

Java User Group Ingolstadt e.V.

Die eigene Energiewende unter Kontrolle

mit IoT Devices,
Balkonkraftwerk,
Java und Cloud

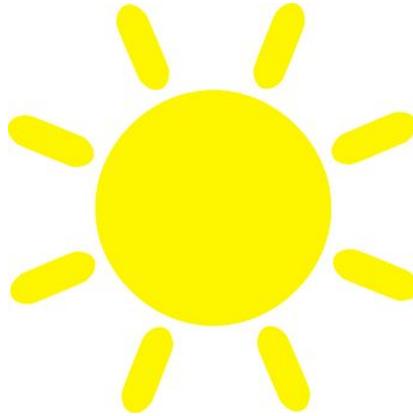


v20230112



linkedin.com/in/jochen-bürkle-ab694720

Frohes neues Jahr 2023!



Umsatzsteuer auf Solaranlagen seit 1.1. 0%

Disclaimer

Die Informationen mit Bezug auf Gesetze und Normen in dieser Präsentation wurden sorgfältig recherchiert und nach bestem Wissen und Gewissen zusammengetragen.

Für die rechtliche Korrektheit kann ich allerdings keine Gewähr geben.

Die Inhalte sollen in keiner Weise Werbung für Produkte oder bestimmte Firmen sein. Es bezieht sich alles auf meine konkreten Erfahrungen, die ich mit Euch teilen möchte.

*“Messen was messbar ist -
messbar machen, was nicht messbar ist”*

Galileo Galilei, 1564 - 1641 jul. / 1642 greg.

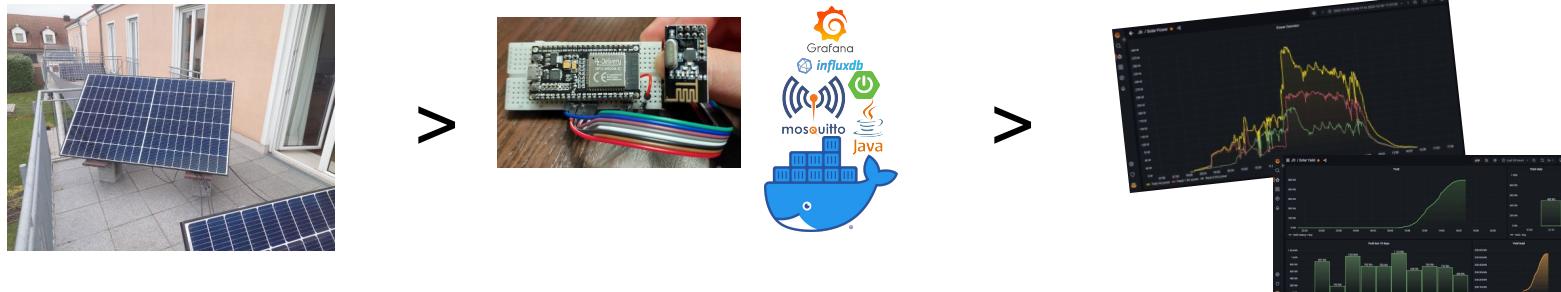
Agenda

Die eigene Energiewende unter Kontrolle bringen, durch

1. Stromverbrauch einfach messbar machen und in Echtzeit visualisieren



2. Strom selbst erzeugen, einfach messbar machen und in Echtzeit visualisieren

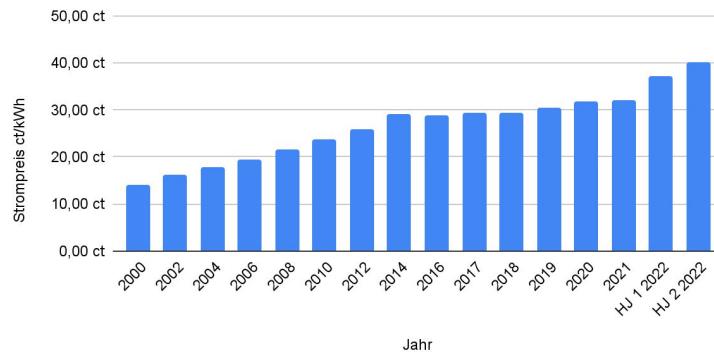


Motivation / Ausgangslage

- Der Wille zum Energiesparen dürfte bei den meisten da sein:
 - Klimakrise
 - Immer weiter steigende Strompreise

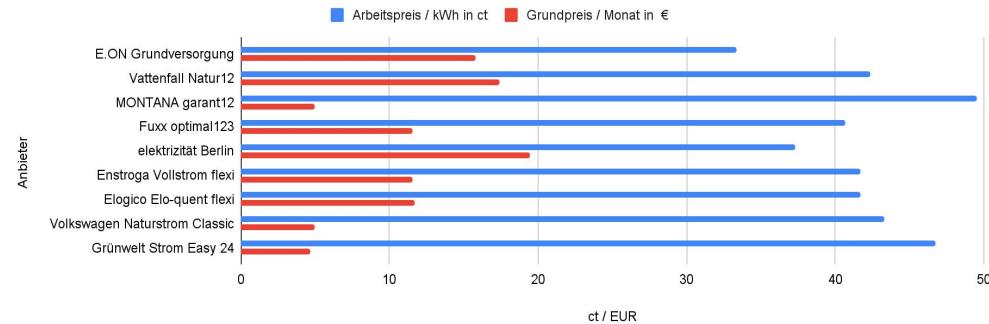
Strompreis ct/kWh und Jahr

Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Dezember 2022



Arbeitspreis / kWh in ct und Grundpreis / Monat in €

Quelle: check24.de 01.01.2023



- Aber: wenn dann alle Glühbirnen durch LED ersetzt sind, was tun?

Stromverbrauch analysieren - old school

- Regelmäßig zum Stromzähler gehen und den Zählerstand erfassen



- In Spreadsheet eintragen
- Nachdenken, was man so an Verbrauchern laufen gelassen hat

>> Auflösung miserabel, Rückschlüsse auf Verbraucher kaum möglich

>> Immerhin kann man einen täglichen Durchschnittsverbrauch ausrechnen

Stromverbrauch analysieren - more advanced

Energiekostenmessgerät



- Zwischenschaltbar bei allen Geräten mit (Schuko-) Stecker
- Zeigt in der Regel
 - aktuelle Leistungsaufnahmen in Watt
 - Kumulierte Leistungsaufnahme in kWh
 - Kosten auf Basis eines Arbeitspreises pro kWh
 - Theoretische Hochrechnungen: Tag, Monat, Jahr

>> Sehr hilfreich, sich Verbräuche pro Gerät bewusst zu machen

Beispiele:

- Waschmaschine, Baumwolle 30°C Ökomodus, etwa 3h: 0,552 kWh
- Wasserkocher 1800W, etwa 3 Minuten: 0,147 kWh
- Fernseher LED 75", 1h 0,084 kWh

>> Nur punktuell, nur Geräte mit Stecker, kein Verlauf

Smart-Meter Rollout seit 2016

“Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende”, GDEW 2016

Ziele:

