TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ambient Intelligence WS 2016/2017

Vorlesung 2
Sensoren, Aktoren, Standards

Florian Kirchbuchner

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

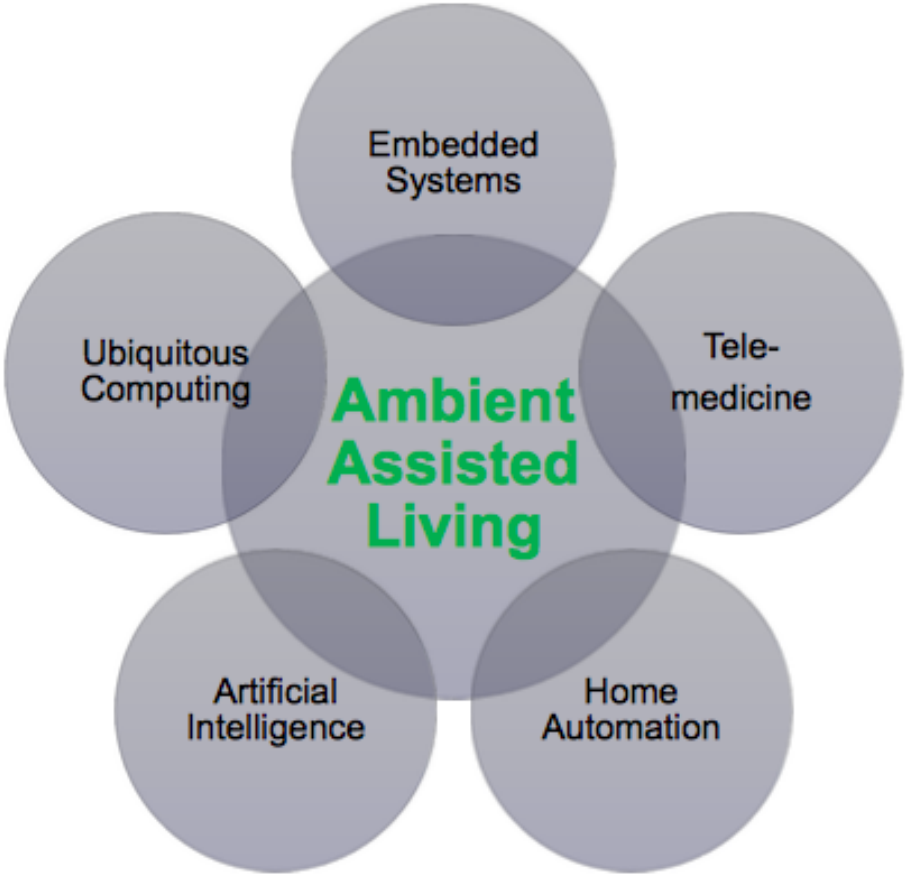
- **Ambient Intelligence: Home Automation**
- Sensoren
- Aktuatoren
- Geräte-Kommunikation
- Steuerungssoftware
- Zusammenfassung

Ambient Intelligence: Home Automation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Home Automation

- Technische Anbindung von Sensoren und Aktoren
- Regelbasierte Schaltung
- Nutzung für Komfort und Sicherheit



Ambient Intelligence: Home Automation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Home Automation als Teilbereich der Gebäudeautomatisierung

Ambient Intelligence: Home Automation

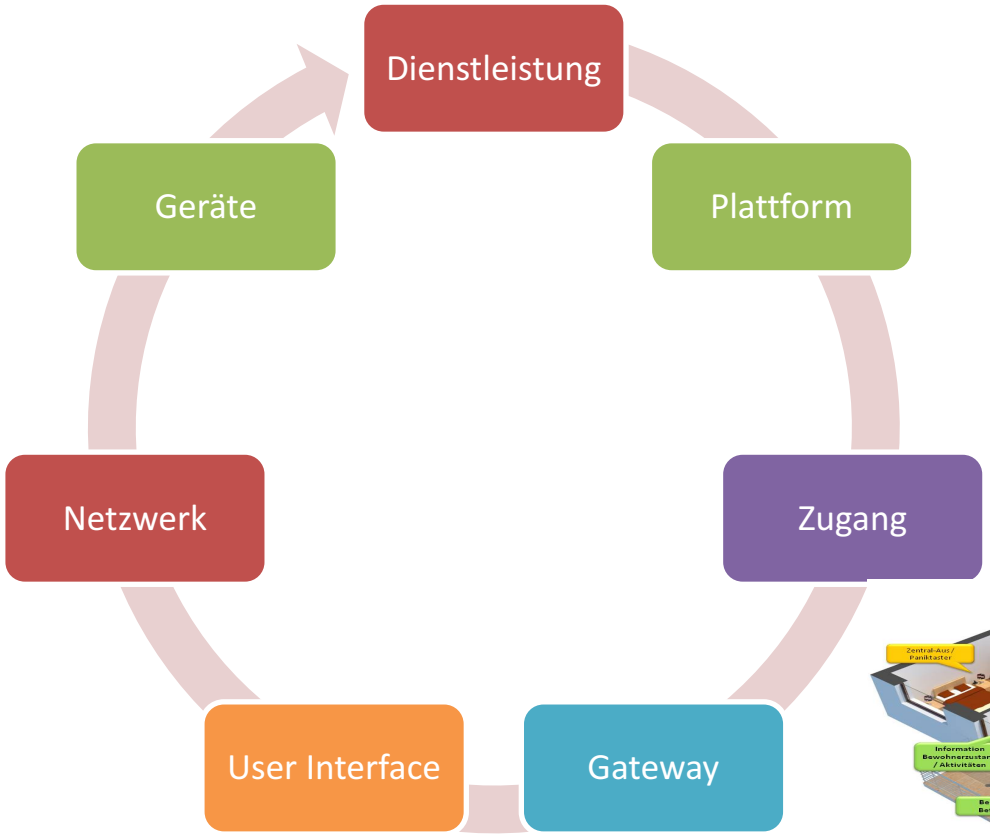
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Komponenten einer intelligenten Wohnung aus Nutzersicht:

Grundlegende Systemarchitektur

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

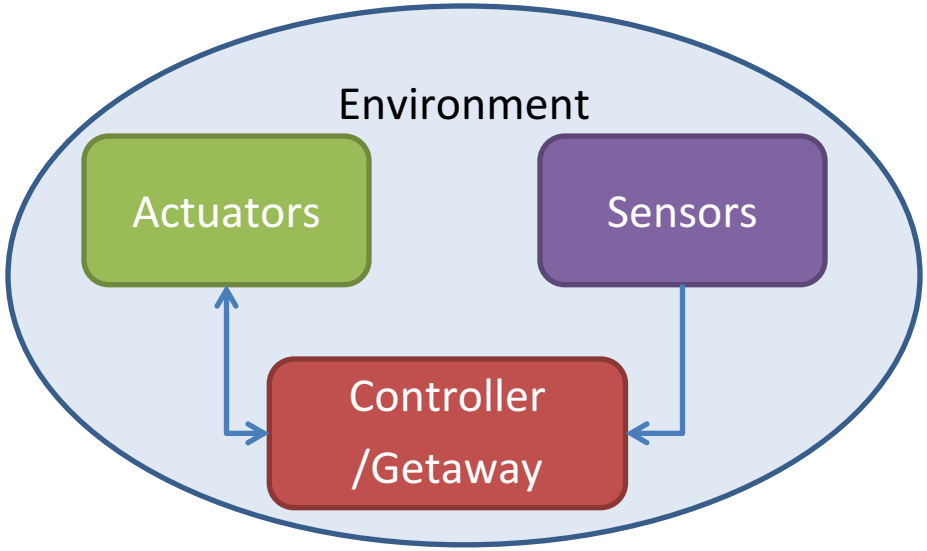
Grundlegende Systemarchitektur:



Grundlegende Systemarchitektur

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

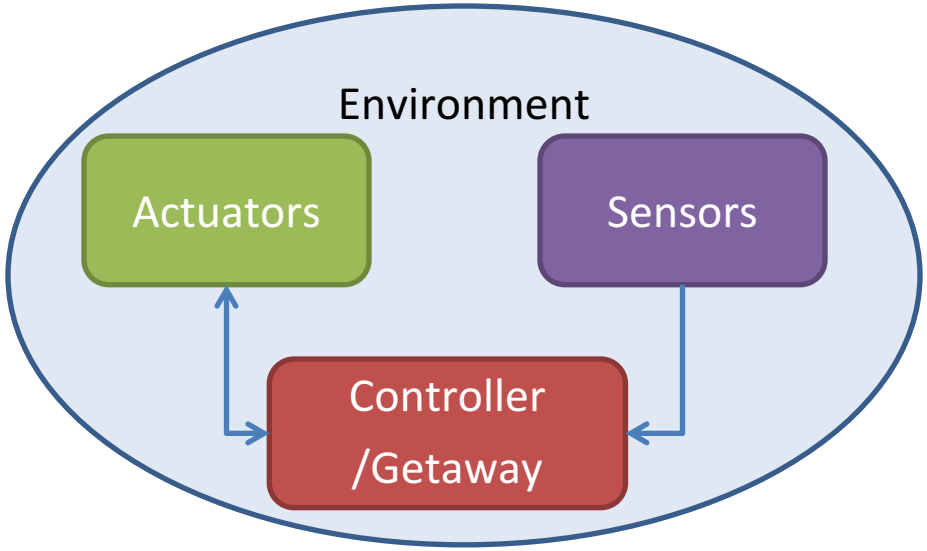
Grundlegende Systemarchitektur:

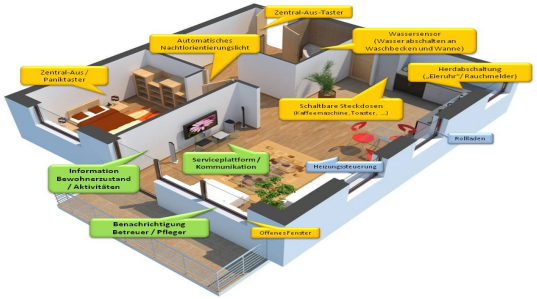


Grundlegende Systemarchitektur

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Grundlegende Systemarchitektur:





Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Ambient Intelligence: Home Automation
- **Sensoren**
- Aktuatoren
- Geräte-Kommunikation
- Steuerungssoftware
- Zusammenfassung

Sensoren

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

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

Ein Sensor ist ein Element zur **Umwandlung physikalischer Größen in elektrische Werte**. Er kann möglicherweise ein Teilnehmer eines BUS-Systems sein, der physikalische Kenngrößen verarbeitet und ggf. ein Telegramm auf den BUS sendet.

Sensoren – Messgrößen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Physikalische Messgrößen
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

Was wir am Ende immer erhalten sind Zahlen → Die Bedeutung ist Interpretation

Sensoren – Arten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Extrinsische Sensoren**
  - Ermitteln von Informationen über die Systemumgebung
  - Beispiel: Infrarotsensor
- **Intrinsische Sensoren**
  - Ermitteln von Informationen über den internen Systemzustand
  - Beispiel: Gyroskop

Sensoren – Arten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Aktive Sensoren**
  - Benötigen elektrische Hilfsenergie
  - Physikalisch Eigenschaften erzeugen eine Veränderung der Parameter
  - (quasi)statische Messung
  - Beispiel: kapazitive Messung

