

Solingen: das Humboldt-Gymnasium

Öffentliches Gebäude: ein Gymnasium

- Erbaut in den 60er-, 70er- und 2000er-Jahren
- Ca. 1.000 Schülerinnen und Schüler
- Ca. 100 Lehrerinnen und Lehrer
- Geringe energetische Effizienz
- Schlecht isolierte Gebäudehülle
- Keine intelligenten Anwendungen im Einsatz



Ludwigsburg: das Stadionbad

Öffentliches Gebäude: ein Hallenbad

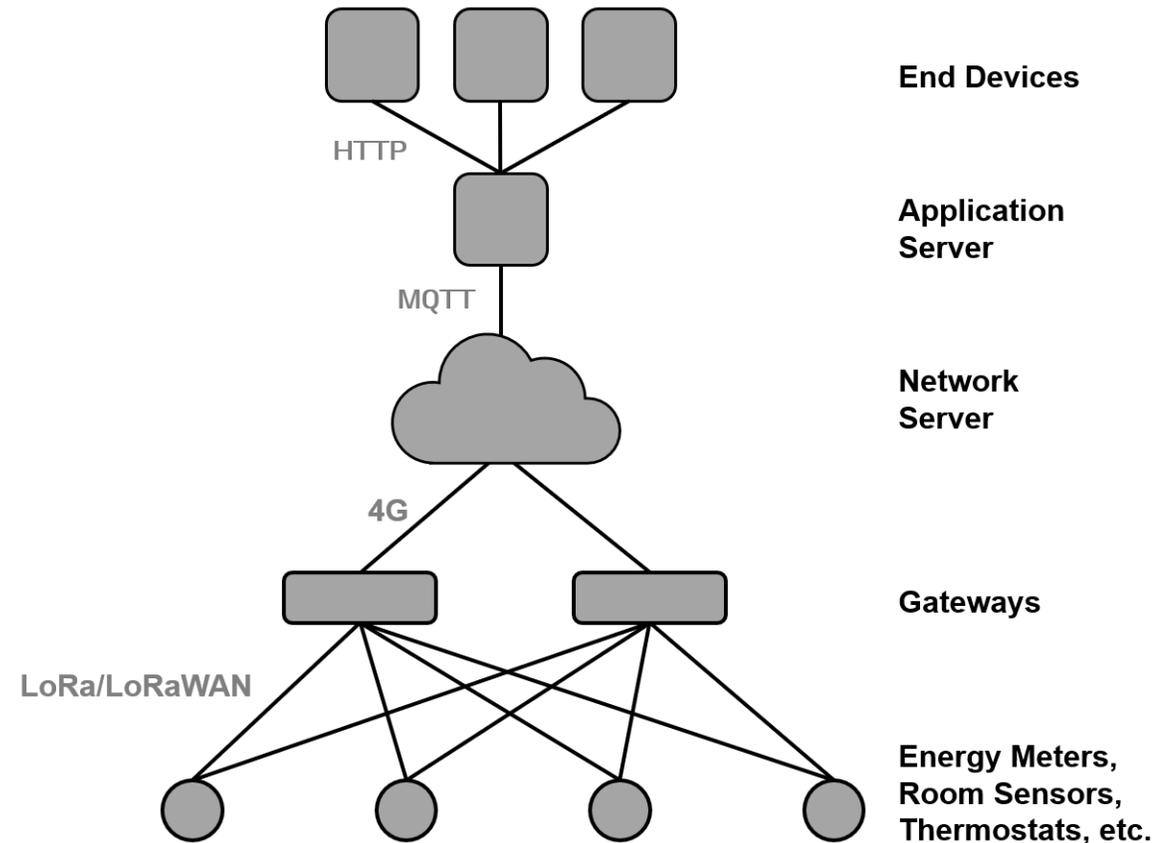
- Erbaut in den 70er-Jahren und teilweise renoviert in den 2020er Jahren
- Kapazität für ca. 500 Personen
- Einsatz bei Sportveranstaltungen
- Geringe energetische Effizienz
- Schlecht isolierte Gebäudehülle
- Keine intelligenten Anwendungen im Einsatz



