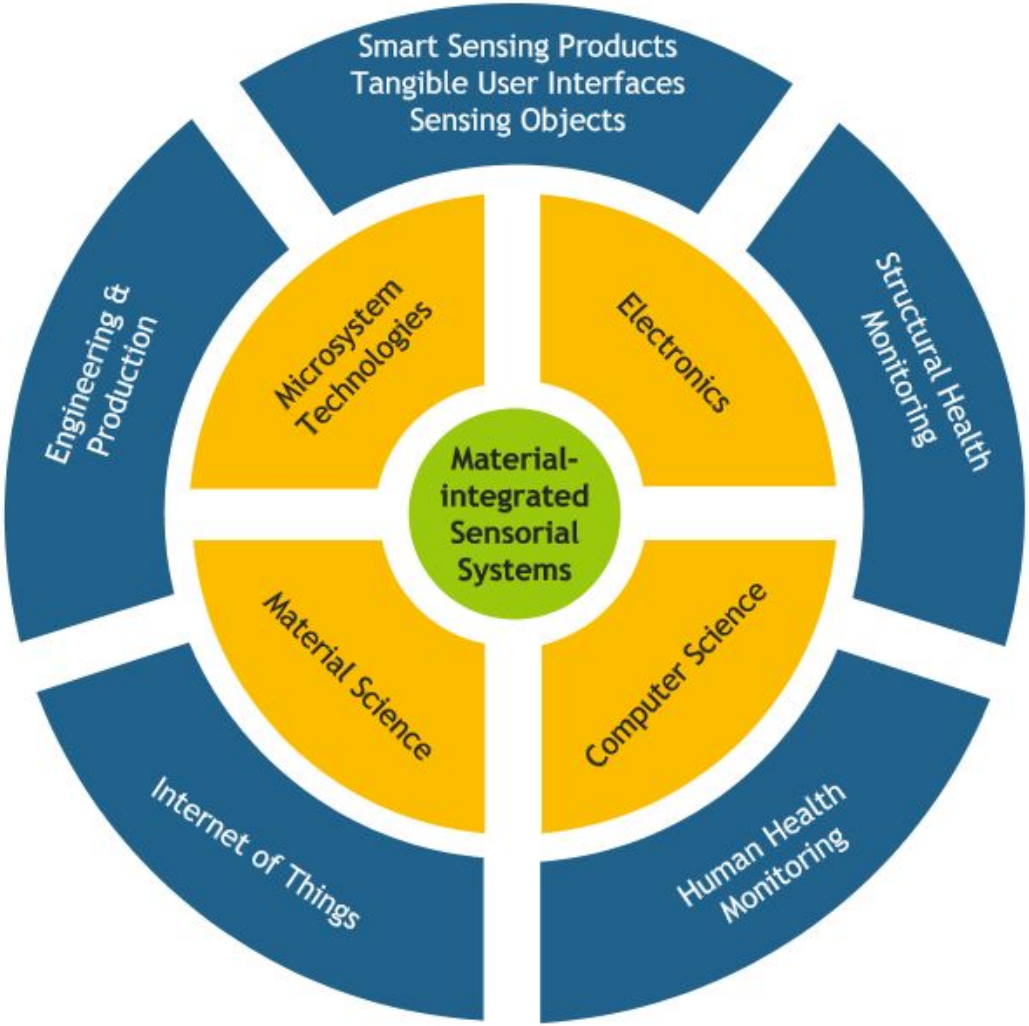
# Überblick

- Der interdisziplinäre Ansatz: Sensorische Materialien
- Sensornetzwerke
- Einführung in Netzwerke: Metriken, Eigeneschaften, Fähigkeiten
- Echtzeitfähige Datenverarbeitung
- Big Data, Clouds, und Sensornetzwerke
- Das Internet der Dinge (IoT)
- Vom Internet der Dinge zum Sensor Internet
- Anwendungsbeispiele IoT

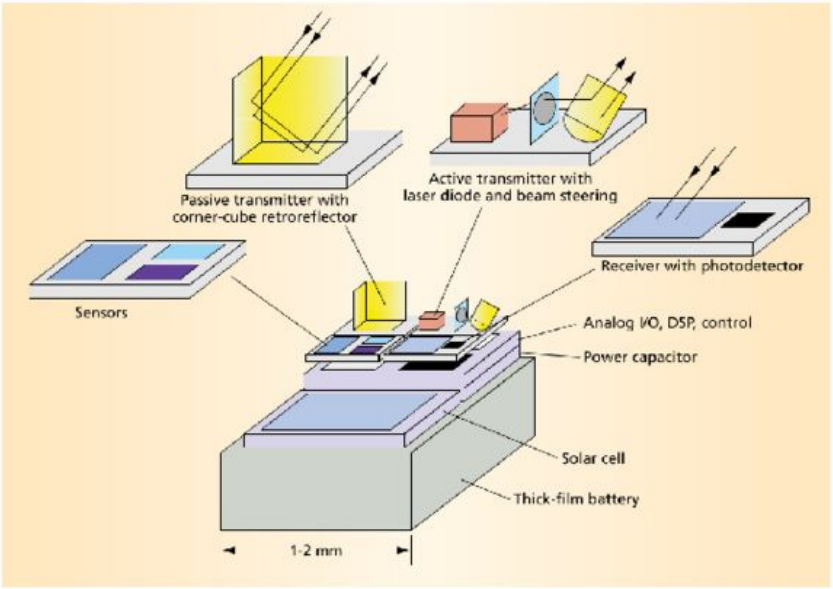
# Material-integrierte Sensorische Systeme

- Material-integrierte sensorische Fähigkeiten
- Material-integrierte Sensornetzwerke
- Interdisziplinärer Entwurfsprozess
- Große Bandbreite und Applikationen
- Verbesserung des Quality-of-Service
- Verbesserung der Fähigkeiten
- Verbesserung der Robustheit

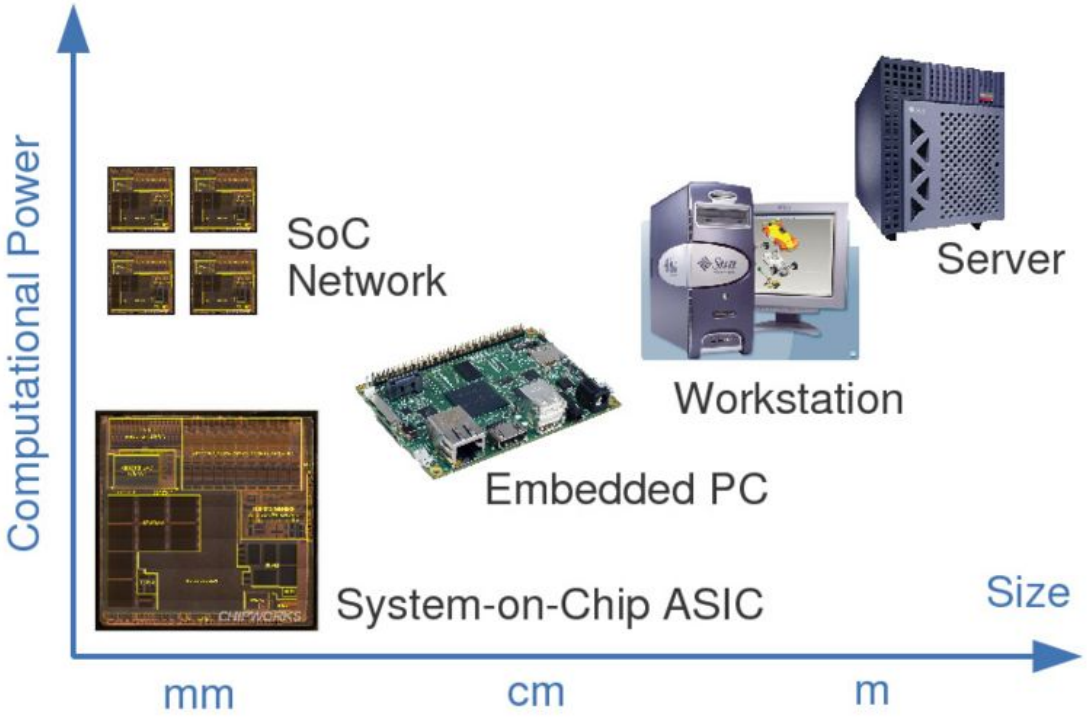


# Rechenleistung und Rechenkomplexität

» Traditionell wird Software auf Computern mit hoher Rechenleistung und Speicherkapazität ausgeführt.




Smart Dust Sensor Mote



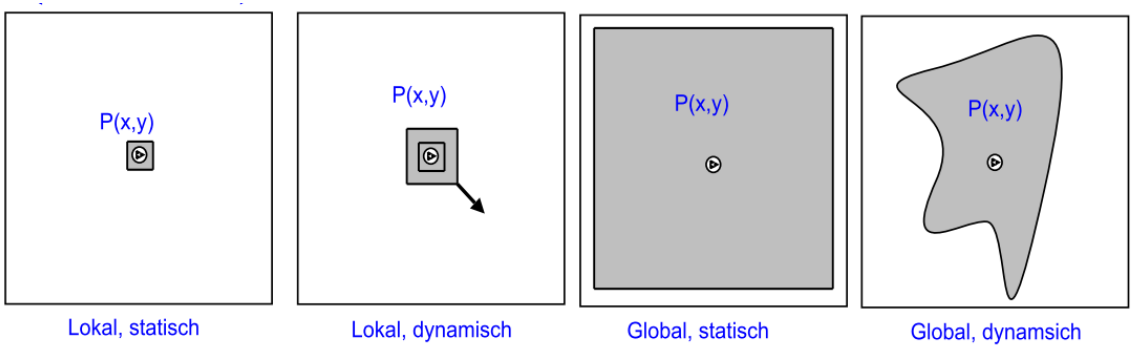
# Algorithmische Skalierung

» Viele Algorithmen die in Sensornetzwerken verwendet werden sind charakterisiert durch:

» Große Datenabhängigkeit (langreichweitig);

» Hohe Berechnungskomplexität;

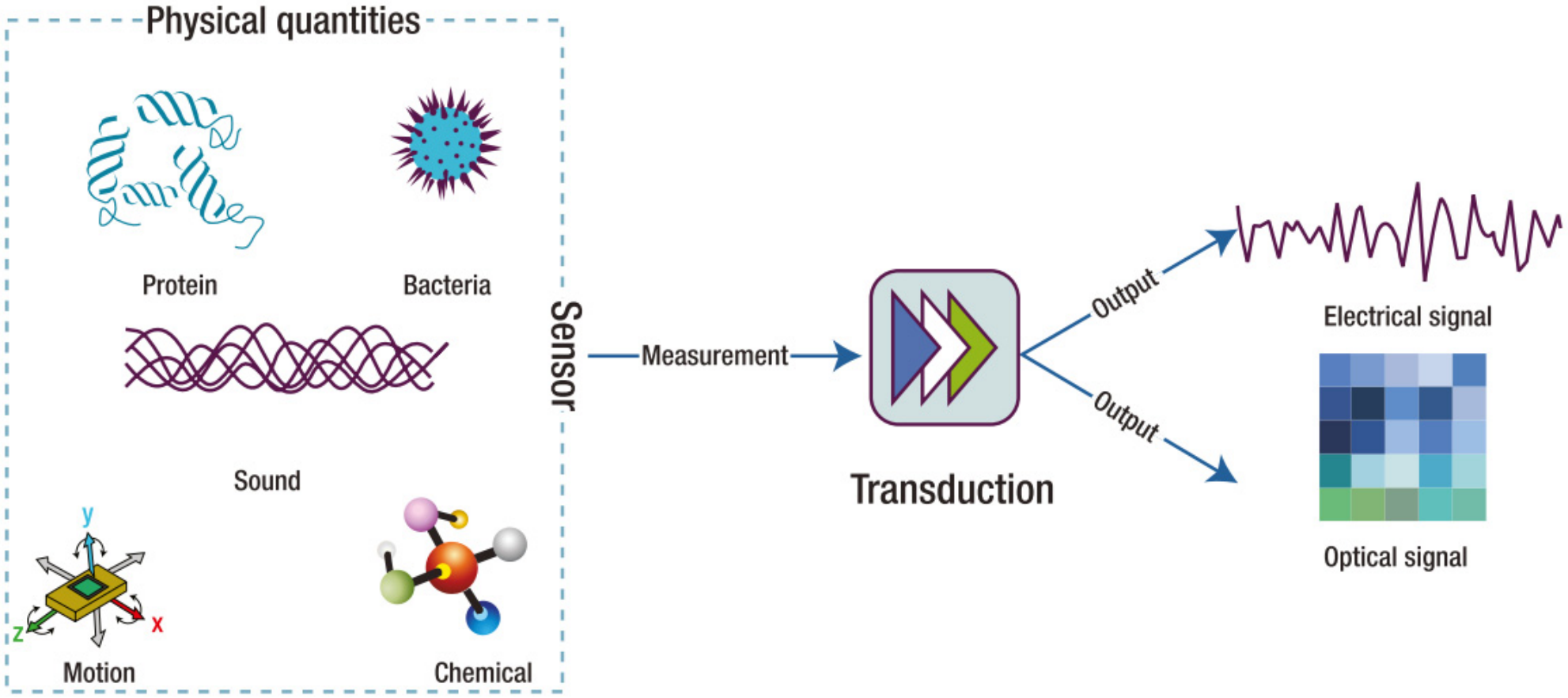
» Eingeschränkte Verteilungsfähigkeit.




**Integration von Berechnung** in technischen Strukturen oder Geräten mit eingebetteten Systemen benötigt ein **Runterskalierung** von Algorithmen, Rechnerarchitekturen, und Methoden in Richtung **Verteilte Datenverarbeitungsnetzwerke** mit **ressourcenarmen** Plattformen.