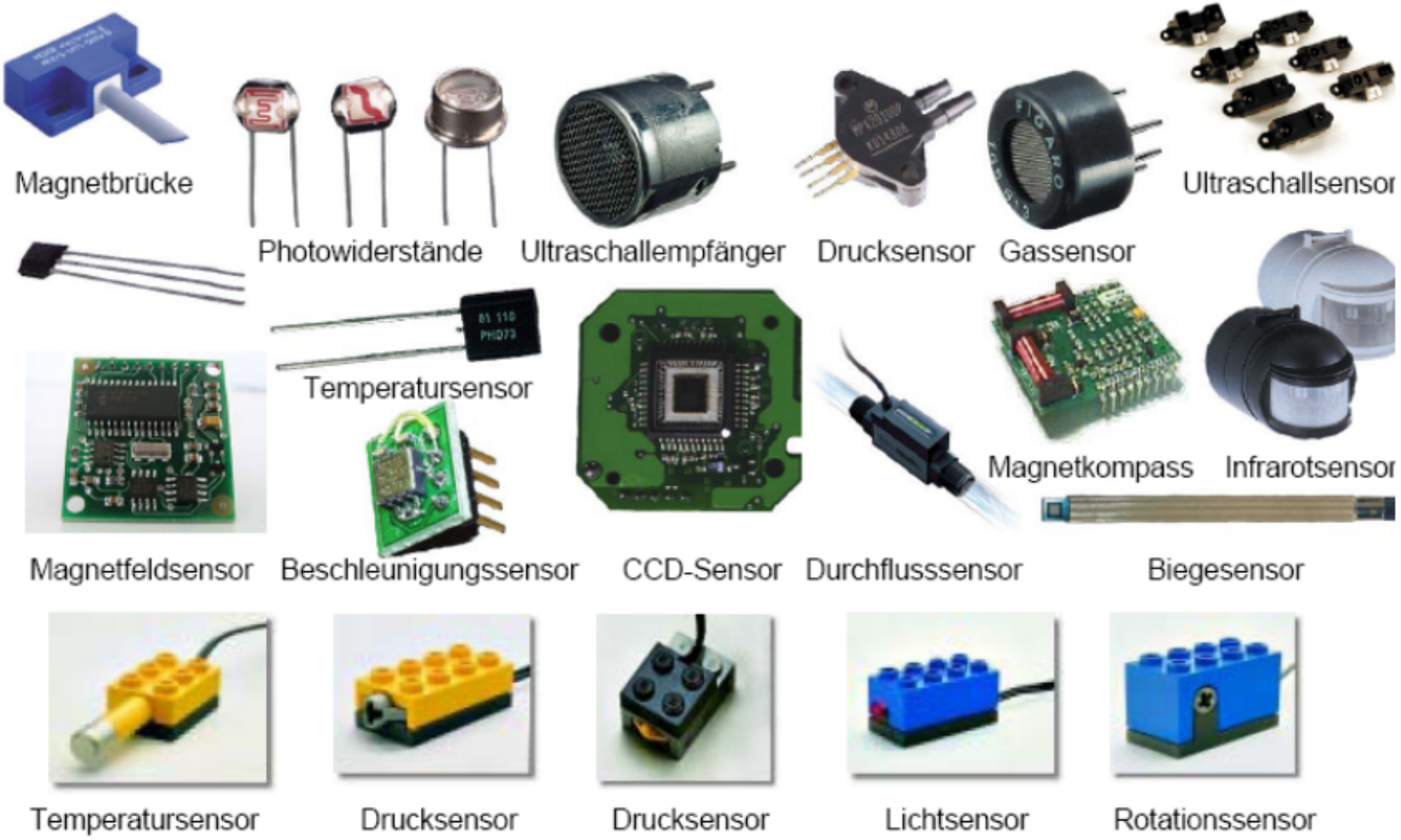
- **Passive Sensoren**
  - Kommen ohne elektrische Hilfsenergie aus
  - Messprinzip erzeugt ein elektrisches Signal
  - Beispiel: piezoelektrischer Sensor

Sensoren – Arten

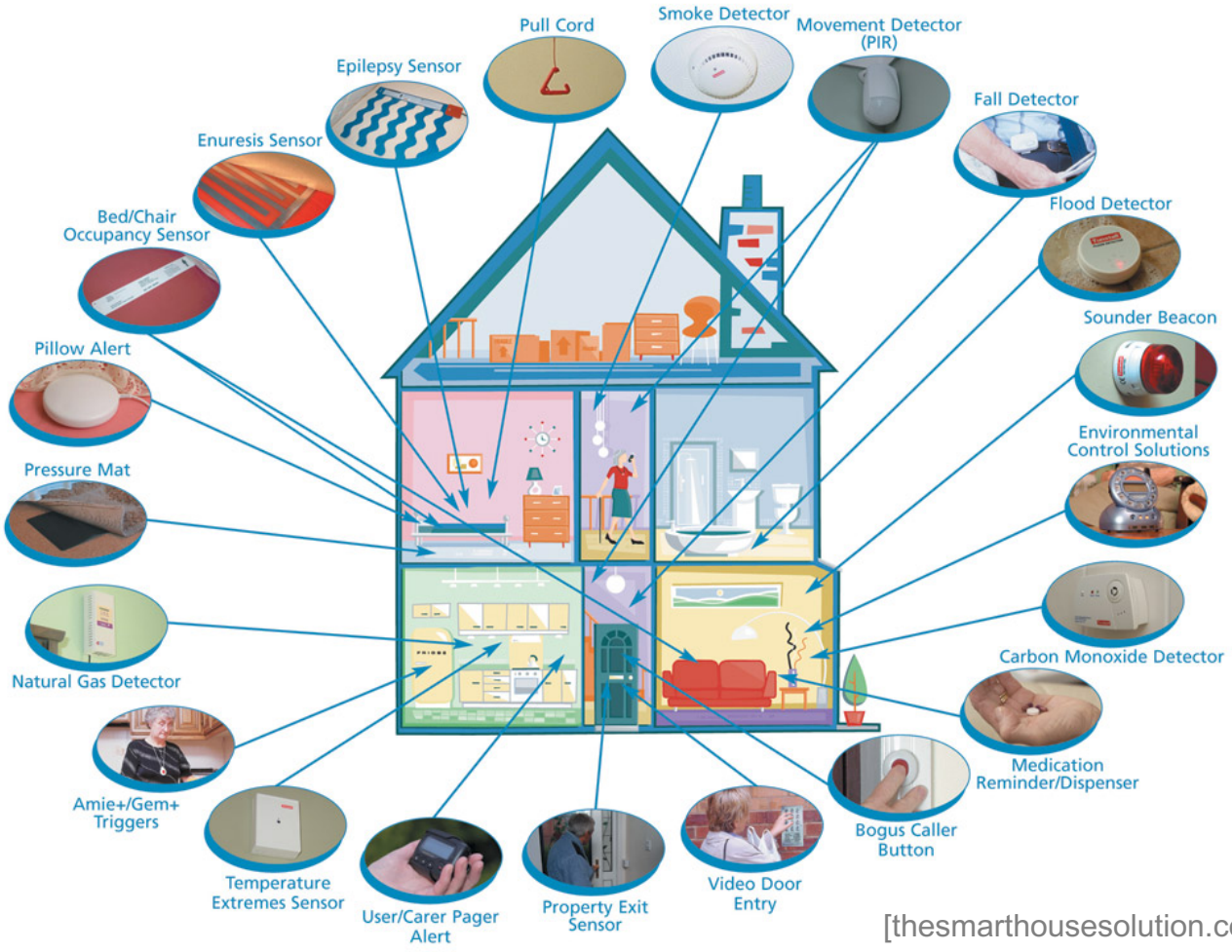
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Virtuelle Sensoren**
  - Nicht physikalisch existent
  - Messgröße kann durch Sensorfusion, Lernen und mathematischen Modellen erzeugt werden
  - Ermöglichen neue Messgrößen (z.B. „Behaglichkeitssensor“)