Architektur und Basisinstallation

Monitoringkonzept und Installation:

- Um zeitlich hoch aufgelöste Daten zu erhalten, verwenden wir LoRa-Sensoren, Zähler und Aktoren
- LoRaWAN-Gateways empfangen die Daten und senden sie über 4G und WiFi an das "The Things Network"
- Über das MQTT-Protokoll empfangen und speichern wir die Daten in unserer zeitreihenbasierten Datenbank (InfluxDB)
- Endgeräte und Dienste nutzen die Daten zur Visualisierung und Steuerung



Software-Stack Solingen + Ludwigsburg

Ubuntu Server 20.04 und SLES 15 SP3

Docker/Docker Compose:

- openHAB
- Grafana
- InfluxDB
- NodeRED
- Traefik
- Portainer
- Mosquitto (optional)

Stack und Doku im GitLab-Repo:
SPBI_Basisinstallation

Nächste Schritte:

Konfiguration und Doku fertigstellen,
Visualisierung Verbräuche Solingen + Ludwigsburg (UC1 Energiemonitoring)

The screenshot displays the Portainer.io web interface. On the left is a dark blue sidebar with navigation options: Home, local (selected), Dashboard, App Templates, Stacks, Containers, Images, Networks, Volumes, Events, and Host. Below these are Settings options: Users, Environments, and Registries. The main area shows the 'Containers' page with a 'Container list' table. The table has columns for Name, State, Filter, Quick Actions, Stack, Image, Created, IP Address, GPUs, and Published Ports. The following table represents the data shown in the screenshot:

Name	State	Filter	Quick Actions	Stack	Image	Created	IP Address	GPUs	Published Ports
grafana	running		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	grafana/grafana:latest	2023-01-25 09:13:01	172.21.0.5	none	-
influxdb	running		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	influxdb:latest	2023-01-26 09:31:51	172.21.0.7	none	8086:8086
mosquitto	running		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	eclipse-mosquitto:latest	2023-01-25 09:13:01	172.22.0.2	none	9001:9001
nodered	healthy		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	nodered/node-red:latest	2023-01-25 09:13:01	172.21.0.6	none	-
openhhab	healthy		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	openhhab/openhab:latest	2023-01-25 09:13:01	172.21.0.4	none	-
portainer	running		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	portainer/portainer-ce:latest	2023-01-25 09:13:01	172.21.0.3	none	-
traefik	running		[Start] [Stop] [Kill] [Restart] [Pause] [Resume] [Remove]	spbi-basisinstallation	traefik:latest	2023-01-25 09:13:01	172.21.0.2	none	443:443 80:80

At the bottom right of the container list, there is a 'Items per page' dropdown set to 10.

Ludwigsburg: das Stadionbad

- Nachrüsten der Hauptzähler (Wasser, WMZ, Gas) mit LoRa-Kommunikationsmodulen
- Einbau von Tür- und Fenstersensoren zur Überwachung des Status
- Vergleich der Energieverluste während der Lüftungszeit und des Normalbetriebs



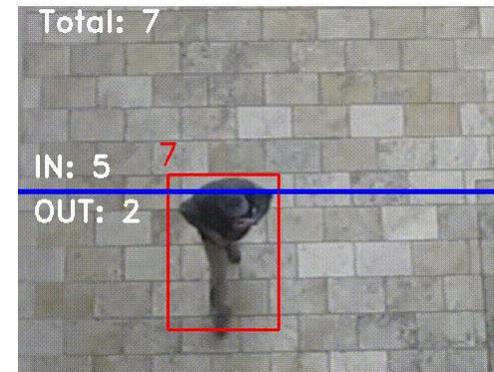
Dragino
LDS02



Ludwigsburg: Stadionbad

In Planung: Besucherzahlen erfassen

- Erfassen der Besucherzahlen, um Informationen über die zeitliche Nachfrage zu erhalten
- Personenzählung mit AI-Kameratechnologie
- Personenzählung durch Infrarotzähler (Lichtschanke)
- Aufzeichnung des Nutzerverhaltens und des Infrastrukturbedarfs (Wasserrutsche etc.)
- Kostenberechnung pro Kopf