# Der sensorische Messprozess

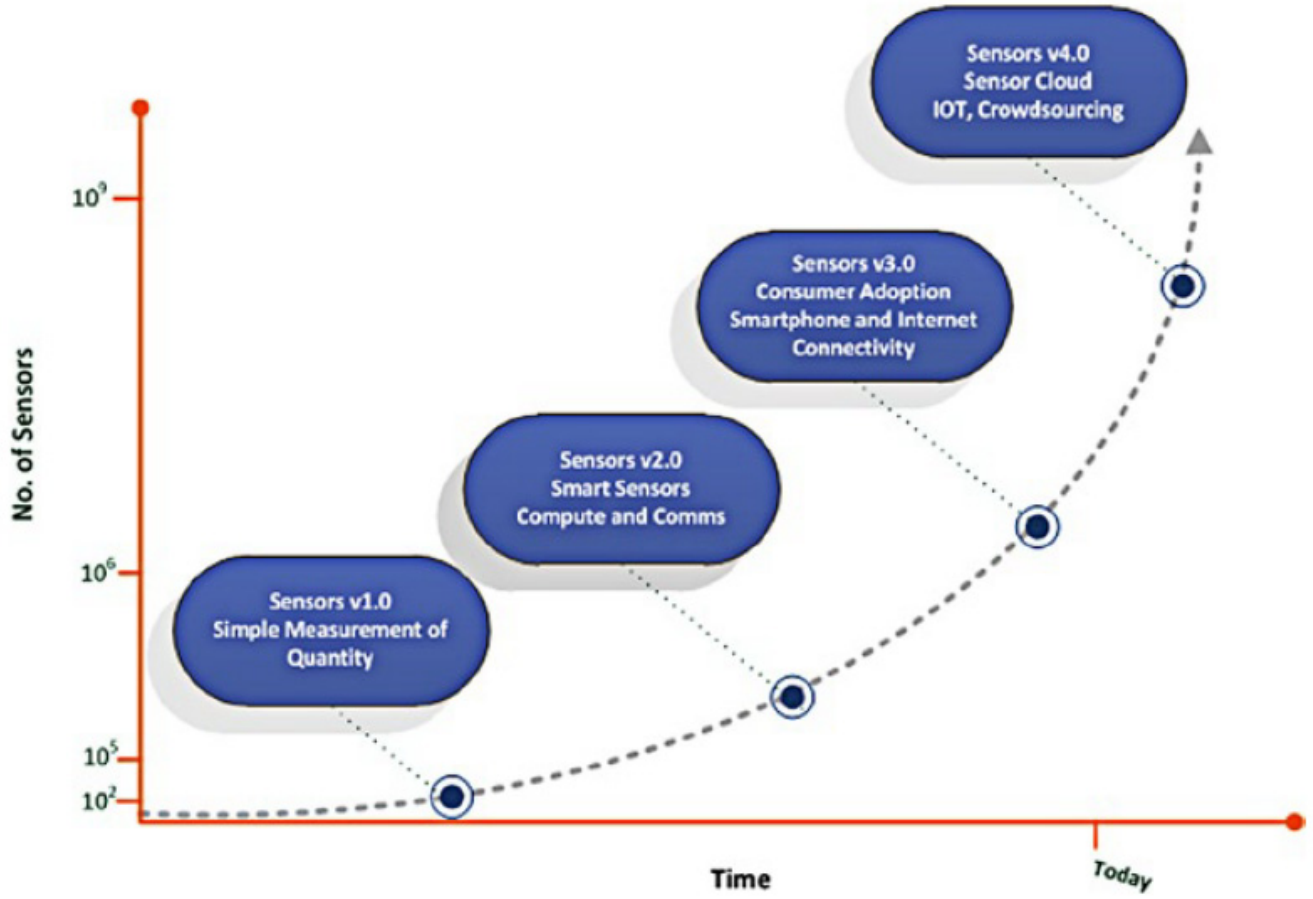
» Große Vielfalt von Sensoren und Dimensionalität von Sensordarten beim Verarbeitungsprozess!




[McGrath et al., ST, 2014]

# Sensor Integration

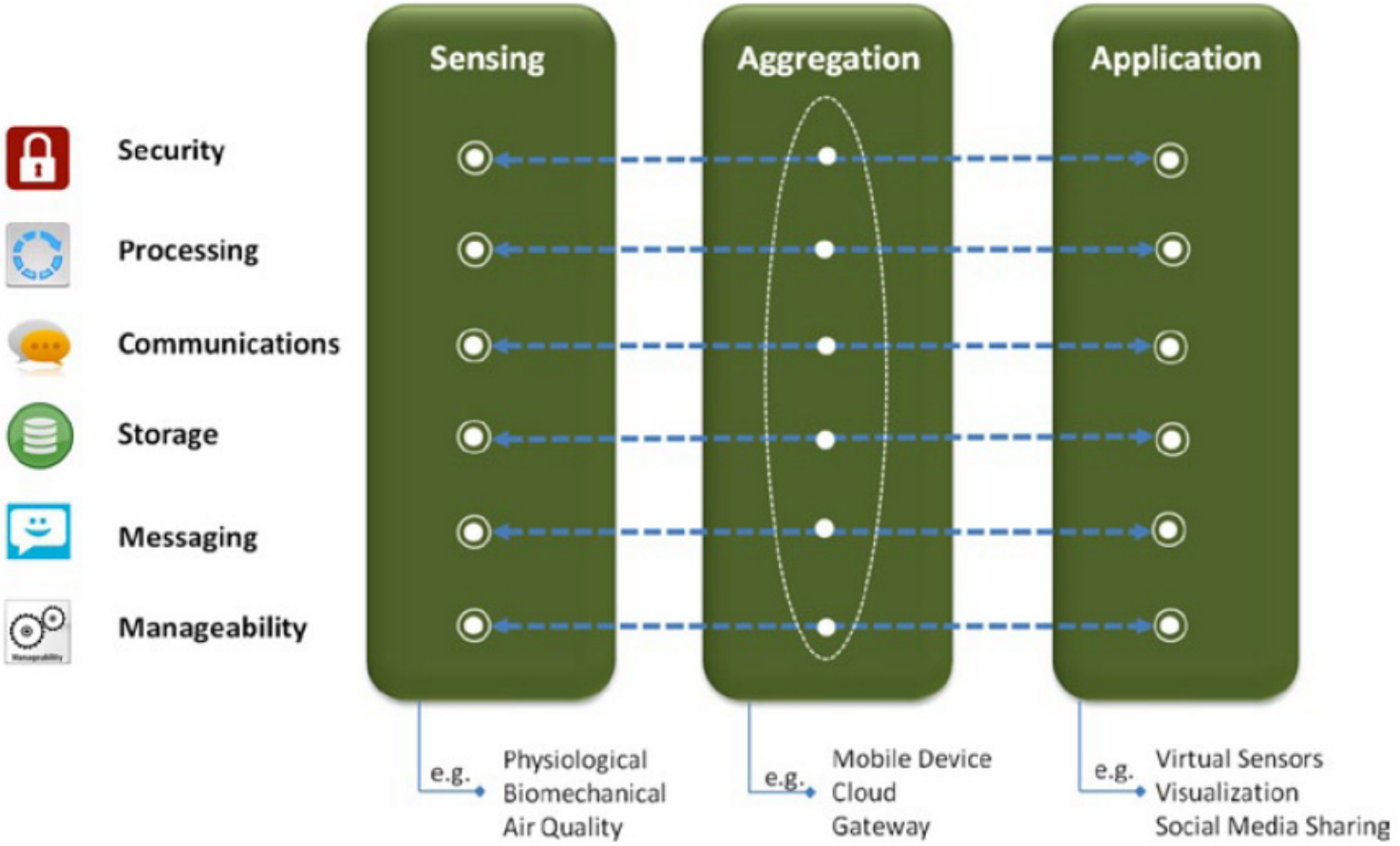
» Großer Fortschritt in Sensordichte und Operationalität




[McGrath et al., ST, 2014]

# Sensordatenverarbeitung: Funktionaler Fluss

» Funktionale Schichten in Sensornetzwerken




[McGrath et al., ST, 2014]

# Terminologie und Eigenschaften von Sensornetzwerken

**Knoten**

Eine autonome oder semiautonome Einheit; Fähigkeit zur Datenverarbeitung und Kommunikation.
Knoten sind in einem Netzwerk organisiert mit Verbindungen von Knoten untereinander.

---

Ein Knoten kann ein aktiver Sensor, ein Nachrichtenrouter, ein mobiles gerät, oder ein Server sein!

---

**Datenverarbeitung**

Fähigkeit zur Berechnung basierend auf Algorithmen.
Die Rechnerarchitektur bestimmt die Verarbeitungsmächtigkeit (Satz von Operationen) und die Rechenleistung (Operationen / Zeiteinheit).

# Terminologie und Eigenschaften von Sensornetzwerken

**Kommunikation**

Fähigkeit zur Übertragung von Daten von einem Rechner zu einem anderen Gerät die in Sensornetzwerken oder dem Internet verbunden sind.

Ein heterogenes Netzwerk besteht aus verschiedenen Knotenplattformen (Geräten) mit unterschiedlichen Verarbeitungs- und Kommunikationsfunktionen.

**Nachrichtenübertragung**

Fähigkeit zur Übertragung von Nachrichten mit einem definierten Protokoll und ermöglicht Synchronisation zwischen Netzwerkknoten.

Protokolle hängen von Architektur und Randbedingungen ab (Speicher, Rechenleistung, Bandbreite)

➠ Große Vielzahl an Protokollen!

# Terminologie und Eigenschaften von Sensornetzwerken

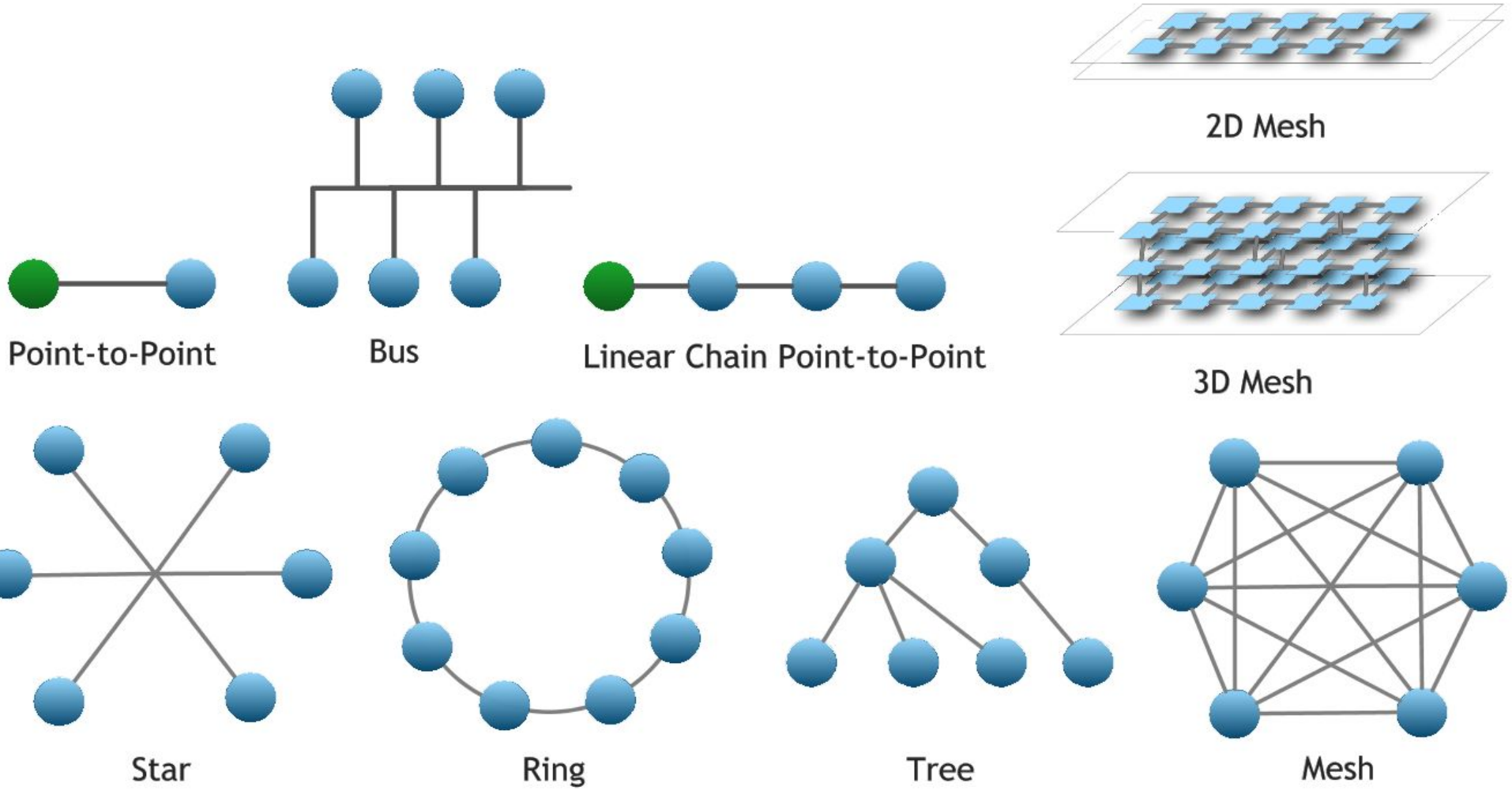
**Speicher**

Speicher wird für Sensordaten, Rechnenergebnissen (Vorverarbeitung, Informationsgewinnung und Datenreduktion), zur Kommunikation, und Programmkode benötigt.

Der benötigte Speicher auf einem aktiven Sensorknoten hängt von den Sensoren ab (Datenwortbreite, Samplingfrequenz, Dimensionalität) und den verwendeten Algorithmen für die Informationsgewinnung und der Kommunikation ab.

