IOT-Dezentrale Sensoren und Aktoren zentral verwaltet

SEI-Tagung 2023

Christian Jacobsen
Jörn Plewka

Technikum-Elektronik

Helmholtz-Zentrum
hereon

Vortragsgliederung

Rückblick Boje, Zielsetzung
Anderes lokales Konzept, aber u.a. initialer Ideengeber

Mikrocontroler, Geräte und Erweiterungen
Was tun? Kaufen und nutzen, Firmware ersetzen, eigene Geräte bauen?

Firmware-Frage
FreeRTOS, Herstellerfirmware, Tasmota, esphome, was ist zielführend?

Automatisierung
Herausforderung: Zusammenbringen von Geräten und Protokollen, Updates

Darstellung und Auswertung
Mehrere Wege, unser Weg: Influx, Grafana und Co.

Standortvernetzung und Sicherheit
Funkmodems, Router, lokale Dienste, Datenaustausch, Embedded Linux...

Fazit und Ausblick

Rückblick - Zielsetzung Boje

Beim Update der Boje ging es seinerzeit darum, ein autonomes Messsystem zu betreiben:

- Sensoren und Aktoren mit verschiedenen Schnittstellen usw. am Messort erreichbar machen (eigentliche Mess-Sensorik, aber auch Housekeeping)
- Steuerung und Datenübertragung lokal ermöglichen
- Fernzugang ermöglichen
- Daten incl. Telemetrie auf zwei Wegen zum Zentrum übertragen
  1. Livedaten direkt versenden
  2. Messdaten über Dateien
- Gesicherte Infrastruktur für nicht vertrauenswürdige externe Geräte schaffen
- Darstellung und Auswertung anbieten (min. für Quicklook)

Helmholtz-Zentrum hereon

Zielsetzung: Einfaches Housekeeping

Die Boje brachte u.a. eine wesentliche Einschränkung mit, die bei den jetzt betrachteten Systemen eine viel kleinere Rolle spielt: Energie

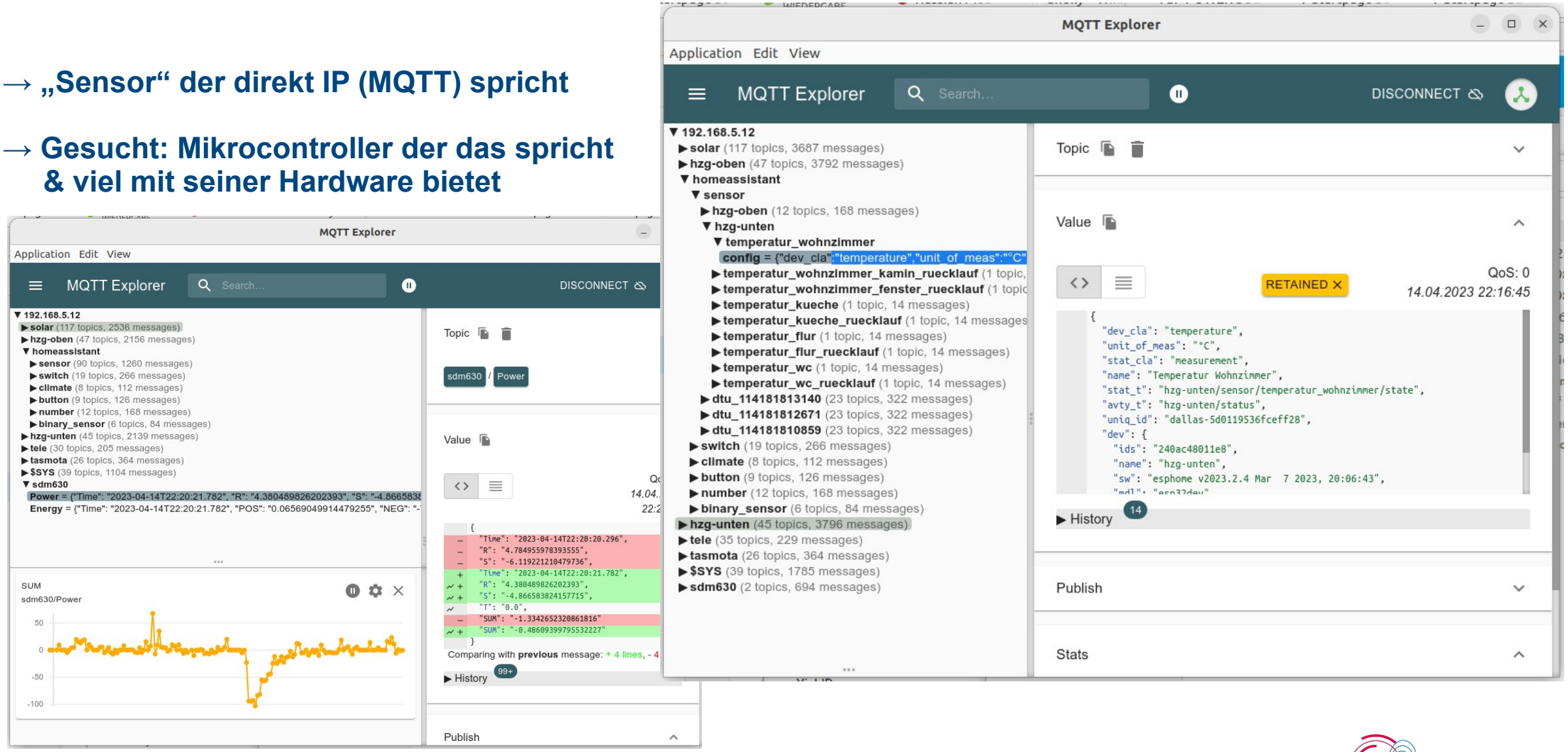
- Ziel: Einfache dezentrale Sensoren schnell verfügbar machen
- Außerhalb des Zentrums **weiterhin** Messstellen, die die Informationen von verschiedensten Geräten zusammentragen und als Einheit aus dem Zentrum sichtbar sind
- Es fiel auf, dass alles, was ab IP-Ebene schon funktionierte, bereits gut geeignet schien.
  → tendenziell leichtgewichtigere, aber mehr Teilnehmer

