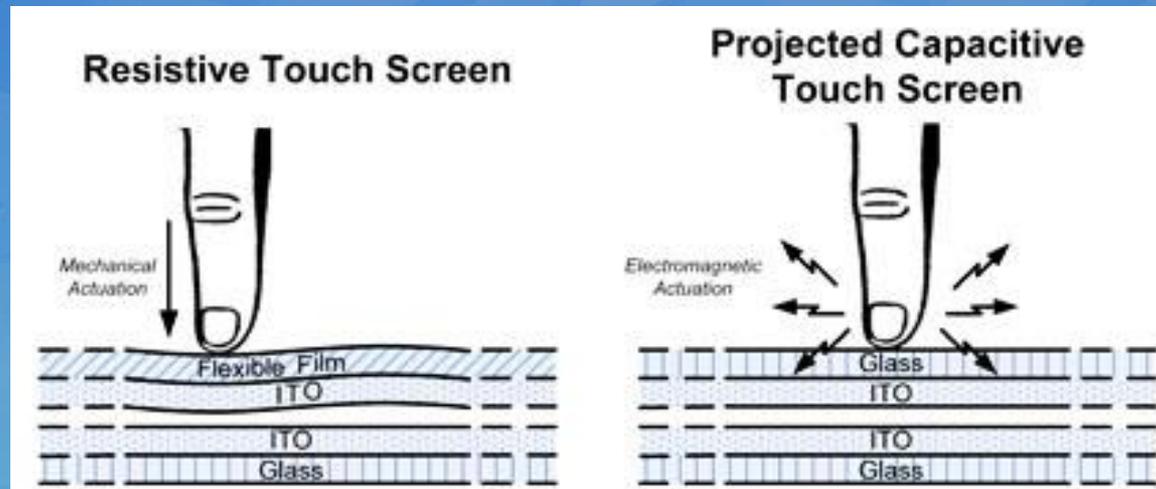
rothe

uslösen



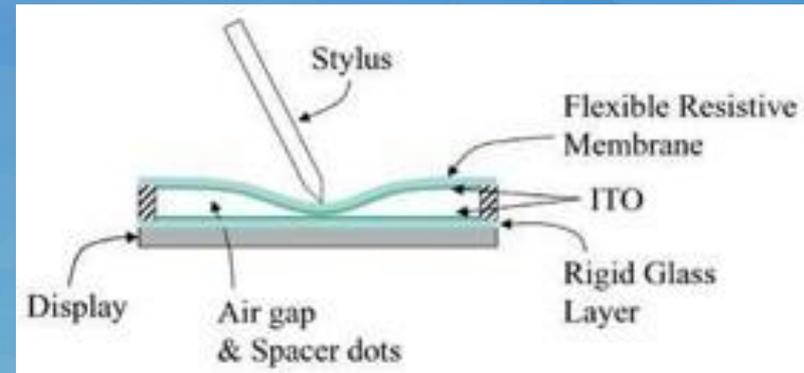
# Vergleich

Resistiv	Projiziert-Kapazitiv
<ul style="list-style-type: none"><li>+ Billiger</li><li>+ bei Sonne besser lesbar</li><li>+ Bedienung auch mit Handschuhen und beliebigen Stiften</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ genauer</li><li>+ kein versehentliches Auslösen</li><li>+ kaum Verschleiß (hinter Glas)</li><li>+ Multi-Touch</li><li>+ Gestensteuerung</li></ul>



# Induktive Touchscreens

- Höhere Präzision
- Höherer Energiebedarf
- Steuerung NUR über spezielle Eingabestifte mit integrierter Spule
  - Schreiben: Handballen wird ignoriert
  - Berührung der Oberfläche nicht notwendig
  - Neigungswinkel und Druckstärke erkennbar



# Induktive Touchscreens

Anwendung:

- Grafiktablets
- Teils Tablets
- Kaum in Smartphones

# Hybrid-Beispiel: Samsung Galaxy Note

- Handeingabe: Kapazitiv
- S-Pen: Induktiv (priorisiert)
  - Höhere Präzision
  - Aufliegender Handballen wird ignoriert