Strukturierung von Daten: Datenbank mit OPS {Store, Delete, Query}

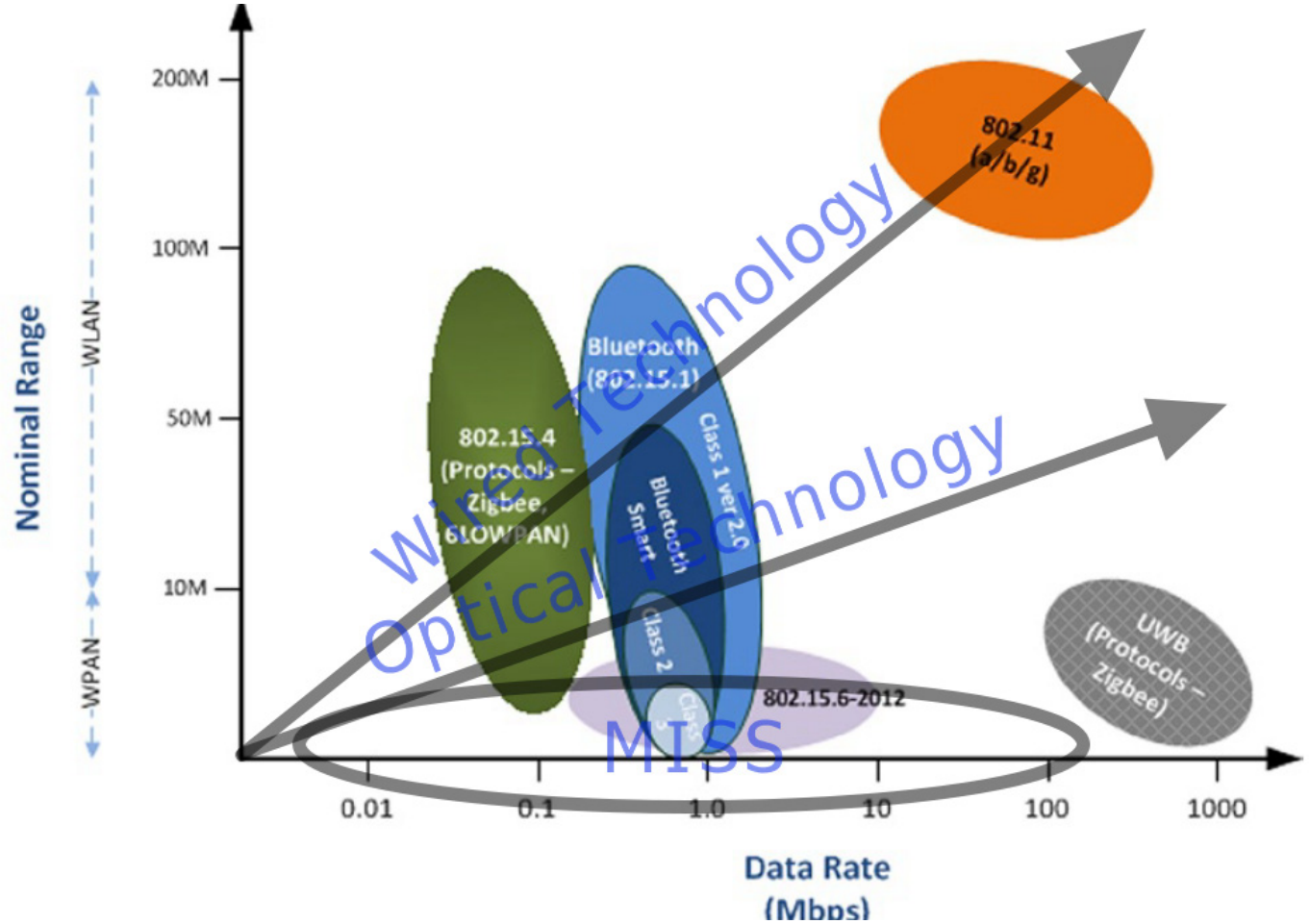
# Topologien von Sensornetzwerken



# Kommunikationstechnologien

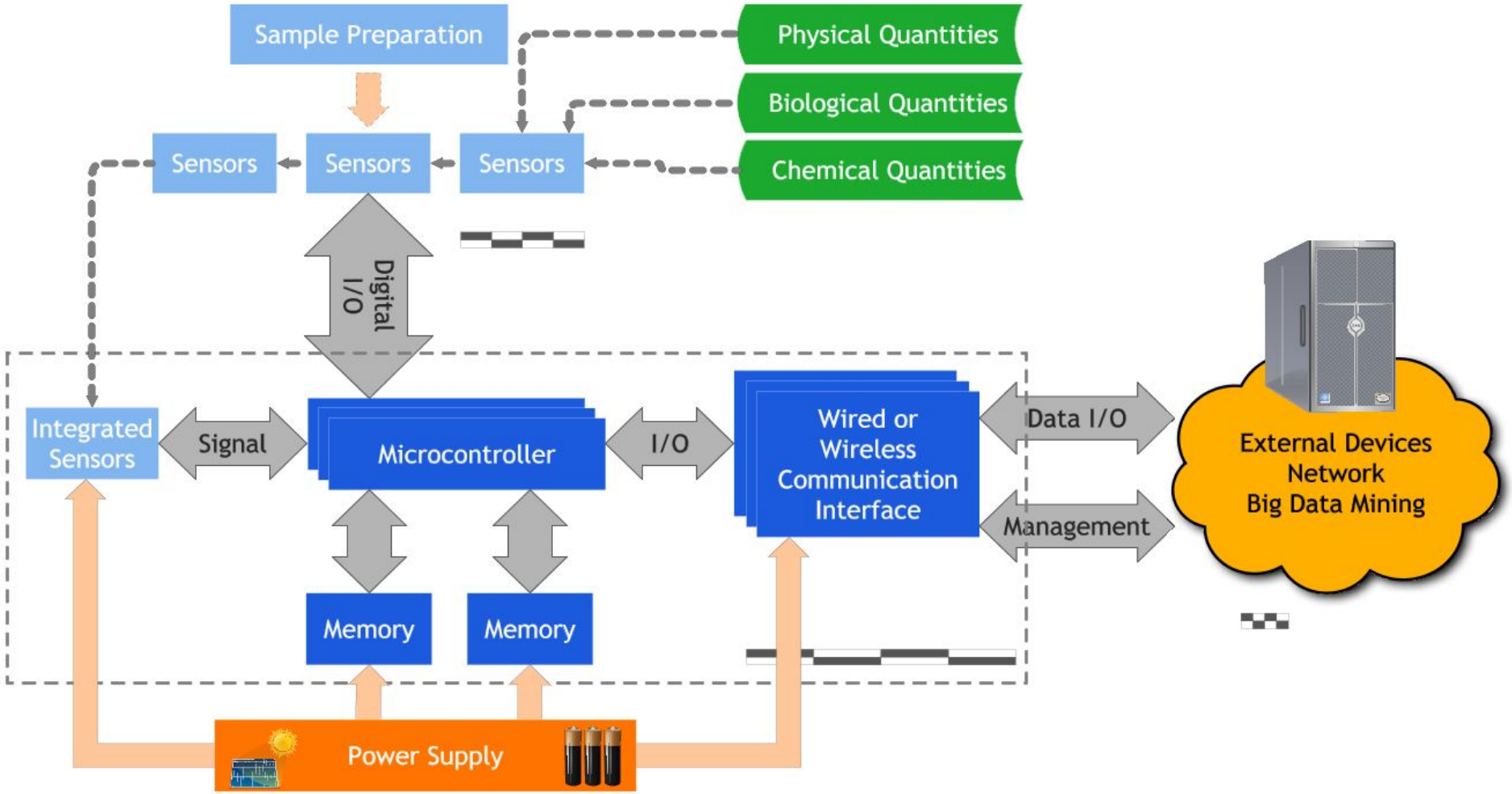
» Skala Wireless Communication Technologie: Meterbereich

» Skala Material-integrierte Systeme: Millimeterbereich



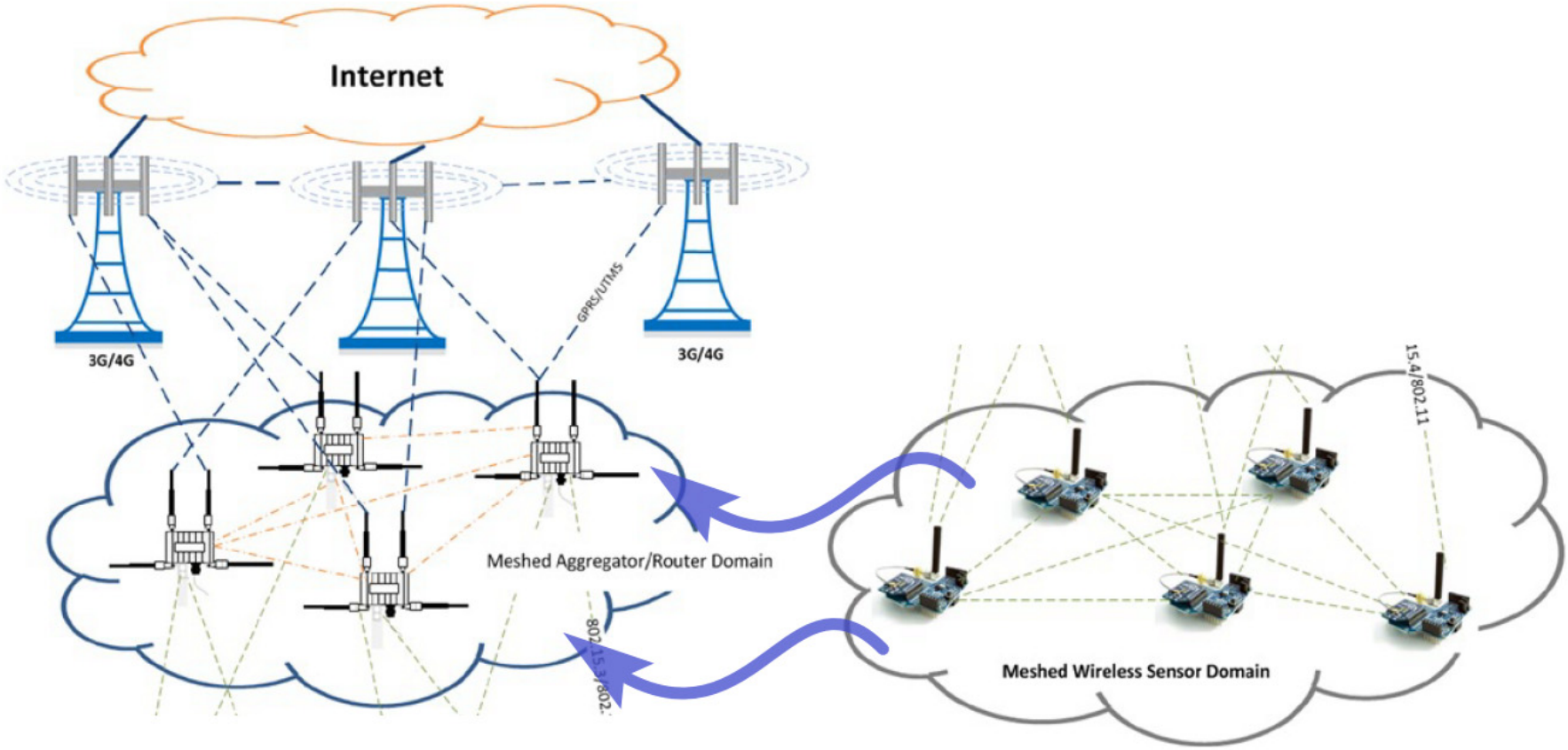

[McGrath et al., ST, 2014]

# Systemarchitektur eines aktiven Sensors

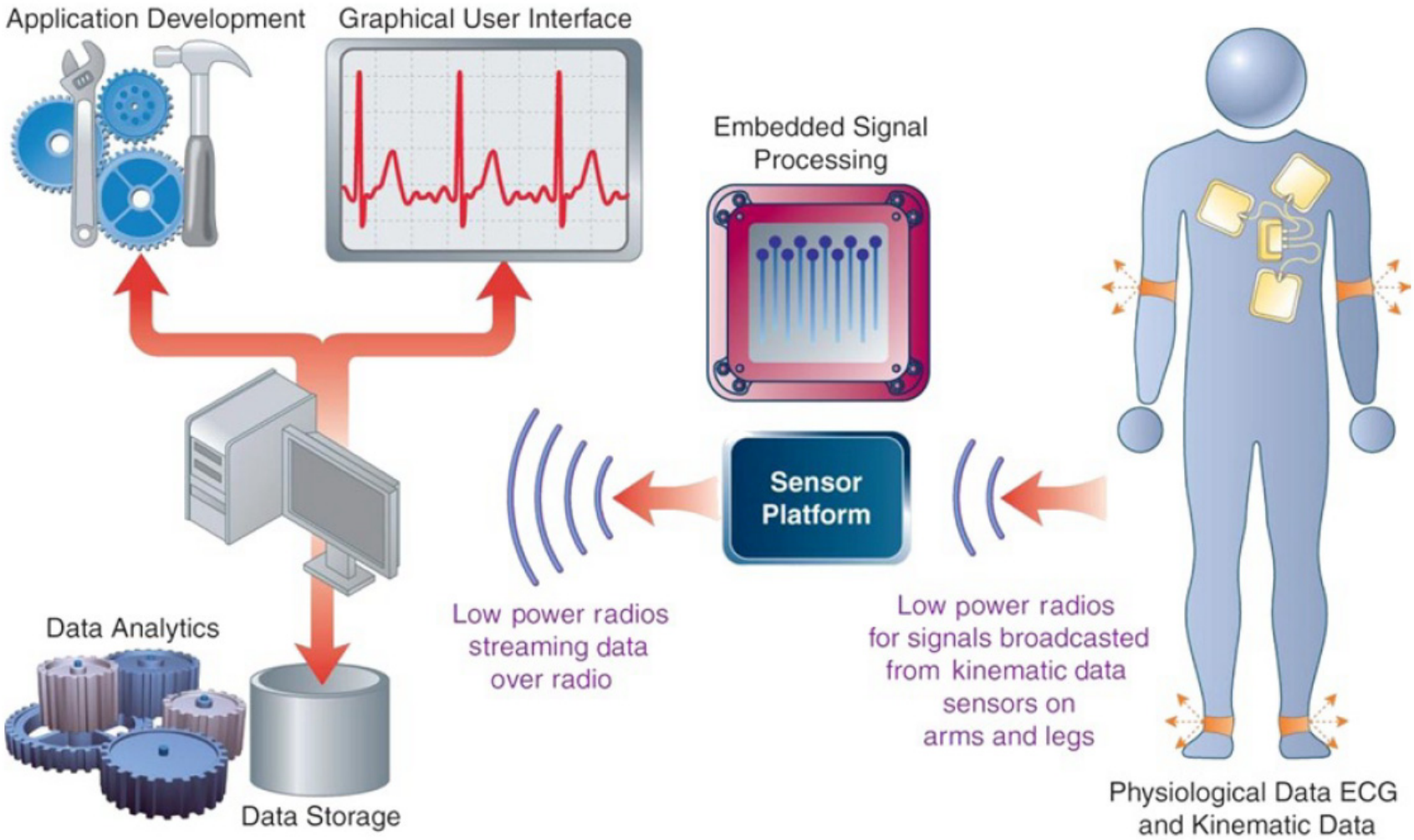


# Wide Area Wireless Sensornetzwerke

» Überwachung von Brücken und Gebäuden, Structural Health Monitoring von großen Strukturen (Flügel), Erdbebenüberwachung

