

Sensoren

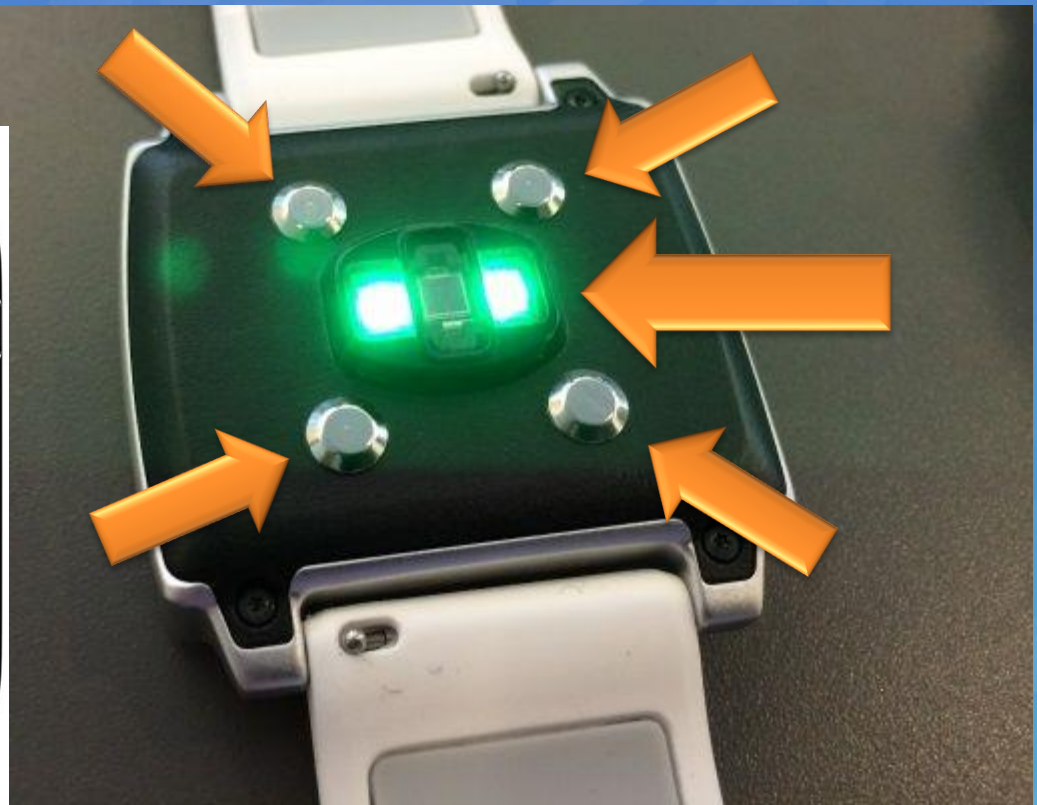
Typische Sensoren am Smartphone



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)

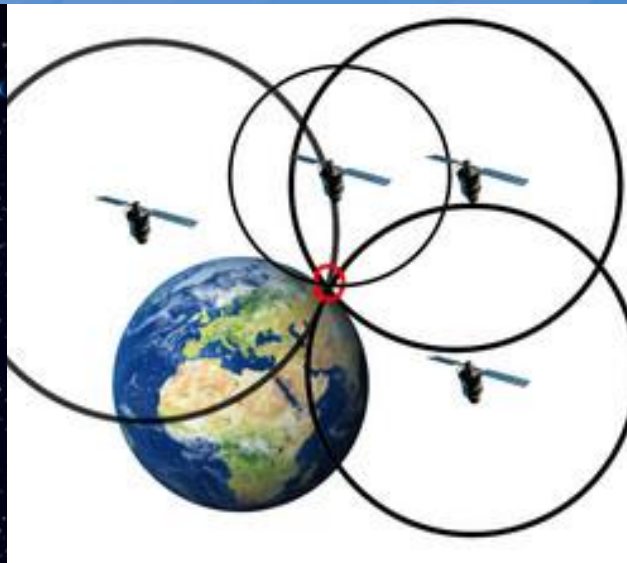
$$v = \frac{\Delta Position}{\Delta Zeit} \approx \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{vereinfacht})$$

- Kompassfunktion (eingeschränkt möglich)



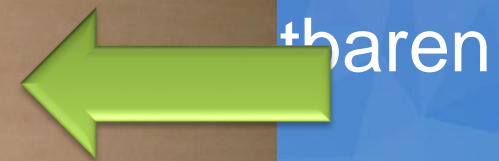
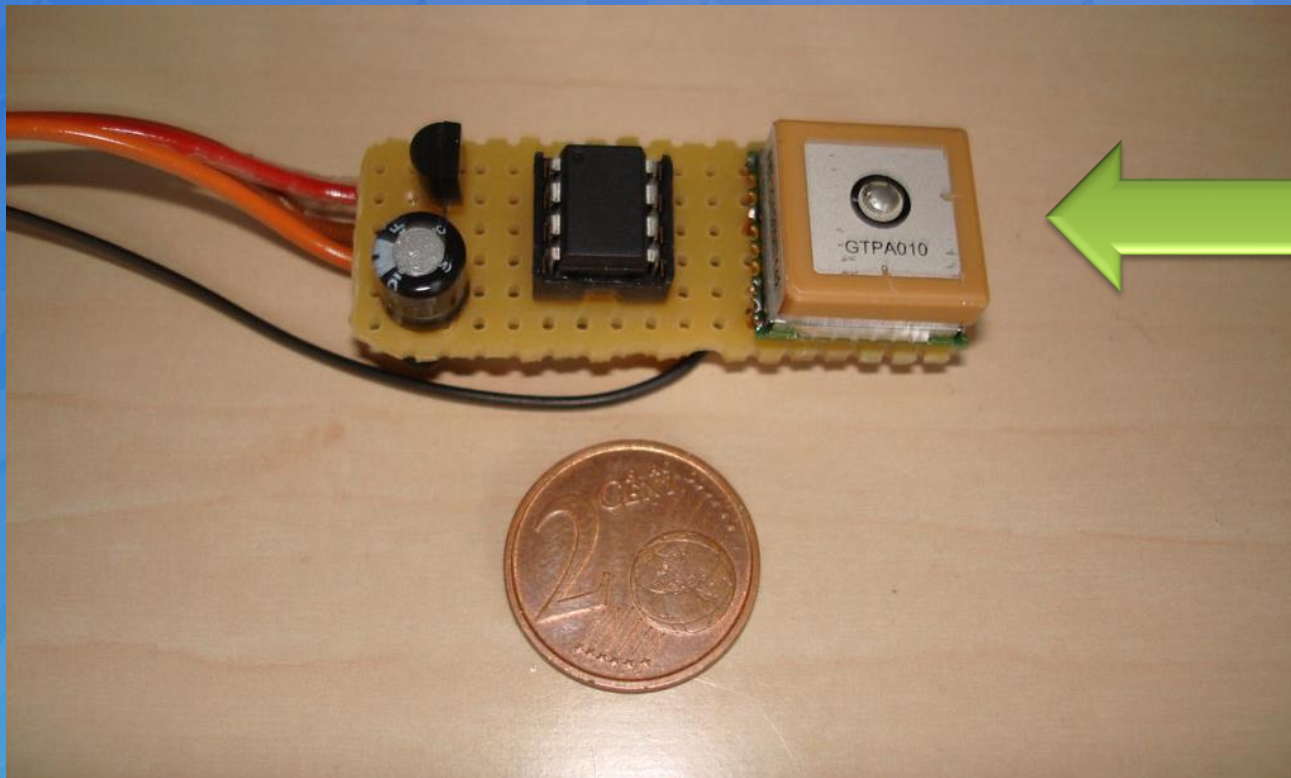
GPS: Funktionsweise