Mehr Geräte, bis hin zu mehreren PCs, die schon IP (z.B. MQTT) sprechen

MQTT als „Nachrichtendienst“

→ „Sensor“ der direkt IP (MQTT) spricht

→ Gesucht: Mikrocontroller der das spricht & viel mit seiner Hardware bietet

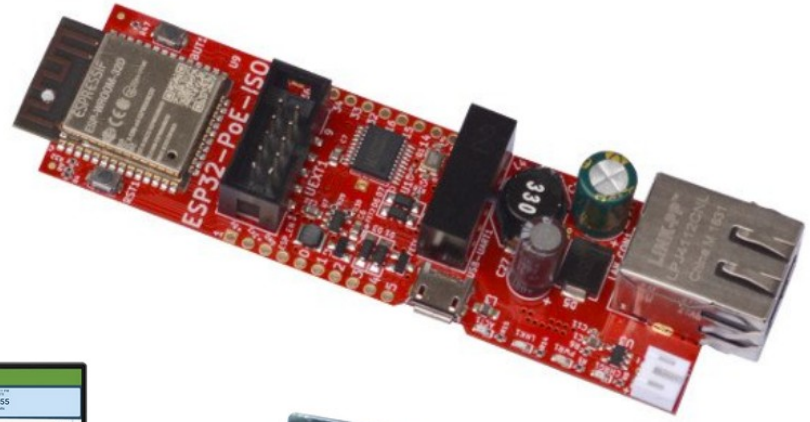


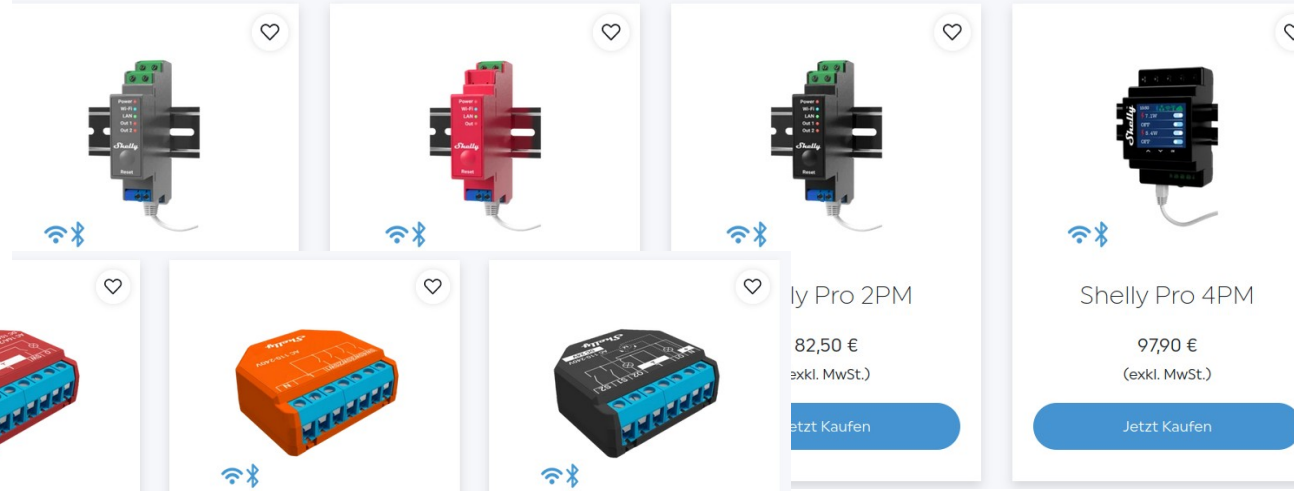
Helmholtz-Zentrum hereon

Geeigneter IOT-Mikrocontroller

- Mikrocontroller ESP32 ist die unterste Basis für das, was wir nun vortragen
- Platzhirsch, wenn WLAN, LAN und Bluetooth ins Spiel kommen.
- Offene Software und Arduino-Framework, umfangreiche Peripherie und Ressourcen bei geringem Preis usw. haben schnell hohe Verbreitung erzeugt.
- ESP32 wurde von Espressif Systems, einem chinesischen Unternehmen mit Sitz in Shanghai, entwickelt basiert auf einen Cadence-Core, wird von TSMC im 40-nm-Verfahren hergestellt und ist der Nachfolger des ESP8266-Mikrocontrollers