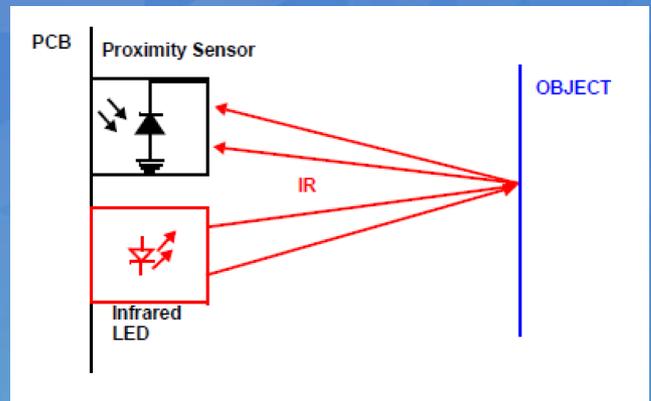


# Unbekanntere Sensoren

(kleiner Überblick)

# Proximity Sensor

- Hauptanwendung: „Face Detection“  
→ Telefonat: Bildschirm & Touch aus



# Ambient Light Sensor

- Hauptanwendung: Bildschirmhelligkeit anpassen
- Oft in einem Bauteil mit Proximity Sensor



# Temperatur & Feuchtigkeit

- Anwendungen...
  - „Comfort Level“ (S Health)
  - Wetter anzeigen



# Barometer

- Luftdruckmesser
- Anwendung:
  - Wetter bestimmen
  - Höhenmessung

Anm.: Höhenmessung  
funktioniert auch relativ gut  
über GPS



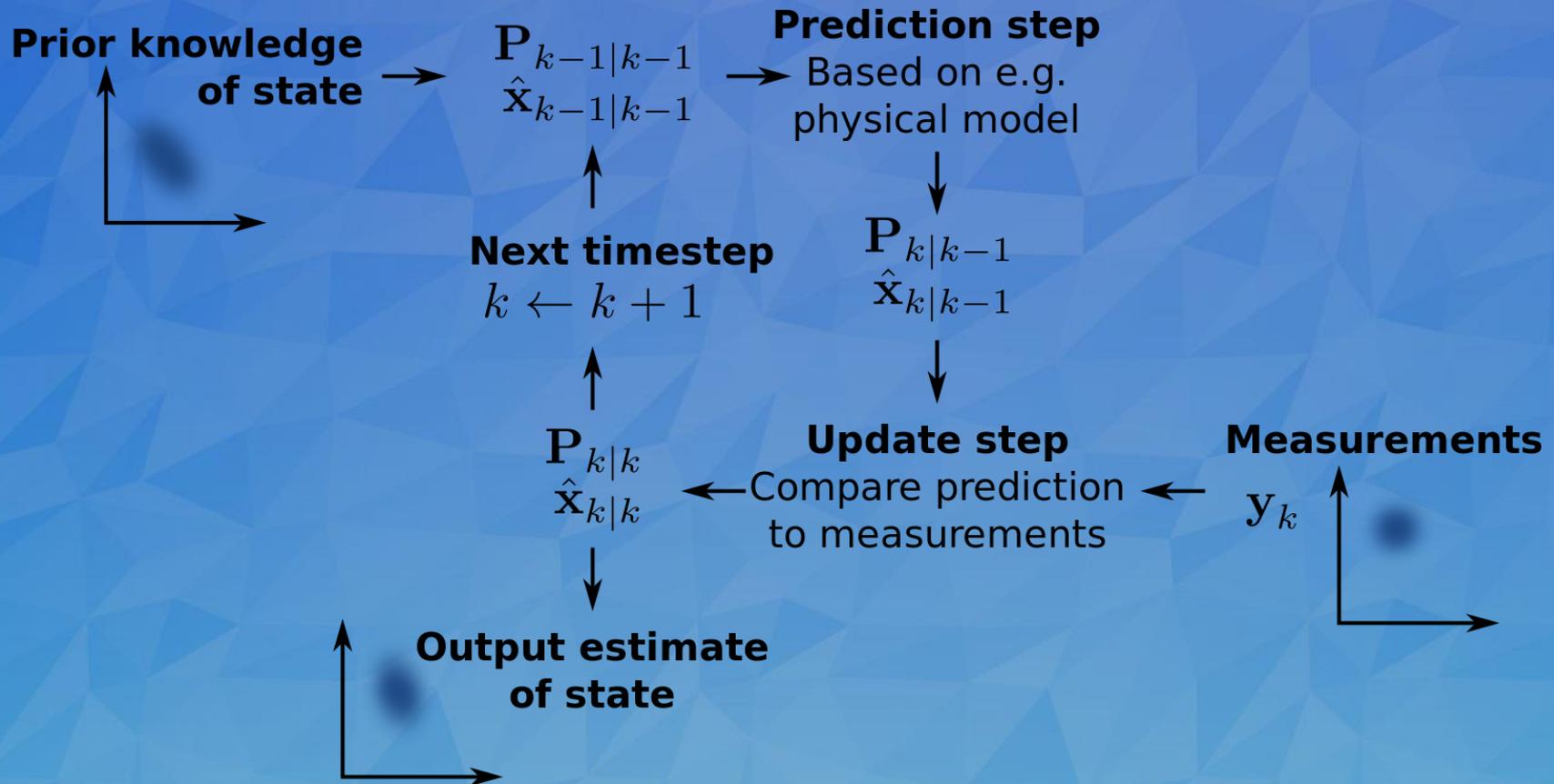