- Transparenz und Stromsparen
- Genauere und bequemere Abrechnung

Ermöglicht durch den Rollout von “Intelligenten Messsystem”

>> Austausch aller analogen durch digitale Stromzähler bis 2032



- Der Austausch erfolgt u.U. kostenlos
- Erfolgte bei mir ohne Aufforderung

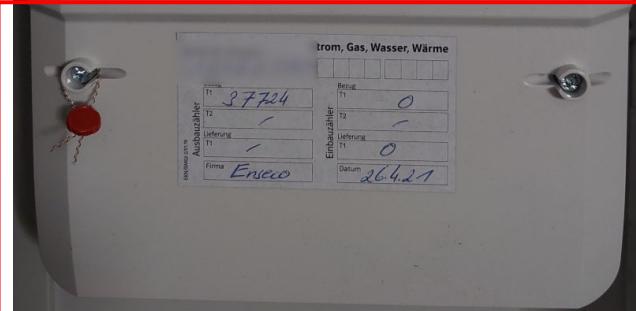
Details “Intelligente Messsysteme”

Intelligentes Messsystem (Smart Meter) = Moderne Messeinrichtung “mmE” + Smart Meter Gateway



Moderne Messeinrichtung “mmE”

- Digitaler Stromzähler, idR Zweirichtungszähler
 - Verbrauch 1.8.0
 - Einspeisung 2.8.0
- erweiterte Funktionen (PIN Benötigt)
 - Aktuelle Leistungsaufnahme
 - Wochen-, Monats-, Jahresverbrauch
- Keine Kommunikation zum Netzbetreiber



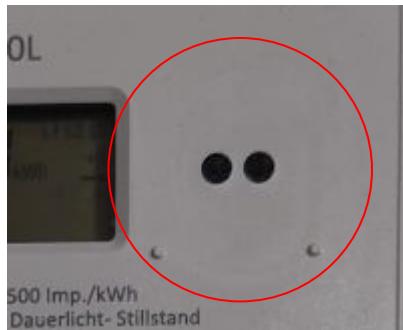
Smart Meter Gateway

- Kommunikationseinheit zum Netzbetreiber
- Gesicherte (und verplombte) Schnittstelle
- Separate Freischaltung (teuer)

Moderne Messeinrichtung

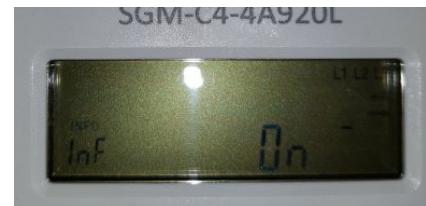
Für alle Daten, die über die Zählerstände Verbrauch und Einspeisung hinausgehen, wird eine PIN benötigt.
Diese kann vom Netzbetreiber bezogen werden.

<https://www.bayernwerk-netz.de/de/energie-service/messstellenbetrieb/pin-prozess.html>



Die modernen Messeinrichtungen haben eine Infrarot-Datenschnittstelle über die Messdaten ausgelesen werden können.

Zur Übertragung aller Daten muss ggf. das Untermenü “Inf” aktiviert werden.



Daten über die IR-Schnittstelle auslesen

Es gibt verschiedenste Lösungen, die Daten auszulesen

- Platinenlayouts zum herunterladen, alles selbst löten bis hin zum
- fertigen Lesekopf mit USB Anschluss

Ich habe mich für den Hichi-Lesekopf entschieden:

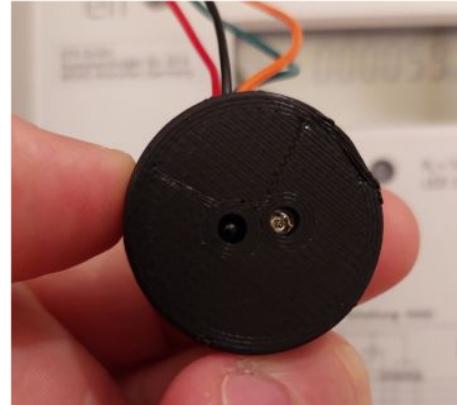
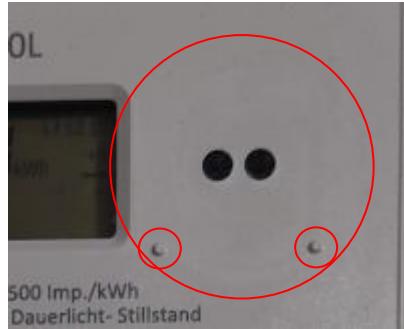
- Platine mit Elektronik und Lötpads für die Kabel
- Gehäuse mit Ringmagnet
- 4 Kontakte:
 - 3,3-5V, GND, Tx, Rx



The screenshot shows a product listing for a "ttl ir lesekopf lese-schreib-Kopf EHZ Volkszähler original-Hichi Smartmeter". The product image is a black cylindrical device labeled "-Hichi-". To its left is a smaller image showing a TTL connection. The price is listed as EUR 18,90. A red banner indicates a "Bis 7% sparen mit Multi-Rabatt" (Up to 7% save with Multi-Rabatt). Below the price, it says "Sofort-Kaufen" (Buy now) and "+EUR 1,55 Versand" (Shipping +EUR 1,55). It also mentions "Verkäufer zahlt Rückversand" (Seller pays return shipping). At the bottom, there's a link "Anzeige".

Anbringung Hichi-Sensor an der mmE

- Stromzähler unterstützen die Anbringung des Lesekopfs mittels Magnet
- Hichi-Sensor wird mit eingebautem Ringmagnet ausgeliefert
- Zwei Zapfen helfen der korrekten Anbringung



Sollte der Sensor wider Erwarten keine Daten liefern, einfach mal um 180° drehen

Microcontroller zur Verarbeitung der Sensordaten

Zur Verarbeitung von Sensorsignalen eignen sich die Espressif-Microcontroller ESP8266 und ESP32 hervorragend:

- viele Bussysteme
- Wifi-fähig
- geringer Stromverbrauch
- günstig (~ 10 €)
- verfügbar!

		
MCU	ESP8266 12F	ESP32 NodeMCU WROOM32
Taktfrequenz	80MHz / 160MHz	80MHz / 240MHz
RAM	Instr 32kB, Data 96kB	512kB
Ext Flash	4MB	4MB
GPIO	17, ADC 1, UART 2	34
Schnittstellen	SPI, I ² C, I ² S, UART	SPI, I ² C, I ² S, CAN, UART
WiFi Protokolle	802.11bgn	802.11bgn, 150Mbps max
Bluetooth	-	4.2 Classic, BLE

Tasmota - Open Source Firmware für ESPx

Open Source Firmware für ESP8266 / ESP32

- Einfache Konfiguration via Web UI
- Over the Updates möglich
- Automatisierung mittels Timer oder Regeln möglich
- Vollkommen lokale (!) Kontrolle
- Unterstützt MQTT, HTTP, Serielle Kommunikation, KNX