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



GPS: Funktionsweise

- GPS-Geräte



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



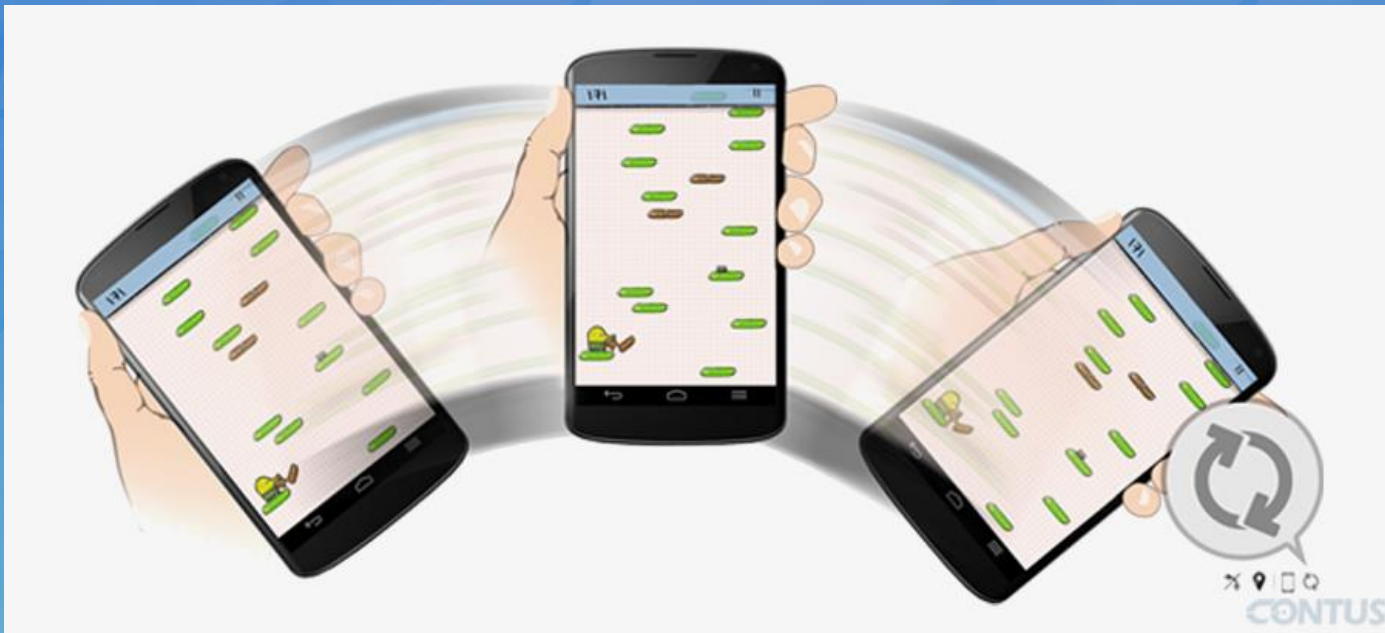
n, damit



GPS: Probleme



Accelerometer

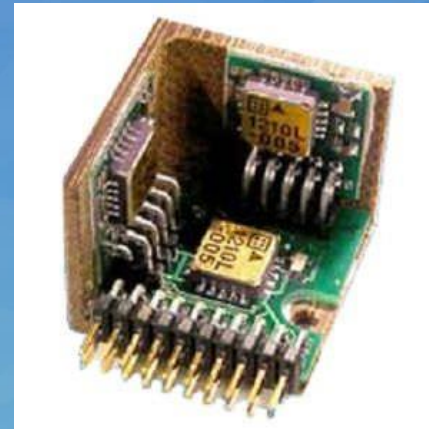
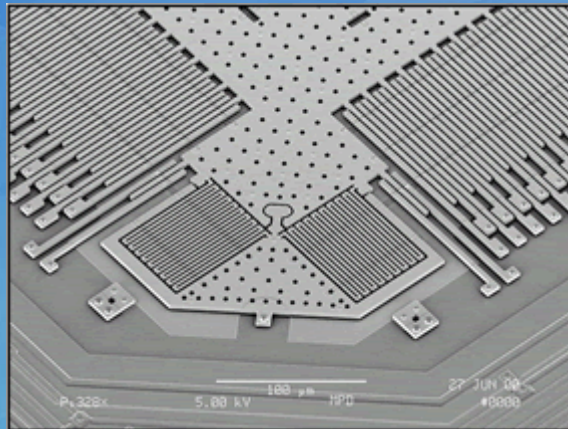
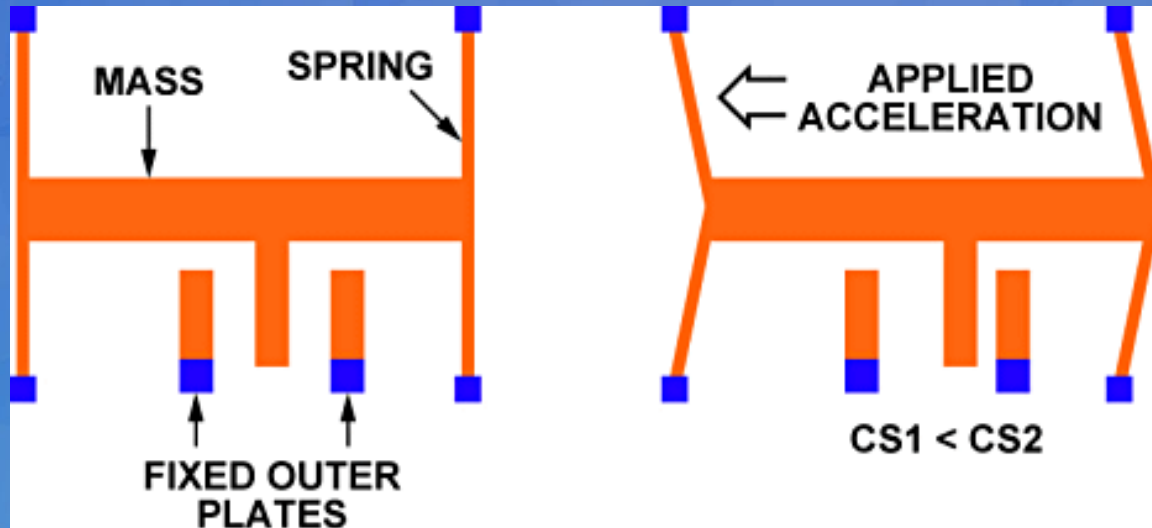