„Inkarnationen“ des ESP32 und ESP8266

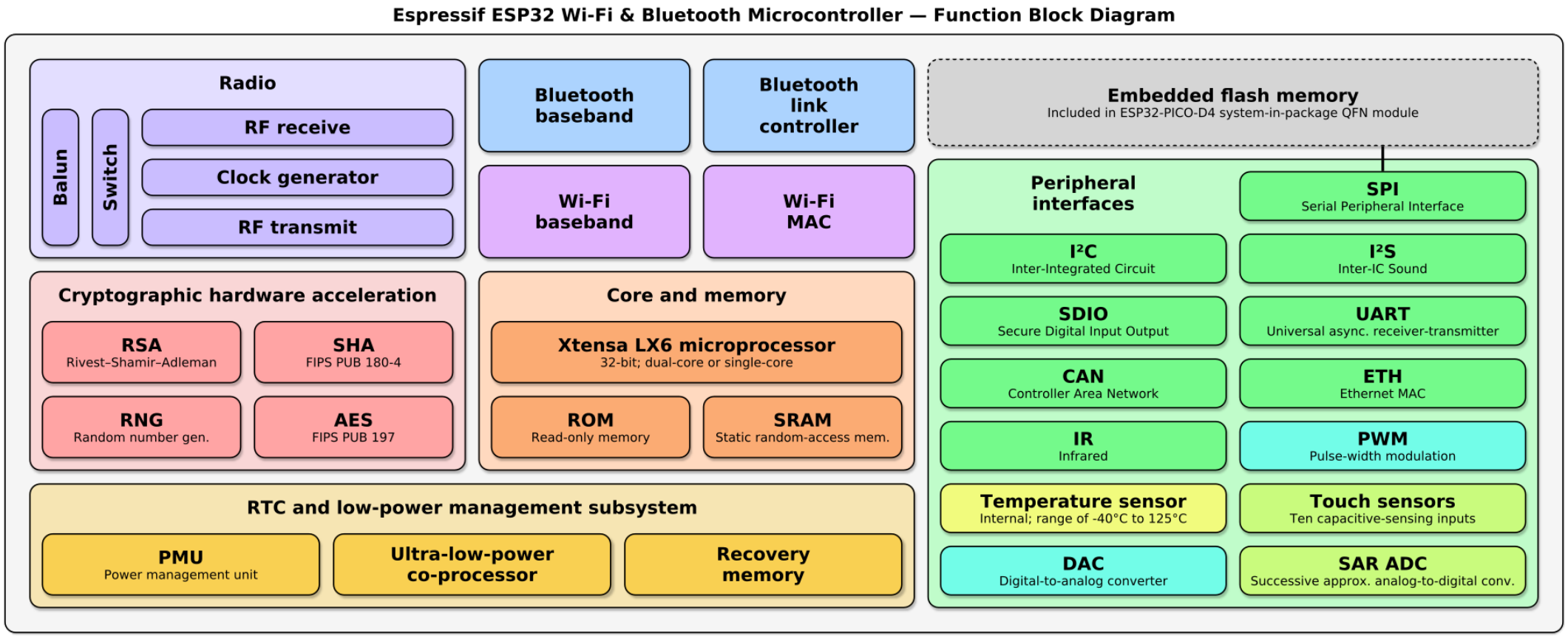




Helmholtz-Zentrum hereon

IOT-Mikrocontroller ESP32

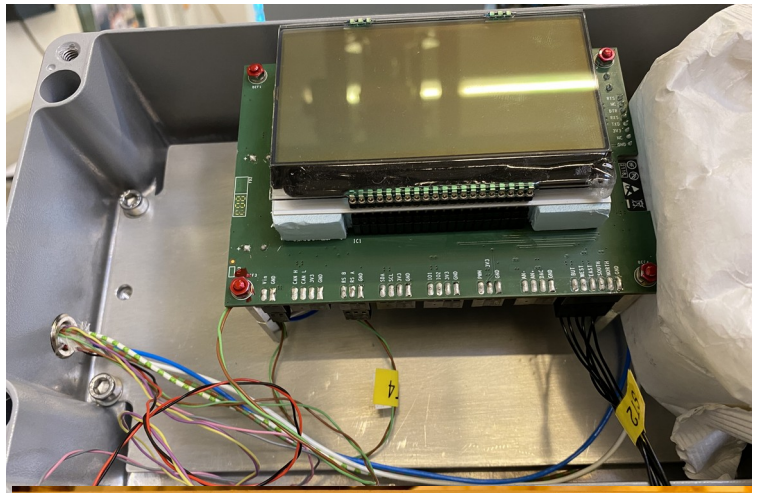
- Datenblatt zeigt noch mehr Fähigkeiten als Block-Diagramm
- „Feuerwerk“ an Funktionalität – ABER: u.a. recht wenige Pins