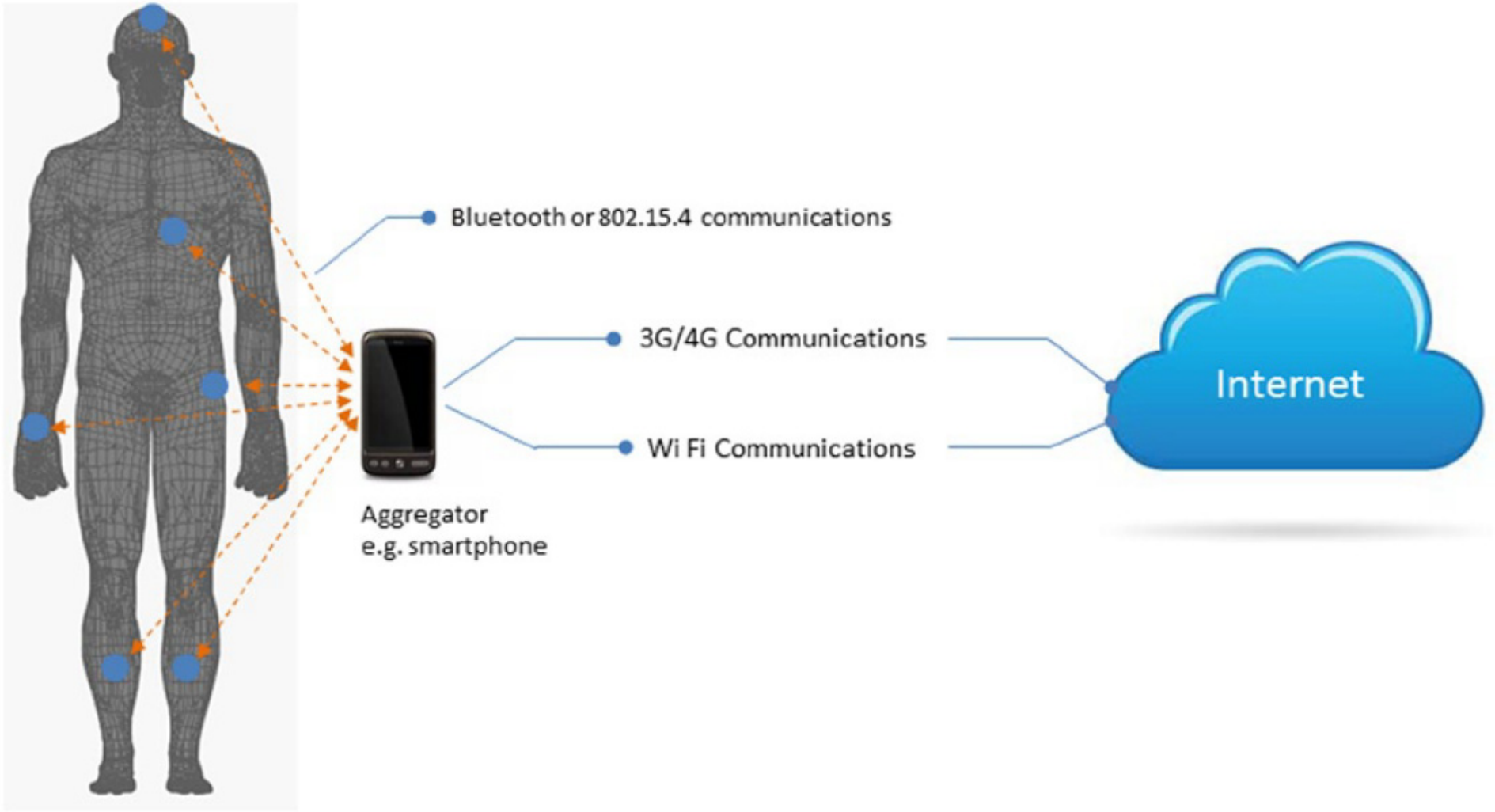


# Smart Health Application - Human Body Sensor Networks




[McGrath et al., ST, 2014]

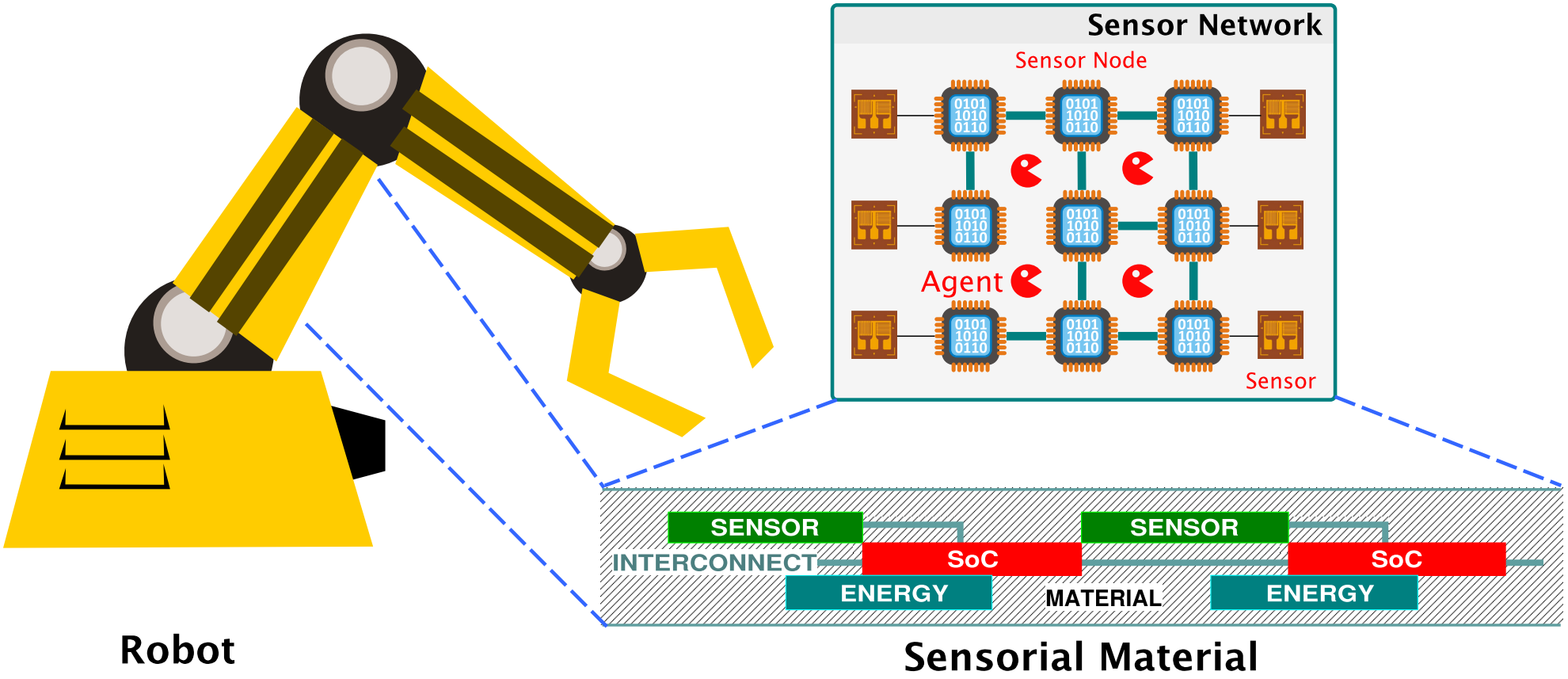
# Wireless Body Area Network Application




[McGrath et al., ST, 2014]

# Sensorische Materialien

» Sensorische Materialien sind material-integrierte Sensornetzwerke eingebettet in technische Strukturen

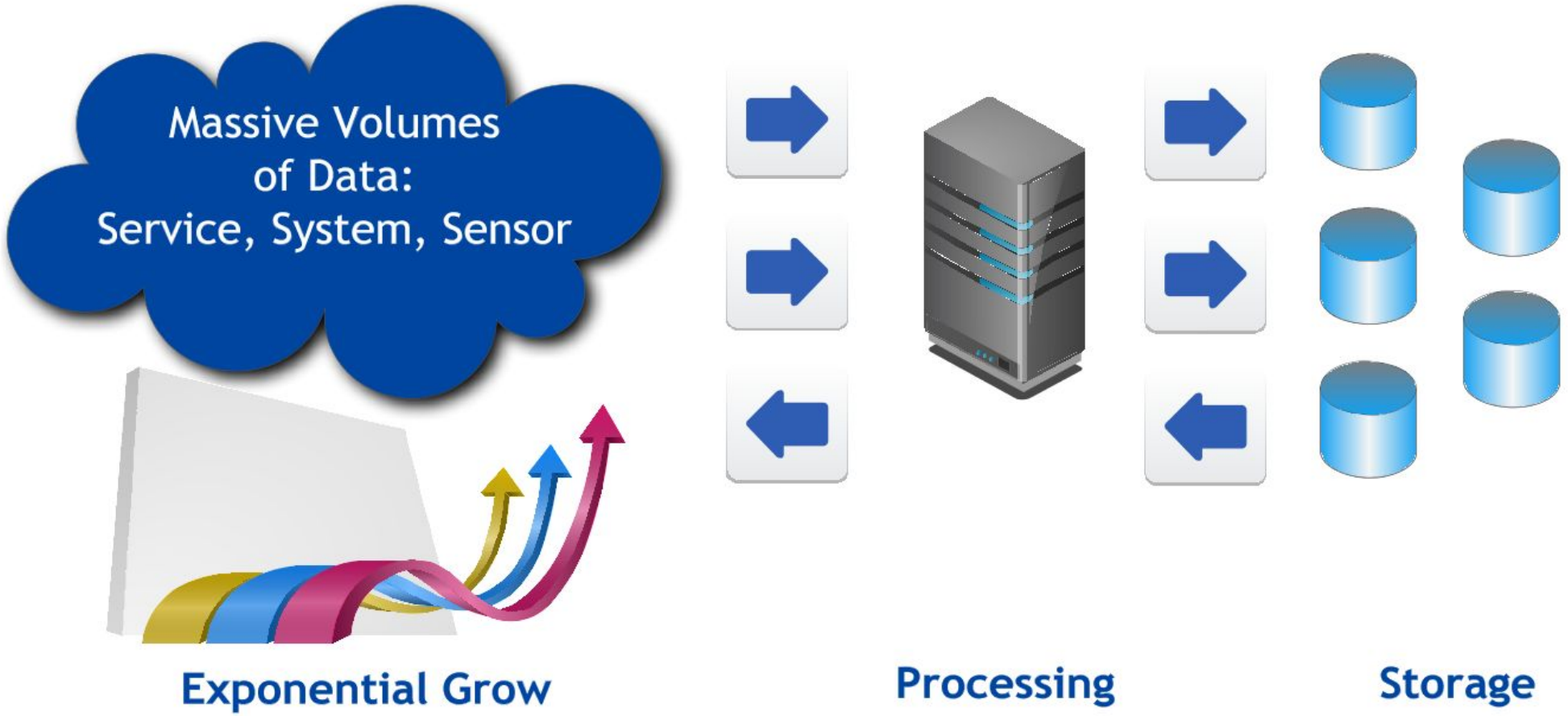


# Real-time Big Data

- ## Big Data:
  - Große Mengen an Daten die gespeichert und verarbeitet werden.
  - Data Mining wird benutzt um kondensierte Information aus Daten zu gewinnen.
  - Datenbanken werden zur Strukturierung, Speicherung, und zum Auffinden von Daten verwendet.
- ## Streaming Big Data
  - Eingabe: Sequenzieller Strom aus Daten
  - Ausgabe: Verarbeitung des Eingabestroms in einen Ausgabestrom
  - Strombasierte Verarbeitung = Schrittweise kontinuierliche Analyse und Verarbeitung großer Datenmengen (hoher Datendurchsatz!)
- ## Real-time Streaming Big Data
  - Verarbeitung und Reaktion in Echtzeit mit Zeitlimit

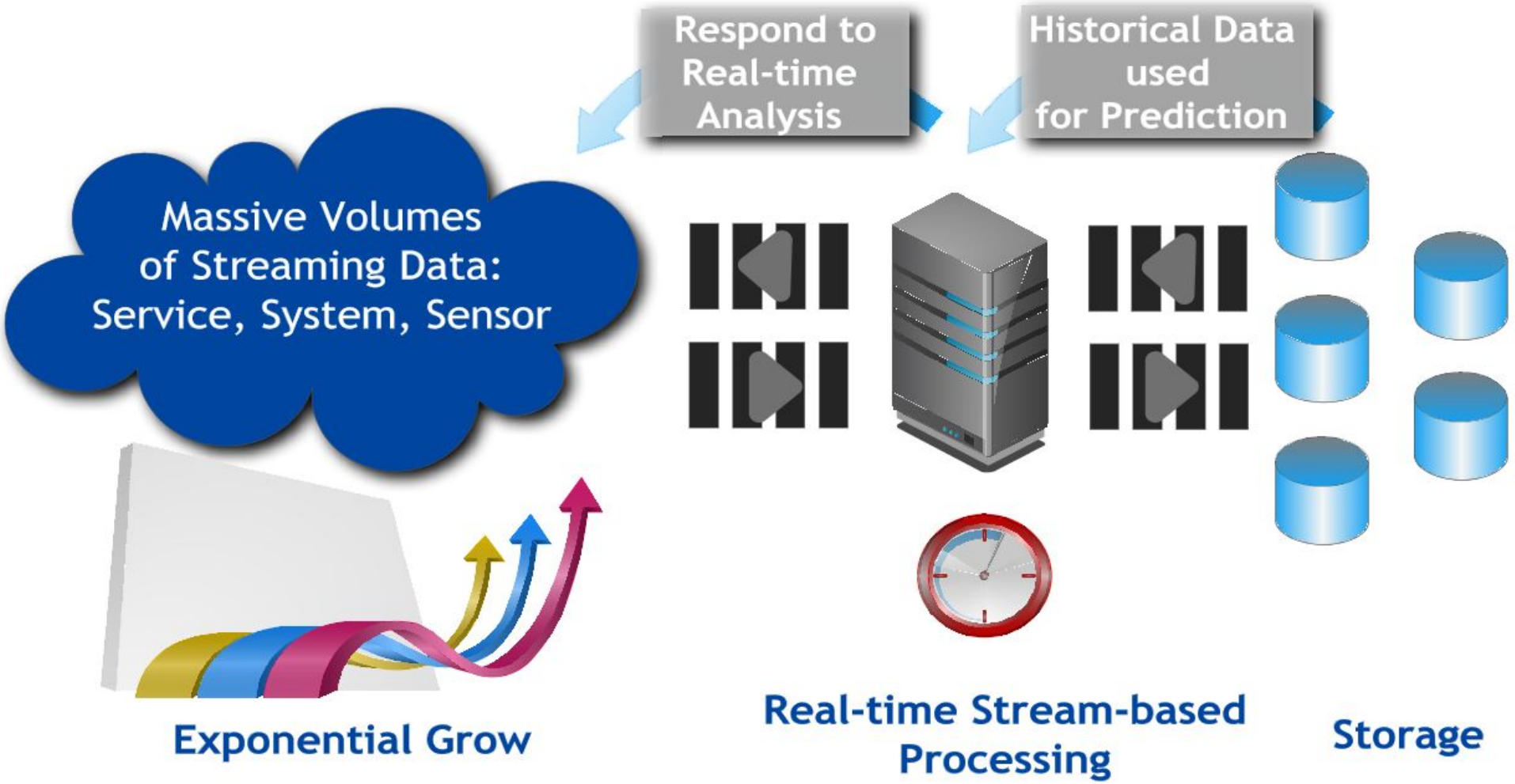
# Big Data Verarbeitung - Konventionell

» Konventionelle Speicher und Verarbeitungsplattformen haben ungeeignete integrierte operationale Plattformen