Sensoren – Arten



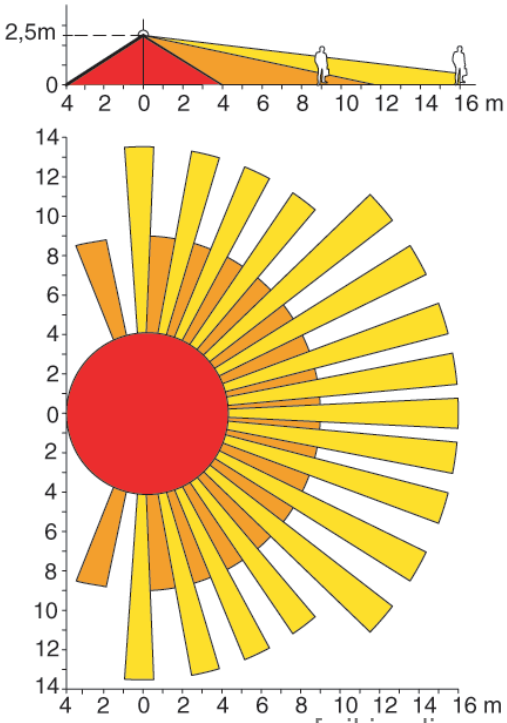
Sensoren – Smart Home



[thesmarthousesolution.com]

Sensoren – Beispiel I

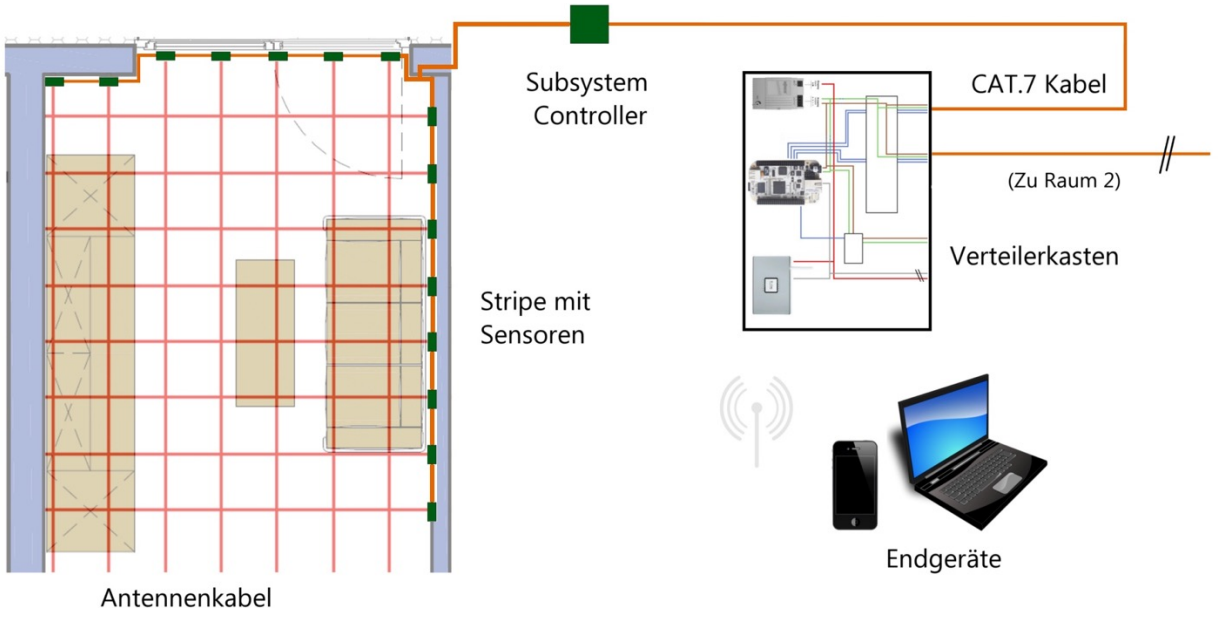
- PIR-Sensor
  - Häufigste Form des Bewegungsmelders
  - Reagiert auf Temperatur**änderungen** (Pyroelektrischer Effekt)
  - Segmentierte Linsen bündeln Infrarotstrahlung
  - Erfolgt eine Bewegung quer zu den Segmenten, entsteht eine Folge ΔT, welche die Erzeugung von elektrischen Ladungen anregt.



[wikipedia.org]

Sensoren – Beispiel II

- CapFloor
  - Electric Potential Sensing
  - Aktivität von Personen beeinflusst die natürlichen elektrischen Felder
  - Drahtgitter im Boden zur Lokalisierung der Feldänderungen



Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Ambient Intelligence: Home Automation
- Sensoren
- **Aktuatoren**
- Geräte-Kommunikation
- Steuerungssoftware
- Zusammenfassung

Aktuatoren

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

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

Ein Aktor (oder auch Aktuator) ist ein Gerät, das Informationen **empfangen**, **verarbeiten** und demnach **Funktionen ausführen** kann.