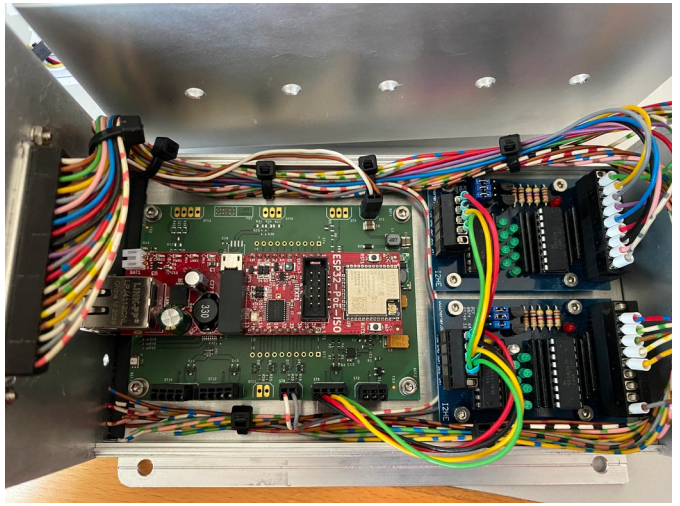


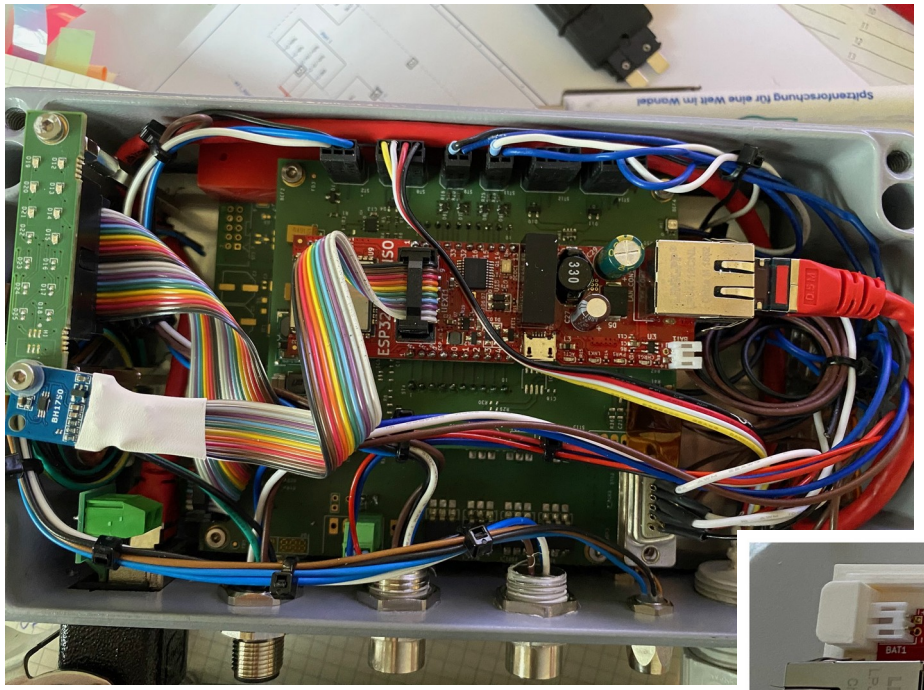
Helmholtz-Zentrum hereon

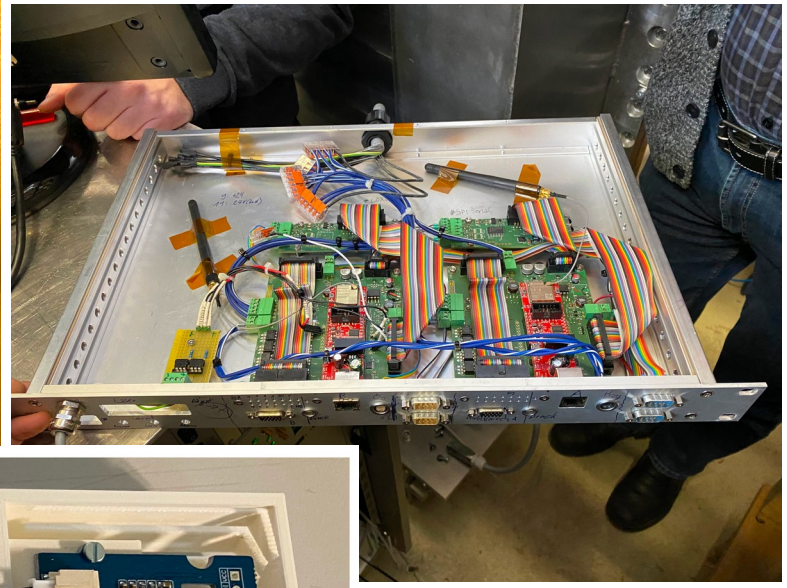
Eigene Hardware

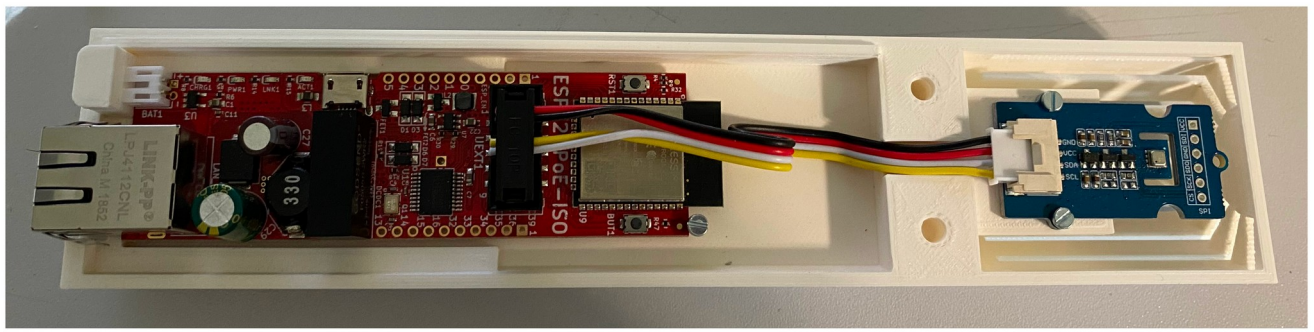
EvalBoard bzw.
direkt Prozessormodul
(teils Prototypen)









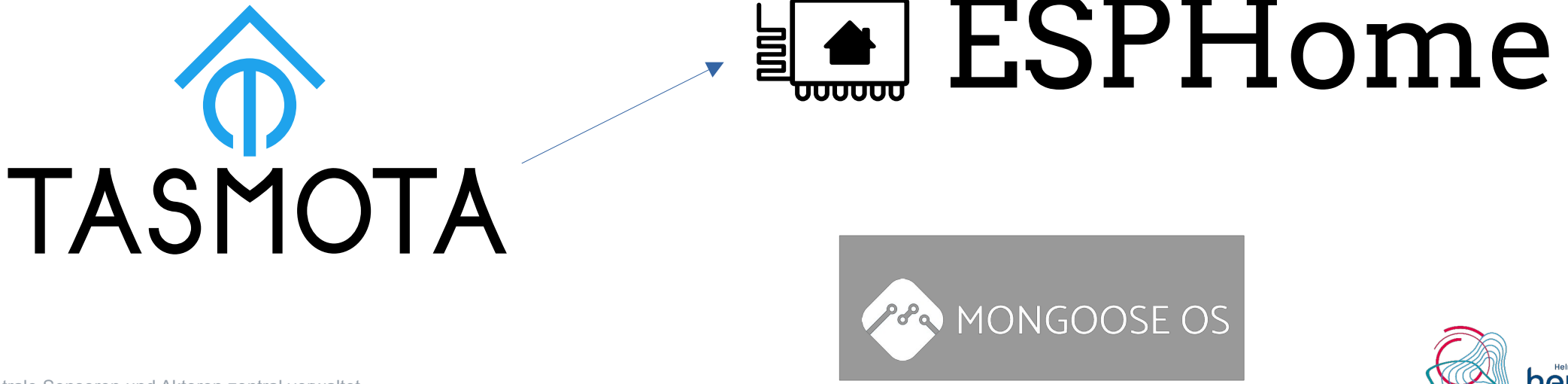


Helmholtz-Zentrum hereon

Firmware

„Raus aus der Cloud“:

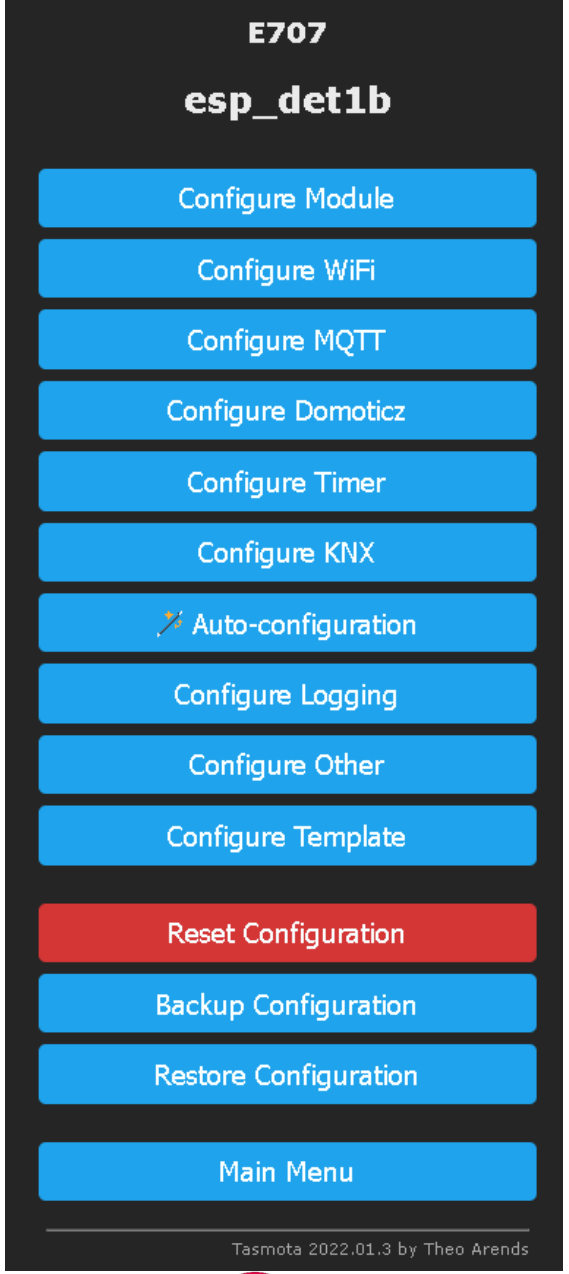
- Erzwungene Hersteller-Cloud (für uns) inakzeptabel
- Alternativen:
  Direkt - FreeRTOS IDF, Arduino
  Erweitert - Tasmota, espHome, (MongooseOS)
- Funktionalität von Tasmota und ESPHome sehr umfangreich, ausgereift, quelloffen
  Eigene Lösung viel Arbeit → es muss gute Gründe geben.