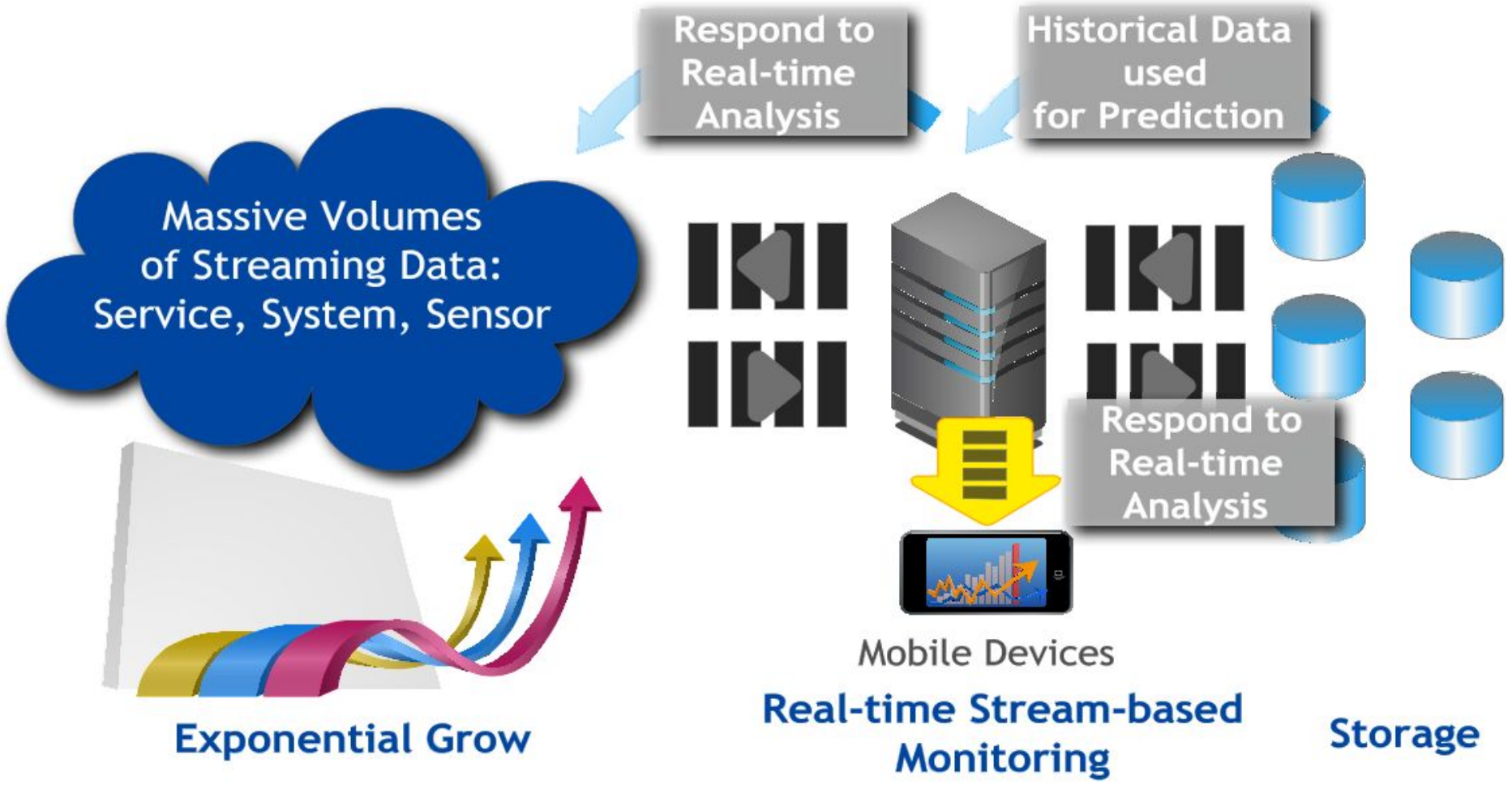
# Big Data Verarbeitung - Echtzeit

» Streaming von großen Datenmengen und Analyse in Echtzeit

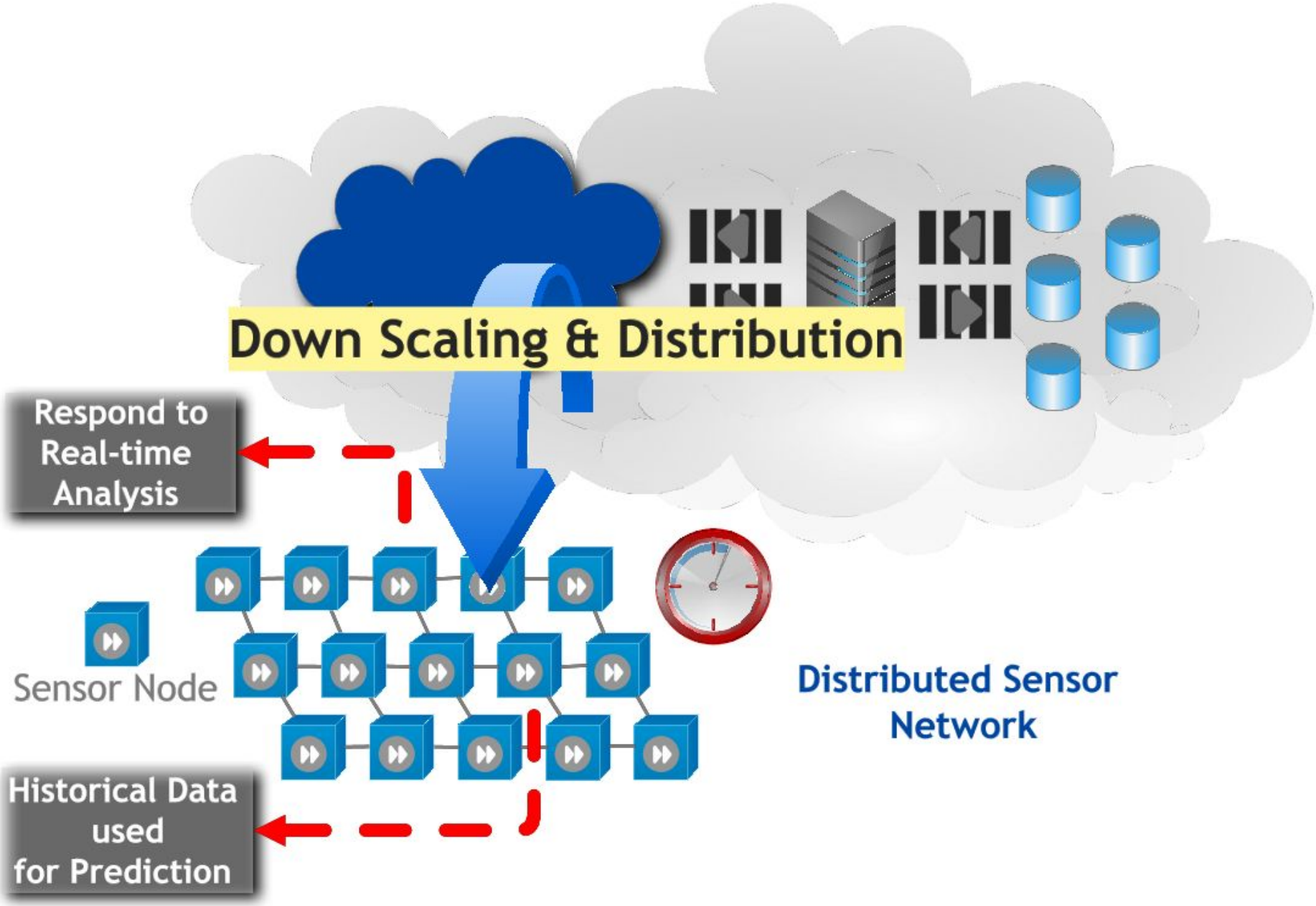


# Big Data Verarbeitung - Überwachung in Echtzeit

» Überwachung: Benachrichtigungen in Echtzeit und Sichtbarkeit von kontinuierlich aktualisierten Datenströmen und Ergebnissen



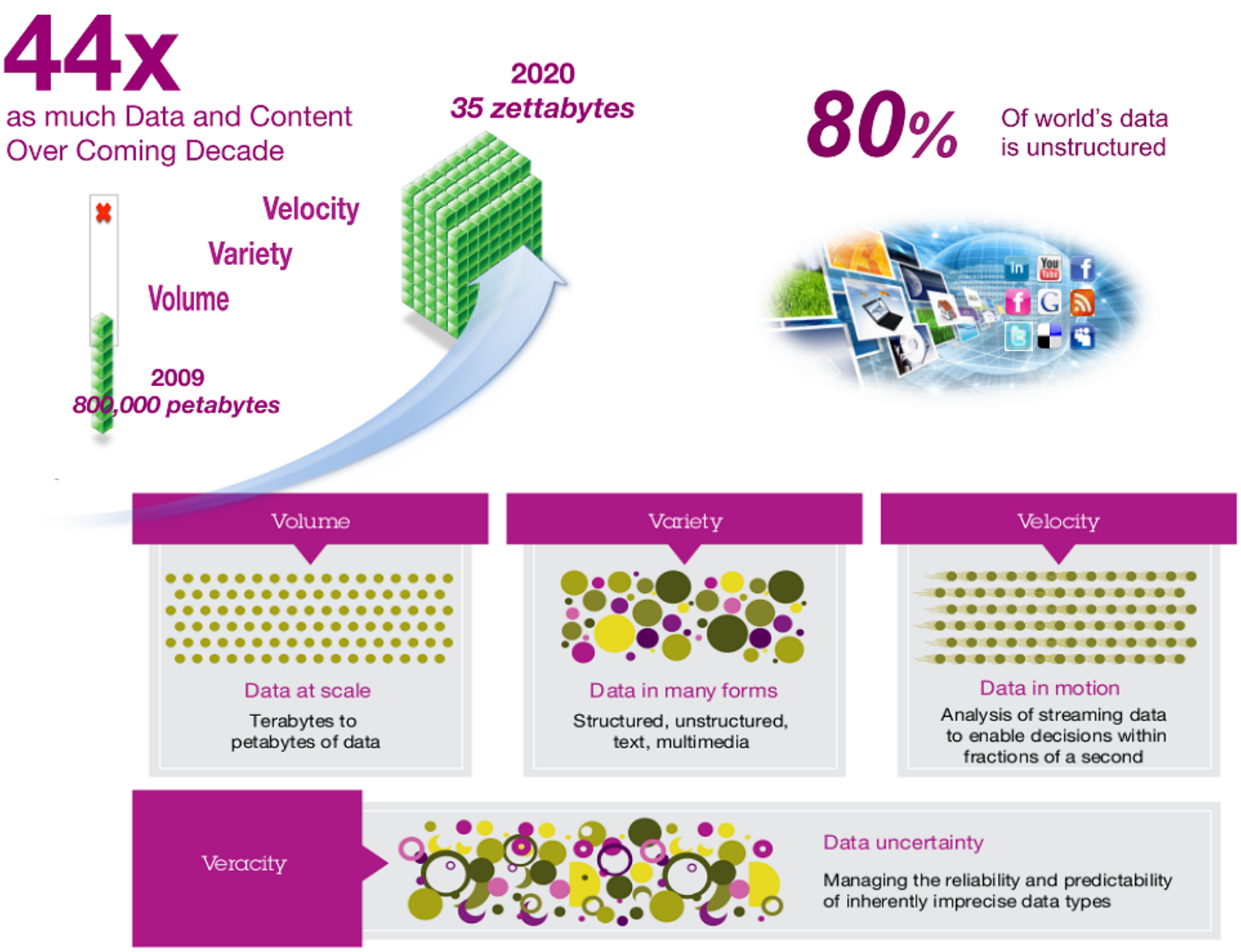
# Integration von Sensornetzwerken in Clouds?



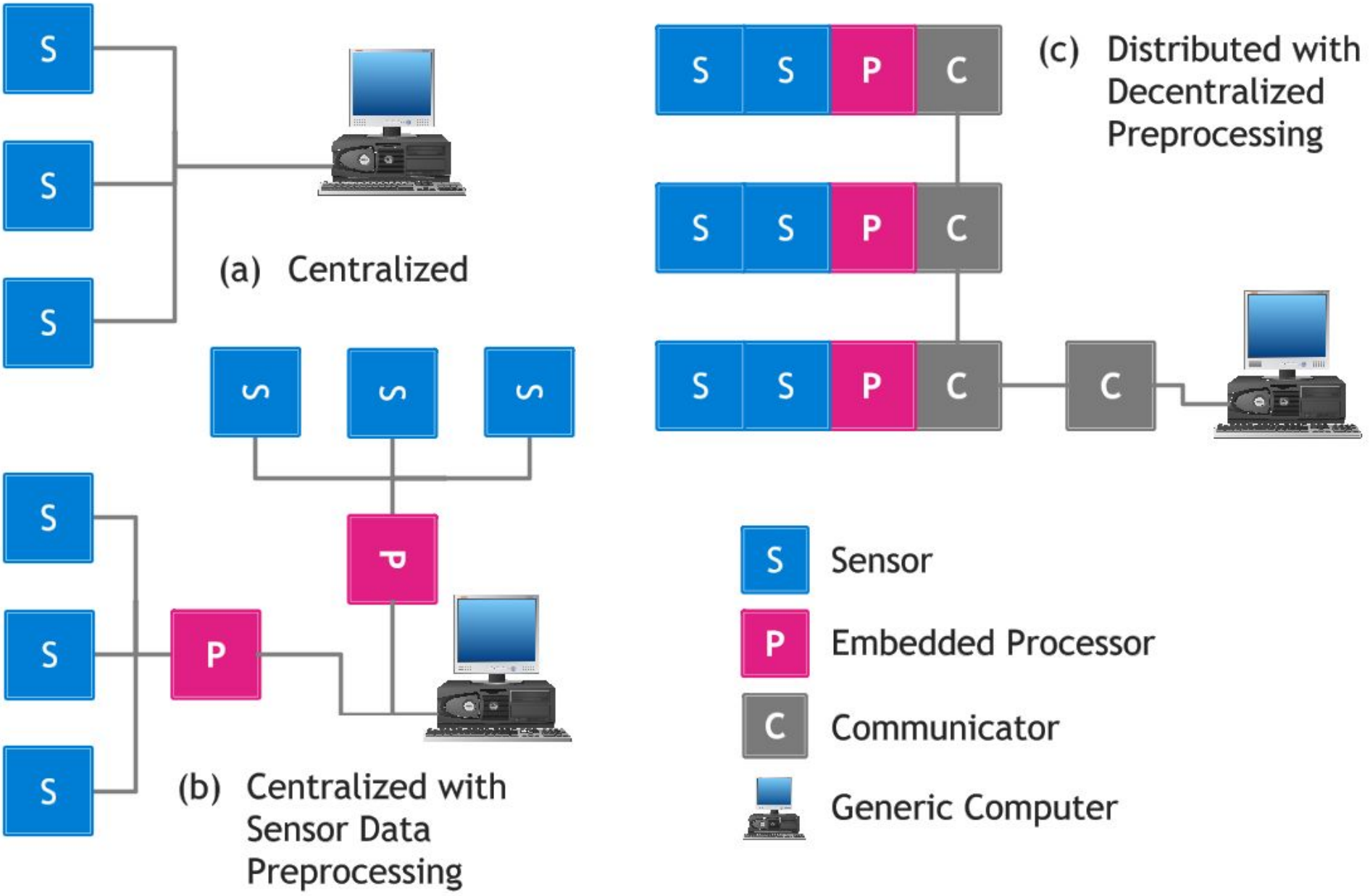
# Big Data und IoT

- Big Data ist gekennzeichnet durch:
  - Große Datenmengen
  - Unkorrelierte Daten
  - Unstrukturierte Daten
  - Große Diversität
  - Datenunsicherheit
  - Hohe Fluktuation (Fluss)