Accelerometer: Bauweisen

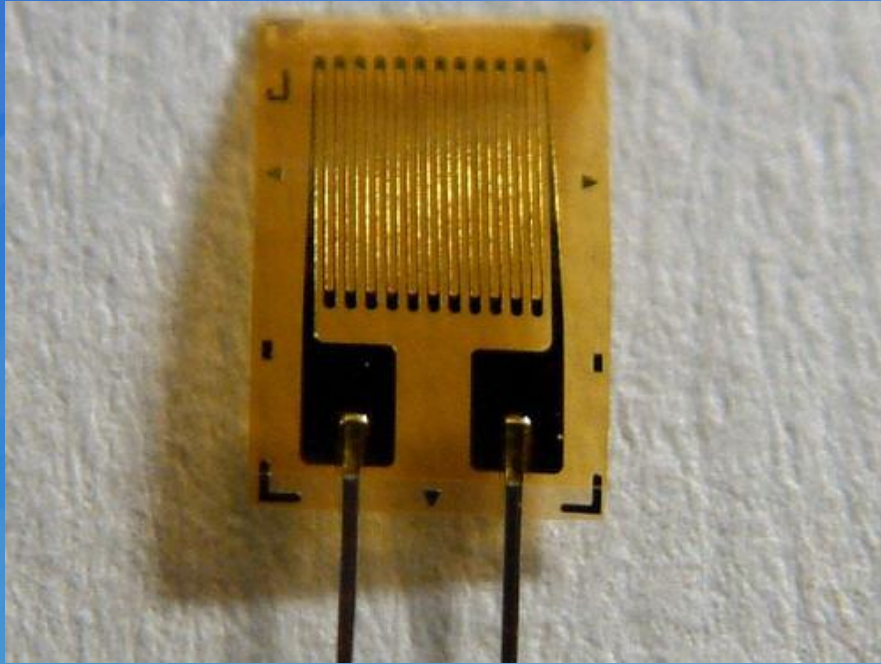
- MEMS
- Dehnungsmessstreifen
- Piezoelektrisch
- Magnetische Induktion
- ...