Aktuatoren

Unterputzempfänger
UPE1.868A100
230V 50Hz 2A 868,3MHz
LED
LEARN
N L L IN

CONRAD
FUNK-DIMMER

Welcome
John

Auto
21.0°
15:30
HomeMatic

Aktuatoren

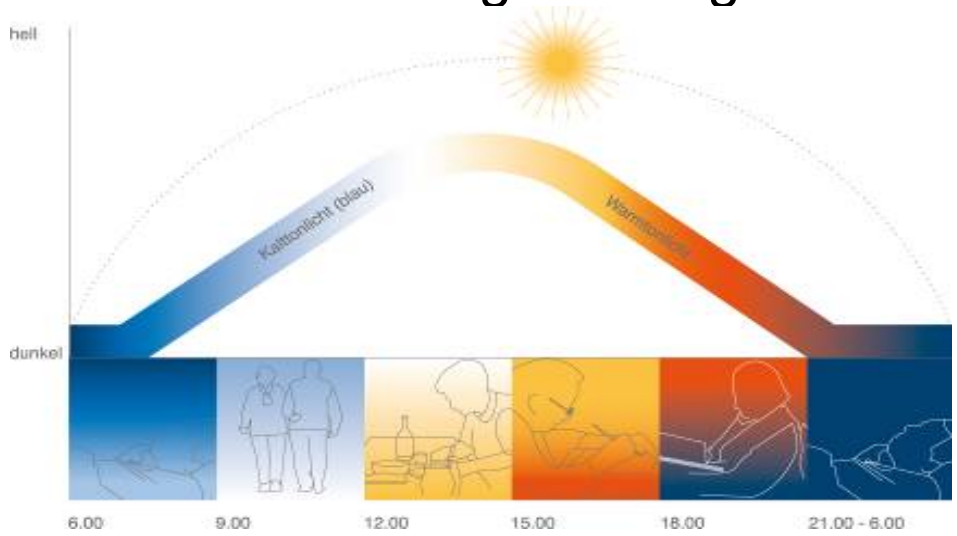
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

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

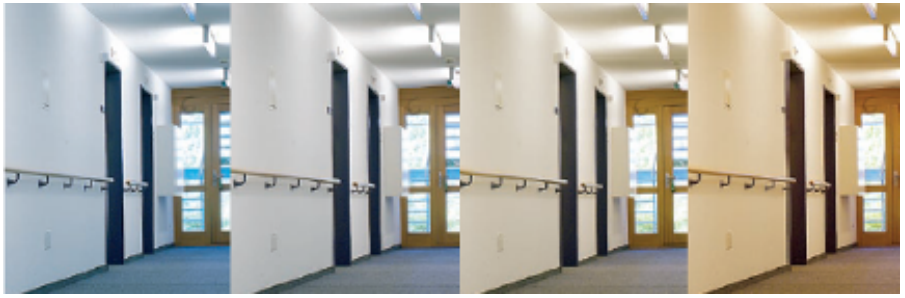
Aktuatoren – Beispiel

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Licht zur Strukturierung des Tagesablaufes



Nutzung von farbigem Licht zur Strukturierung des Tagesablaufes



Wirkung von Licht mit unterschiedlichen Spektralanteilen

[Waldmann]

Geräte-Kommunikation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Die meisten Systeme (zur Hausautomation) verwenden eigene Busse
- Unterschiedliche Typen von Kommunikationssystemen

Drahtgebunden

+ Robust
+ Sicher

- Planung schon zur Bauzeit
- Teuer

Drahtlos

+ Leicht nachrüstbar
+ Billig(er)

- Unsicherer (Zugriff von außen)
- Unzuverlässiger
- Problem der Stromversorgung

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Ambient Intelligence: Home Automation
- Sensoren
- Aktuatoren
- **Geräte-Kommunikation**
- Steuerungssoftware
- Zusammenfassung

Geräte-Kommunikation: Beispiele verbreiteter Bussysteme

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Bekannte **drahtgebundene** Systeme/Protokolle:

- EIB / KNX
- PLC

Bekannte **drahtlose** Systeme/Protokolle:

- EnOcean
- FS20
- ZigBee
- Z Wave

Geräte-Kommunikation: EIB/KNX (1/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein paar Fakten im Überblick

- KNX ist ein (offener*) Standard der KNX Association (ISO/IEC 14543-3)
- Veröffentlicht 2002 als Bussystem zur Hausautomation
- Vorgänger sind EIB, EHS and BatiBUS
- Definiert auf Twisted Pair, Powerline, Funk und Ethernet
- Verwendung praktisch aber nur kabelgebunden

Technische Details

- Übertragung auf Twisted-Pair mit 9600 bit/s mit max. 4000 m Netzwerkgröße
- Baum, Linie oder Sterntopologie
- Bis zu 65536 Teilnehmer (inkl. Knoten)
- Adressierung: <Bereich>.<Linie>.<Teilnehmer> (z.B. 5.14.211)
- Steuerung über IP möglich → KNXnet/IP mit entsprechendem Gateway

KNX

Geräte-Kommunikation: EIB/KNX (2/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorteile

- Hohe Verbreitung
- Flexible softwareseitige Steuerung
- Schnelle Umwidmung von Geräten
- Auch für große Gebäudeanlagen

Nachteile

- Hoher Verkabelungsbedarf (Teuer)
- Schwer nachzurüsten
- Große Verteiler
  (zusätzlich Koppler bzw. Stromversorgung des Busses)

Geräte-Kommunikation: EnOcean (1/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein paar Fakten im Überblick

- Die EnOcean Alliance[1] wurde 2008 gegründet
- Ratifiziert im internationalen Standard ISO/IEC 14543-3-10
- EnOcean GmbH ist ein Spin-Off der Siemens AG von 2001
- Fokus auf Aktuatoren/Sensoren die Ihre Energie selbst erzeugen (Energie Harvesting)
  - Solar-, piezo-, thermische- oder elektromagnetische Energie

Technische Details

- Produkte meistens ohne Batterien mit einer theoretischen Laufzeit von 25 Jahren
- Schmale Bandbreite im von 125 kbit/s mit 14 byte long packages
- Vermeidung von Kollisionen durch pseudo zufällige Intervalle

Green. Smart. Wireless. enocean®

Geräte-Kommunikation: EnOcean (2/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorteile

- Leicht erweiterbar
- Überall anbringbar

Nachteile

- In der Praxis kann die Energieversorgung Probleme machen
- Kein Rückkanal → Empfangsbestätigung

Green. Smart. Wireless. enocean®

Geräte-Kommunikation: ZigBee (1/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein paar Fakten im Überblick

- Ein seit 2004 etablierter offener Industriestandart basierend auf IEEE802.15.4
- Allgemein ein Menge von Spezifikationen von Kommunikationsprotokollen auf Geräten mit Niedrigspannung durch die ZigBee Alliance[1]
- Somit nicht nur ausgelegt für HA, aber ein Hauptpunkt (Smart Energy, Telecommuniation, Health Care,…)