[Abbas, RedTone, SaaS, 2014]



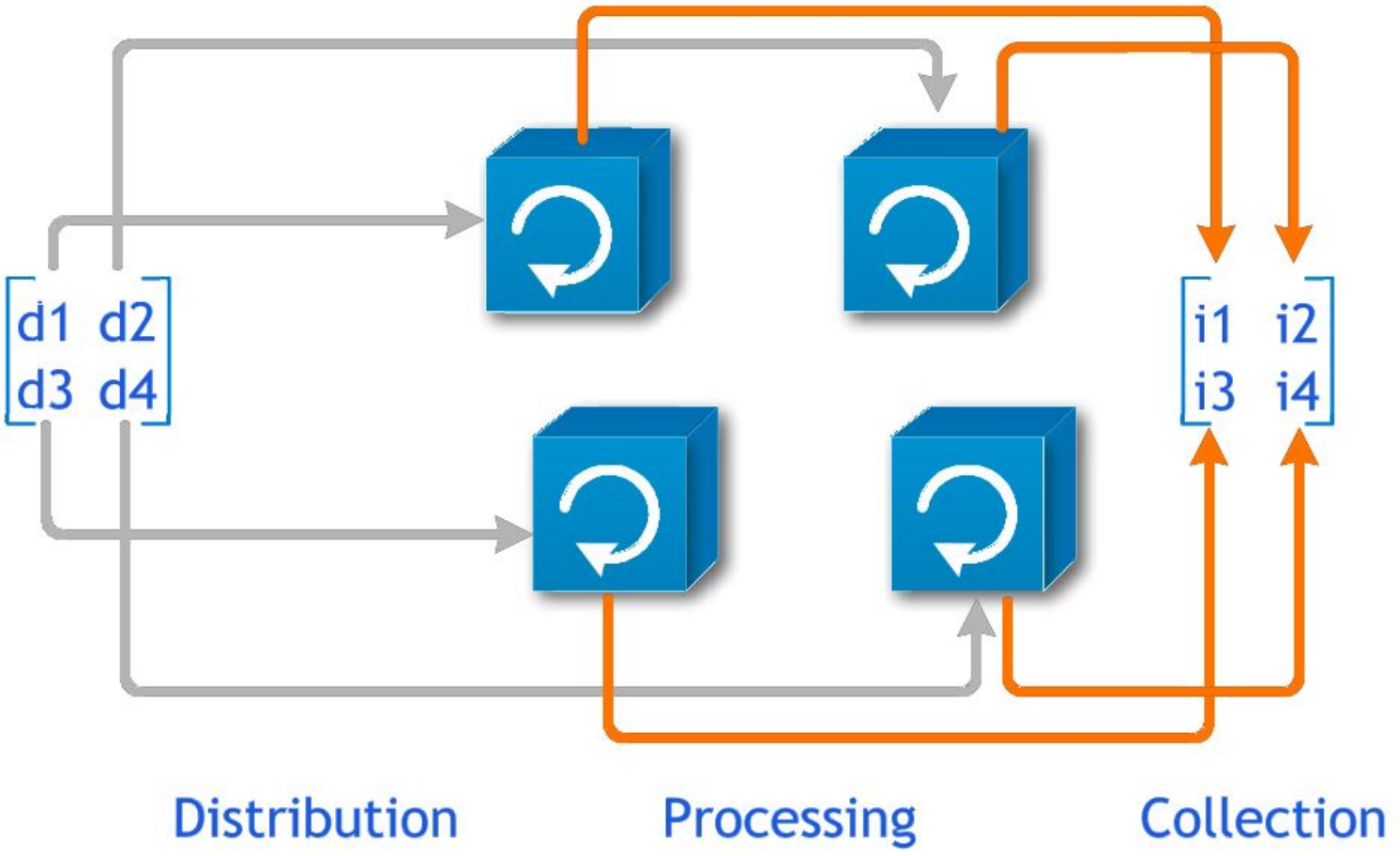
# Klassifikation von Datenverarbeitungsarchitekturen



# Verteiltes Rechnen

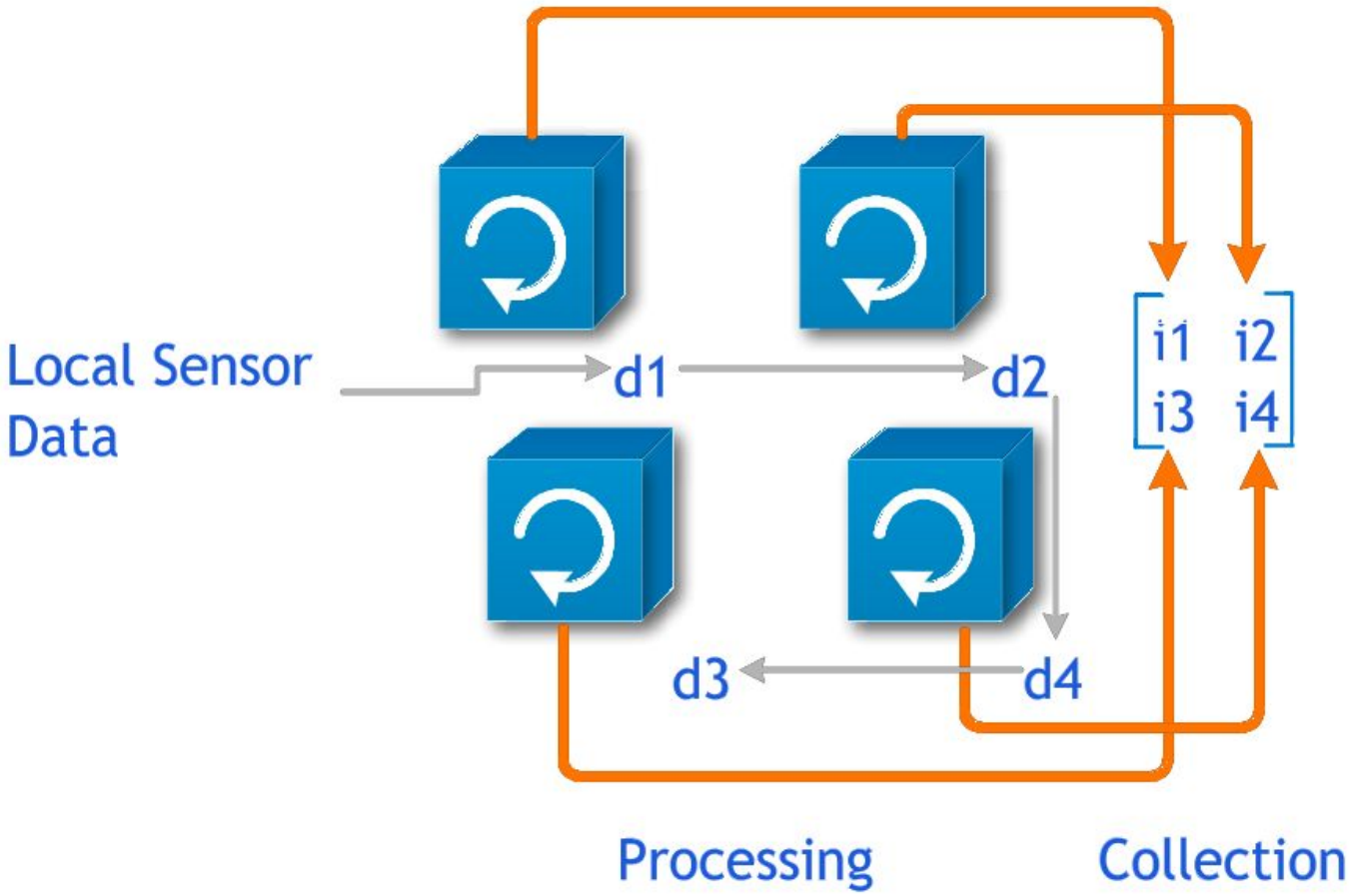
» Verteilte Datenverarbeitung in Computernetzwerken benötigt:

  » Verteilung der Eingabedaten, Synchronisation, Datenaustausch, Verarbeitung, Zusammenführung von Ausgabedaten (Informationsgewinnung)



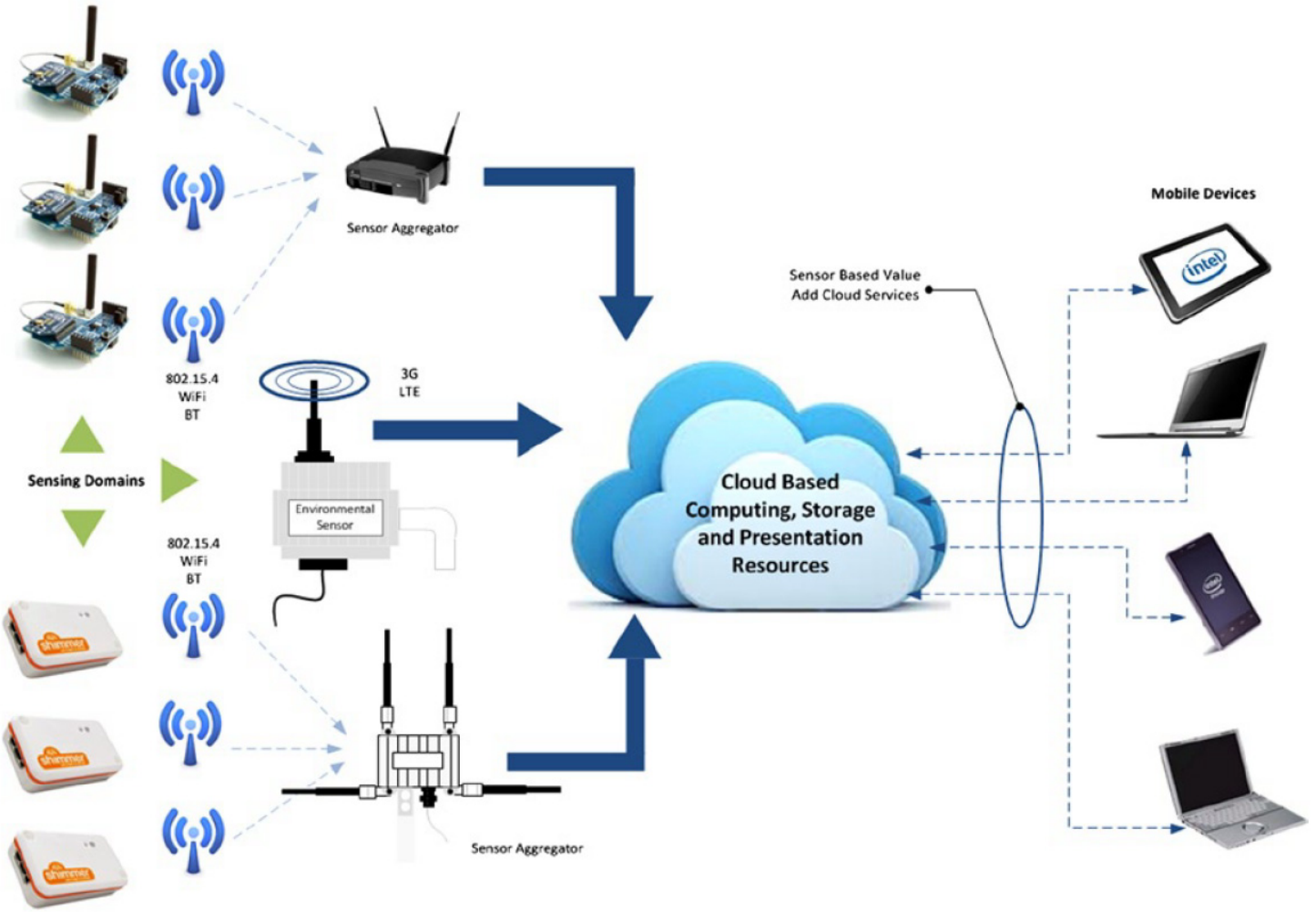
# Verteiltes Rechnen in Sensornetzwerken

- Sensornetzwerke erzeugen die Eingabedaten lokal auf Knotenebene
  - Es muss eine Kooperation zwixchen Datenquellen und Senken geben
  - Sensor- und Ausgabedaten müssen im Netzwerk auf Abruf verteilt werden



# Distributed Sensor Cloud Computing

- Big Data Computing
- Internet-of-Things
- Sensor Cloud




[McGrath et al., ST, 2014]