<https://github.com/arendst/Tasmota>

19k Stars 4,2k Forks

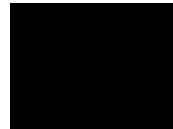
Tasmota für Stromzähler

- Tasmota bietet einen optionalen Treiber für digitale Stromzähler, das “Smart Meter Interface” (SMI)
<https://tasmota.github.io/docs/Smart-Meter-Interface/>
- SMI extrahiert bestimmte Werte von Smart Meters über bestimmte Protokolle, filtert und publishes sie über MQTT als reguläre Sensoren
- Das SMI-Feature ist im Standardumfang nicht enthalten, kann aber einfach über das `user_config_override.h` Headerfile hinzugefügt werden.

```
#ifndef USE_SCRIPT
#define USE_SCRIPT
#endif
#ifndef USE_SML_M
#define USE_SML_M
#endif
#ifndef USE_RULES
#define USE_RULES
#endif
```

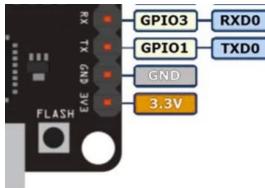
- Bau- und flashbar mittels PlatformIO

<https://platformio.org/>

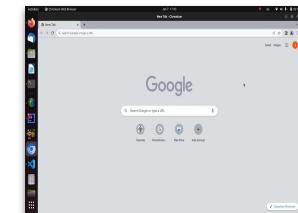


Tasmota für Stromzähler einrichten

- In das Ziel-Drahtlosnetzwerk einbinden
- Konsole einrichten für konkreten Stromzähler
 - Stromzähler auswählen, bspw.
<https://tasmota.github.io/docs/Smart-Meter-Interface/#efr-sqm-c2c4-sm>
 - Skript kopieren
 - In Tasmota-Konsole einfügen, aktivieren nicht vergessen!
- Hichi-Sensor an ESP8266 anschließen



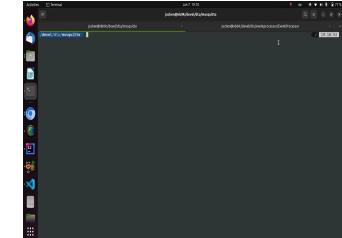
- Telemetrie-Period auf kleineres Intervall anpassen
 - TelePeriod 10 für 10 Sekunden



MQTT

- Offenes Netzwerkprotokoll für Machine-to-Machine Kommunikation
- Große Verbreitung in Internet Of Things (IoT) Anwendungen
- Klassische Messaging-Architektur
 - Zentraler Broker
 - Publish-Subscribe via Topics
- Topics müssen vor Gebrauch nicht existieren
- Broker-Implementierungen (Auszug)
 - HiveMQ, ActiveMQ, Eclipse Mosquitto
- Standard-Ports: 1883, 8883 (TLS)

>>> Tasmota unterstützt (natürlich) MQTT



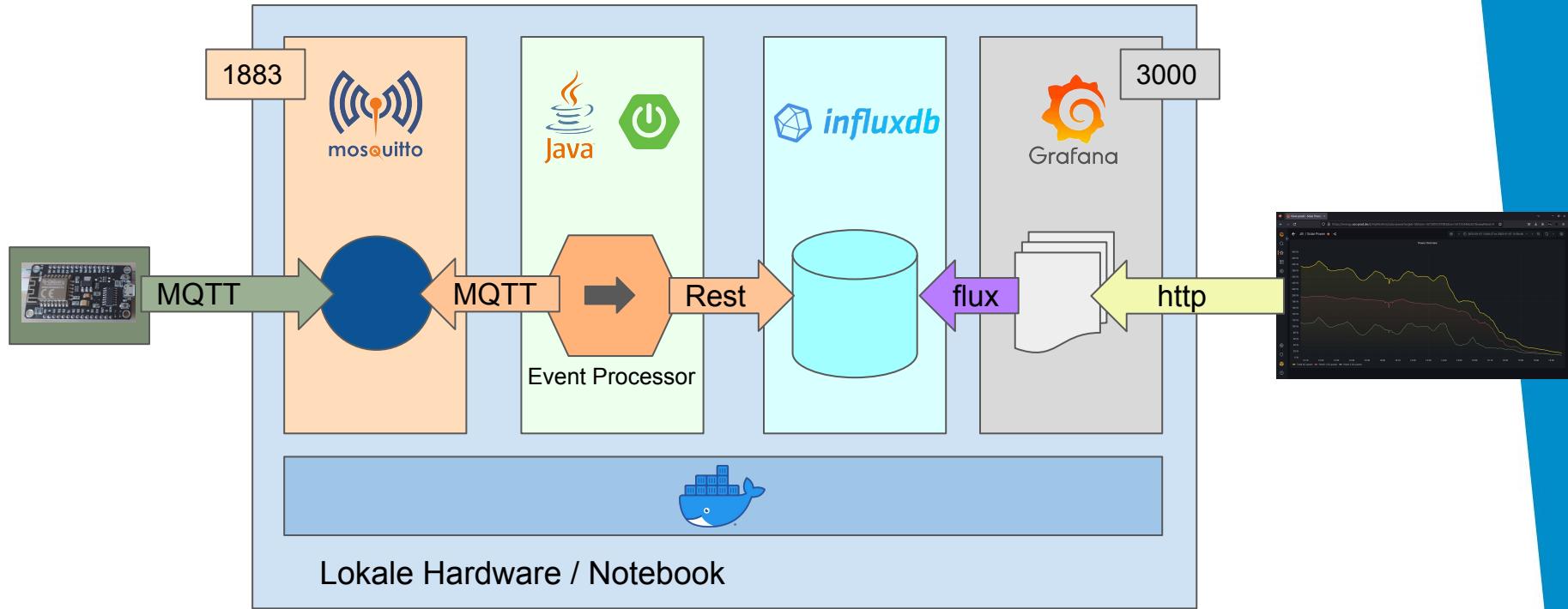
Zeit zu visualisieren

Anforderungen

- Darstellung der Stromzählerdaten über Zeit
- Nahe-Echtzeit-Pegel- und -Balkendiagramme
- Balkendiagramm für kumulierte Verbräuche

- Dashboards: Grafana 
Grafana
- Timeseries-DB: InfluxDB 2.x  **influxdb**
- MQTT Broker: Eclipse Mosquitto 
mosquitto
- Containerisierung: Docker 