https://github.com/JardinRyu/Jetson_Nano_People_Counting



LoRaWAN-Infrarot-Zähler

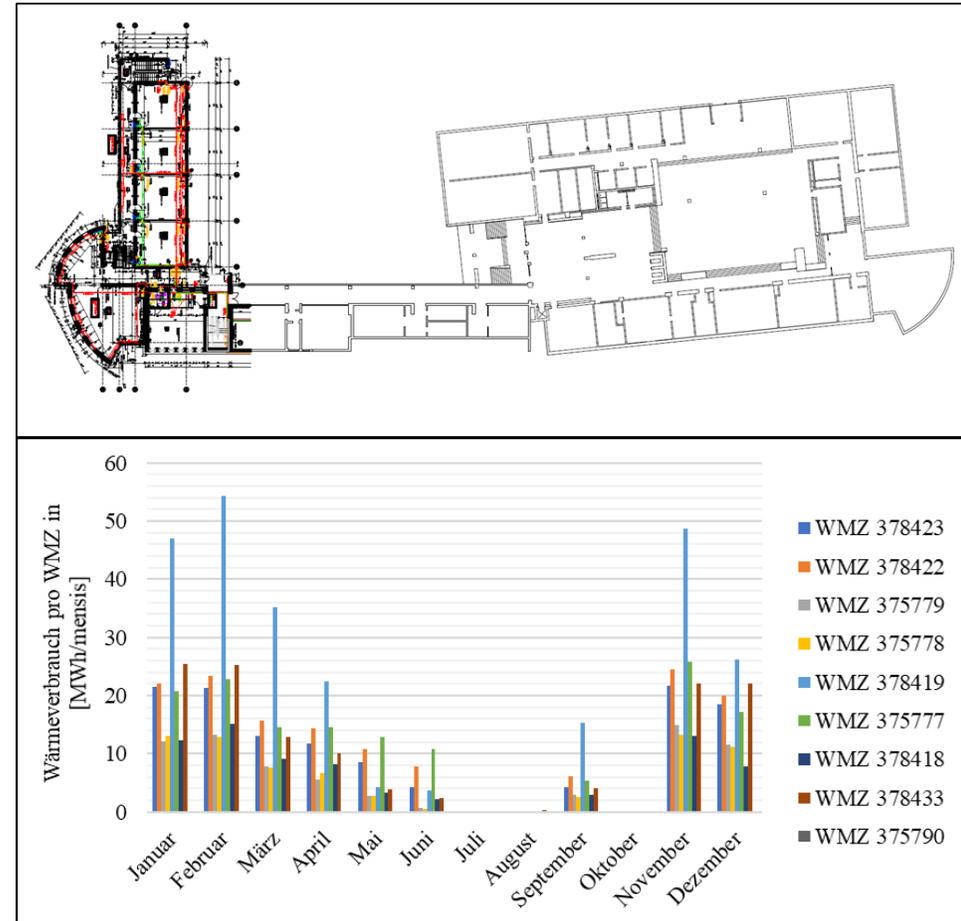
Solingen: das Humboldt-Gymnasium

- Nachrüsten der Hauptzähler (WMZ, Strom, Gas) mit LoRa-Kommunikationsmodulen
- Analyse: Heizungsanlage, Infrastruktur, Gebäudehülle und Nutzerverhalten
- Heizungsanlage: Gasheizung mit neun Heizungsleitungen (einschließlich Vorlauf und Rücklauf)
- Keine Temperaturabsenkung während der Nacht
- Weniger vom Benutzer geforderte Heizungssteuerung