→ 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



Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme

Mechanisches Gyroskop



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

Mechanisches Gyroskop



Gyroskop: Bauweisen

- Mechanische Kreiselssysteme



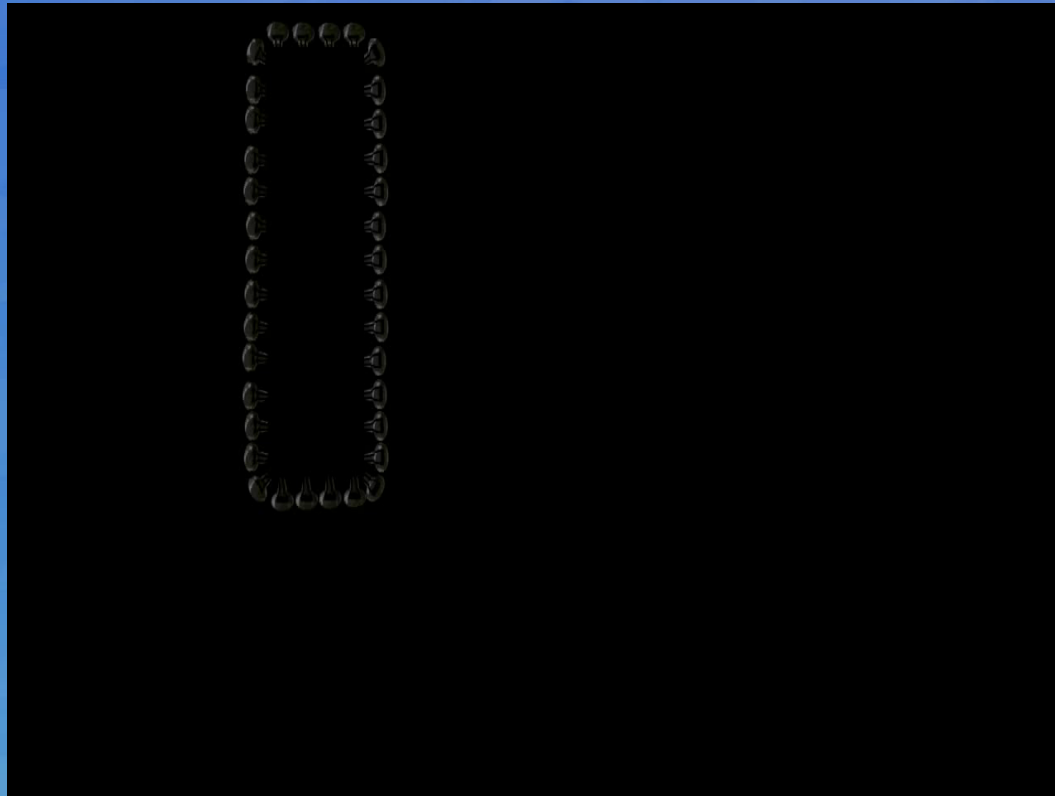
sehr genau
wenig Drift

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