Technische Details

- Standard definiert die Vermaschung von Funknetzwerken
  - Rollen sind: Koordinator, Router und „End Device“
  - Stellt selbstorganisierende ad-hoc Netzwerke auf Funkbasis her
- Datentransferraten von 20 bis 900 kbit/s
- Übertragung mittels unslottet CSMA/CA Kanalzugriffsmechanism

ZigBee® Alliance

Geräte-Kommunikation: ZigBee (2/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorteile

- Viele und auch eher günstige Geräte verfügbar
- Vielseitig einsetzbar

Nachteile

- Stellt nur das „Wie“ und nicht das „Was“ bereit
- Kompatibilität von ZigBee Geräten demnach nur auf Netzwerkebene gewährleistet

ZigBee® Alliance

Geräte-Kommunikation: Z-Wave (1/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein paar Fakten im Überblick

- Drahtloser Kommunikationsstandard entwickelt 2001 von dänischer Firma ZenSys
- Seit 2005 Z-Wave-Allianz mit über 400 Herstellern und Dienstleistern
- ITU-T Standard G.9959
- Basis für alle Produkte ist ein SOC der Firma Sigma Design mit integriertem Funk-Transceiver und 8051 Mikro-Kontroller
- Einheitliche Anwendungsebene mit Pflichtkommandos und –Funktionen

Technische Details

- Vermaschtes Netzwerk mit bis zu 232 Knoten, mehrere Home-Netzwerke parallel mit Routing zwischen den Netzen
- Adressierung: 4 Byte “Home ID“ 1 Byte „Node ID“
  -> max. 232 Knoten in einem Netz
- Datenraten von 9,6 kB/s, 40kB/s oder 100kB/s
- ISM-Band (EU 868 MHz, USA 900 MHz)

Z-WAVE®

Geräte-Kommunikation: Z-Wave (2/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorteile

- Viele und auch eher günstige Geräte verfügbar
- Vielseitig einsetzbar
- Höhere Reichweite als ZigBee
- Interoperabilität durch Zertifizierung aller Geräte

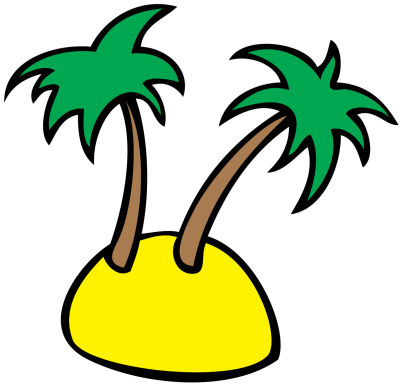
Nachteile

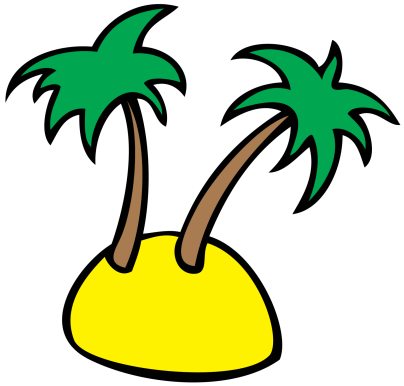
- Geräte aus USA und EU nicht kompatibel
- Geringe Datenrate

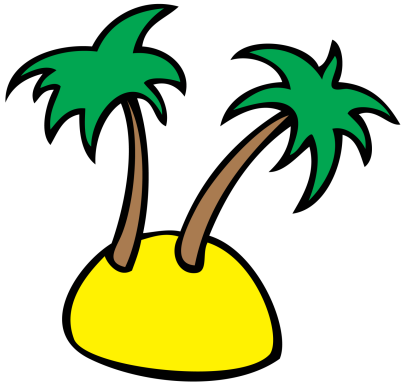
Geräte-Kommunikation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Viele Standards?
Wenig Interoperabilität?
Routing und Remotezugriff?
Anzahl der Geräte?







Geräte-Kommunikation: Verschiebung zu IP

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

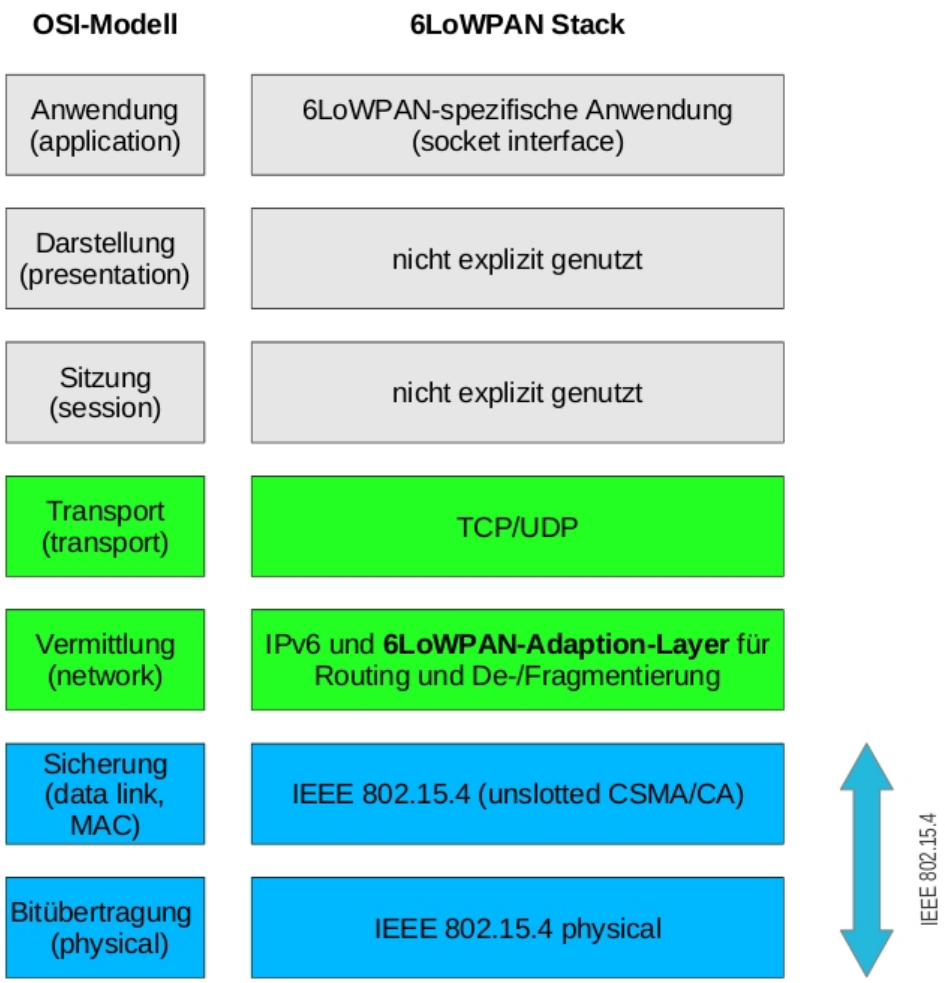
- Vom SmartHome zum **Internet** of Things
- Viele (proprietäre) Protokolle öffnen sich für IP (weg von Gateway-Lösungen)
- Internet Protocol (v4, v6) weit verbreitet und erfolgreich
  - Direkte Adressierung der Knoten
  - Wiederverwertung bewährter Protokolle
- TCP/IP passt aber nicht immer
  - Adaption MTU-Größe
  - Header Overhead
  - UDP zur Vermeidung von Latenzen