Architektur - Lokal



Eventprocessor

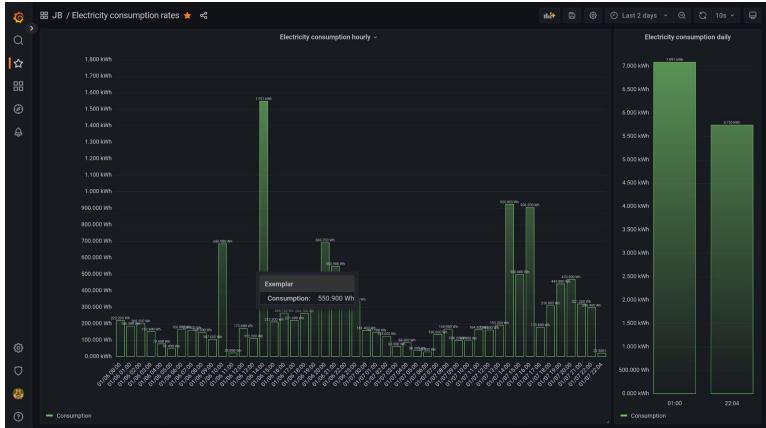
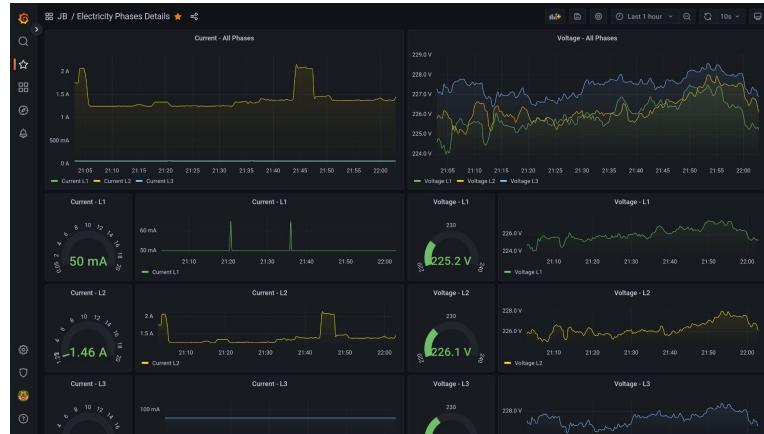
Bindeglied, das die Rohdaten in Echtzeit

- aus den MQTT-Topics ausliest
 - Tasmota-Json-Nachrichten in Influxdb2 Datensätze umwandelt
 - Rest-Call für den Insert zu Influx durchführt
-
- ❖ Java 17
 - ❖ Spring Boot 2.7.5
 - ❖ Eclipse Paho MQTTv3, MQTT Client Library
 - ❖ Jackson für JSON-Verarbeitung

Eventprocessor - Sensordatenverarbeitung



Hallo Datenkino - Adieu Spreadsheet



- Alle Daten in Echtzeit (10s Raster)
- Momentanverbrauch auf 1 Watt genau
- Zählerstände beliebig kumulierbar
- Alle in Flux vorhandene Statistikfunktionen können angewendet werden

Umzug in die Cloud

- Softwarestack lief in der Startphase 24/7 auf einem Notebook
- Leistungsaufnahme 3W - 15W

Angestrebte Lösung:

- Umzug in eine Public Cloud
- Keine bis minimale Kosten

Realisierte Lösung: Google Cloud Free Tier

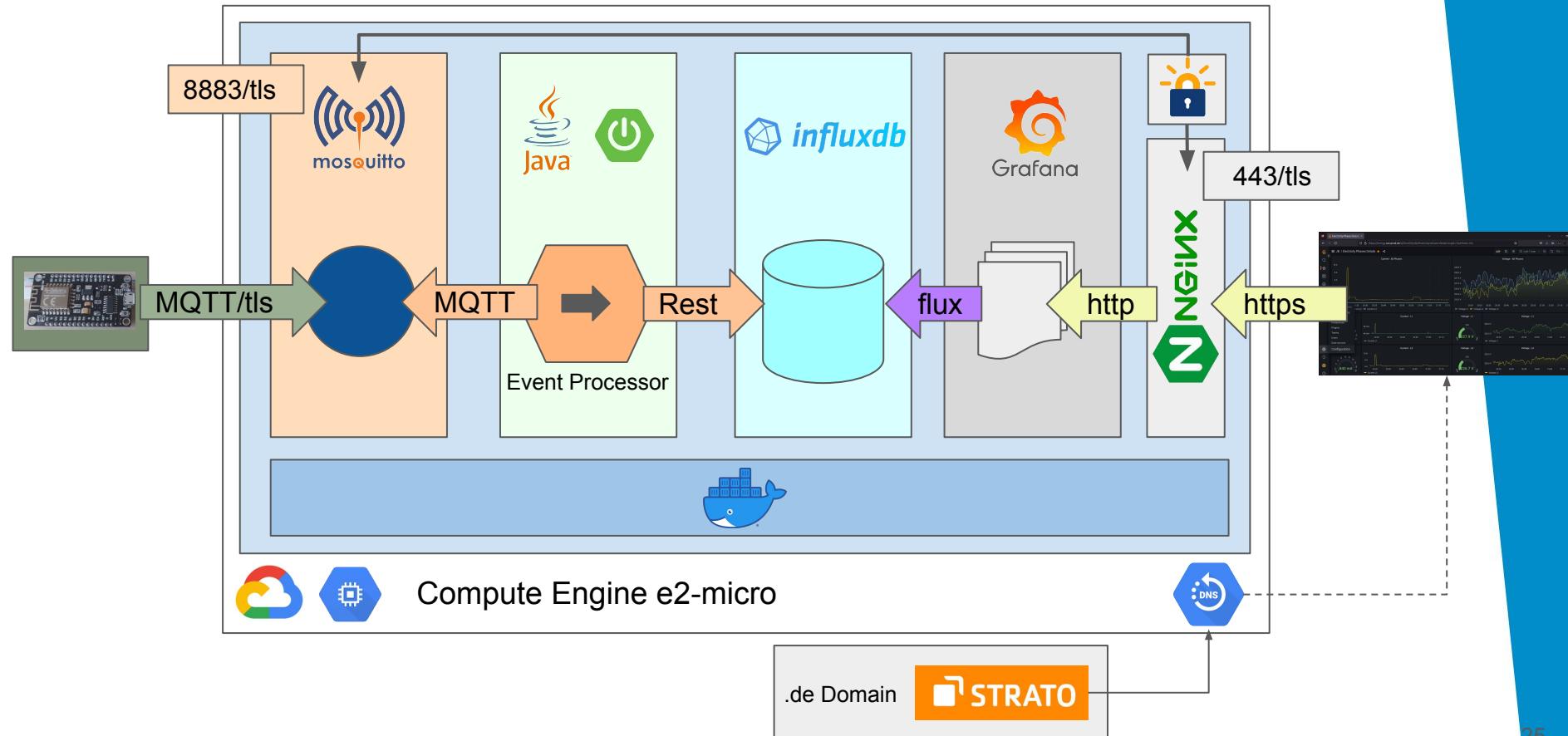


<https://cloud.google.com/free/docs/free-cloud-features>

Umfasst dauerhaft kostenlos:

- e2-micro VM in us-east1 (US, South Carolina)
 - 2 vCPUs, 1 GiB RAM
 - 30 GB Persistent Disk
 - 1 GB Netzwerk-Egress

Architektur - Cloud



Änderungen für die Cloud

- Verwendung einer .de-Domain
 - Weiterleitung NS auf Google Cloud DNS (> Einrichtung)
 - notwendig für Let's Encrypt TLS-Zertifikat
- Verwendung von Let's Encrypt TLS-Zertifikate
 - Manueller Prozess mit Certbot, DNS Challenge
- Härtung Mosquitto
 - Zugriffe nur noch mit Username/Passwort
 - Zugriffe über TLS verschlüsselt (Let's Encrypt Zertifikat)
 - Portänderung 1883 >> 8883
- nginx als Reverse Proxy für Grafana
 - TLS-Terminierung (Let's Encrypt Zertifikat)

Änderungen für die Cloud - Enable TLS auf Tasmota

Um MQTT über TLS auf Tasmota zu ermöglichen, muss das Firmware-Image mit entsprechenden Parametern erneut gebaut und geflashed werden.