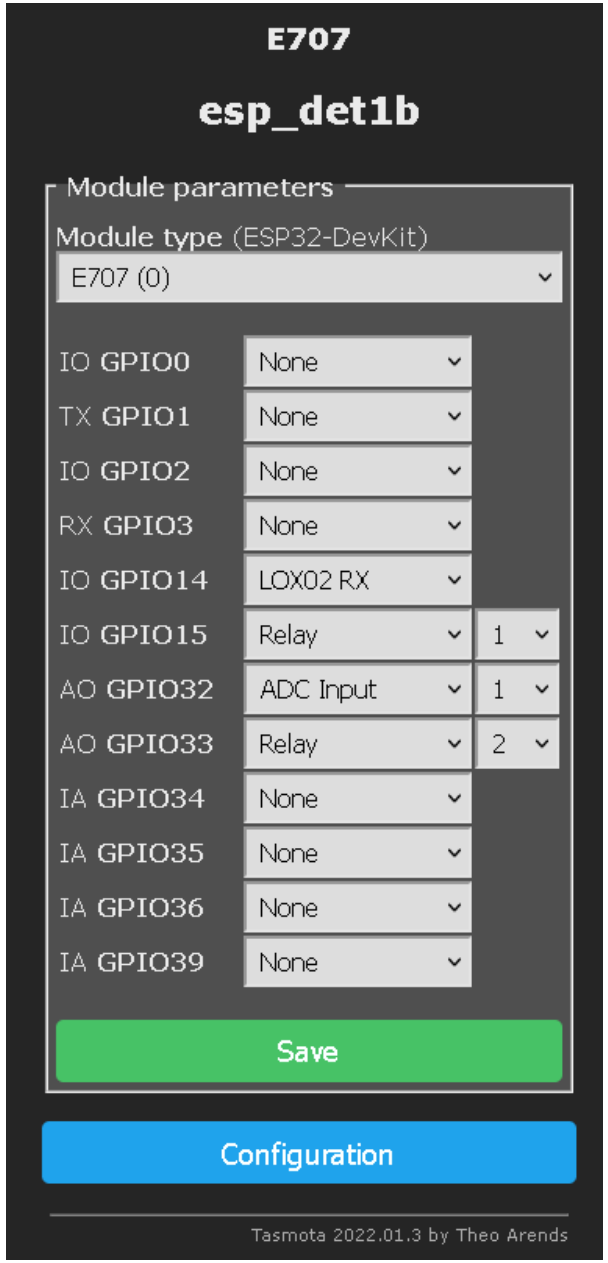


Firmware Tasmota

- Open Source Firmware für Espressif ESP8266, ESP32, ESP32-S oder ESP32-C3 Chipsatz basierte Geräte
- Ursprüngliches Ziel war es, ESP8266-basierte ITEAD-Sonoff-Geräte mit MQTT und "Over the Air"- oder OTA-Firmware auszustatten
- Abwandlung eines cloudgebundenen Sonoff Basic (eines der ersten günstigen und zugänglichen Smart-Home-Geräte auf dem Markt) in ein lokal gesteuertes Gerät, hat sich zu einem vollwertigen Ökosystem für praktisch jedes ESP8266-basierte Gerät entwickelt.
- Später kamen die neueren Prozessoren hinzu, ESP8266 hat starke Beschränkungen, weshalb der Umgang mit Speicher vor neuen Funktionen stand/steht.
- Idee ist eine einzige Firmware, die alles kann.

  → Bild: Geräte öffnen initial Accesspoint für Einstellungen - später auch per Webseite sowie MQTT, Konsole usw. möglich





Tasmota Anpassung

- Inzwischen als Platzgründen verschiedene Firmwareimages, mit verschiedenen funktionalen Gewichtungen
- Verschiedene Wege, über Webdienste bis hinunter zu #defines im Quellcode festlegen, welche Funktionalitäten in das individuelle Image eingebaut werden
- Funktionsumfang durch Vielzahl von Sensoren/Aktoren, Protokollen usw. schier "erdrückend"
- Arduino-Abstammung für Quellcode sehr hilfreich
- Möglichkeit, Änderungen selber einzubauen und in das Projekt aufnehmen zu lassen - Codestruktur macht es aber recht schwer Änderungen zu pflegen