Geräte-Kommunikation: 6LoWPAN (1/2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Networks
- Basierend auf 802.15.4 (PHY und MAC)
- Direkte IP-Adressierung der Knoten
- Nahtlose Integration mit anderen IP-basierten Systemen
- Autokonfiguration mit Discovery (RFC4944)
- Kompression für Header und Payload (RFC4944, RFC6282, RFC7400)
- Adaption für andere Layer-2 Technologien (NFC, DECT, PowerLine, 802.11ah ....)

Geräte-Kommunikation: 6LoWPAN (2/2)



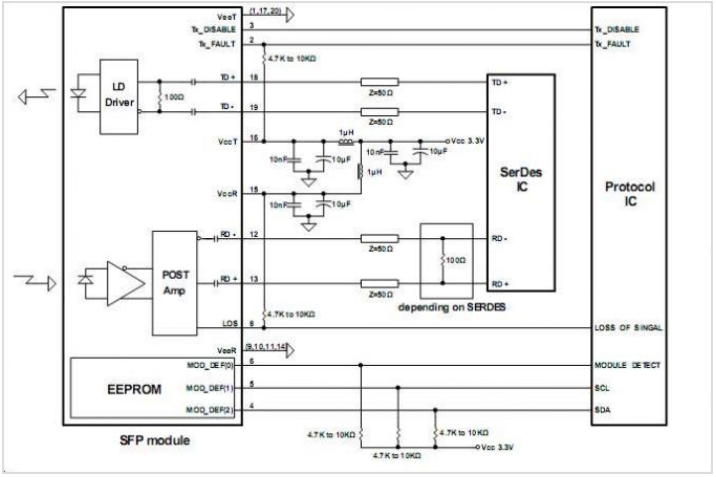
[wikipedia.org]

SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein paar Fakten im Überblick

- Ein ursprünglich zur Steuerung von Maschinen verwendeter Regelungsaktor
- Programmierbare Verschaltung von Sensoren und Aktoren
- Aufspielen der Programme über eine Firmware (Flash-Speicher)
- Programme sind daher (trotz Normierung) Herstellerabhängig
- Auf Grund preislicher Vorteile inzwischen auch für HA verwendet



SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Technische Details

- Programmierung durch verschiedene Programmiersprachen
  - Beispiele:
    - Kontaktplan (KOP)
    - Anweisungsliste (AWL)
    - Strukturierter Text (ST)

Vorteile

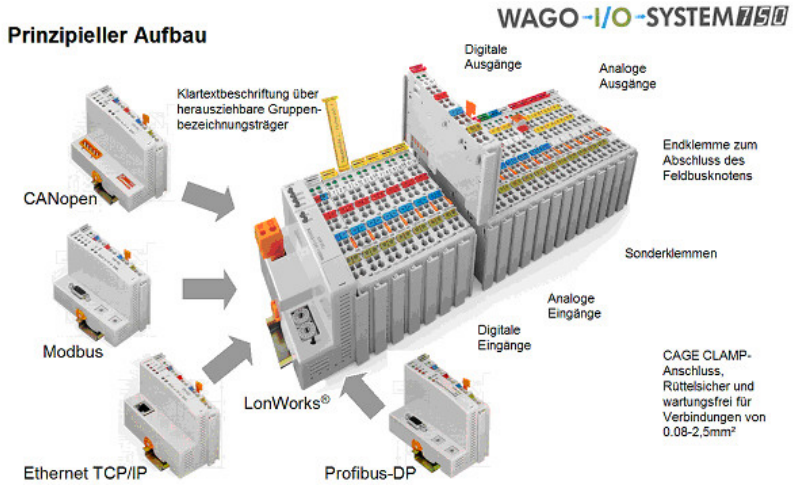
- Kostengünstig

Nachteile

- ~~Nur von Spezialisten programmierbar~~
- In der HA nicht sehr verbreitet

SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)