Einfach unter den Smartmeter-Statements platzieren:

```
#ifndef USE_MQTT_TLS
#define USE_MQTT_TLS
#define MQTT_TLS_ENABLED      true
#define USE_MQTT_TLS_CA_CERT
#define MQTT_PORT              8883
#endif
```

- + build
- + flash

Mini-Photovoltaikanlagen



Energieerzeugung auf dem Balkon

Um den Energieeinkauf noch weiter zu minimieren, gibt es in Deutschland seit 2019 die Möglichkeit, kleine Solaranlagen bis 600W zu betreiben.

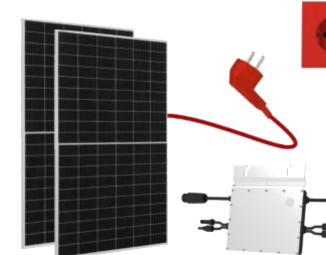
- Nur zum Eigenverbrauch
- Keine Einspeisevergütung



Aus eigener Erfahrung rechne ich mit einer Erzeugungsleistung von etwa 500 kWh p.a.

Was sind Balkonkraftwerke?

- Unter verschiedenen Namen bekannt
 - Balkonkraftwerk, Balkonsolaranlage
 - Steckerfertige Photovoltaik-Anlage
 - MiniPV, MicroPV
 - Guerilla-PV
- Stromerzeugungsgeräte, in der Regel bestehend aus
 - 1-2 Solarpanels
 - 1 Mikrowechselrichter/Microinverter
 - Steckerfertig mit Schuko- oder Einspeisestecker
- Speisen die erzeugte Energie über die Steckdose ins Haus-/Stromnetz ein



Quelle: alpha-solar.info

Gesetzliche Grundlagen / Normen

- “EU-Richtlinie 2016/631 zur Festlegung eines Netzkodex mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger“ vom 14. April 2016
 - Stromerzeugungsanlagen < 800W gelten als nicht signifikant
 - Anlagen < 800W sind von den Regelungen ausgenommen:

“Änderungen ergeben sich vor allem bei den Klein- und Kleinstanlagen. Nach dem Netzkodex müssen alle Stromerzeugungsanlagen des Typs A über eine fernwirktechnische Schnittstelle verfügen, die es ermöglicht, die Wirkleistungsabgabe innerhalb von fünf Sekunden zu beenden. Kleinstanlagen mit einer Maximalkapazität <0,8 kW unterliegen nicht der Verordnung und den entsprechenden Anforderungen.”

<https://www.clearingstelle-eeq-kwkg.de/gesetz/3245>

- “E DIN VDE 0100-551 VDE 0100-551”, vom Dezember 2018
Seit 2019 erlaubt der VDE “steckerfertige PV-Anlagen” bis 600W
 - weiterhin teils unverständliche technische und bürokratische Hürden

Radikale Kehrtwende beim VDE - 11.01.2023

Der VDE hat am 11.01.2023 ein Positionspapier veröffentlicht, das bezüglich der Regulierung von Balkonkraftwerken eine komplette Kehrtwende hin zu vereinfachten, vernünftigen und EU-konformen Regeln bedeutet:

- **Erhöhung der Erzeugungsleistung auf 800 Watt**
 - Entsprechend der Bagatellgrenze aus der EU-Norm
- **Balkonkraftwerke dürfen an jedem Zählertyp verwendet werden**
 - Egal ob digital oder analog, sogar rückwärts drehende erlaubt
- **Schuko-Stecker wird für die Einspeisung bis 800 Watt geduldet**
 - Ein Austausch des Leistungsschutzschalters wird nunmehr lediglich empfohlen
- **Vereinfachte Anmeldung und Inbetriebsetzung**
 - Es soll ein einfaches Melderegister bei der Bundesnetzagentur aufgebaut werden.
Anmeldung beim Netzbetreiber entfällt

<https://www.vde.com/de/presse/pressemittelungen/2023-01-11-mini-pv>

Radikale Kehrtwende beim VDE - Hinweise

Es handelt sich derzeit nur um ein Positionspapier, das weiterhin in

- Gesetzesänderungen
 - Messstellenbetriebsgesetz
- Normänderungen
 - VDE-AR-N 4400
 - VDE AR 4105 (DIN VDE V 0100-551-1)
 - Stromnetzentgeltverordnung
 - Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung

umgesetzt werden muss.

Das wird nicht in wenigen Wochen umsetzbar sein, dennoch ist das Papier von großer Bedeutung und zeigt, wie die Zukunft der Balkonkraftwerke in Deutschland aussehen wird.

! Betroffene, bald obsolete Regeln habe ich gelb unterlegt !

Voraussetzungen 1

1. Aufstellung / Vermieter

- Einfach auf Balkon aufgestellt, ist keine Erlaubnis vom Vermieter notwendig
- Anbringung am Balkongeländer idR nur nach Zustimmung erlaubt

2. Anschluss

Normgerecht nach VDE angeschlossen sind Balkonkraftwerke nur:

- das Gerät ist über eine Einspeisesteckdose (berührungsfrei) angeschlossen (also nicht Schuko)
- der Leistungsschutzschalter ist ausgetauscht (13A oder 10A ersetzt vorhandene 16A Variante)

Für beide Maßnahmen benötigt man

- Die Zustimmung des Vermieters (bauliche Maßnahme)
- Einen Elektrikermeister mit Betrieb

Voraussetzungen 2

3. Stromzähler

- Analoge Ferraris-Stromzähler müssen eine Rücklausperre haben
 - Rückwärts laufende Stromzähler: Betrug, Steuerhinterziehung, etc.
- Besser: Zähler durch mmE autauschen lassen
 - Hier gibt es dann auch Zweiwegezähler: Verbrauch, Einspeisung

4. Befestigung / Windlast

- Anbringung nur durch Befestigungsmaterial mit geeigneter Nennlast
- Bei Auftstellung mit etwa 80kg pro Modul beschweren
 - Windlastzonen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Windlast>