# Sensorfusion

# Sensorfusion

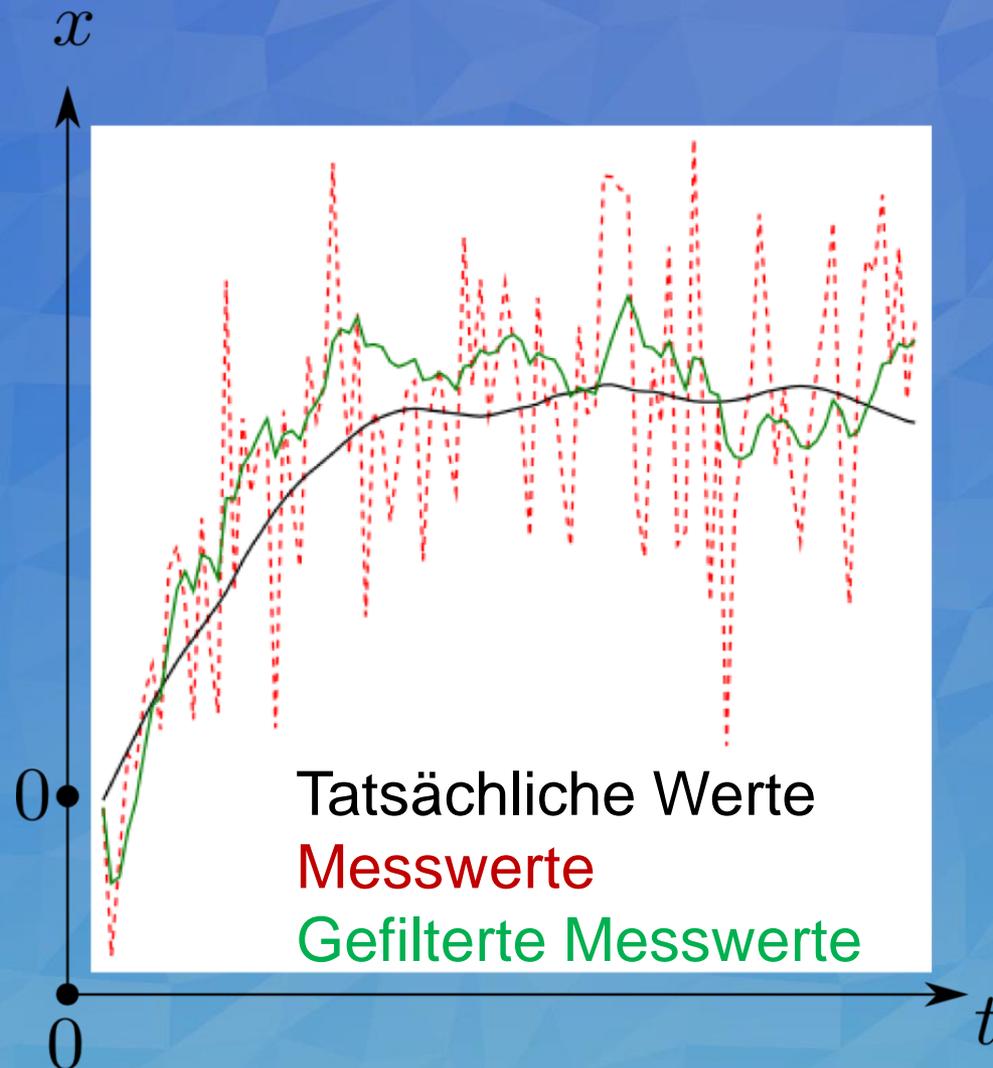
Kombination der Messwerte mehrerer Sensoren, um bestimmte Größen genauer bestimmen zu können

- Ziel: Kombiniere Stärken, eliminiere Schwächen
- Häufig genutzt: Kalman-Filter

# Kalman-Filter...



# Kalman-Filter...



# Sensorfusion

Kombination der Messwerte mehrerer Sensoren, um bestimmte Größen genauer bestimmen zu können

→ Im Smartphone hauptsächlich für Positions- / Lagebestimmung

# Beispiel: Positionsbestimmung

- Sensoren, die irgendwie mit der Position zu tun haben:
  - GPS
  - Accelerometer
  - Gyroskop
  - Magnetometer (Achtung in Fahrzeugen!)