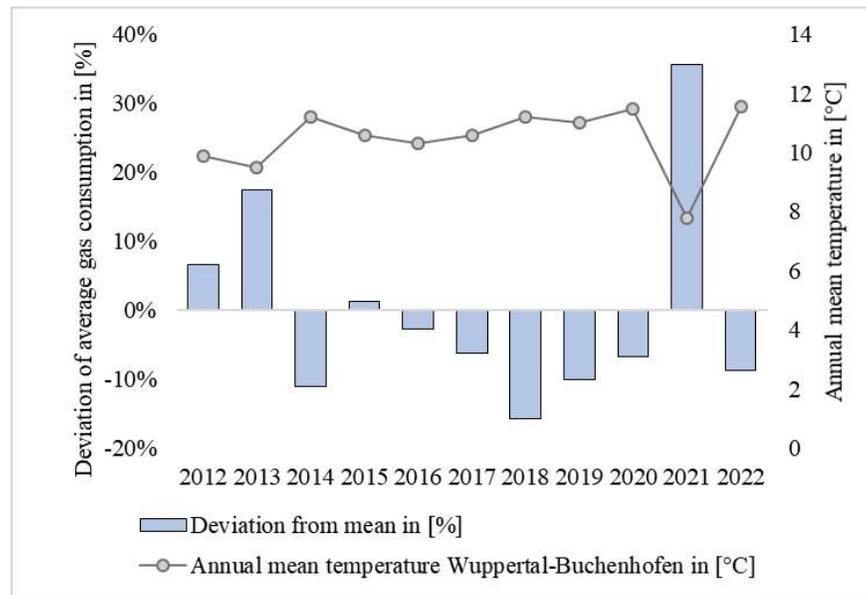
Solingen: das Humboldt-Gymnasium

- Datenanalyse: Wärmebedarf in der Vergangenheit, Pläne, Wetter usw.
- Wärmebedarf in Bezug auf die Heizungsleitungen (verschiedene Gebäude, Etagen usw.)
- Gebäudekonstruktionen, physikalische Informationen über die Konstruktion für Simulationen usw.

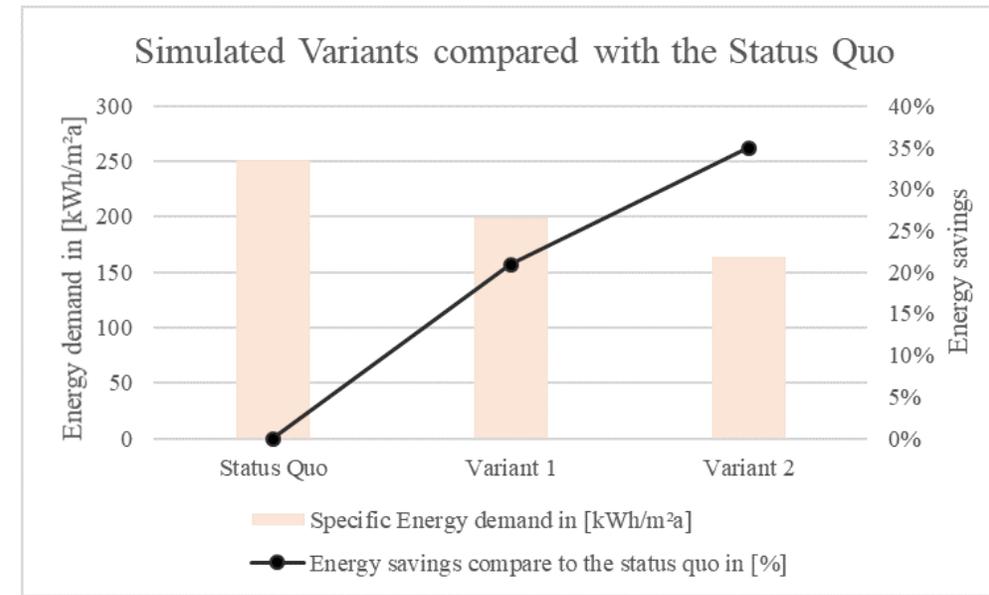


Solingen: das Humboldt-Gymnasium

Messungen: Der Heizenergiebedarf in Abhängigkeit von der mittleren Jahreslufttemperatur weist in den letzten 10 Jahren keine signifikanten Abweichungen auf. Die Art und Weise der Beheizung/Regelung hat sich nicht geändert.