Siemens



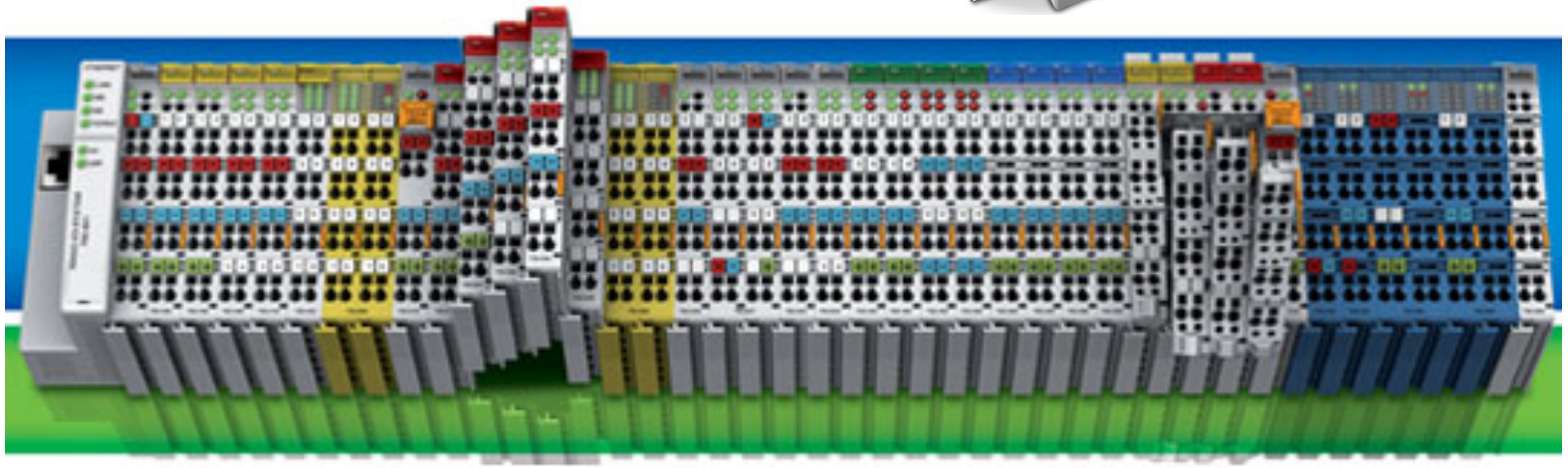
Wago

Schneider

SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Expansion modules



Menge zu kontrollierender Geräte wird immer größer

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Menge zu kontrollierender Geräte wird immer größer

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Ambient Intelligence: Home Automation
- Sensoren
- Aktuatoren
- Geräte-Kommunikation
- **Steuerungssoftware**
- Zusammenfassung

Steuerungssoftware

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Verschiedenste Ansätze für Plattformen (zur Home Automation)

→ ein paar Beispiel sind die folgenden:

Aus der Industrie

- Gira Homeserver
- IP-Symcon
- android@home
- Apple Home

Forschung/Freeware

- universAAL
- URC
- Fhem
- openHAB
- ago control

Es gibt sehr viele (gescheiterte) Versuche

- Viele große Firmen haben Ansätze gestartet (Microsoft, Google, Siemens, …)
- Viele Startups bringen eigene (meist proprietäre) Ansätze mit

Steuerungssoftware

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„Die“ Plattform zur Home Automation gibt es nicht

→ aber viele hilfreiche Software und Konzepte

→ vor allem aus dem Bereich der verteilten Anwendungen

Hierzu zählt:

- Service oriented Architectures (SOA) / Service Discovery
- Rest Full interfaces

Steuerungssoftware: Beispiele aus der Industrie

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

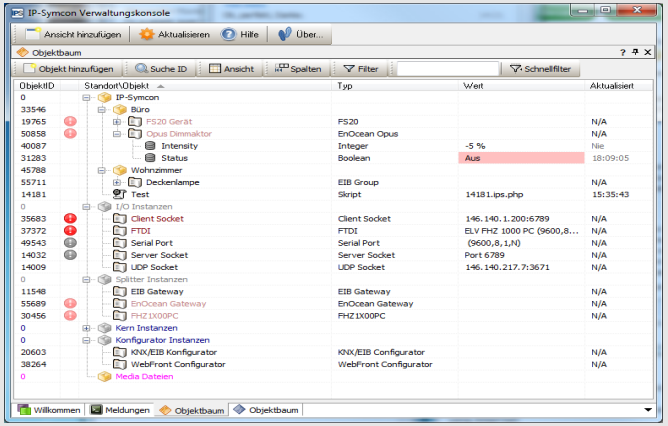
GIRA

- Spezialisiert auf KNX
- Verkauft Geräte und Steuerungssoftware
- Bietet auch (teure) Server für HA an
- Komplette Dienstleistungspalette in HA

→Wenig Interesse an Interoperablen Systemen

→Sehr effiziente aber teure Lösungen

iP-Symcon



- Ermöglicht den Zugriff zu beinahe allen wichtigen Bussystemen
- Vertreibt keine eigene Hardware
- Erlaubt Programmierung mit Delphi und PHP

→“Leben“ von Interoperabilität zwischen Bussen

→ Unterstützt wird nur was Symcon vorsieht

Steuerungssoftware: Beispiele offene Plattformen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

universAAL

- Middleware mit dem Schwerpunkt auf verteilten Systemen im Bereich AAL
- Schwerpunkt auf semantischen Konzepten
  - Ontologien als Datenmodel
  - Service Discovery über semantisches Matchmaking
  - Handhabung von Kontextdaten mittels semantischer Modellierungen
- Schwerpunkt nicht auf HA
  - Aus Sicht der Forschung ist der Fokus auf der Gewährleistung von Interoperabiliät
  - KNX ist angebunden, andere Busse sollen folgen
  - Ziel ist universAAL kompatible Schnittstellen als Standard

openhab
empowering the smart home

- Middleware mit Spezialisierung auf HA
- Unterstützt verschiedenste Hardware und Protokolle über so genannte „Bindings“
  - Bluetooth
  - KNX
  - 1-Wire
  - Wake-on-LAN
  - …
- Remote Zugriff über XMPP und für mobile Geräte optimierte Webpages
- openHAB Designer als Eclipse RCP Anwendung zum konfigurieren der openHAB runtime
- Spezialisierung schränkt Use-Cases ein

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Home Automation
- Sensoren
- Aktuatoren
- Geräte-Kommunikation
- Steuerungssoftware
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Services, Apps

Highest Semantic Level
Ontology mapping, Service decomposition

UNIVERSAAL

Platform-Level
Many intelligent „devices"

ALLSEEN ALLIANCE
eclipse smarthome
openHAB empowering the smart home
one M2M
OPEN INTERCONNECT CONSORTIUM
FIWARE

Gateway-Level

RWE SMARTHOME
QIVICON Leben im Smart Home
ASB

Meta-Level

homee
SYMCON
WAGO INNOVATIVE CONNECTIONS
EEBUS

enocean Green.Smart.Wireless.
Bluetooth
DECT
HomeMatic
ZigBee
Z-wave
KNX
LONMARK

Sensors + Actuators

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Ambient Intelligence: Home Automation
  - Grundlegende Systemarchitektur
- Sensoren
  - Definition, Klassifikation, Verwendung, Beispiele
- Aktuatoren
  - Definition, Beispiele
- Geräte-Kommunikation
  - Übertragungsarten, Eigenschaften, Vor-/Nachteile der Systeme
- Steuerungssoftware