5. Anmeldungen

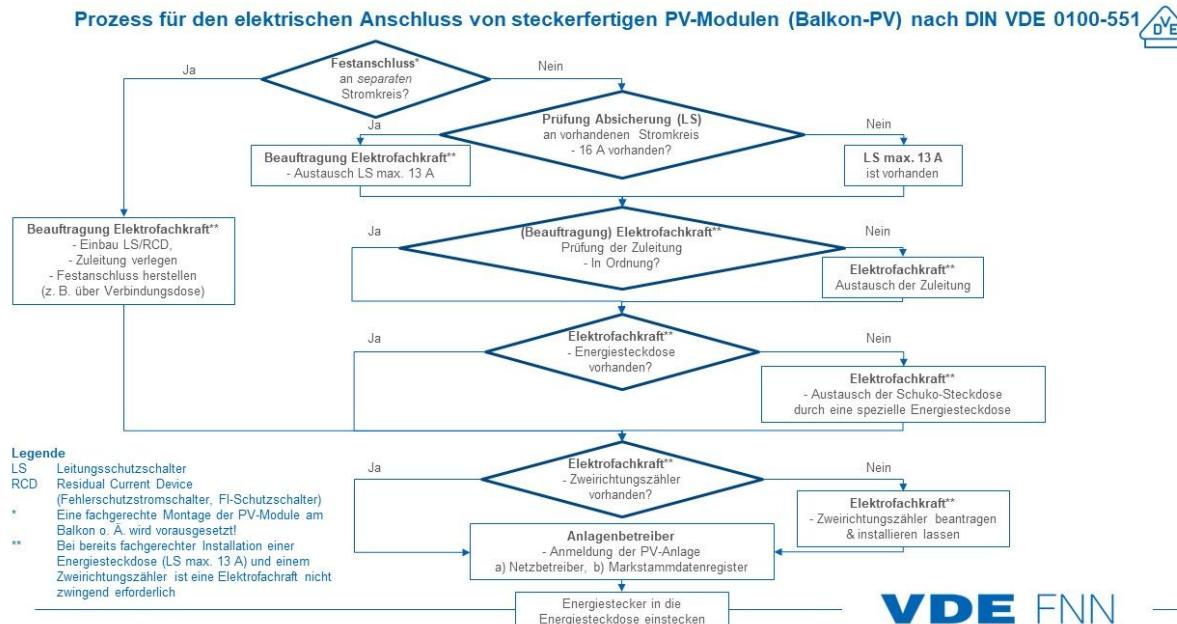
- Vereinfachte Formlose Anmeldung der “Anlage” beim Netzbetreiber
- Registrierung der “Anlage” im Marktstammdatenregister des Bundes

VDE "Prozess"

Alles zum Thema steckerfertige PV-Geräten beim VDE:

<https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/tar/tar-niederspannung/erzeugungsanlagen-steckdose>

<https://www.vde.com/resource/blob/2172674/171f5a9b9cd3c7b38de5596b06c098d7/01-das-wichtigste-in-kuerze-bild-data.jpg>



VDE FNN

Anmerkungen zu Voraussetzungen

- VDE Normen haben keinen Gesetzesstatus
 - Sie werden aber von der Rechtsprechung und Versicherungen zur Argumentation herangezogen
 - Die Missachtung solcher Normen bringt ggf. Rechtsnachteile mit sich
- In Nachbarländern wie Österreich, Niederlande oder Portugal
 - Sind die Regelungen deutlich liberaler
 - es kann der Schukostecker verwendet werden
 - eine Studie des Fraunhofer ISE für e-control AT kam zum Schluss, dass von den 800W-Anlagen kein nennenswertes Risiko ausgeht
<https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/E-Control-Studie-KleinstPV.pdf/e83b42d4-235c-4b3c-9c57-780d1bb60dd1?t=1475681593836>
- Laut Studie der HTW Berlin geben 75% der befragten an, den Schukostecker zu verwenden
<https://solar.htw-berlin.de/studien/nutzung-steckersolar-2022/>
- Es besteht eine große Diskrepanz zwischen verkauften Mikrowechselrichtern und im MaStR registrierten Balkonkraftwerken

“Energiesteckdose”

- Die VDE-Norm spricht von “Energiesteckdose”, die einen berührungsfreien Anschluss ermöglicht
- Tatsächlich gemeint ist aber das Produkt eines einzelnen Herstellers
 - Wieland RST20 Unterputz, Straßenpreis 27€ + Versand
 - Wieland RST20 Aufputz, Straßenpreise 20 + Versand



- Komplett Plastik (außer Kontakte), 2 Metallschrauben
- Keine Metallklemmen, wie sie die vorherige Schukodose hatte

Neueste Wendung im “Steckerkonflikt”:

“Balkonkraftwerke: Chef der Bundesnetzagentur unterstützt Schuko-Stecker”

29.12.2022

<https://www.heise.de/news/Chef-der-Bundesnetzagentur-unterstuetzt-Schuko-Stecker-fuer-Balkonkraftwerke-7443990.html>

Mikrowechselrichter

- Herzstück jedes Balkonkraftwerks
- Wandelt Gleichstrom der Solarpanels in 230V / 50Hz Wechselstrom
- Benötigen Netzspannung, um Strom produzieren zu können
 - Sicherheitsfeature
 - Benötigt wegen Netzfrequenzsynchronisation
 - Ohne Netzspannung wird auch kein Solarstrom eingespeist!
- Benötigen verschiedene Zertifizierungen, Konformität mit
 - VDE-AR-N 4105:2018-11
 - DIN VDE V 0124-100 :2020-06
 - Diese beinhaltet die Spezifikation des NA-Schutzes, der die Spannungsfreiheit bei Verlust mit der Netzspannung gewährleistet

Deshalb ist der Markt für Mikrowechselrichter überschaubar, übliche:
Envertech, Hoymiles, AE-conversion, APSystems, Huayu

Komponenten und Kosten für ein 600W Balkonkraftwerk

- 2 Stück 370Wp - 400Wp Solarmodule, Beispiele mit Straßenpreis
 - Canadian Solar, 370/375Wp ~190€ je Stück
 - Trina Solar, 375Wp ~200€ je Stück
 - JA Solar, 385Wp ~190€ je Stück
- 1 Stück Mikrowechselrichter, Beispiele mit Straßenpreis
 - Envertech EVT-560 max. 740W ~300€
 - Hoymiles HM-600 max. 600W ~225€
 - Hoymiles HM-800 max. 800W ~235€
- Anschlusskabel Betteri / Wieland oder Schuko ~50€
- Aufständerung ~100€
- Versand wg. Solarpanels teuer (60-80€), am besten vermeiden
- Elektriker ???

Kompletpakete können unter Umständen günstiger sein.

Aufbau Balkonkraftwerk

- Auftständerung zusammenbauen
- Mikrowechselrichter anbringen, MC4-Verbindungen anschließen
- Aufstellen, Beschwerungen nicht vergessen, falls nicht verankert!
- An “Energiesteckdose” anschließen



Die Hoymiles-Story

- Mein Balkonkraftwerk hat einen Hoymiles HM-600 Wechselrichter
- Diese besitzen eine drahtlose Schnittstelle für Daten, aber nicht WiFi
- Wer an die Daten möchte, benötigt
 - Ein Hoymiles Datenlesegerät
 - DTU Lite, 130€ für bis zu 4 Solarpanels
 - DTU Pro, 250€ für mehr
 - Ein Hoymiles Cloud Konto, die Daten sind bei Hoymiles in China



Dieser Umstand Problem hat wohl auch andere umgetrieben:

“Wechselrichter Hoymiles HM-xxxx 2,4 GhZ Nordic Protokoll?”