Thermische Simulation: Ergebnis: Mit einer anwesenheitsorientierten Heizungssteuerung und einer Absenkung der Temperatur bei Abwesenheit lassen sich 20-37% des Heizenergiebedarfs einsparen.



Solingen: das Humboldt-Gymnasium

In Planung: Projekt mit Schüler:innen, Ausstattung beispielhafter Räume zur Vorbereitung einer intelligenten Steuerung

1) Tektelic Anwesenheitssensor LoRa

- Kosten: 60€
- Liefert Informationen über die Anwesenheit in einem bestimmten Gebiet



2) MClimate Vicki LoRa-Thermostat

- Kosten: 75€
- Fernsteuerung von Heizungen
- Regelung auf Solltemperaturen bei An-/Abwesenheit



3) Dragino LoRa Tür-/Fenstersensor

- Kosten: 17€
- Überwachung der Fensterposition
- Lüftungswärmeverluste können reduziert werden

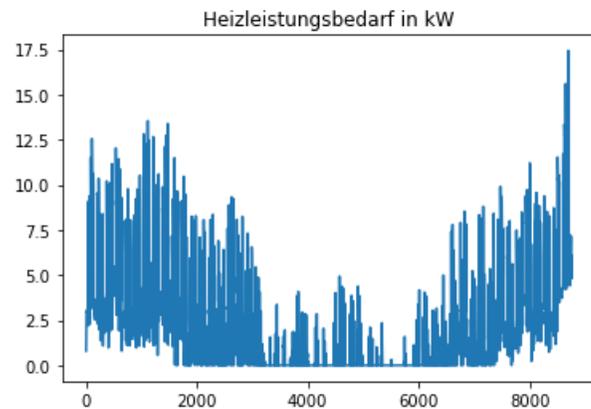


4) Dragino LoRa LSN50 Temperatur-Kontaktsensor

- Kosten: 55€
- Anlegetemperaturfühler zur Überwachung der Vor- und Rücklauftemperatur von Heizungsleitungen

Solingen: das Humboldt-Gymnasium

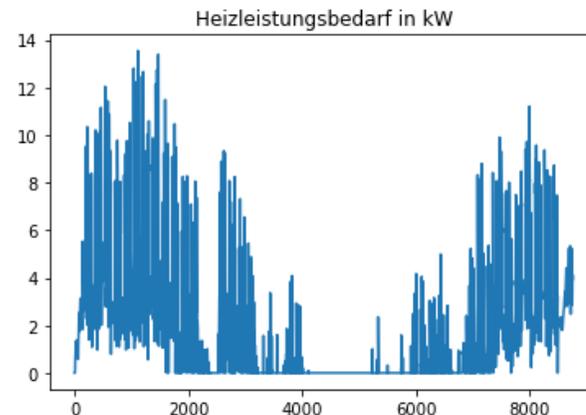
Unsere Prognose?



1) Status Quo

Spezieller Wärmeenergiebedarf: 221,8 kWh/m²a

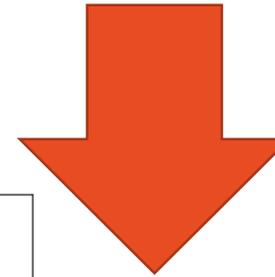
Kostenvoranschlag 12 ct/kWh Gas:
Kosten: 134,250.91 €/a