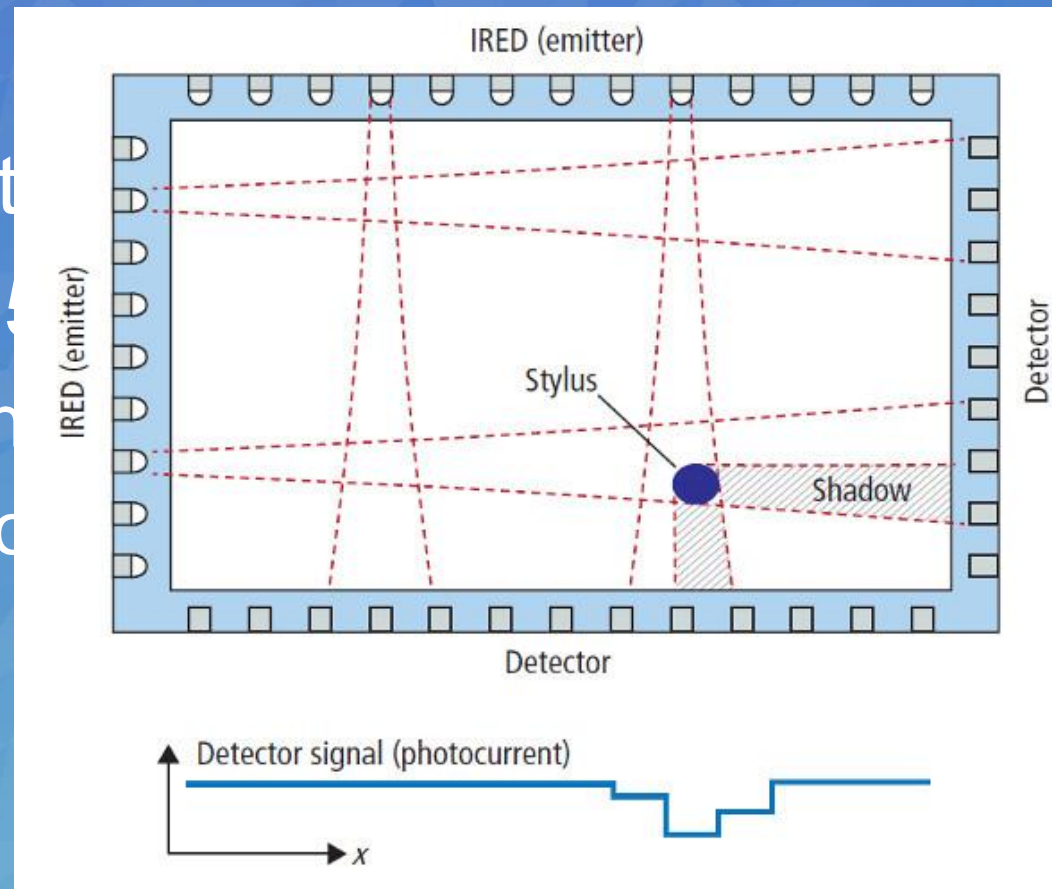
Drucksensoren

Drucksensor

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

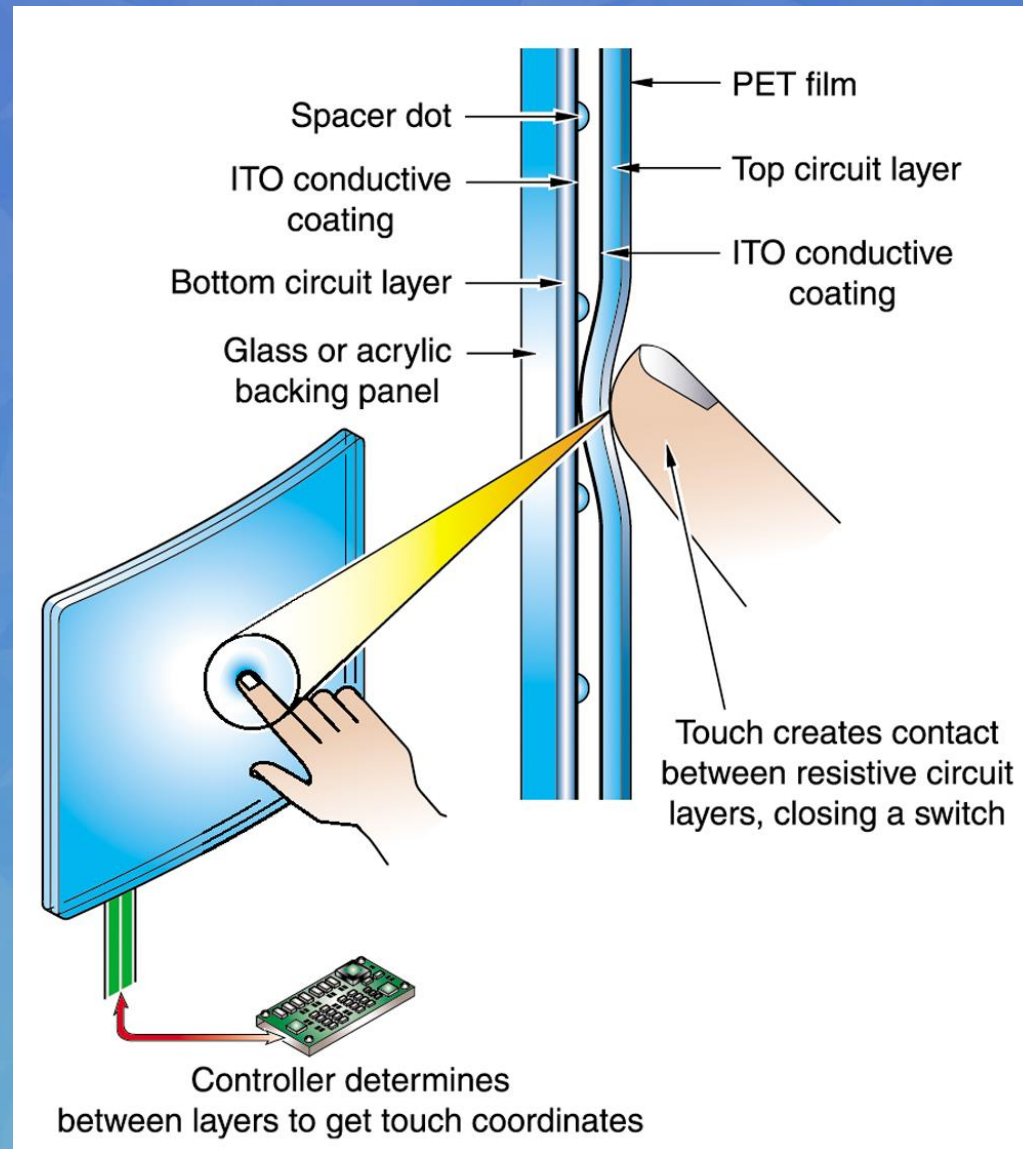
Optische Touchscreens

- 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

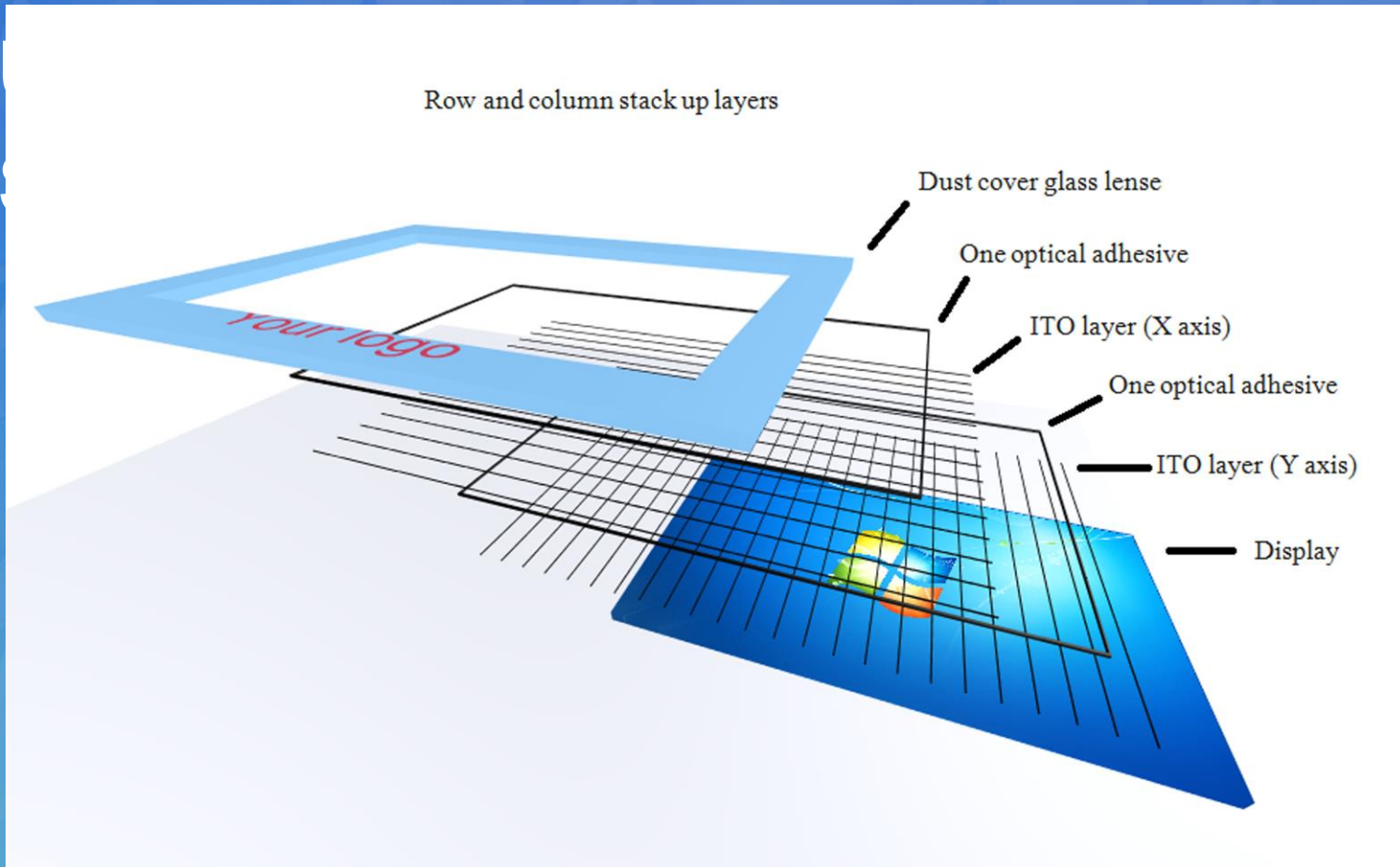
Verschleiß durch
mechanische Belastung

Unerwünschtes Auslösen
durch Kontakt mit beliebigen
Gegenständen



Projiziert-kapazitive Touchscreens