<https://www.mikrocontroller.net/topic/525778>

OpenDTU

- Aus der Diskussion wurde ein Softwareprojekt bei GitHub

“Software for ESP32 to talk to Hoymiles Inverters”

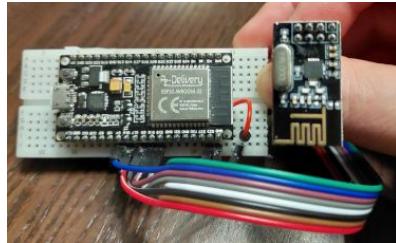
<https://github.com/tbnobody/OpenDTU>

- Freies System zum Verwalten von bis zu 10 Wechselrichtern pro Einheit
 - Web-Oberfläche
 - Rest-API
 - Prometheus-API
 - MQTT-Schnittstelle mit TLS-Support (Let's Encrypt unterstützt)
- Läuft auf ESP32 Microcontroller
- Benötigt zusätzlich ein Funkmodul: NRF24L01+
- Software wird wie Tasmota mit PlatformIO gebaut und geflashed

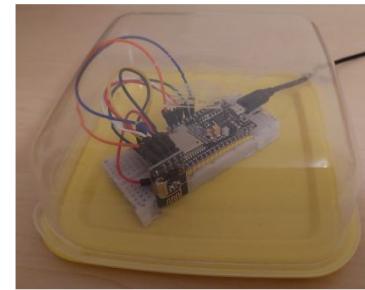
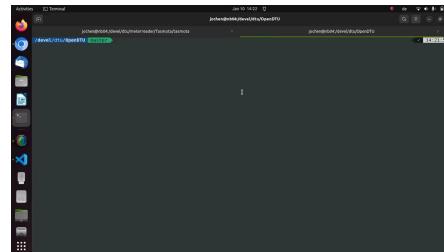
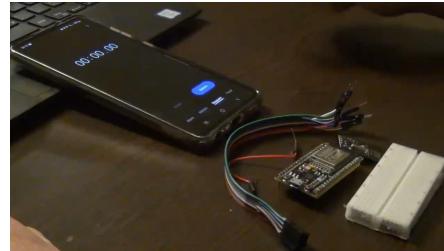
OpenDTU Zusammenbau

Komplette Anleitung und Schaltplan auf der GitHub-Seite

- ESP32 NodeMCU ~10€
- NRF24L01+ ~7,50
- Jumper-Kabel male/female, Steckplatine



Indoor-Modell "Raww"



Outdoor-Modell "IKEA Brotdose"

OpenDTU MQTT-Messages

- Im Gegensatz zu Tasmota werden keine JSON-Messages versendet
- OpenDTU hat pro Wert eine Topic, die den Raw-Wert überträgt

```
▼ solar
  ▼ dtu
    status = online
    uptime = 28553
    ip = 192.168.178.65
    hostname = OpenDTU-E712B0
    rssi = -79
  ▼ 114
    name = Balkenkraftwerk
    ▶ device (5 topics, 60 messages)
    ▶ status (5 topics, 60 messages)
    ▼ 0
      powerdc = 1.00
      yieldday = 250.00
      yieldtotal = 211.21
      voltage = 220.10
      current = 0.00
      power = 0.00
      frequency = 49.98
      temperature = 8.70
      powerfactor = 0.00
      efficiency = 0.00
      reactivepower = 0.00
  ▼ 1
    name
    voltage = 17.60
    current = 0.03
    power = 0.50
    yieldday = 121.00
    yieldtotal = 114.58
    irradiation = 0.00
  ▼ 2
    name
    voltage = 17.60
    current = 0.03
    power = 0.50
    yieldday = 129.00
    yieldtotal = 96.63
    irradiation = 0.00
```

https://github.com/tbnobody/OpenDTU/blob/master/docs/MQTT_Topics.md

- 1 Wert pro Topic, sehr einfache Auswertung
- Weitere Verarbeitungsmethode im EventProcessor notwendig
 - solar/* - Allgemeine Statusinformationen
 - solar/0/* - Alle kumulierten Inverter-Werte
 - solar/1/* - Alle Werte zum Solarpanel-String 1
 - solar/2/* - Alle Werte zum Solarpanel-String 2
- Einspeiselimit kann per MQTT Message gesetzt werden

OpenDTU Rest-API

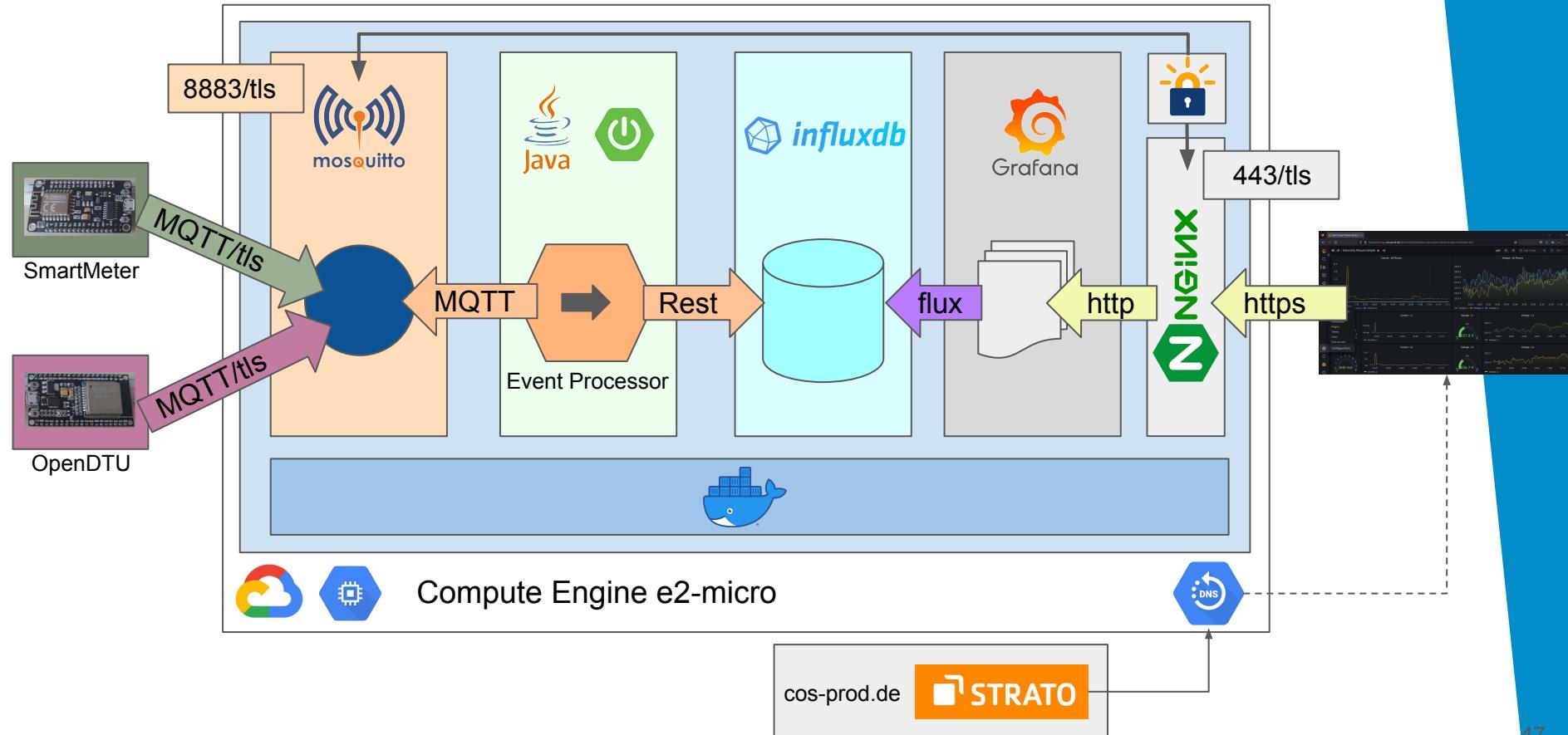
- Alle Werte / Einstellungen stehen auch per Rest-API zur Verfügung
- Responses sind hier strukturierte JSON-Nachrichten