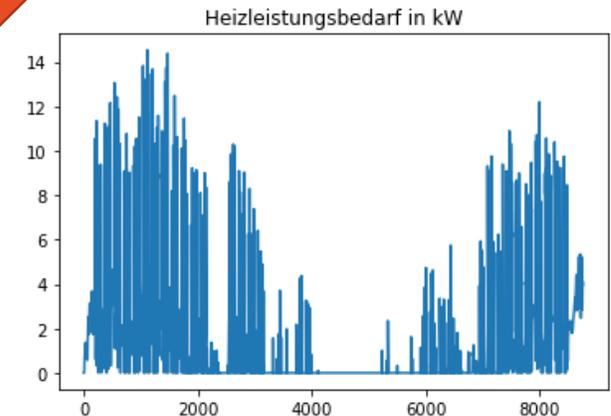
2) Konzept 1

Spezieller Wärmeenergiebedarf: 186,9 kWh/m²a

Kostenvoranschlag 12 ct/kWh Gas:
Ersparnis ca. 21.480 €/a



Irgendwas dazwischen...



3) Konzept 2

Spezieller Wärmeenergiebedarf: 156,3 kWh/m²a

Kostenvoranschlag 12 ct/kWh Gas:
Ersparnis ca. 40.300 €/a

Solingen Wetter + Raumtemperatur Humboldtgymnasium

ADD CELL

ADD NOTE

Show Variables

Enable Annotations

...

🔄

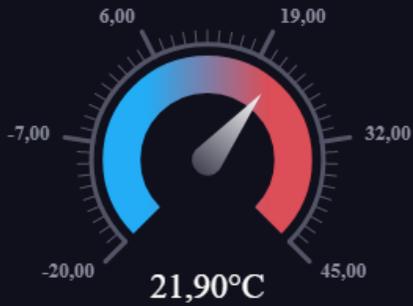
SET AUTO REFRESH

Local

Past 1h

This dashboard doesn't have any cells with defined variables. [Learn How](#)

Außentemperatur Solingen



Außenlufttemperatur Solingen



Humboldtgymnasium, Neubau 1976, 4. OG - Raumtemperatur



Humboldtgymnasium, Neubau 1976, 4. OG - Raumtemperatur



Relative Luftfeuchte Solingen



Relative Luftfeuchte Solingen



Humboldtgymnasium, Neubau 1976, 4. OG - Luftfeuchte



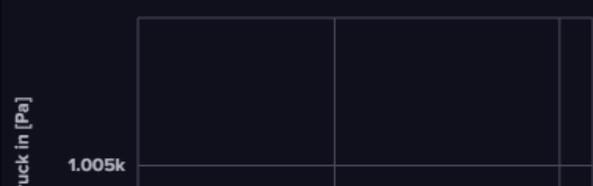
Humboldtgymnasium, Neubau 1976, 4. OG - Luftfeuchte



Luftdruck Solingen



Luftdruck Solingen



Humboldtgymsnasium Solingen Energiemonitoring

ADD CELL

ADD NOTE

Show Variables

Enable Annotations

...