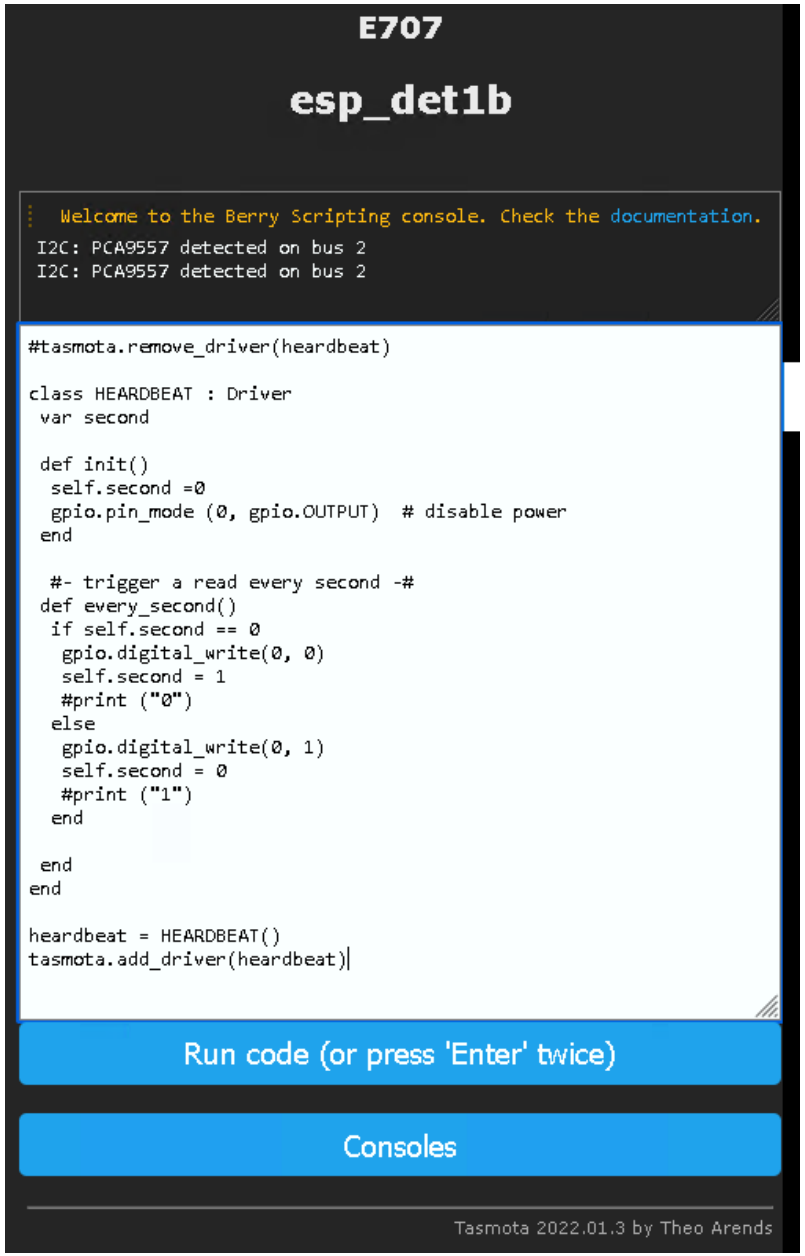
← Bild: Zuordnung von HW-Funktionen auf Basis von IO-Pins

Firmware Tasmota

- Images für ESP32 bieten sogar einen On-the-Fly Iterpreter/Compiler (Berry)

  → auf dem IOT-Gerät per Webseite sogar Treiber z.B. für Sensoren mit serieller Schnittstelle oder I2C schreiben, Daten verschicken oder Abläufe steuern

Bild: Berry lässt IO/LED als Heardbeat blinken →



Helmholtz-Zentrum hereon

Firmware ESPHome

- Die Beschreibung Homepage von ESPHome beschränkt sich auf einen Satz:

  "ESPHome ist ein System, mit dem Sie Ihren ESP8266/ESP32 durch einfache, aber leistungsfähige Konfigurationsdateien steuern und über Home Automation Systeme fernsteuern können."

- nach Bedarf auch Darstellung einfacher Webseite, aber **nicht zur Konfiguration**

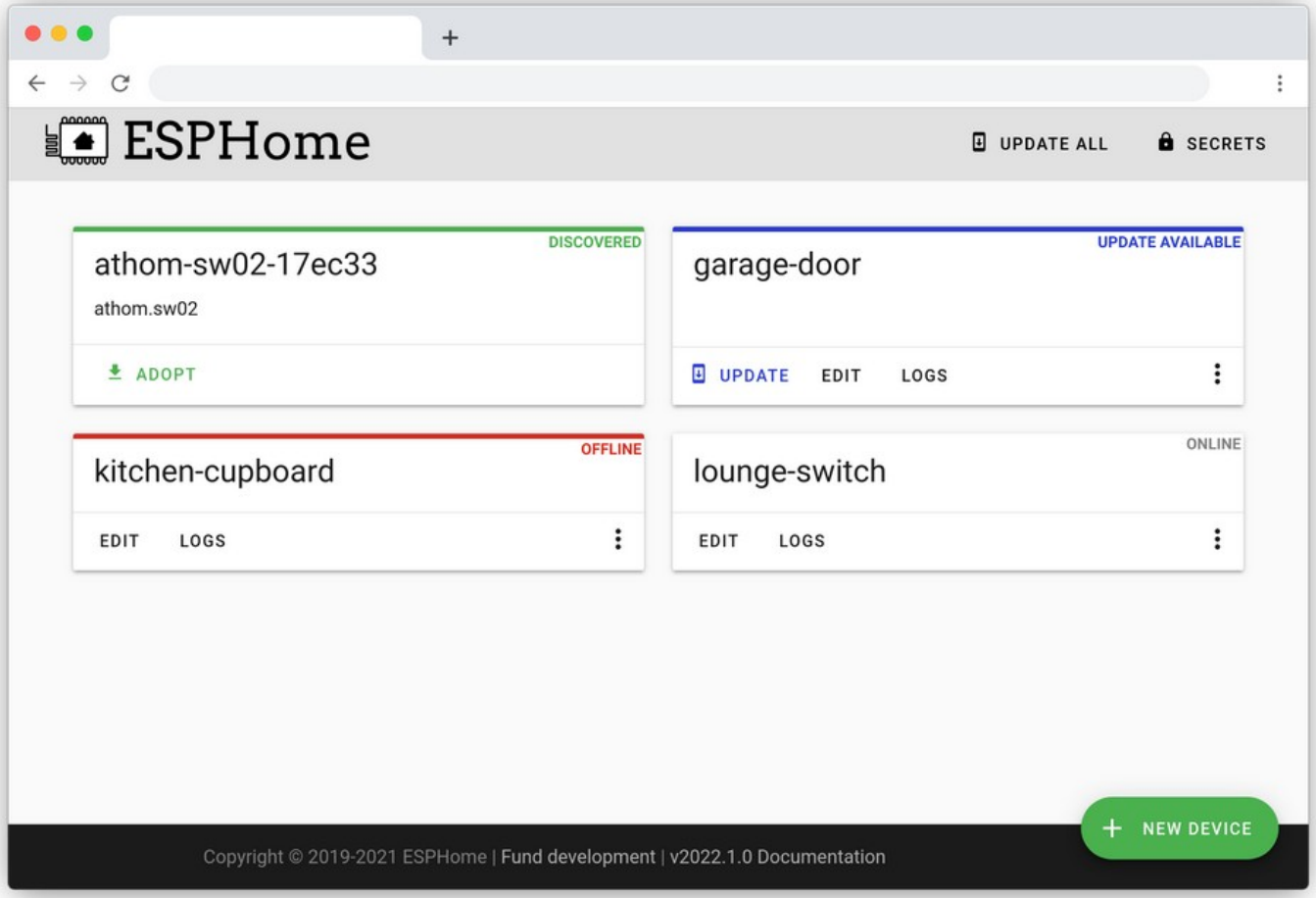
- Ausrichtung auf **unterste Ebene einer größeren Automatisierung**

- Firmware nutzt bei den Konfigurationsdateien den "Look-and-Feel" von Home-Assistant und bringt ebenfalls eine Integration zu HomeAssistant mit

Helmholtz-Zentrum hereon

Verwaltung ESPHome

- keine "Default-Images", die auf mehrere Geräte gespielt werden...incl. der initialen Firmware
- Konfiguration per yaml-Beschreibung - wird erst "komponiert" und dann individuell für jedes Gerät kompiliert und über ein serielles Kabel (direkt am Server, oder mit Serial Redirect per Chrome) oder online aufgespielt
- ESPHome-Serverdienst baut tatsächlich für **jeden Client einzeln** die Firmware!