<https://github.com/tbnobody/OpenDTU/blob/master/docs/Web-API.md>

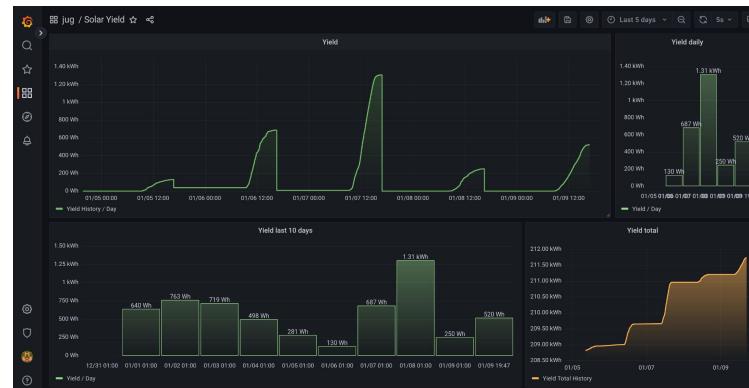
GET/POST	Auth required	URL
Get	yes	/api/config/get
Post	yes	/api/config/delete
Post	yes	/api/config/upload
Get	no	/api/devinfo/status
Get+Post	yes	/api/dtu/config
Get	no	/api/eventlog/status?inv=inverter-serialnumber
Post	yes	/api/firmware/update
Get	yes	/api/inverter/list
Post	yes	/api/inverter/add
Post	yes	/api/inverter/del
Post	yes	/api/inverter/edit
Post	yes	/api/limit/config
Get	no	/api/limit/status
Get	no	/api/livedata/status
Get+Post	yes	/api/mqtt/config
Get	no	/api/mqtt/status
Get+Post	yes	/api/network/config
Get	no	/api/network/status
Get+Post	yes	/api/ntp/config
Get	no	/api/ntp/status
Get+Post	yes	/api/ntp/time
Get	no	/api/power/status
Post	yes	/api/power/config
Get+Post	yes	/api/security/password
Get	no	/api/system/status

- Einstellungen wie Einspeiselimits können auch per POST-Call eingestellt werden

Architektur - Integration OpenDTU



Datenkino 2.0



- Alle Daten zu Inverter und Panels
- Alle Ströme und Spannungen
 - Gleichstrom
 - Wechselstrom
- Erträge und Verläufe in Echtzeit visualisierbar

Verknüpfung E-Werk-Strom mit Solarstrom



- Überlagerung von aktuellem Leistungspunkt
 - Stromzähler
 - Solar-Inverter
- Jetzt neu: Negativer Stromverbrauch -> Einspeisung
- Ideal wäre Nulleinspeisung

Ausblick: Dynamisch kalkulierte Nulleinspeisung

- EventProcessor vergleicht kontinuierlich Leistungspunkt von
 - Stromzähler
 - Solarinverter
- Sinkt der Verbrauch am Stromzähler unter 0, wird die maximale Leistung im Inverter begrenzt
- Steigt der Verbrauch über 0, wird die Grenze nach oben verschoben
- Steuerung aus der Cloud über MQTT



Fazit Monitoring-Plattform

- Die Dashboards bieten großartige Möglichkeiten:
 - Den eigenen Energieverbrauch zu analysieren und zu optimieren
 - Das Solar-Setup zu analysieren und zu optimieren
 - Macht mehr Spaß beim Zuschauen als eine Netflix-Serie
- Der Softwarestack kann kostengünstig lokal oder in der Cloud betrieben werden
 - ARM Kleincomputer als Plattform noch ausstehend
 - Cloud-Stack ist beliebig skalierbar
- Im Gegensatz zu den Angeboten kommerzieller Hersteller
 - bleiben die Daten unter der eigenen Kontrolle
 - werden keine zweifelhafte oder kostenpflichtige Apps benötigt
 - Eigene Wünsche können beliebig umgesetzt werden

Fazit Balkonkraftwerke

- Einfacher und kostengünstiger Einstieg in die klimafreundliche Stromerzeugung
 - Bei Solarpanels wird von einer Lebensdauer > 20 Jahre ausgegangen
 - Wechselrichter sollten 10-15 Jahre durchhalten
 - Ammortisation
 - 80% der Energie können Verbraucht werden
 - 500kWh werden erzeugt
 - Strom-Arbeitspreis 0,40€/kWh (und steigend)
 - Balkonkrafwerk Anschaffungspreis 750€
- >> Ammortisation in weniger als 5 Jahren (4 Jahre, 8 Monate)
- Die Gelegenheit ist gerade günstig >> Mwst 0%, Verfügbarkeit gegeben

Links 1

Moderne Messeinrichtung / Smart Meter

<https://www.bdew.de/energie/digitalisierung/welche-rolle-spielen-smart-meter-fuer-die-digitalisierung-der-energiewende/#Warum-soll-die-technische-Aufruestung-erfolgen>

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/smart-meter.html>

<https://www.heise.de/hintergrund/Smart-Meter-Was-Sie-wissen-sollten-und-wie-Sie-einesbekommen-7362933.html> (heise+)

<https://www.bayernwerk-netz.de/de/energie-service/messstellenbetrieb/pin-prozess.html>

IoT

<https://tasmota.github.io/docs/>

<https://github.com/tbnobody/OpenDTU>

Links 2

Balkonkraftwerke

c't 2022/15 "Strom selbst erzeugen" <https://shop.heise.de/ct-15-2022/PDF>

<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/steckersolar-solarstrom-vom-balkon-direkt-in-die-steckdose-44715>

<https://www.clearingstelle-eeg-kwq.de/gesetz/3245>

<https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/E-Control-Studie-KleinstPV.pdf/e83b42d4-235c-4b3c-9c57-780d1bb60dd1?t=1475681593836>

<https://solar.htw-berlin.de/studien/nutzung-steckersolar-2022/>

<https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/tar/tar-niederspannung/erzeugungsanlagen-steckdose>

<https://www.vde.com/resource/blob/2172674/171f5a9b9cd3c7b38de5596b06c098d7/01-das-wichtigste-in-kuerze-bild-data.jpg>

<https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/2023-01-11-mini-pv>

Viel Spaß beim Halbieren der Stromrechnung!