🔄

SET AUTO REFRESH

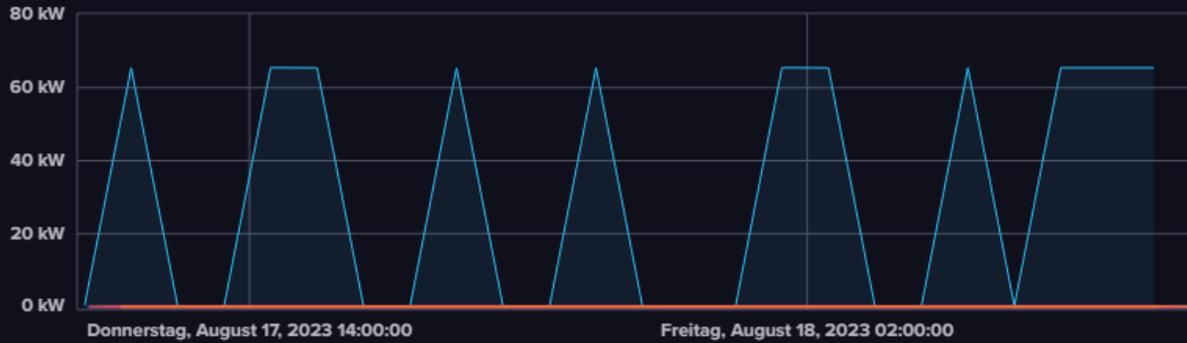
Local

Past 24h

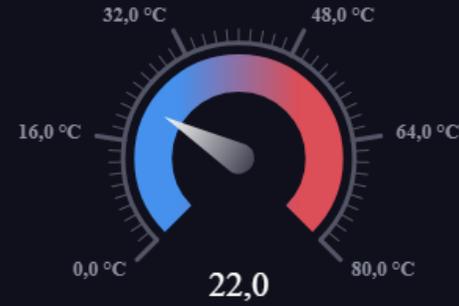
This dashboard doesn't have any cells with defined variables. [Learn How](#)

Leistung (kW) aller Wärmemengenzähler

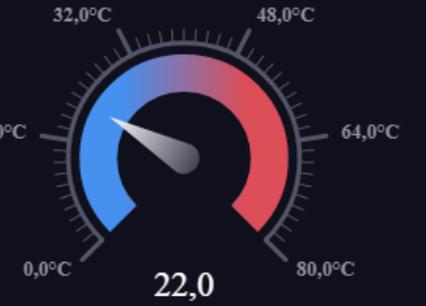
window period: 240000ms



Neubau 2002 - Temperatur Vorlauf

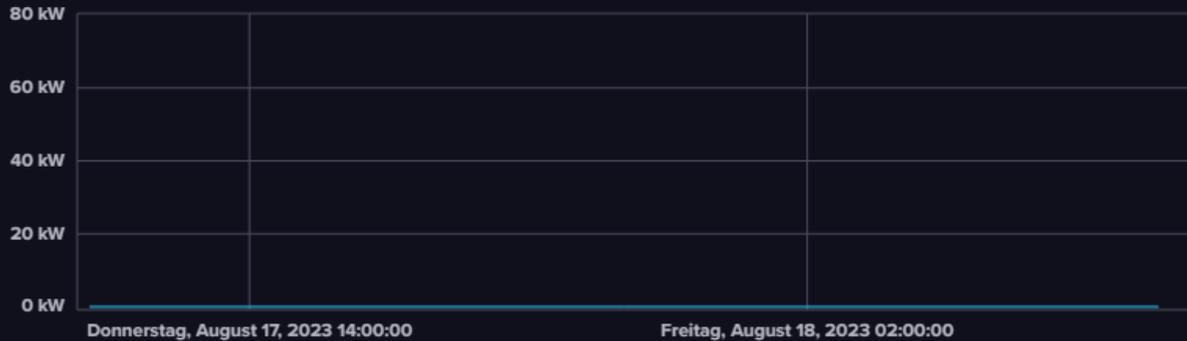


Neubau 2002 - Temperatur Rücklauf

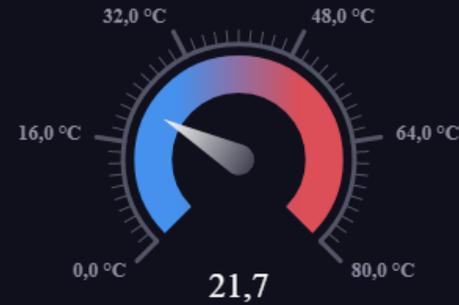


Neubau 2002 - Leistung (kW)

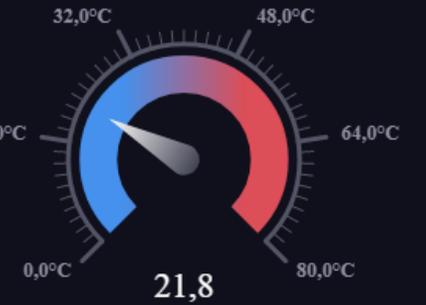
window period: 240000ms



EG 1. OG - Temperatur Vorlauf



EG 1. OG - Temperatur Rücklauf



EG 1. OG - Leistung (kW)

window period: 240000ms



Neubau 1976 - Temperatur Vorlauf



Neubau 1976 - Temperatur Rücklauf