# Das Internet der Dinge

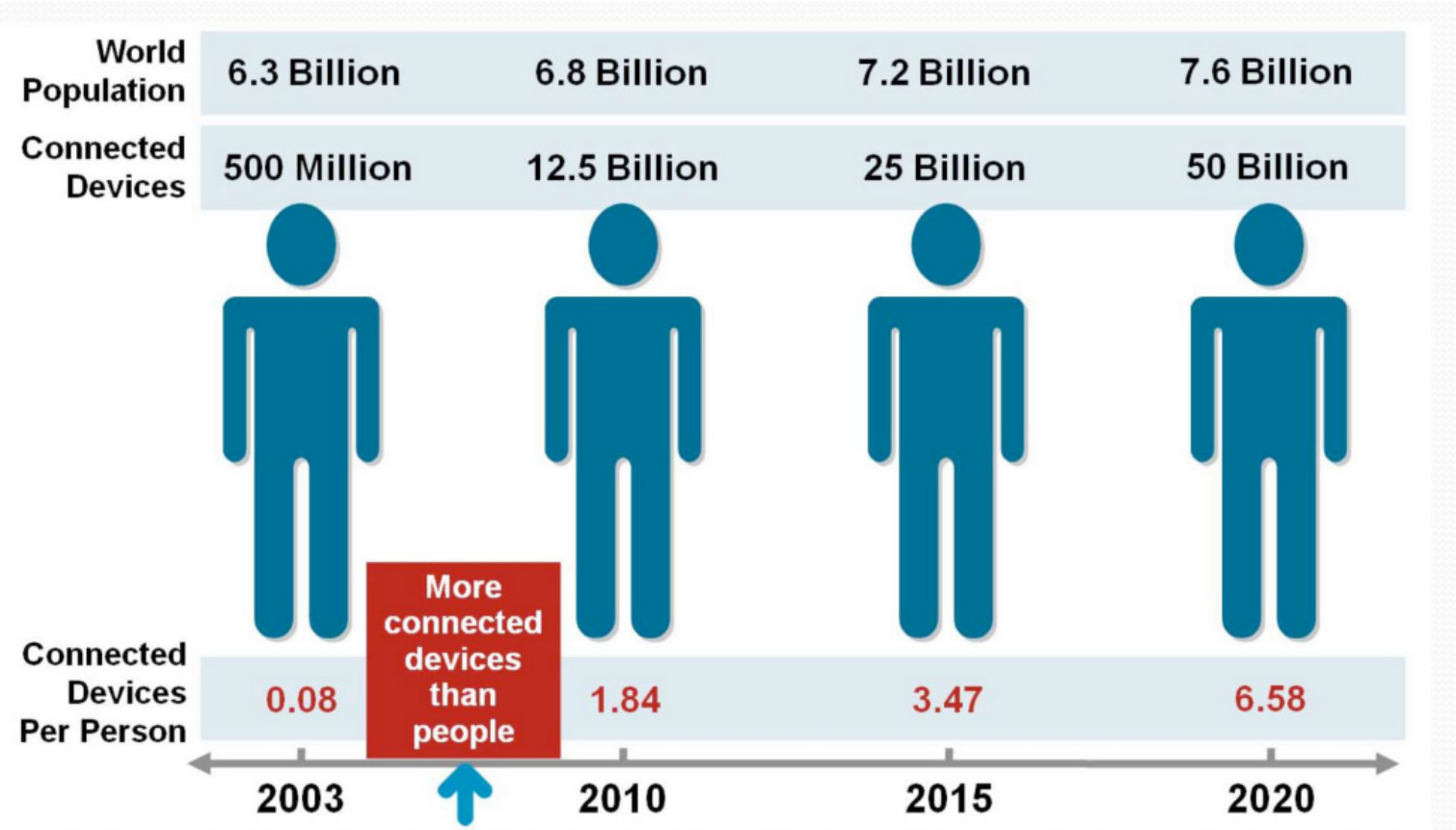
» Netzwerk aus physikalischen Objekten mit eingebetteter Elektronik, Sensoren, Software, Kommunikation

» Objekte können Daten sammeln und austauschen

[Kumar, IoTSem, 2016]

# Das Internet der Dinge (cont.)

» Die Anzahl der aktiven Objekte oder Dinge pro Mensch nimmt stetig zu!

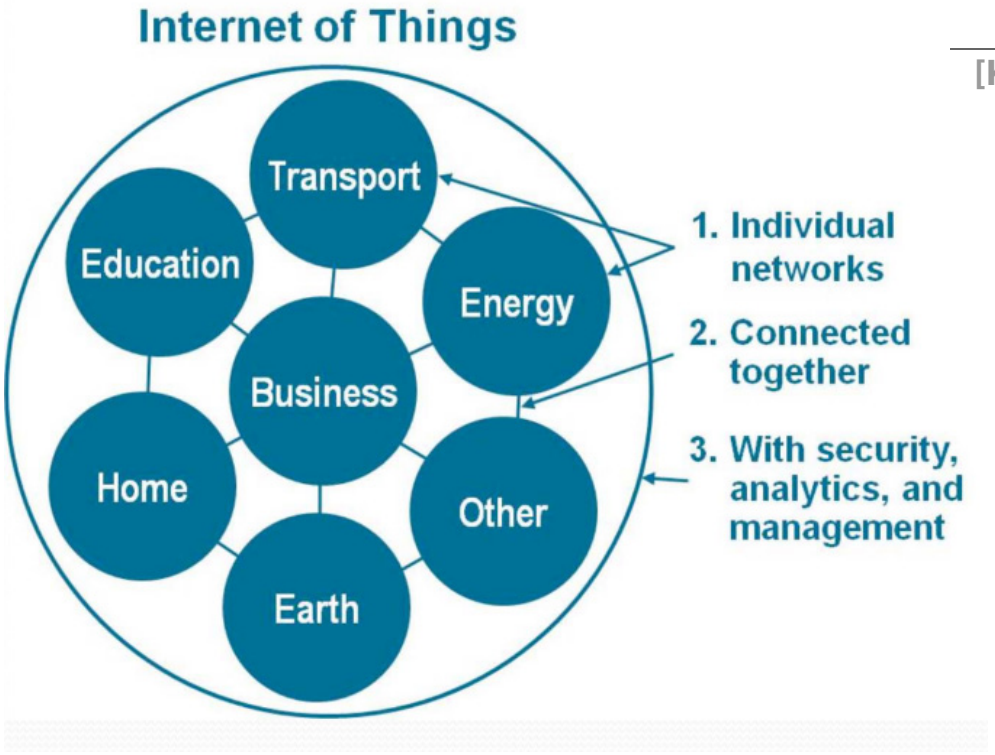



[Kumar, IoTSem, 2016]

# Das Internet der Dinge (cont.)

» Das Internet der Dinge kann als Netzwerk aus Netzwerken angesehen werden ↔ Einbindung von Sensornetzwerken in das Internet.

» Diese Netzwerke sind zusätzlich mit Sicherheit, Analyse, und Management ausgestattet (➠ Funktionale Schichten der Sensorverarbeitung)

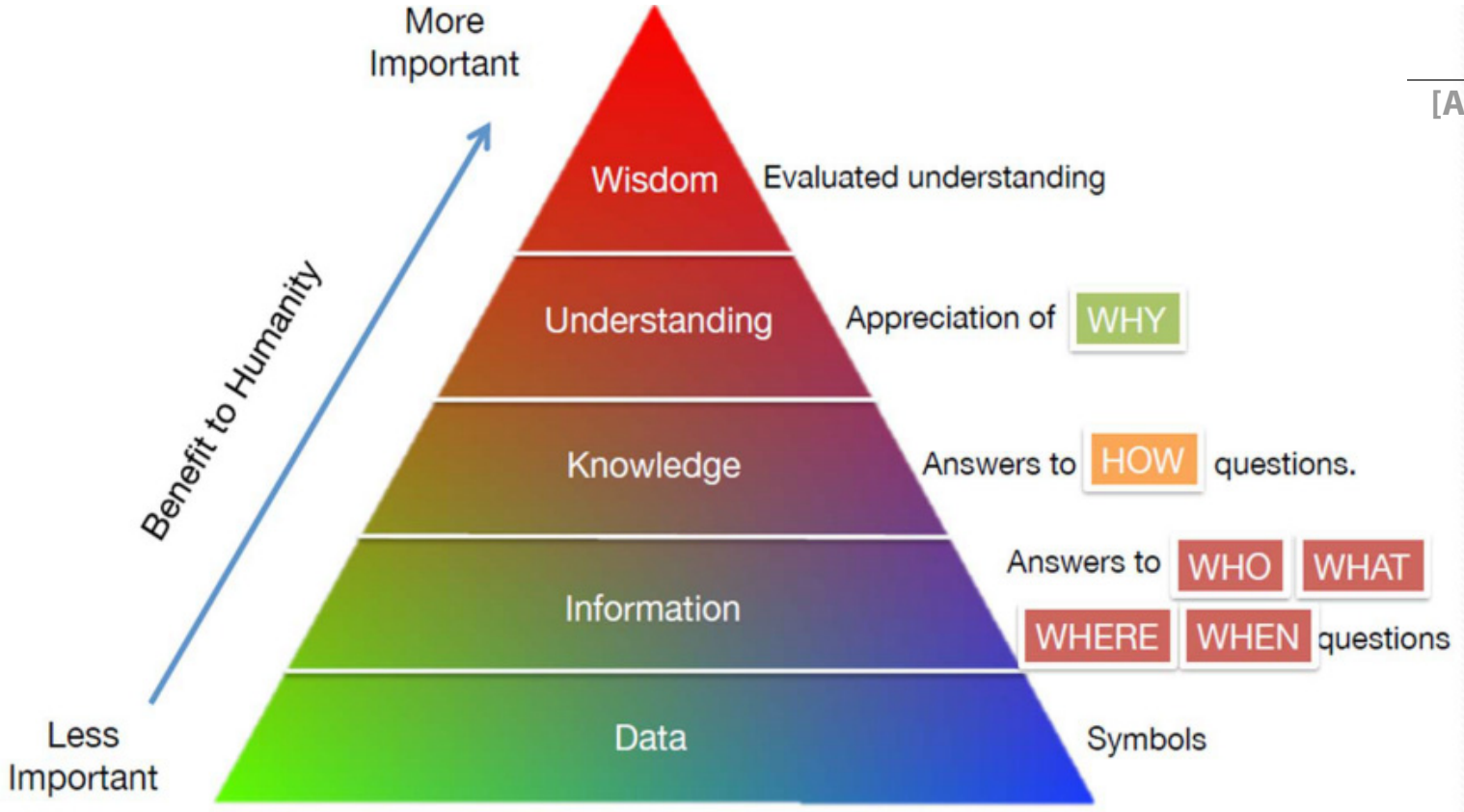



[Kumar, IoTSem, 2016]

# Das Internet der Dinge: Ziele

» Ziel ist die Gewinnung von Informationen auf verschiedenen Ebenen; möglichst lokal und nicht zentralisiert (semizent.: Cloud!)

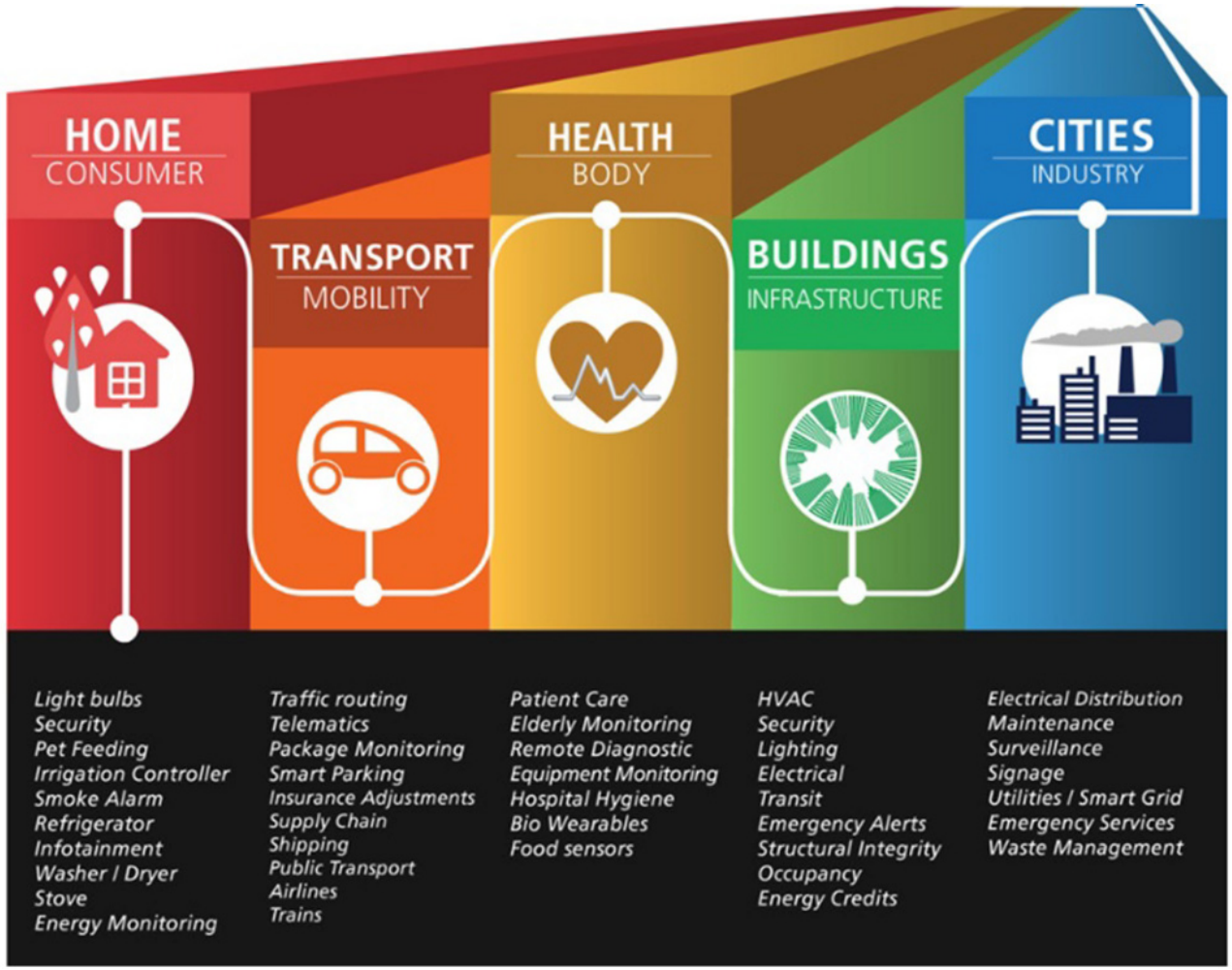
» Dabei findet eine zunehmende Abstraktion und Reduktion der Daten statt!




[Abbas, SaaS, 2014]

# Das Internet der Dinge: Anwendungen

- Das IoT hat eine riesige Vielfalt an Anwendungsgebieten
  - Heim
  - Medien
  - Transport
  - Logistik
  - Gesundheit
  - Pflege
  - Gebäude-automation
  - Städte
  - Verkehr
  - ...