→ Bild: Verwaltungsdienst mit ganz anderer Ausrichtung als bei TasmoAdmin u.a. mit Key-Management

Helmholtz-Zentrum hereon

Hardware/Firmware Fazit

- Geräte mit Standardfunktionalität nutzen:
  Tasmota wohl gut gut geeignet, auch das Closed-Source-System von Shelly (MoongoseOS) ist ggf. direkt geeignet und benötigt nicht zwingend Shellys Cloud-Verbindung

- Eigene oder Geräte anpassen und miteinander verbinden:
  Tasmota schwergewichtiger, ESPHome leichtgewichtiger und eleganter

- Wer die Prinzipien moderner Softwareentwicklung schätzt, wird eher mehr Freude durch Eleganz mit ESPHome erfahren.

- Sobald das Gerät MQTT spricht, ist der Weg für alles frei!

Übergeordnete Automatisierung

- Was erwartet man von so einem System für unser Housekeeping?

  Vergleich von HomeAssistant, IoBroker, openHAB, FHEM, openWallbox usw. → Internet

  HomeAssistant: 2019 das zehntgrößte Opensource-Projekt mit >63000 Mitwirkenden, hohe Veränderungsrate, stabiles Fundament

- Technologisch, vom Anwender verborgen:
  Virtual Appliance aus Docker-Containern, eigenes Image für RaspberryPi

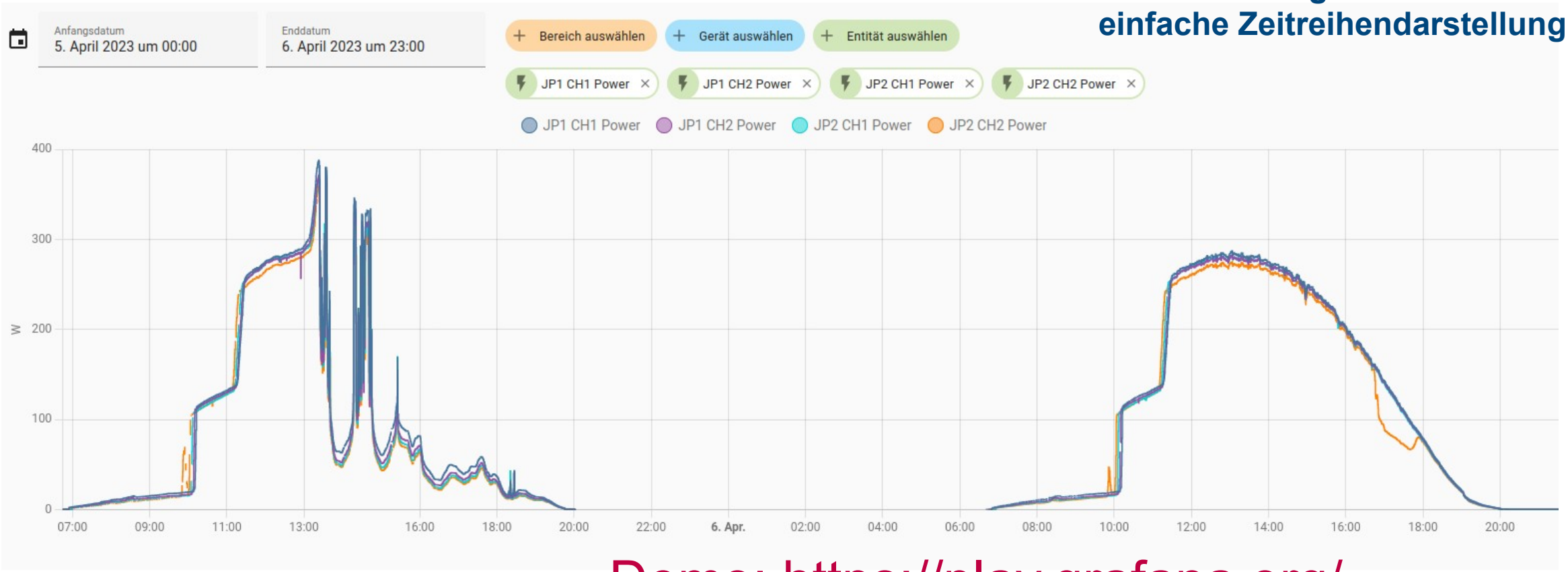
- Fokus zwar nicht auf Industrieanwendungen, aber:
  - vorherrschende Programmiersprache ist Python
  - Integration völlig verschiedener Systeme mit unterschiedlichen Bussen, Protokollen

Demo: https://demo.home-assistant.io

HA und Datendarstellung

HomeAssistant als Blackbox gedacht:
Basisdienst kann viele Subdienste integrieren, auch Grafana zur Darstellung.