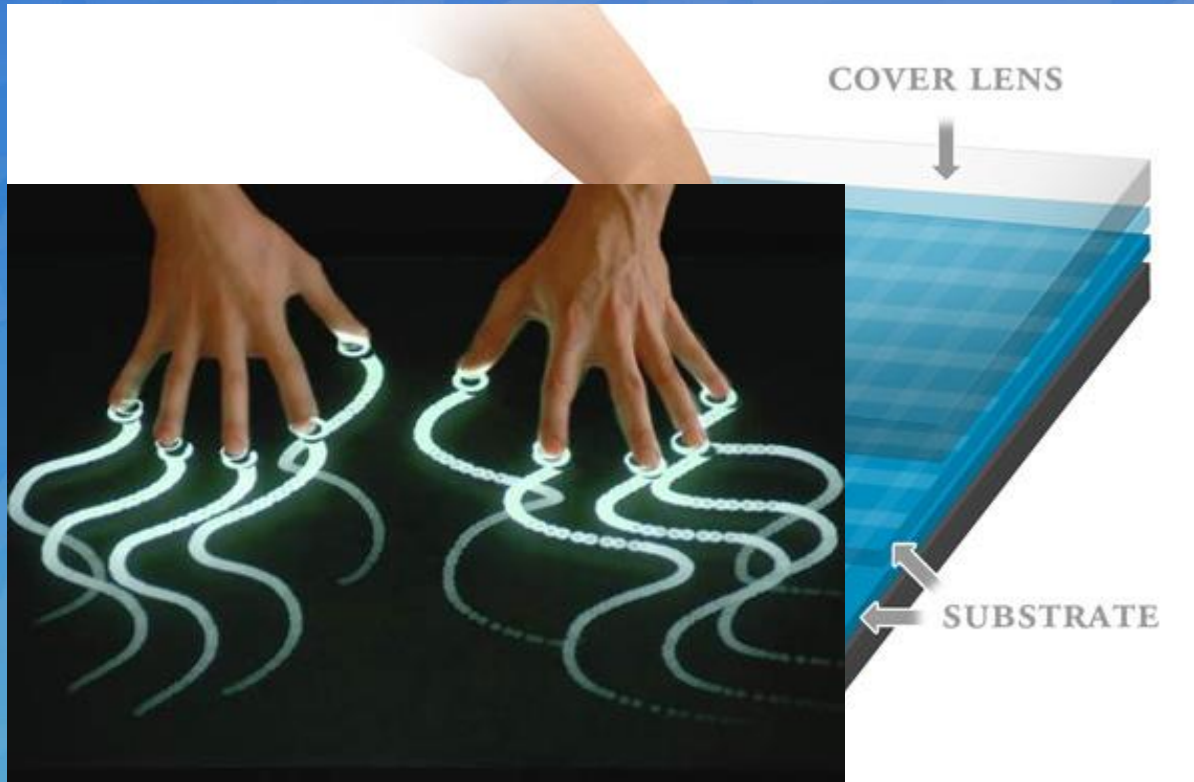
- Auch: PCT, PCAP



PCT: Vorteile



- Kaum Verschleiß
(da auf Glasrückseite)



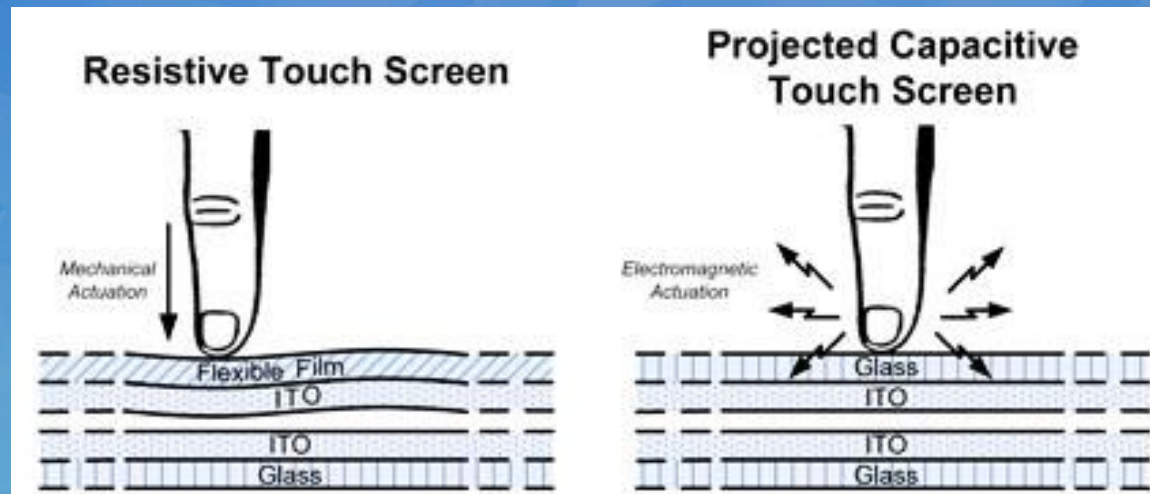
rothe

uslösen



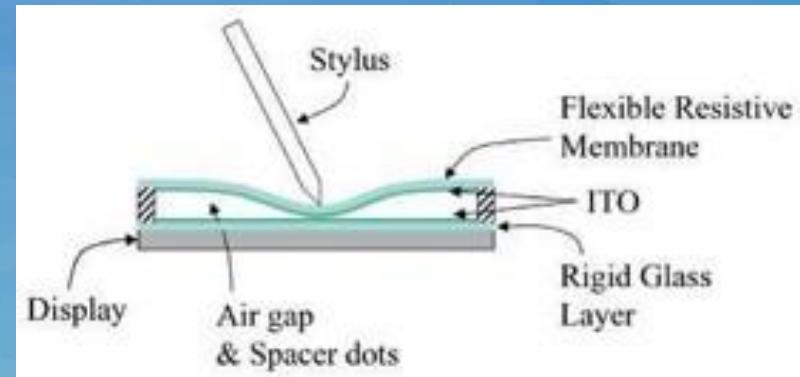
Vergleich

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



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



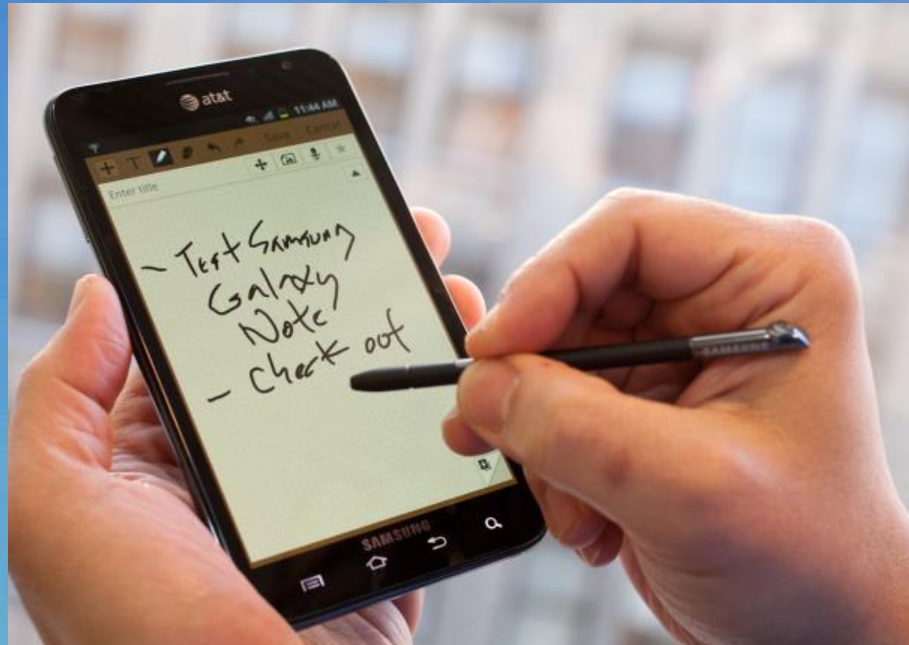
Induktive Touchscreens

Anwendung:

- Grafiktablets
- Teils Tablets
- Kaum in Smartphones

Hybrid-Beispiel: Samsung Galaxy Note

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

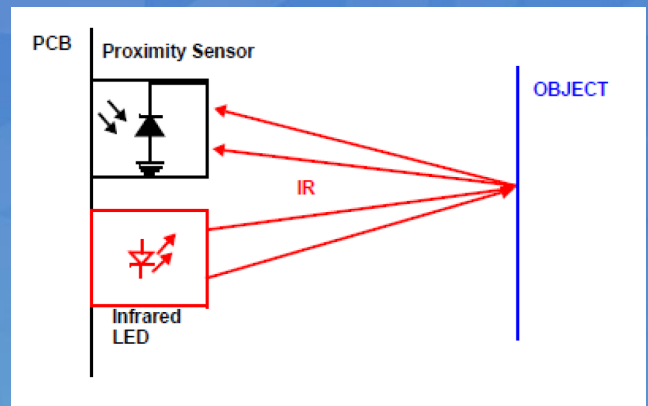


Unbekanntere Sensoren

(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



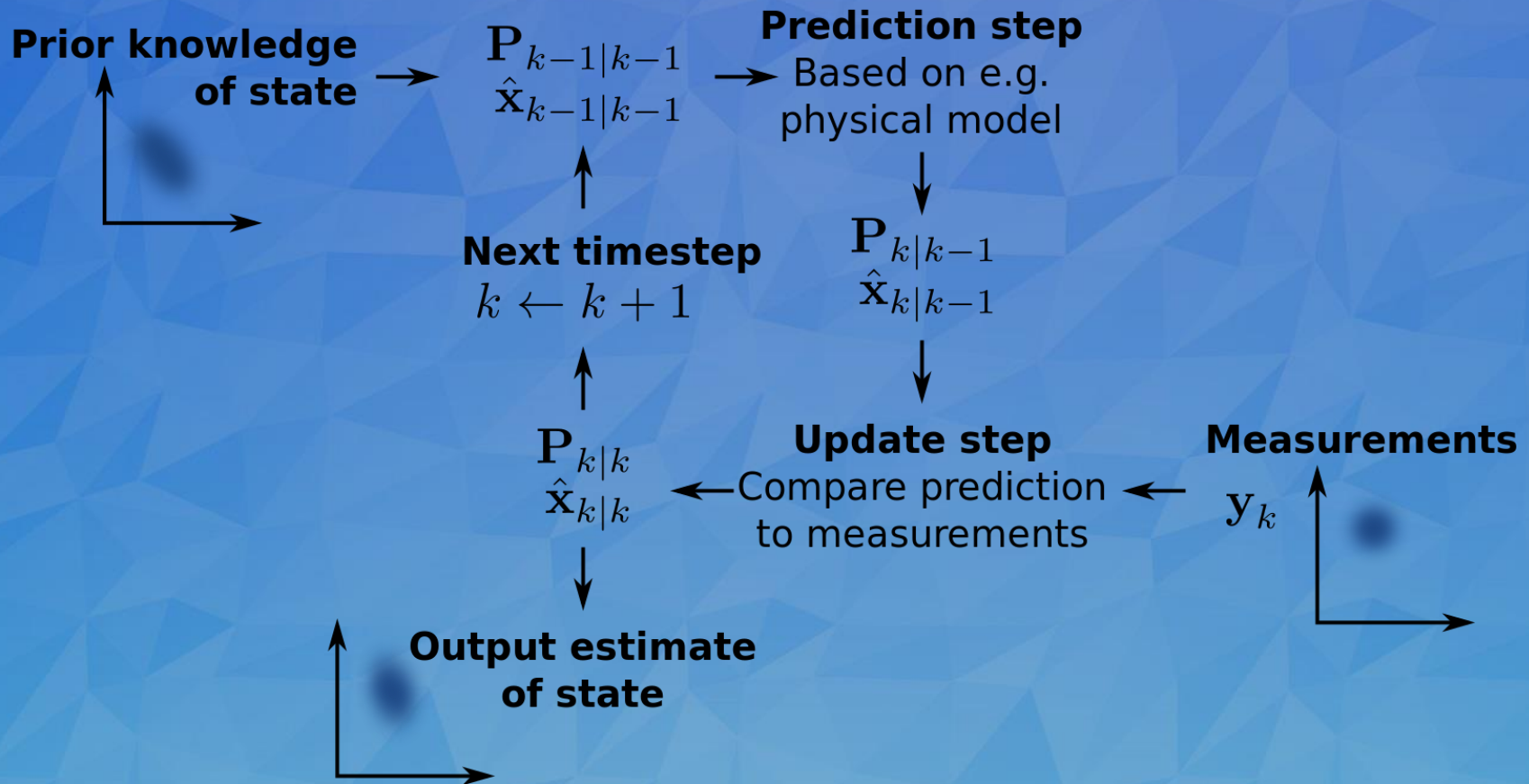
Sensorfusion

Sensorfusion

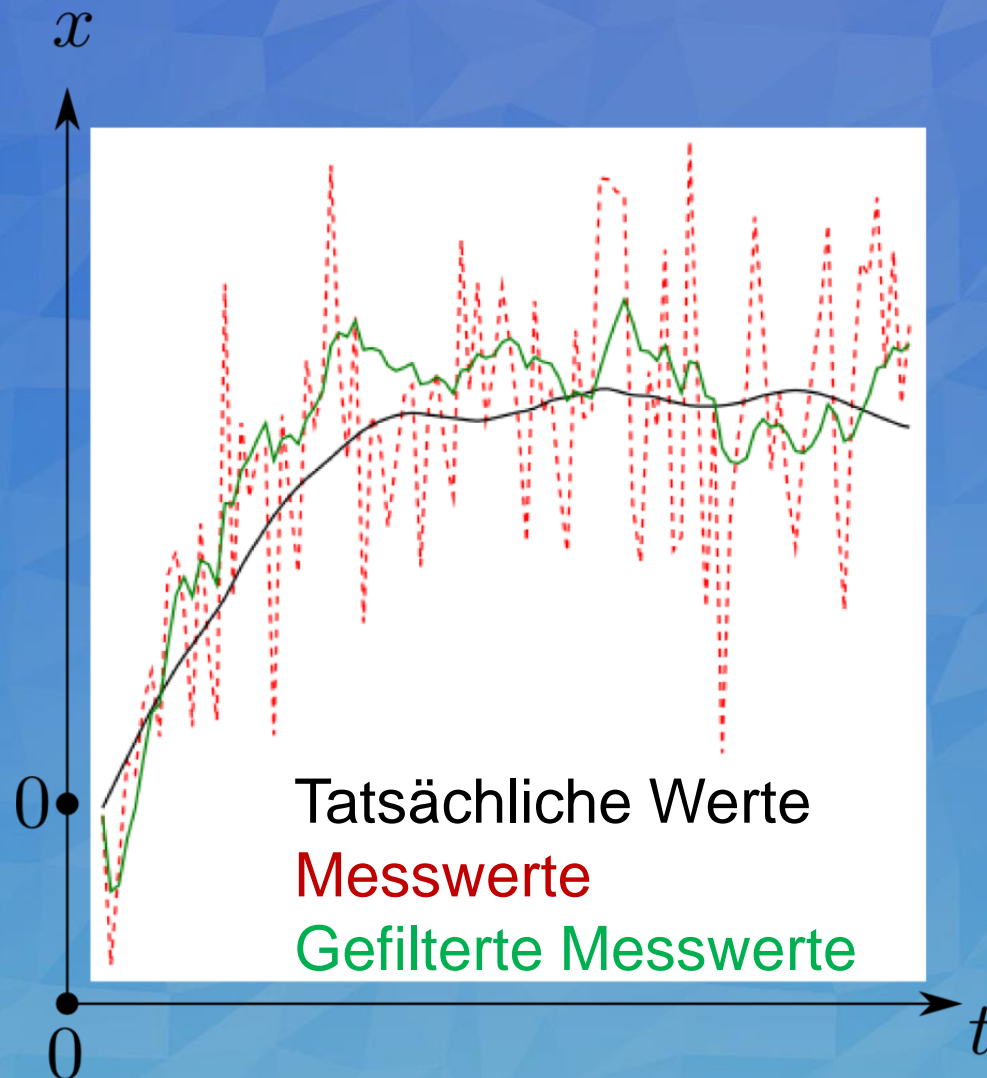
Kombination der Messwerte mehrerer Sensoren, um bestimmte Größen genauer bestimmen zu können

- 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