[Kumar, IoTSem, 2016]

# Das Internet der Dinge: Fähigkeiten

» Smarte verbundene Geräte können eingesetzt werden für ...

| | |
|---|---|
| Überwachung | » Zustand von Produkten<br>» Umgebung und Umwelt<br>» Nutzung und Operation von produkten |
| Steuerung | » Produktfunktionen<br>» Personalisierung und Nutzererfahrung<br>» Vernetzung |
| Optimierung | » Performanz von Produkten<br>» Vorhersage der Wartung<br>» Haltbarkeit von Produkten |
| Autonomoie | » Autonome Operation von Geräten<br>» Selbstorganisation und Koordination<br>» Selbstdiagnose und auton. Produktverbesserung |

# Das Internet der Dinge: Herausforderungen

- Skalierbarkeit (Von Tausenden Geräten zu Milliarden)
- Technologische Standardisierung
- Interoperabilität und Kompatibilität
- Entdecken und Finden von Geräten
- Komplexität der Software und Algorithmen
- Große Datenvolumen und deren Interpretation
- Energieversorgung und lokale Energiegewinnung
- Interaktion von Geräten und kurzreichweitige Kommunikation
- Drahtlose Kommunikation
- Robustheit und Fehlertoleranz

# Das Internet der Dinge: Probleme

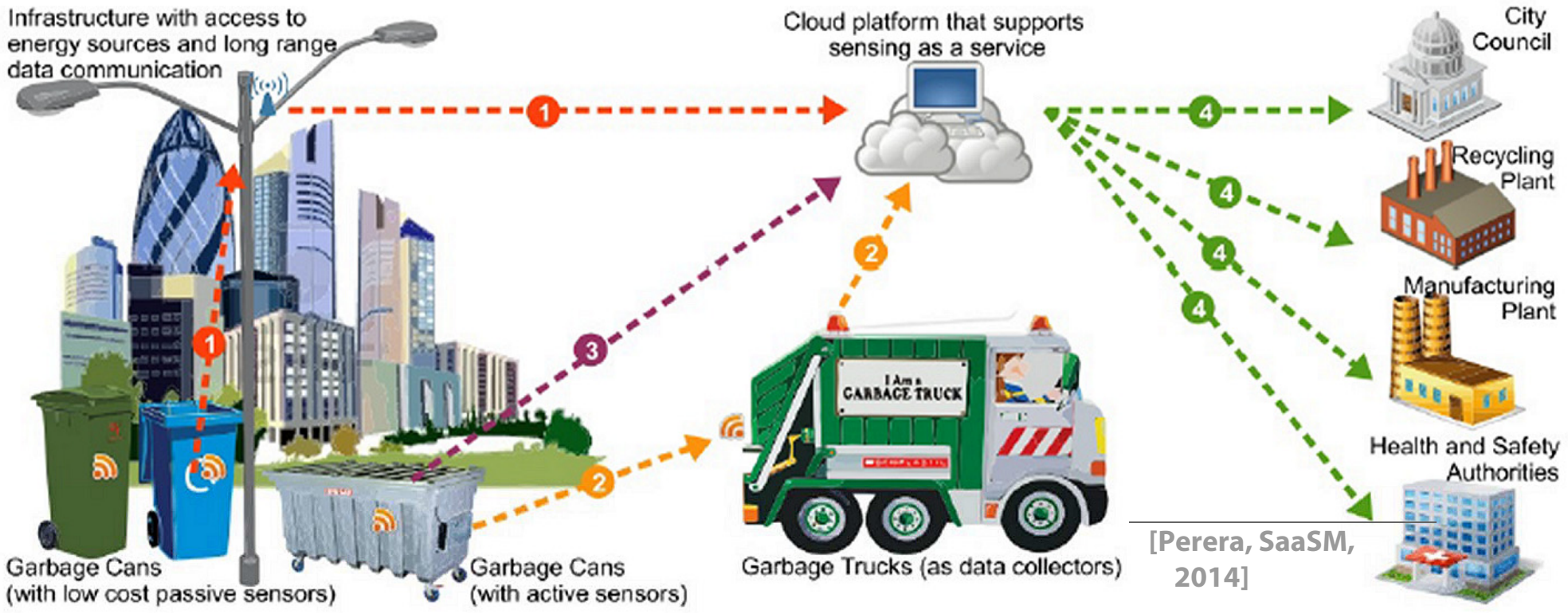
- Es gibt eine Reihe von Schwierigkeiten und Barrieren
- Privatssphäre und Datenschutz
- Sicherheit
- Technische Autonomie und Kontrolle
- Soziale Kontrolle
- Politische Manipulation
- Entwurfskomplexität
- Einfluss auf die Umwelt
- Ethik und Einfluss auf menschlichen Entscheidungsprozess

# Abfallmanagement mit IoT

» F1 Sensing: Sensoren in Mülltonnen (Füllstand, ...)

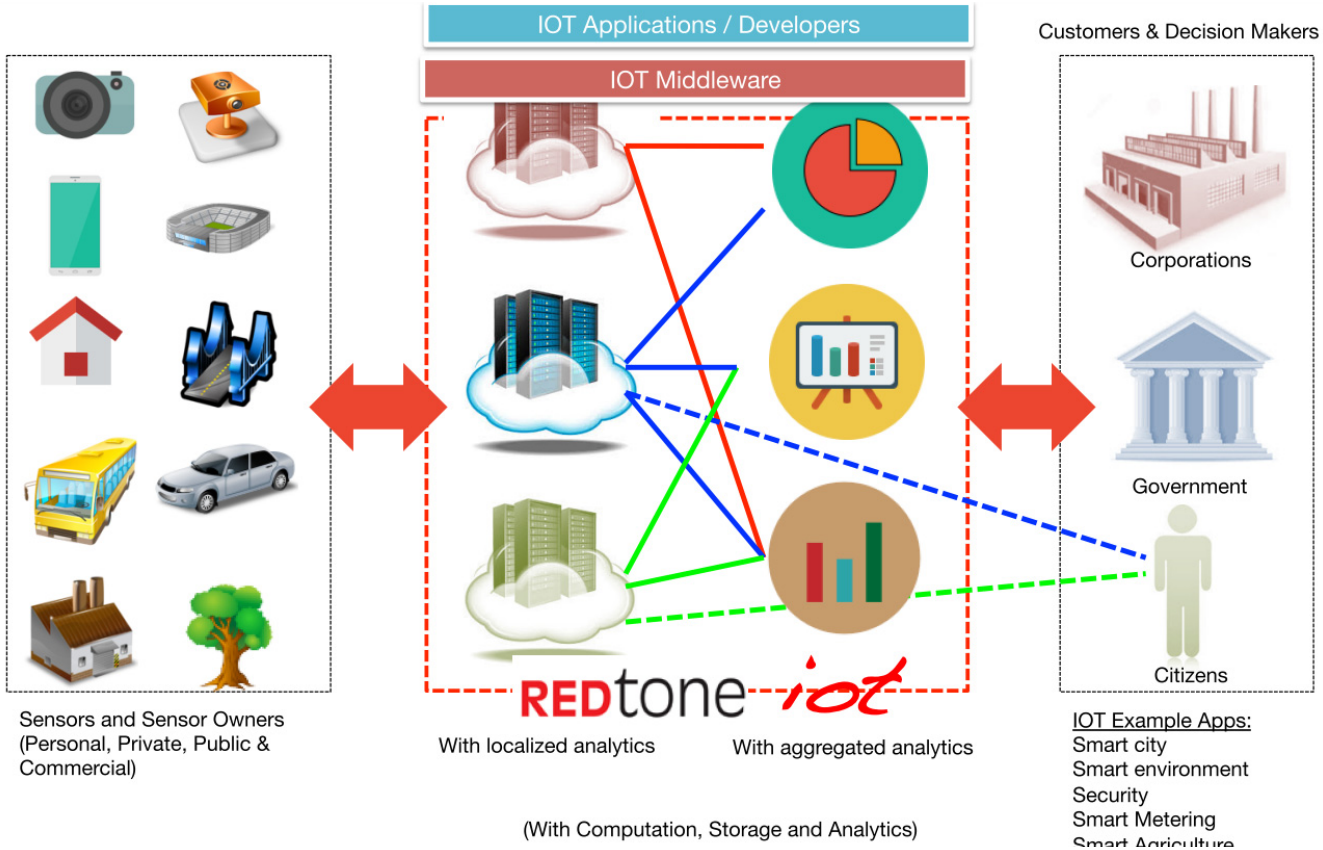
» F2 Aggregation: Datenkollektion in Müllfahrzeugen

» F3 Applikation: Cloud Plattform für das Abfallmanagement (Planung,..)



# Sensing-as-a-Service

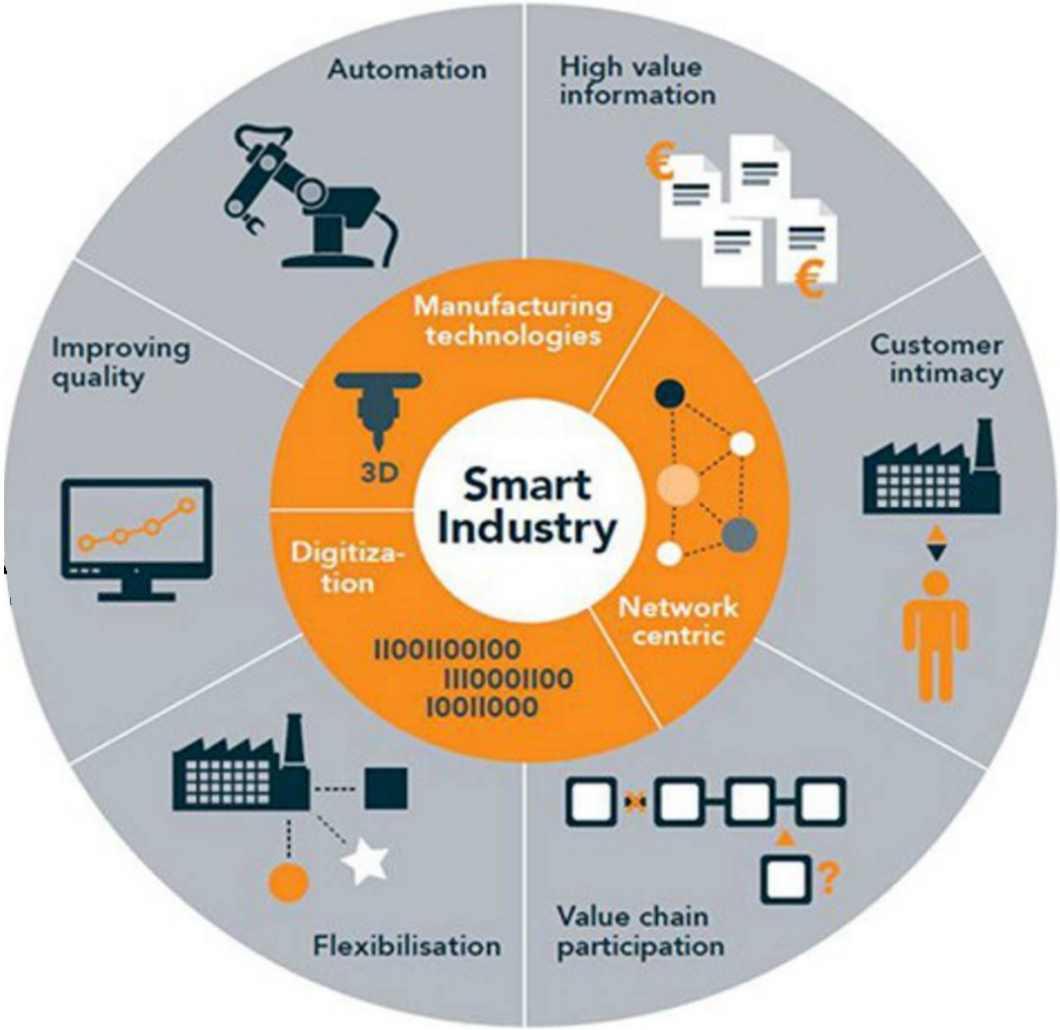
» In einer Cloud Umgebung werden die Funktionsschichten F2 Aggregation und F3 Applikation (Auswertung) als kaufbarer Service eines Drittanbieters angeboten.




[RedTone IoT, Abbas, SaaS, 2014]

# IoT Einsatz in Fabriken

- Einsatz in Produktion und Fertigung für:
  - Vorhersehbare Wartung
  - Optimierung der Fertigung
  - Belegung der Maschinen
  - Planung von Arbeitern
  - Planung von Logistik
  - Energiemanagement
  - Ressourcenmanagement



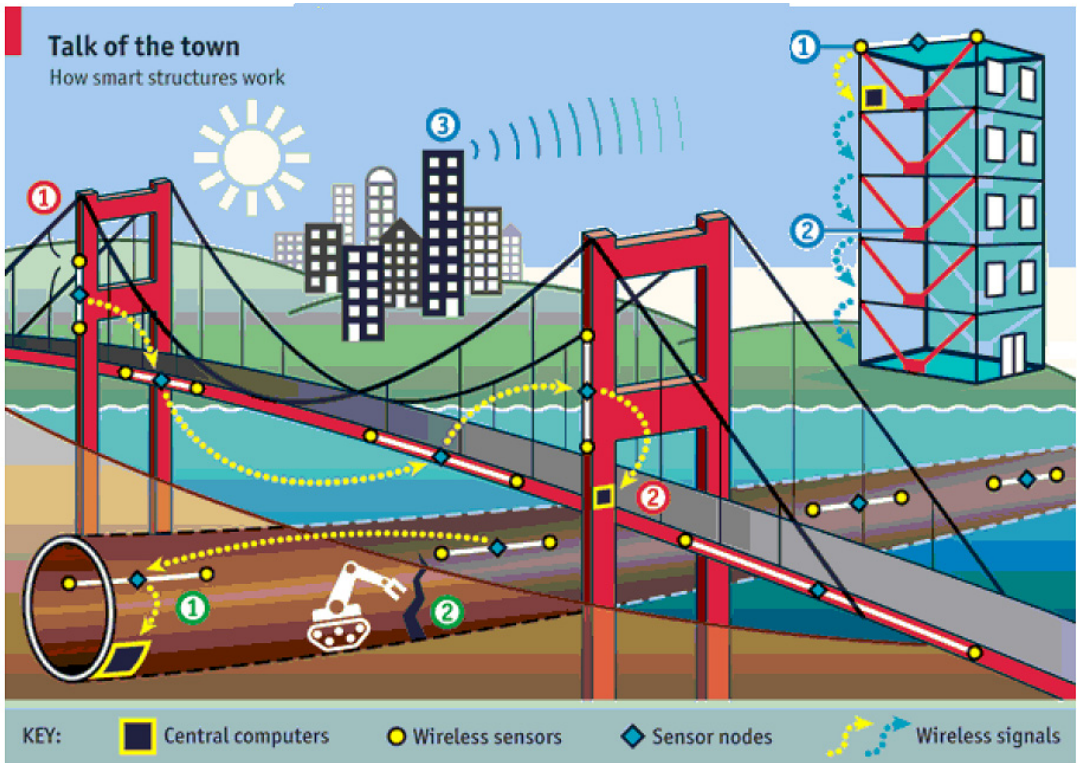

[Naeem, IoTRadio, 2016]

# IoT Einsatz für Smart Cities

- F1: Nutzer sammeln lokalisierte Daten mit Smart Phones ➠ Crowd Sensing
- F2: Die Daten werden aggregiert, fusioniert, und in Datenbanken gesp.
- F3: Services nutzen die Daten, z.B. zur Verkehrslenkung, Energieman.

[Aguiar, IoTSmartCity, 2016]

# IoT + SHM: Smart City

» Die Kombination aus IoT Sensornetzen mit klassischen Sensornetzwerken die für die Strukturüberwachung eingesetzt werden kann zusätzliche Informationen liefern ➠ *Augmented Monitoring*

» Z.B. Verkehrs- und Menschenflüsse, Umwelteinflüsse, Wetter, ...