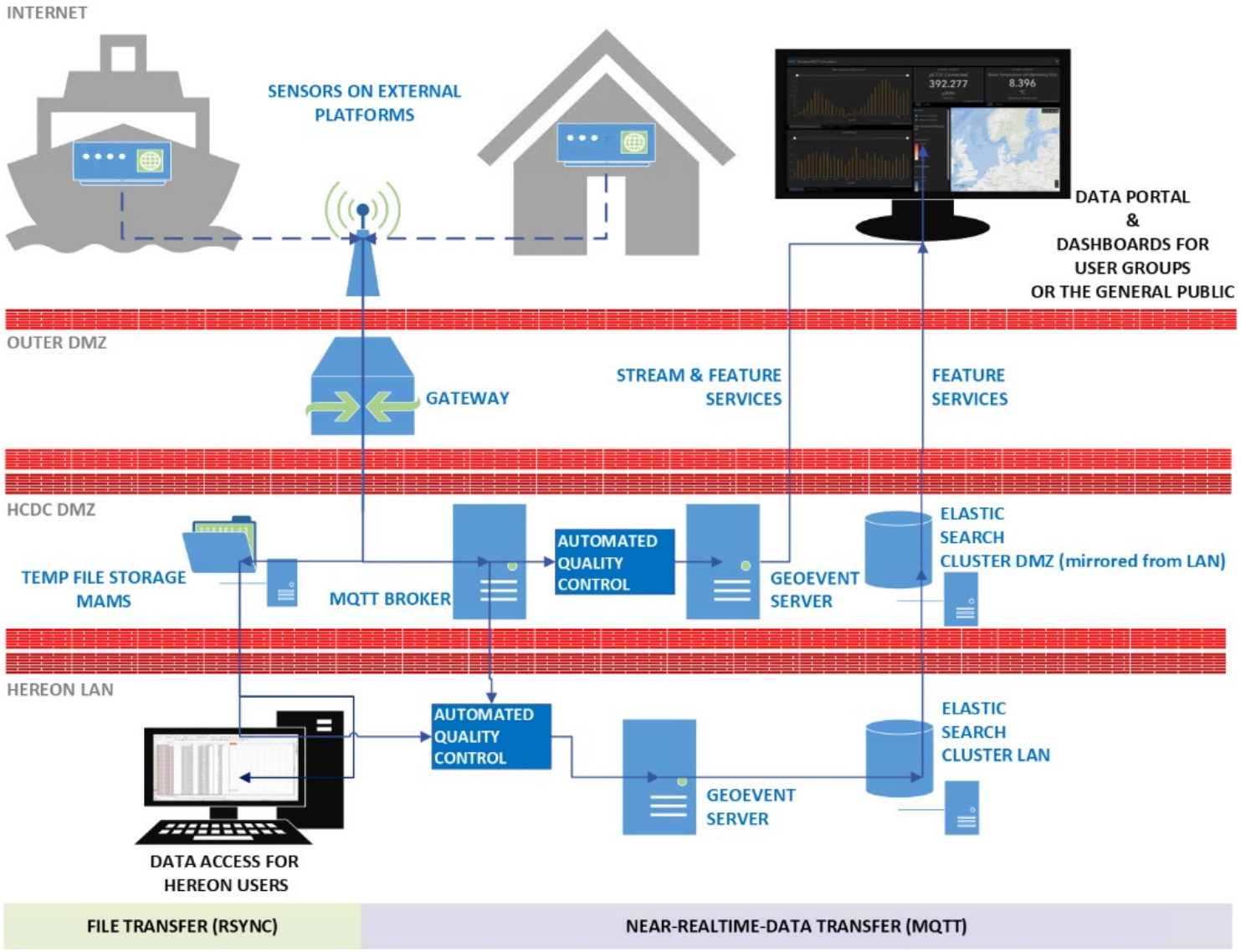
Bild im Hintergrund:
einfache Zeitreihendarstellung in HA



Demo: https://play.grafana.org/

Helmholtz-Zentrum hereon

Scientific Sensor Data Flow (HCDC-Team)



Das Bild zeigt die Datenflüsse von wissenschaftlichen Daten ins Hereon.

Die Sensoren in den Außenstellen werden durch „HELMI“ angebunden (→ nächste Folie).

Der wissenschaftliche Fokus liegt auf Geo-Position, unserer eher auf Zeitserien.

Wir bieten eher Monitoring von Housekeeping an und verzweigen beim MQTT-Cluster z.B. auf Grafana

Helmholtz-Zentrum hereon

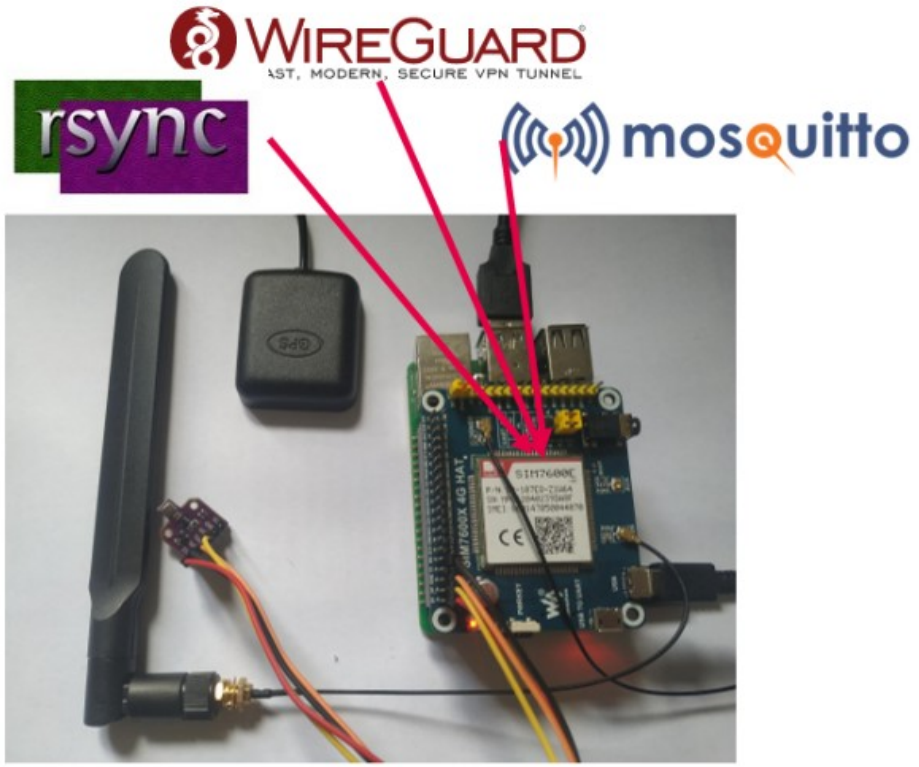
„Helmi“ - Zugangspunkt in den Außenstellen

Zugangspunkte mit zwei Varianten, einmal als Plug-and-Play Hardware mit Embedded Linux und einmal als Software – mit dem Standard-Router.
→ Ganz frisch: auch ESPHome spricht WireGuard

HELMI

https://www.phytec.de/fileadmin/phytec_base/pdfs/flyer/phyGATE-Tauri.pdf, accessed 2021/06/17

HELMI light



© Hereon/Joost Hemmen

Helmholtz-Zentrum hereon

Danke für die Aufmerksamkeit und fürs Fragen stellen!

Ausblick

Weiter schnell wachsende Nachfrage durch kurze Bereitstellungszeit u.a. für Energiemessung...

Helmholtz-Zentrum hereon