# Beispiel: Positionserkennung

## Accelerometer



gleichmäßige  
Beschleunigungen gut  
erkennbar

Ungenau bei starken  
Beschleunigungs-  
änderungen (Rucklern)



## Gyroskop

Drift → Ungenau  
über längere Zeit



Kann „hochfrequente“  
Beschleunigungen  
gut tracken



# Beispiel: Positionserkennung

## GPS

Große Strecken  
und lange Zeit  
stabil messbar

Auf x Meter genau  
Kann ausfallen

## Accelerometer + Gyroskop

Schlecht bei  
langen Strecken &  
Langer Zeit

Höhere räumliche &  
zeitliche Auflösung

# Beispiel: Positionserkennung

- Falls Gyroskop kurzzeitig nicht verfügbar (z.B. Tunnel):
  - Ersetze durch Accelerometer + Gyro
- Kombiniere Accelerometer und Gyro, um Stärken von beiden zu erhalten

WICHTIG

# Fürs Programmieren...

Schwächen der Hardware beachten!!!

- GPS ist nicht immer verfügbar
- Gyroskope haben Drift
- Magnetometer nicht in Fahrzeugen verwenden
- ...



→ Sensorfusion → Nutze Stärken mehrerer Sensoren

(in vielen APIs/SDKs/Engines/... schon mitgeliefert)

Ende

# Weiterführende Links

- Sensoren allgemein:
  - Übersicht auch über unbekanntere Smartphone-Sensoren:  
<http://www.techulator.com/resources/9421-Overview-sensors-used-smartphones-tablets.aspx>
  - Android-API für Sensoren (inkl. Übersicht über verfügbare Sensortypen):  
[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_overview.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html)
  - Kalman-Filter: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman\\_filter](https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter)

# Weiterführende Links

- Gyroskop:
  - Altes Flugzeuggyro: [https://www.youtube.com/watch?v=fVqp\\_IJj138](https://www.youtube.com/watch?v=fVqp_IJj138) (1 min)
  - MEMS Gyro: <https://www.youtube.com/watch?v=zwe6LEYF0j8> (2 min)
  - Kräfte, die bei Gyros auftreten (physikalische Grundlage in simpel): <https://youtu.be/ty9QSiVC2g0?t=25s>
  - Spielzeug-Gyroskop: <https://www.youtube.com/watch?v=ty9QSiVC2g0>
- Accelerometer :
  - <https://www.youtube.com/watch?v=HZ5e7UUH1hE> (4 min)

Backup

# Typische Sensoren am Smartphone

- Kamera
- Mikrofon
- GPS
- Gyroskop
- Beschleunigungssensor (Accelerometer)
- Kompass / Magnetometer
- Touch
- ...
- (Datenbanken (Kalender,... -> Kontext bestimmen)) (eigentlich kein Sensor im klassischen Sinn)