 - Kalman-Filter: https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter

Weiterführende Links

- Gyroskop:
 - Altes Flugzeuggyro: 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)

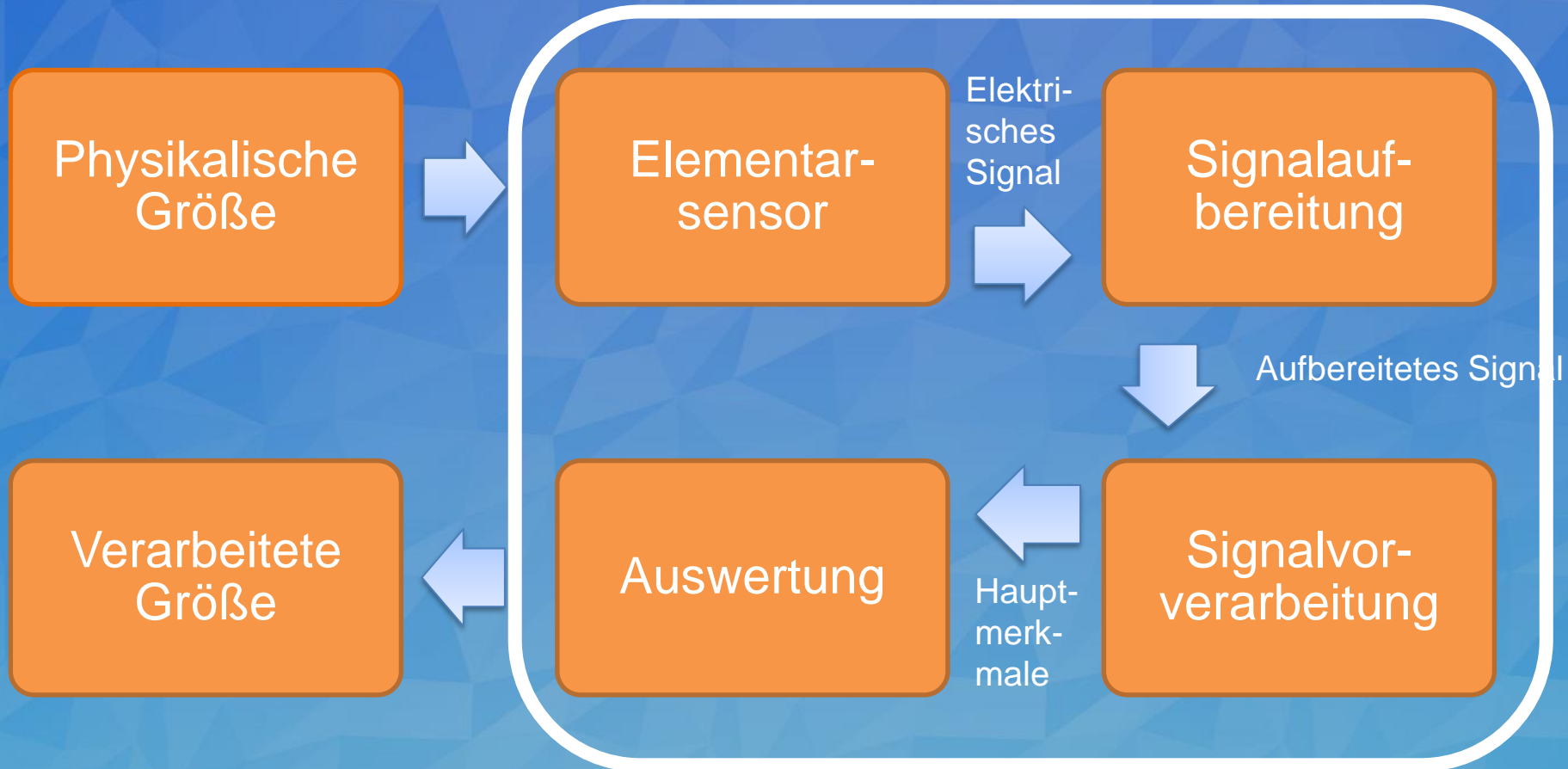
Sensoren unter Android

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 ¹	n/a ¹
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 ²	Yes ²	Yes ²	Yes
TYPE_PRESSURE	Yes	Yes	n/a ¹	n/a ¹
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 ²	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