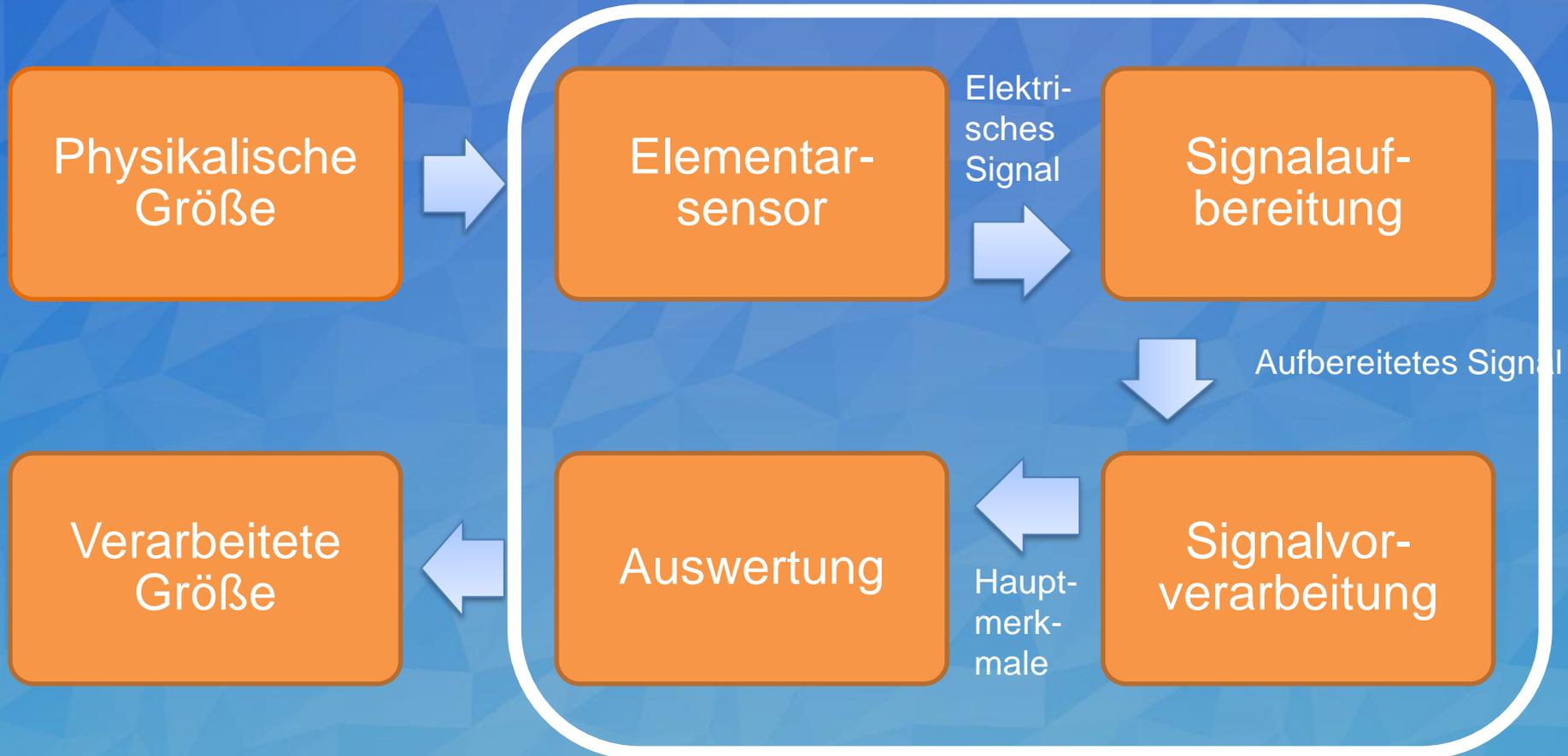
# Sensoren unter Android

**Table 2.** Sensor availability by platform.

Sensor	Android 4.0 (API Level 14)	Android 2.3 (API Level 9)	Android 2.2 (API Level 8)	Android 1.5 (API Level 3)
TYPE_ACCELEROMETER	Yes	Yes	Yes	Yes
TYPE_AMBIENT_TEMPERATURE	Yes	n/a	n/a	n/a
TYPE_GRAVITY	Yes	Yes	n/a	n/a
TYPE_GYROSCOPE	Yes	Yes	n/a <sup>1</sup>	n/a <sup>1</sup>
TYPE_LIGHT	Yes	Yes	Yes	Yes
TYPE_LINEAR_ACCELERATION	Yes	Yes	n/a	n/a
TYPE_MAGNETIC_FIELD	Yes	Yes	Yes	Yes
TYPE_ORIENTATION	Yes <sup>2</sup>	Yes <sup>2</sup>	Yes <sup>2</sup>	Yes
TYPE_PRESSURE	Yes	Yes	n/a <sup>1</sup>	n/a <sup>1</sup>
TYPE_PROXIMITY	Yes	Yes	Yes	Yes
TYPE_RELATIVE_HUMIDITY	Yes	n/a	n/a	n/a
TYPE_ROTATION_VECTOR	Yes	Yes	n/a	n/a
TYPE_TEMPERATURE	Yes <sup>2</sup>	Yes	Yes	Yes

# Informationsfluss

## Sensor



# GPS: Probleme

- Signifikanter Energieverbrauch  
(Android: Programmierer kann steuern, wie "intensiv" GPS genutzt werden soll)
- In Gebäuden schlechter bis kein Empfang
- Warten auf Fix
- Reflexion von Gebäuden in Städten verschlechtert Signal

